



REJTŐ SÁNDOR  
KÖNNYŰIPARI ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI KAR

---

Dr. Borbély Ákos  
Dr. habil. Horváth Csaba  
Dr. Szentgyörgyvölgyi Rozália

# A nyomtatott kommunikáció technológiái

**ÓE-RKK 6077**

Budapest, 2016.

Kézirat lezárva: 2016. november 30.  
Szerkesztette: Dr. habil. Horváth Csaba  
Szakmai lektor: Dr. habil. Novotny Erzsébet  
címzetes egyetemi docens

A egyes fejezetek szerzői:

Dr. Borbély Ákos: 3-4. fejezet

Dr. habil. Horváth Csaba: 1-2, 5, 11-13. fejezet

Dr. Szentgyörgyvölgyi Rozália: 6-10. fejezet

Dr. Borbély Ákos – Dr. habil. Horváth Csaba – Dr. Szentgyörgyvölgyi Rozália:  
A nyomtatott kommunikáció technológiái

**ISBN 978-963-449-007-4**

Kiadó: Óbudai Egyetem  
Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar  
1034 Budapest, Doberdó út 6.  
Dékán: Dr. habil. Kisfaludy Márta

# Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS.....	7
2. ÜZLET A NYOMTATOTT KOMMUNIKÁCIÓ VILÁGÁBAN .....	8
2.1. A papír és a pixelek integrációja.....	8
2.2. Az információs csatornák lehetőségei.....	9
2.2. Új piaci lehetőségek .....	10
2.4. Médiahasználati szokások változásai .....	11
2.5. Változó termékpaletta .....	12
3. SZÍNINGERMETRIKAI ÁTTEKINTÉS .....	13
3.1. Színkeverések .....	13
3.2. A CIE 1931 színíngermérő észlelő .....	14
3.2.1 <i>Metaméria</i> .....	16
3.2.2 <i>Színíngér-koordináták, színíngér diagram</i> .....	16
3.3. Az 1976 CIE L* a* b* színíngertér .....	18
3.3. A fehérség értékelése .....	21
3.5. Szabványos megvilágítók .....	21
3.6. Szabványos mérési geometriák .....	23
3.6.1 <i>Irányított mérési geometriák</i> .....	23
3.6.2 <i>Diffúz mérési geometriák</i> .....	24
4. SZÍNREPRODUKÁLÁS A MÉDIATECHNOLÓGIÁBAN .....	26
4.1. Színmenedzsment .....	26
4.2. Eszközfüggő és eszközfüggetlen szinterek .....	26
4.3. Megjeleníthető szintartomány .....	27
4.4. Szabványos színmenedzsment rendszer.....	29
4.4.1 <i>Árnyalat átviteli görbék</i> .....	32
4.4.2 <i>Szintartomány leképezési módszerek</i> .....	34
5. OFSZETNYOMTATÁS.....	37
5.1. Festékezőmű .....	38
5.2. Nedvesítő egység .....	40
5.3. Nyomólemezek .....	42
5.4. Gumikendők.....	44
5.5. Festékátvitel .....	45
5.6. A festék megtapadási és száradási folyamatai .....	46
5.7. Szárazofszet nyomtatás .....	49
5.8. Nyomdagépek szerkezeti kialakításai .....	50
5.9. Festékek és nedvesítő folyadékok .....	53

6.	MÉLYNYOMTATÁS .....	55
6.1.	A mélynyomtatás piacára ható tényezők .....	55
6.2.	Nyomtatási folyamat .....	56
6.3.	A mélynyomó festékek jellemzői .....	60
6.4.	A mélynyomó forma előállítása .....	64
6.4.1.	<i>Elektromechanikai hengervésés (Electromechanical engraving)</i> .....	65
6.4.2.	<i>A réz közvetlen megmunkálása rezgő lézerrel</i> .....	67
6.4.3.	<i>Közvetlen lézeres rendszer cink réteggel</i> .....	69
6.4.4.	<i>Nyomóforma készítés maratással lézeres maszk készítéssel</i> .....	70
6.5.	A mélynyomó gépek felépítései.....	71
6.6.	Alkalmazások és további fejlesztések .....	76
7.	FLEXOGRÁFIAI NYOMTATÁS .....	79
7.1.	A flexográfiai nyomtatás alapjai .....	79
7.2.	Nyomóformák .....	79
7.3.	Anilox hengerek .....	84
7.4.	Nyomóformák .....	89
7.5.	A flexográfiai nyomógépek .....	90
7.6.	Flexo nyomdafesték .....	90
7.7.	Nyomathordozók .....	91
7.8.	A flexográfiai nyomtatás előnyei .....	92
7.9.	A flexográfiai piaca és jövője .....	94
8.	SZITANYOMTATÁS.....	97
8.1.	Sablon/nyomóforma készítés .....	99
8.1.1.	<i>Szitaszövet</i> .....	99
8.1.2.	<i>Szitanymó rákelpenge</i> .....	102
8.1.3.	<i>Szitanymó emulzió</i> .....	104
8.2.	Képpalkotás, kézi vágású sablonok, fotosablonok, CtP rendszerek, .....	104
8.2.1.	<i>Kézi vágású sablonok</i> .....	105
8.2.2.	<i>Fotosablon</i> .....	106
8.2.2.	<i>„Computer to Screen” rendszerek</i> .....	108
8.3.	Szitanymtatás folyamata .....	109
8.3.1.	<i>Síkgyas szitanymtatás</i> .....	110
8.3.2.	<i>Rotációs szitanymtatás</i> .....	111
8.4.	Szárító berendezések.....	112
8.5.	Polimer nyomathordozók és festékek .....	112
8.6.	A szitanymtatás ipara .....	113
9.	TAMPONNYOMTATÁS .....	115
9.1.	A tamponnyomtatás alapjai.....	115
9.2.	Nyomóforma .....	117
9.2.1.	<i>Nyomóforma készítés</i> .....	117
9.2.2.	<i>Rácsfelbontás</i> .....	119
9.2.3.	<i>Tampon nyomóforma típusok</i> .....	120

9.3.	Tampon .....	123
9.3.1.	<i>A tampon alakja</i> .....	124
9.3.2.	<i>A tampon mérete</i> .....	125
9.3.3.	<i>A tampon keménysége</i> .....	125
9.3.4.	<i>A tamponok felületi kiképzése</i> .....	125
9.4.	A tamponnyomtatás nyomdafestékei .....	125
9.4.1.	<i>A tamponnyomó nyomdafestékek összetétele</i> .....	126
9.4.2.	<i>A tamponnyomó festékek típusai</i> .....	127
9.5.	A tampon nyomógépek technológiája .....	128
9.5.1.	<i>A tampon nyomógépek meghajtása</i> .....	129
9.5.2.	<i>Tampon nyomógépek festékező rendszerei</i> .....	129
9.5.3.	<i>Nyitott festékrendszerek</i> .....	129
9.5.4.	<i>Zárt festékező rendszerek</i> .....	130
9.6.	A tampon nyomógépek kiegészítő egységei .....	131
10.	DIGITÁLIS NYOMTATÁS .....	133
10.1.	Inkjet nyomtatás .....	134
10.2.	Az inkjet nyomtatás alapjai .....	135
10.3.	Folyamatos festéksugaras rendszerek .....	136
10.4.	Kívánság szerinti cseppadagolású festéksugaras nyomtatási rendszerek .....	137
10.4.1.	<i>Festéksugaras termo nyomtatás</i> .....	137
10.4.2.	<i>A Piezoelektromos festéksugaras nyomtatás</i> .....	138
10.4.3.	<i>Elektrosztatikus festéksugaras nyomtatás</i> .....	139
10.4.4.	<i>Akusztikus festéksugaras nyomtatás</i> .....	139
10.5.	A festéksugaras nyomtatás nyomdafestékei .....	140
10.5.1.	<i>Viszkozitás</i> .....	143
10.5.2.	<i>Felületi feszültség</i> .....	143
10.5.3.	<i>Részecskeméret</i> .....	144
10.5.4.	<i>Oldódási tulajdonságok</i> .....	144
10.6.	A festékcsepp viselkedése a nyomathordozón .....	145
10.7.	Polimerek az inkjet festékfilm képzésben .....	146
10.8.	Polimerek, mint inkjet nyomathordozók .....	146
10.9.	Az inkjet nyomtatás jövője .....	147
10.10.	Elektrofotográfiai nyomtatás .....	147
10.10.1.	<i>Elektromos feltöltés koronálézerrel</i> .....	148
10.10.2.	<i>Fotofélvezető felületének megvilágítása</i> .....	149
10.10.3.	<i>A látens kép előhívása</i> .....	151
10.10.4.	<i>Képatadás a nyomathordozóra</i> .....	152
10.10.5.	<i>Fotofélvezető felületének megvilágítása</i> .....	153
10.10.6.	<i>Tisztítás és helyreállítás</i> .....	154
10.10.7.	<i>Fotoreceptor</i> .....	154
10.10.8.	<i>Sugárforrás</i> .....	154
10.10.9.	<i>Elektrosztatikus alapelvek</i> .....	154
10.11.	Tóner alapok .....	155

11. A NYOMTATÁSI MECHANIZMUSOKRÓL .....	158
11.1. Festékátviteli jelenségek .....	158
11.2. Papírtekercsek mechanikája .....	160
11.3. A papírtovábbítás elemzése .....	161
12. NYOMDAGÉPEK ÜZEMELTETÉSE ÉS KARBANTARTÁSA.....	165
12.1. Nyomdagépek karbantartási szemléletű működési modellje .....	165
12.2. Nyomdagépek karbantartási sajátosságai .....	166
12.4. Újszerű preventív szemlélet.....	166
12.3. A nyomdagépek üzemeltetése során fellépő leggyakoribb hibák és károsodási folyamatok .....	170
12.4.1. <i>Az illeszkedés problémái</i> .....	170
12.4.2. <i>Gyorsan kopó alkatrészek</i> .....	171
12.4.3. <i>Kenési problémák</i> .....	171
12.4.4. <i>Korróziós hibák</i> .....	172
12.4.5. <i>Érzékelők, jeladók zavarai</i> .....	172
13. FÜGGELÉK .....	173
13.1. A heatset tekercsofszet nyomógépekre vonatkozó „3C” megbízhatósági szemléletű karbantartási tevékenységek .....	173
13.2. A heatset tekercsofszet nyomógépek rendszerkomponenseinek megbízhatósági szemléletű karbantartási feladatai.....	180
13.2. Számítógéppel támogatható karbantartás-irányítási feladatok .....	185

# 1. Bevezetés

A jegyzetünk a megújult tantervű könnyűipari mérnök mesterszak (KIP MSc.) 2017. februárjában induló képzésének egyik első szerkesztett segédlete. A nyomdaipari és médiatechnológia specializáció államvizsga tantárgyához, a „Nyomtatott média technológiai I-II-III.” tantárgyhoz kapcsolódik. A jegyzet nem tartalmazza tételesen a tananyagot, nem törekszik teljességre, hanem fejezeteivel támogatja azt. A tantárgy oktatása több lábon nyugszik. Egyrészt támaszkodik a KIP alapképzés Nyomdaipari technológia ismeretek I-II. tananyagára, és annak jegyzeteire<sup>12</sup>. Másrészt az oktatók által ismertető – és az E-learning rendszerben megtalálható – prezentációkra, továbbá az oktatás során bemutatandó audio-vizuális segédletekre és hivatkozásokra. Azoknak a hallgatóknak, akik más mérnöki alapképzésben indultak, alapozónak javasoljuk még a „Bevezetés a grafikus kommunikációba” című szabadon választható tantárgy elsajátítását is, amelyhez ugyancsak tartozik elektronikus jegyzet<sup>3</sup>.

Az elmúlt négy évtizedben forradalmi változások történtek a világ nyomdaiparában. A fél évezredes "gutenbergi technológia" ma már nyomdaipari történelem. A szöveg-előállításban a szerepet teljesen átvette az elektronika és az informatika. A nyomtatásban és a kötetes feldolgozásban megjelent integrált gyártórendszerek pedig betetőzték ezt a fejlődési folyamatot.

Ma már a Print 4.0 világról beszélünk (end-to-end autonomous printing – Push to Stop). A nyomtatott kommunikáció is fellépett az ipari forradalom 4. lépcsőjének a színpadára. Továbbélésének feltétele, hogy megfeleljen az információs társadalom kihívásainak, attraktív alternatívát nyújtson az új kommunikációs csatornákkal szemben.

A több mint 500 éves „Gutenberg-galaxis” születése óta különleges helyet foglal el a kultúrában és a gazdaságban. A 19. század elejére iparaggá vált tevékenységet mindig is az emberi tudás hordozójának is tekintette a társadalom, ezért fejlődését kiemelten támogatta. Mára a kommunikációs ipar részévé válva változatlanul a társadalmi fejlődés élvonalában található a nyomdaipar, a grafikus média.

Számtalan új érték született és születik a nyomtatott termékek világában. Kilépve a két dimenzió világából, a 3D nyomtatás nemcsak gyártási technológia, de új kommunikációs lehetőség is. A funkcionális nyomtatás, az autóipartól a textiliparon át az üvegiparig számtalan innováció, eredeti megoldás bővíti a nyomtatási technológia alkalmazási formáit.

Az iparág szakembereivel szemben jelentősen megnövekedtek a követelmények. Ennek megfelelően, igyekeznek szilárd és megújuló – elméleti és gyakorlati - tudást adni a képzésünk a fiatal mérnök generációnak.

Budapest, 2016. november 30.

*Szerzők*

---

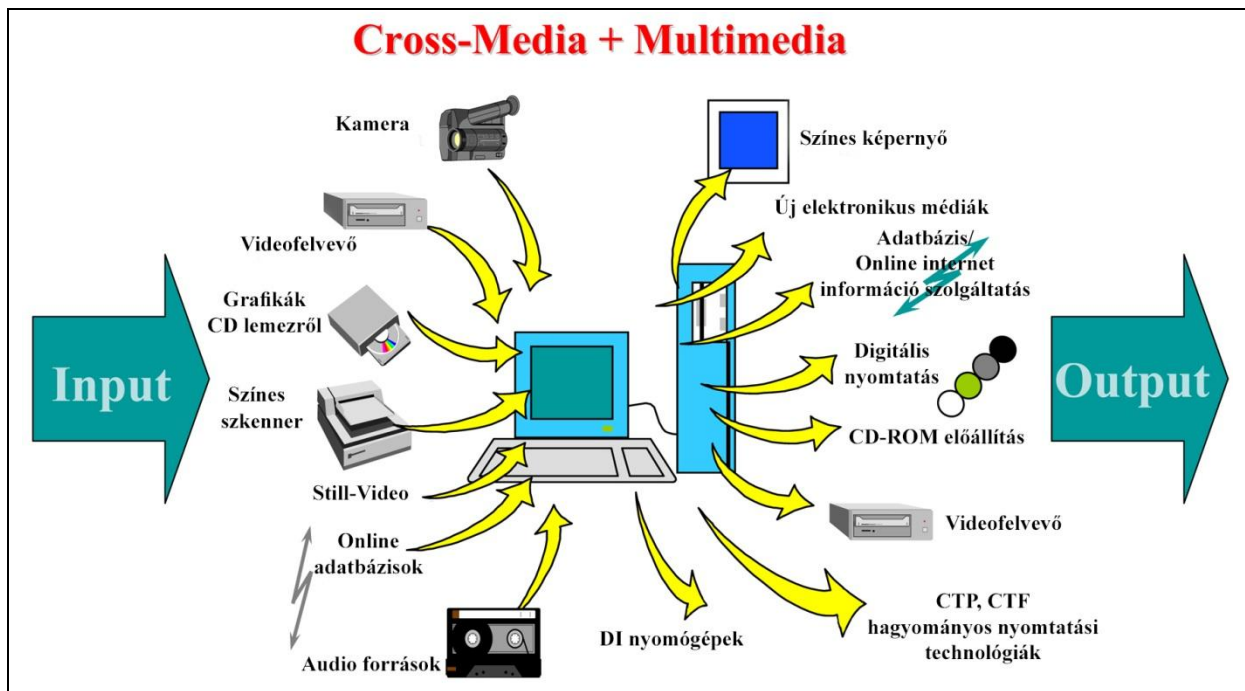
<sup>1</sup> Szentgyörgyvölgyi R.: Nyomdaipari technológiai ismeretek I. – BMF RKK 6019, Budapest, 2008

<sup>2</sup> Szentgyörgyvölgyi R.: Nyomdaipari technológiai ismeretek II. Nyomtatási technológiák, ÓE RKK, 6055, Budapest, 2014

<sup>3</sup> Horváth Cs.: Bevezetés a grafikus kommunikációba – ÓE RKK 6053, Budapest, 2015.

## 2. Üzlet a nyomtatott kommunikáció világában

A nyomtatás a többfunkciós marketing-kommunikációs iparban továbbra is fontos szerepet játszik (2.1. ábra). Kétség sem fér hozzá, hogy a mai világot az információ határozza meg. Legyen szó akár hírekről, véleményekről, interjúkról vagy hirdetésekről, írott, szóbeli vagy filmes formátumban, ez az információ az, ami életünknek irányt és struktúrát ad. A média határozza meg az életünket, mi pedig részei vagyunk. A magazinok, a napilapok, a televízió, az online, mobil és közösségi média ma már minden reklámkampány szerves részét képezik.



2.1. ábra Multifunkciók az információ továbbításban

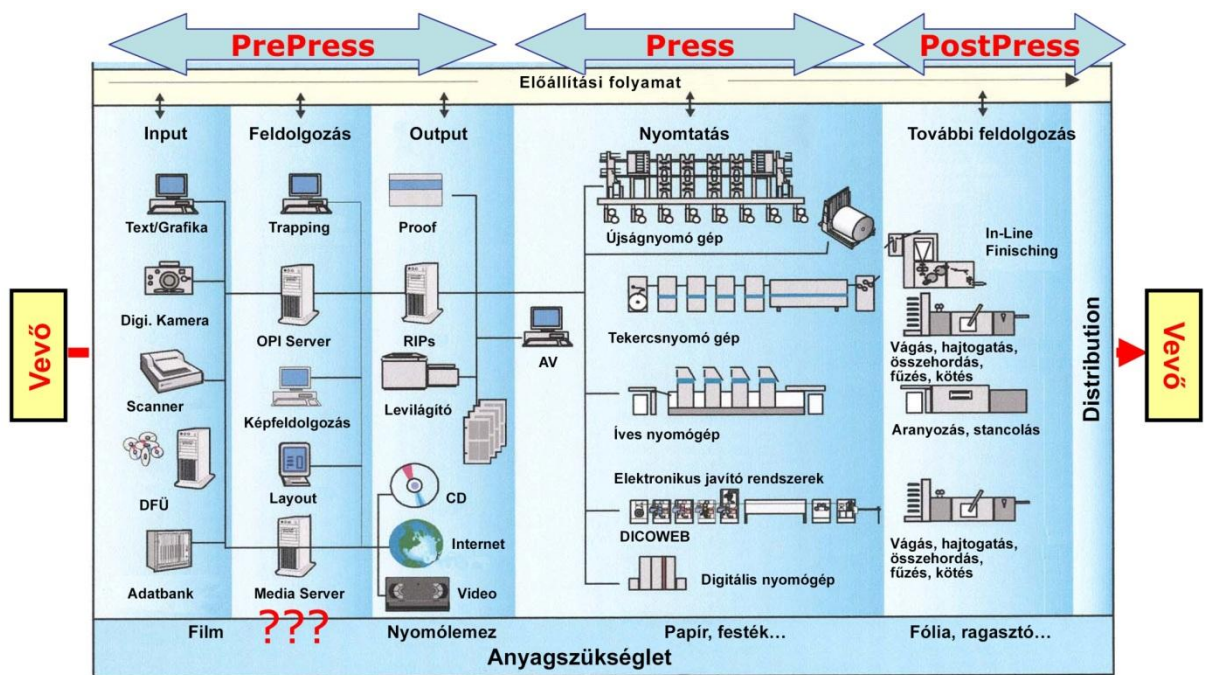
### 2.1 A papír és a pixelek integrációja

Az emberek – különösen a fiatalabb generációk - az idő előrehaladtával életük egyre nagyobb részét töltik az interneten. A közösségi médiából kiderül, mivel foglalkoznak, a Google segít nekik megtalálni, amit keresnek, a YouTube-on megtekinthetik a legújabb videókat, az Amazon és az ahhoz hasonló oldalakon meg megvehetik mindazt, amit megkívánnak. A nyomtatott termékekkel könnyű az olvasókat a hirdető weboldalára vagy Facebook-oldalára terelni. A QR-kód, az AR-technológia, az NFC vagy a digitális lenyomatok használata révén az olvasók könnyen és gyorsan eljuthatnak a megfelelő oldalra. Ezek a technológiák hidat formálnak a nyomtatott média és a márka online része között. A fogyasztók könnyen reagálhatnak - visszajelezhetnek tapasztalataikról vagy a vásárolt termékekről - számítógépen, tableten vagy okostelefonon. A fenti technológiák tehát megnövelik a nyomtatott média hatását, valamint a fogyasztói élményt is jobba tehetik.

A nyomtatott médiának sok formája létezik a tömegmédiától kezdve (több százmillió kópia) a címzett küldeményekig (minden egyes fogyasztó személyére szabva). Ezek között is



adódnak formátumbeli különbségek, úgymint a személyre szabott napilap vagy magazin. Ezek tartalma az adott olvasó ízlésének megfelelő módon épül fel. A modern digitális nyomdák felkínálják annak lehetőségét, hogy az adott fogyasztók arculatát és szükségleteit tekintetbe véve alakítsák ki akár a teljes publikációt is. A tömegével nyomtatott magazinok vagy napilapok lapjai közé integrálható a digitális tartalom is. Ez a lehetőség rengeteget hozzáad a nyomtatott médium hatásához, mivel a fogyasztók preferálják a testre szabott tartalmat az általános ellenében. Ez a rugalmasság és alkalmazkodóképesség könnyebbé teszi a marketinges és a márkatulajdonos számára a tökéletes nyomtatott médium kiválasztását. (2.2. ábra).



2.2. ábra A nyomtatott média előállításának folyamatai

## 2.2 Az információs csatornák lehetőségei

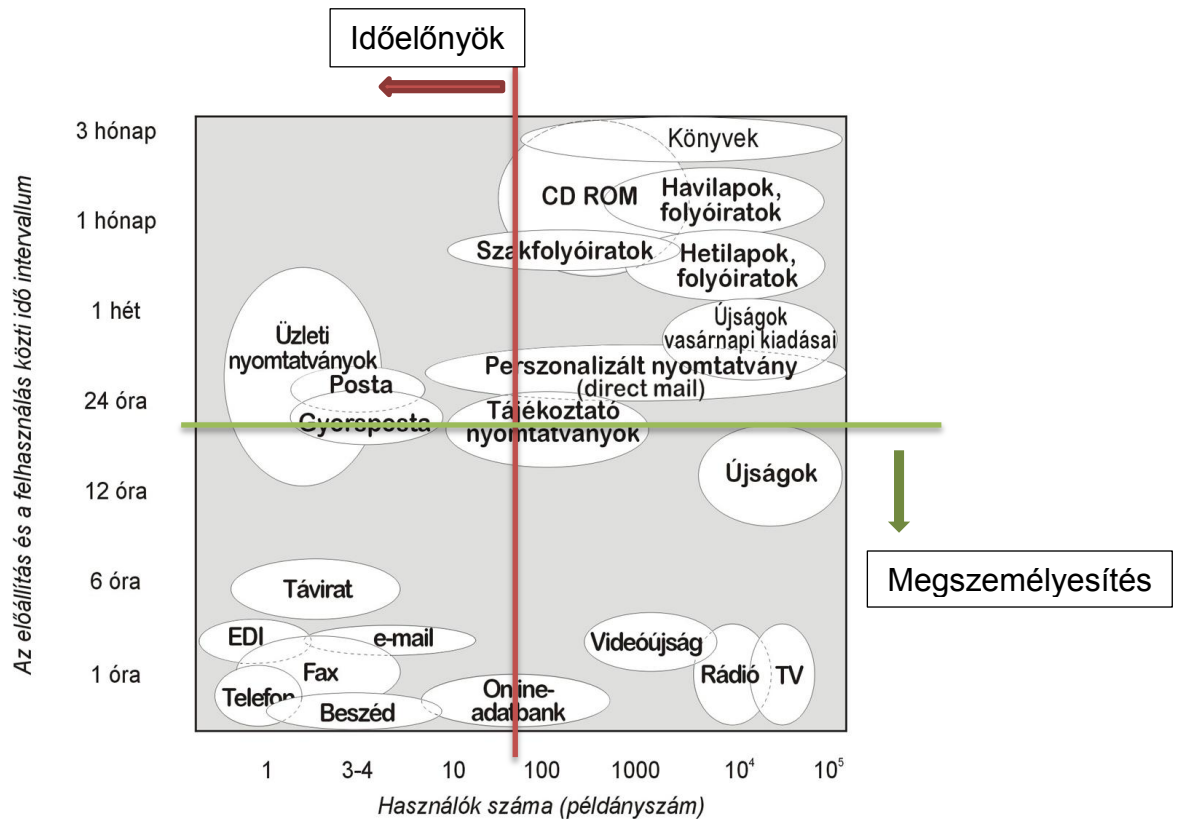
A társadalom a huszadik század végére jutott el a fejlettségének és a bonyolultságának arra a fokára, ahol az információs kapcsolatok a társadalom idegpályái lettek..

Megnőtt és megváltozott az információ szerepe, robbanásszerűen megnőtt az információ termelése és felhasználása, ennek következményeként rendkívüli módon kiszélesedett az információtovábbítás, a hírközlés technikája. A föld felszínén, a tengerek mélyén kígyózó, világrészeket összekötő híradástechnikai és információs kábelek, a Föld körül keringő műholdak segítségével a társadalom az információk továbbításának és a megszemélyesítésnek igen magas fokát építette ki.

A 2.3 ábra megmutatja a különböző információs közegekkel elérhető példányszámokat és egyidejűleg a tartalom továbbításának a gyorsaságát is. Jól látható, hogy a a nyomtatott média termékei mindkét szempont szerint háttérbe szorultak.

A digitális nyomtatástechnológia az az új technológiai lehetőség, amely a megszemélyesítés (célirányos reklám személycsoportok szerint), valamint a fragmentálás szempontjai (minden csoportnak egy saját termék) szerint versenyre kelhet az elektronikus kommunikációval. A

gyakorlatban való sikeres alkalmazásukhoz előfeltétel még a műszaki, eljárás-fajlagos problémák mellett a megfelelő üzleti modell is.



Forrás: PIRA

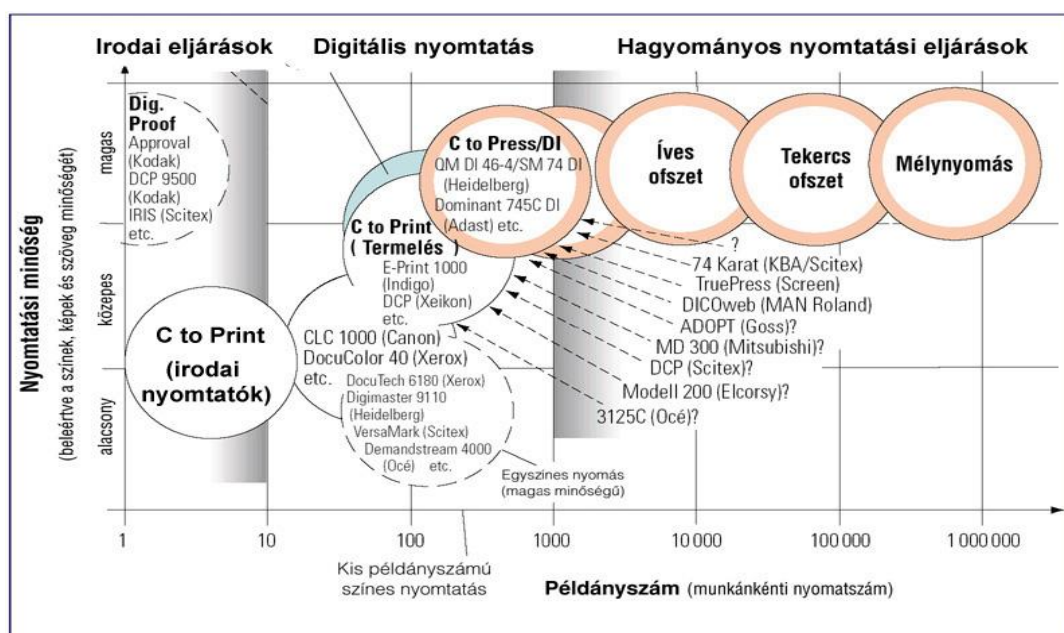
2.3. ábra Az információ továbbítás logisztikája

### 2.3 Új piaci lehetőségek

A digitális nyomtatási technológia nemcsak a megszemélyesítés terén jelent fontos eszközt, de a kis példányokhoz kapcsolódó piaci rés kihasználásában is nagy a szerepe. A csökkenő példányszámok piacán ideálisan alkalmazhatók a digitális nyomógépek, különösen akkor, ha azok hatékony feldolgozórendszerekkel kapcsolódnak. Egyre nagyobb teret hódítanak az ink-jet integrált nyomórendszerek. Ennek oka, hogy az irodai nyomtatásból kifejlődött technológia egyre megbízhatóbb, teljesítménye és minősége növekszik, miközben az egy oldalra vetített nyomtatási költségek csökkennek. Az ink-jet nyomtatási technológia ipari termelésé fejlődött. Négyszínes nyomtatáskor már egyre nagyobb minőséget biztosít, a növekvő pályaszélességek, a nagyobb gépsebességek miatt egyre több nyomda számára nyújtanak új megoldást.

A változó adathalmazt kezelő alkalmazások segítenek abban, hogy személyre szabott nyomdai termékeket lehessen teljesen automatikusan létrehozni. Ez teszi a digitális nyomtatást egy rendkívül vonzó technológiává a direkt marketing, az ügyfélkapcsolat-kezelés, a számlázás számára, felgyorsítva a címzést a változatos levélkampányok készítésekor. Az ügyfelek tetszőlegesen változtathatják bármely nyomtatott kommunikáció tartalmát, hogy pontosan megfeleljenek a címzettek speciális követelményeinek.

Mindemellett a hagyományos nyomtatási technológiák is sokat fejlődtek hatékonyság tekintetében az alacsony példányszámok területén. A 2.4. ábra a példányszámok és minőség függvényében mutatja be a nyomtatási technológiák alkalmazhatóságát.



2.4. ábra A különböző színes nyomtatványokat előállító nyomtatási eljárások gazdaságos alkalmazásai a példányszám és a minőség függvényében

## 2.4 Médiahasználati szokások változásai

A mobilinternet és az okostelefonok és tabletek robbanásszerű elterjedése drasztikusan módosítja a médiafogyasztási szokásokat. A 2.5. ábra mutatja a változások trendjeit. A gyorsan és olcsón megszerzendő információkat az emberek egyre inkább az interneten megtalálható – ráadásul ingyenes – adatbázisokból, tartalom szolgáltatóktól szerzik be.

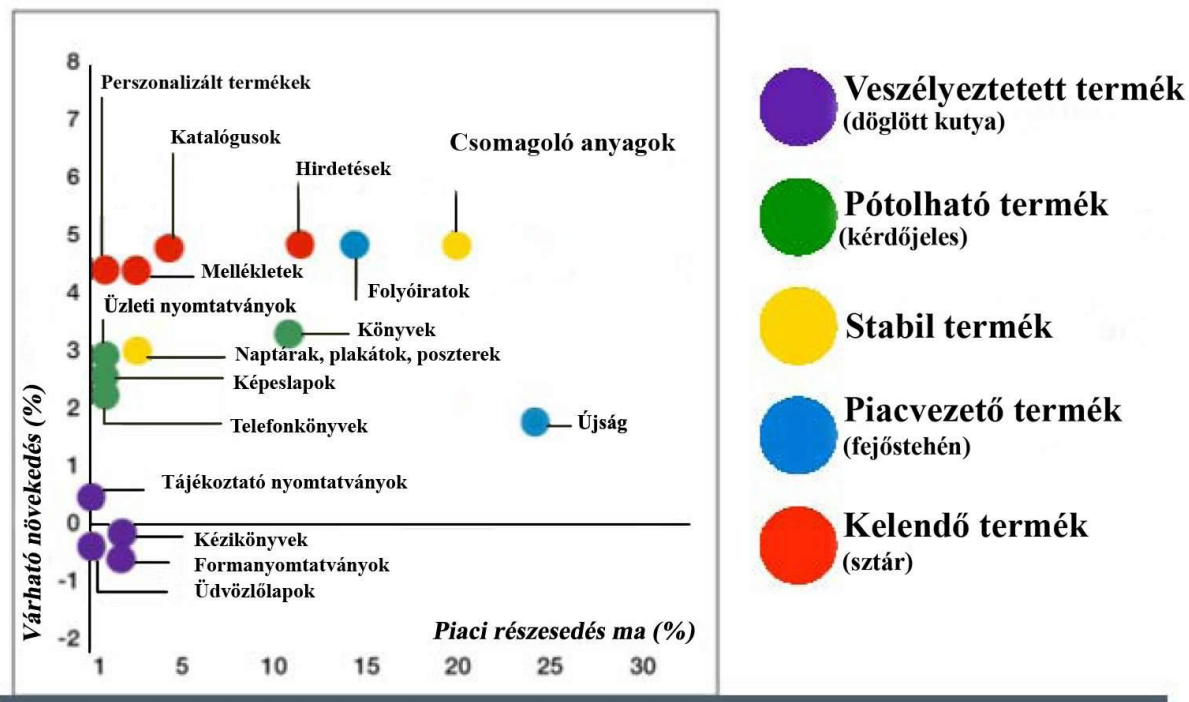
Ma jelentős kormányzati törekvés is, az információ továbbítás internetre történő terelése, amely szembemegy a nyomtaott kommunikáció üzleti érdekeivel.

Információ típus	Nyomtatott	CD/DVD	WEB
● jó ha megvan	X	X	
● jó tudni			
● olvasni	X		
● utánanézni	X	(X)	
● fontos tudni			
● olvasni	X		(X)
● utánanézni	(X)	X	X
● kiválasztani		X	X
● olcsón megtudni		X	X
● gyorsan megtudni			X

2.5. ábra Hogyan változtatják az új információs technológiák a fogyasztói szokásokat?

## 2.5 Változó nyomdatermék termékpaletta

Az előzőekben ismertetett médiafogyasztási szokások jelentősen befolyásolják a nyomdatermékek piacát. A korábban tudásbázisoknak is tekintett termékek tűnnek el vagy válnak marginális szereplővé. A 2.6. ábrán látható, hogy a kézikönyvek, szakmai adattárak, telefonkönyvek, menetrendek, üdvözlőlapok, képeslapok piaci részesedése drasztikusan csökkent. Bár csökkenő példányszámokkal, de még tartják piaci jelentőségüket a folyóiratok és a napilapok. Stabil és a fejlődés motorjainak tekinthető termékek a csomagolóanyagok és a naptárak, plakátok, poszterek. A hirdetési portfólió, a megszemélyesített termékek és a biztonsági nyomtatás pedig az új innovatív kihívások a nyomtatott média piac szereplői számára. A hagyományos termékskála kiszélesítését jelenti a funkcionális és a3D nyomtatás.



Quelle: MAN Roland Print Media Monitor, 2005

2.6. ábra A nyomtatott média jellegzetes termékei. A piaci arányok és a fejlődés várható irányai.

### 3. Színíngermetrikai áttekintés

A CIE (Commission Internationale de l'Eclairage, Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság) 1931-ben fogadta el az első, színíngermérő rendszert. Az additív színínger-keverésen alapuló trikromatikus színíngermérő rendszer három megfelelően kiválasztott, egymástól független alapszínínger additív színínger-keverésének leírásával fejezi ki a többi színínger színínger-jellemzőit. A CIE által meghatározott színínger-megfeleltető függvényeket súlyfüggvényként használva kapjuk a vizsgált színínger színekéből a színínger-összetevőket.

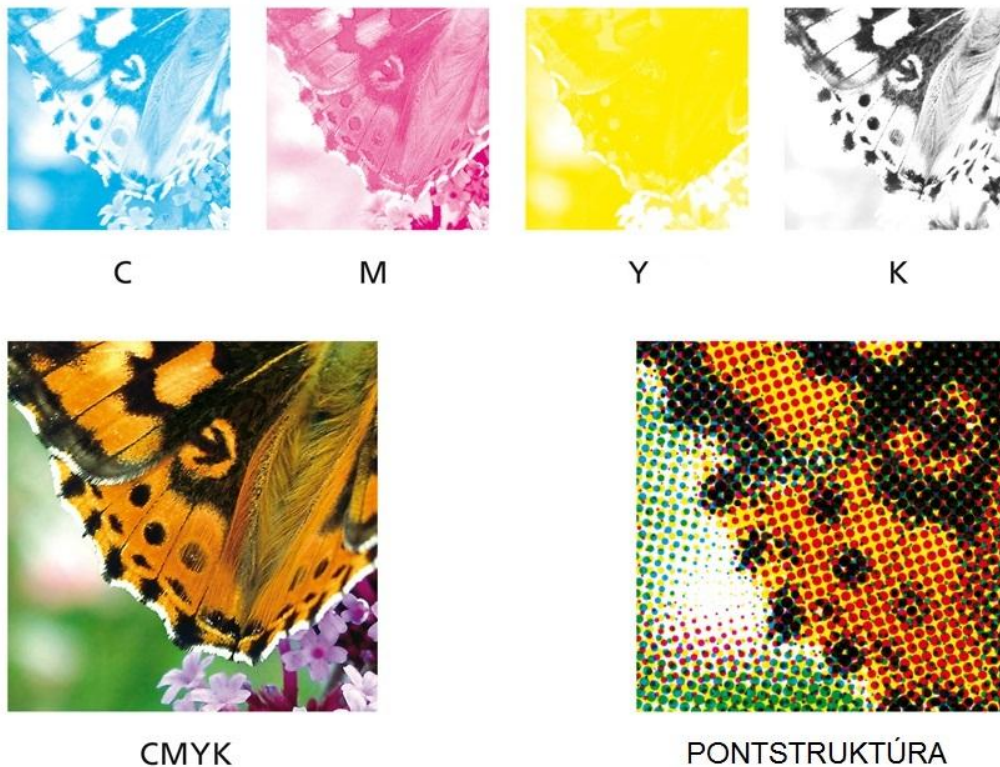
#### 3.1. Színkeverések

Színkeveréssel alapszínekből tetszőleges további színeket állíthatunk elő; két módszerét különböztetjük meg: az additív (összeadó) és szubtraktív (kivonó) színkeverést. A additív színínger-keverés különböző színű fényíngerek keverését jelenti. Több módszert is alkalmazhatunk: egyidejűleg egy helyre több színes fényt vetítünk; vagy nagy frekvenciával felváltva cserélgetjük a színíngereket, illetve a szem felbontóképességénél kisebb színelemeket helyezünk egymás mellé. Hermann Grassmann törvényei szerint három



3.1 ábra. Az additív színkeverés (bal oldalon) tipikus alapszínei a vörös (red, R), zöld (green, G) és a kék (blue, B), a szubtraktív színkeverés alapszínei nyomtatás esetén (középen) a cián (cyan, C), bíbor (magenta, M), sárga (yellow, Y) és technológiai okokból a fekete, viszont a festészetben (bal oldalon) festék alapszíneknek a vöröset, sárgát és kéket használják

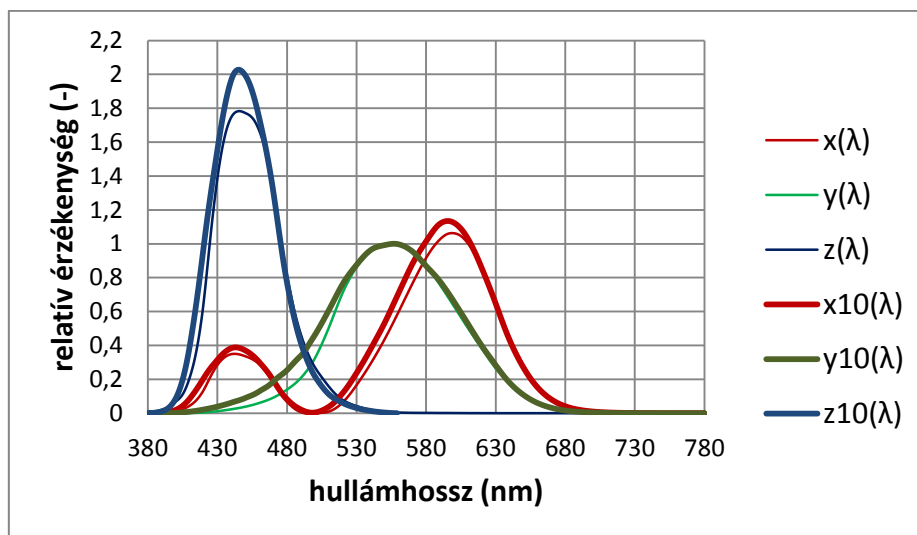
megfelelően kiválasztott alapszínínger elegendő ahhoz, hogy egy tetszőleges színíngert létrehozzunk, és színek egyezésének leírásához csak az ezekből az alapszínekből vett mennyiségek számítanak, a színínger spektrális összetétele nem. Ebből következik, hogy 3 érték szükséges és elégséges ahhoz, hogy egy színt jellemezzünk. Az additív színínger-keverés nem csak a színínger-metrika elméleti megalapozása szempontjából jelentős: napjaink digitális eszközeinek képmegjelenítői szinte kizárólag ezen az elven jelenítenek meg színeket. A szubtraktív (kivonó) színkeverés során a megvilágító (általában fehér) fényforrás fényének színekéből vonunk el különböző tartományokat pl. optikai szűrők, festékek segítségével. Tipikus alapszínei a cián, a bíbor és a sárga, a festészetben gyakran a vörös, a sárga és a kék (pl. Johannes Itten színekör is ezekre épül). A különböző rácspontokból felépülő autotípiái árnyalatok nyomtatása az additív és a szubtraktív módszer keverékének tekinthető, melyben fontos szerepet kap a nyomathordozó.



3.2 ábra. A nyomtatásban az autotípiiai árnyalatok összetett színkeverési folyamat eredményeképp valósulnak meg

### 3.2 A CIE 1931 színinermérő észlelő

A három színinerm-jellemző meghatározásához szabványos spektrális súlyfüggvénye van szükségünk. Ezeket biztosítja a CIE 1931 színinermérő észlelő (CIE 1931 Standard Colorimetric Observer) mely definíció szerint az az ideális észlelő, amelynek a színinerm-megfeleltető tulajdonságai megegyeznek az  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$  CIE színinerm-megfeleltető függvényekkel.



3.3 ábra. A CIE 1931 2° színinermérő észlelő, az  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$  színinerm-megfeleltető függvények (vékony vonalú görbék), és a CIE 1964 10°-os kiegészítő színinermérő észlelő  $\bar{x}_{10}(\lambda)$ ,  $\bar{y}_{10}(\lambda)$ ,  $\bar{z}_{10}(\lambda)$  függvényei (vastag vonalú görbék)

A szabványos észlelő színíngere-megfeleltető függvényeit 17 mérőszeméllyel végzett vizuális kísérletben határozták meg, melyben a látómező mindössze 2°-os volt. A kísérletekben kapott függvényeket a gyakorlati színmérés és számítástechnikai korabeli igényeinek megfelelően át kellett alakítani. A Grassmann törvények lehetővé teszik a lineáris transzformáció alkalmazását, ennek segítségével a CIE követelményei alapján számították ki az új alapszíníngereket. Ezeket a követelményeket valós alapszíníngerek nem elégítik ki, ezért az X,Y,Z alapszíníngereket fényforrásként nem lehet megvalósítani, amit úgy fejezünk ki, hogy nem valódiak. Ez a tény azonban nem befolyásolja a szabványos színíngermérő-rendszer használhatóságát.

A CIE X, Y, Z tristimulusos értéket (színíngere-összetevőket) az

$$\begin{aligned} X &= k \int_{380}^{780} S_{\lambda} \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y &= k \int_{380}^{780} S_{\lambda} \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z &= k \int_{380}^{780} S_{\lambda} \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (1)$$

egyenletek segítségével számíthatjuk ki, ahol

$S_{\lambda}$  a színíngere relatív spektrális teljesítmény-eloszlása,

$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$  színíngere-megfeleltető függvények,

$k$  alkalmasan megválasztott konstans.

A  $k$  konstans értékét a mérés céljának megfelelően érdemes megadni. Ha például  $Y$  értékét fotometriai mennyiségben szeretnénk megkapni (erre azért van lehetőség, mert az  $\bar{y}(\lambda)$  függvény megegyezik a  $V(\lambda)$  láthatósági függvénnyel, így a fénysűrűségi információt csak ez a színíngere-összetevő hordozza), akkor a  $k$  állandónak  $K_m$  –mel a monokromatikus sugárzás spektrális fényhatásfokának legnagyobb értékével (683 lm/W) kell megegyeznie. Általában célszerű a  $k$  tényezőt így választani:

$$k = \frac{100}{\int_{380}^{780} S_n(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda} \quad (2)$$

ahol  $S_n(\lambda)$  a fehér színíngere, vagy a fényforrással megvilágított fehér felület spektrális teljesítmény-eloszlása.

A tristimulusos értékeket első sorban annak eldöntésére használhatjuk, hogy két színíngere egyezik-e. Ha a két színíngere színíngere-összetevői páronként egyenlők egymással, akkor azonos körülmények között egymás mellett azonosnak látjuk őket:

$$\begin{aligned} X_1 &= X_2 \\ Y_1 &= Y_2 \\ Z_1 &= Z_2 \end{aligned} \quad (3)$$

A 2°-os látómezőn belül színlátásunk egyenletesnek tekinthető, a látómezőt növelve azonban megváltozik szemünkben a fotoreceptorokig vezető közeg spektrális áteresztő képessége és a csap receptorok eloszlása is. Az iparban előforduló minták nagyobb méretű minták színíngere-mérésére a kis látómezőre meghatározott színíngermérő észlelő nem volt megfelelő, ezért a CIE új, nagy látómezővel használható színíngermérő függvényeket dolgozott ki. Ez a CIE 1964 10° kiegészítő színíngermérő észlelő (CIE 10° Supplementary Standard Observer) nevet kapta, és 4°-nál nagyobb látómező esetén kell használni. A kiegészítő színíngermérő

függvényeket és a velük kapott színinger-összetevőket alsó indexbe tett 10-es számmal jelölni kell (pl.  $\bar{y}_{10}(\lambda)$ ,  $X_{10}$ ).

### 3.2.1 Metaméria

Érdeemes a 3. összefüggést részleteiben megvizsgálni, abban az esetben, ha egy adott fényforrással reflexiós mintákról van szó:

$$\int_{380}^{780} S_1(\lambda) \rho_1(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} S_1(\lambda) \rho_2(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$\int_{380}^{780} S_1(\lambda) \rho_1(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} S_1(\lambda) \rho_2(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \quad (4)$$

$$\int_{380}^{780} S_1(\lambda) \rho_1(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda = \int_{380}^{780} S_1(\lambda) \rho_2(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

ahol:

$S_1(\lambda)$  a fényforrás spektrális teljesítmény-eloszlása,  
 $\rho_1(\lambda)$  és  $\rho_2(\lambda)$  a két minta spektrális fényvisszaverési tényezője,  
 $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$  pedig a színinger-megfeleltető függvények.

Amennyiben a két minta spektrális fényvisszaverési tényezője különböző, és a fenti egyenlőségek teljesülnek, akkor a mintákat metamereknek nevezzük. A megvilágított minták tehát azonosnak látszanak adott körülmények között de a vizuális egyezés megszűnhet, amint az látási szituáció egy elemét megváltoztatjuk például az  $S_1$  megvilágítást kicseréljük egy másikra, akkor az egyenlőség már nem biztos, hogy továbbra is fenn áll: ezt az esetet fényforrás-metamériának nevezzük. Emellett a mérőszemélyek esetében is lehetnek viszonylag kis eltérések azok receptorainak spektrális érzékenységi függvényeiben. Ezeket ilyenkor nem megfelelően modellezik a színinger-megfeleltető függvények, tehát előfordulhat, hogy egy mintapár azonosnak látszik az egyik, de eltérőnek tűnhet a másik észlelő számára; ez a megfigyelő-metaméria esete.

### 3.2.2 Színinger-koordináták, színinger-diagram

A színinger-összetevők közül egyedül az Y ad a vizuális megjelenéssel is korreláló értéket mivel fotometriai mennyiség. Szemléletesebb, ha a színingert nem a színösszetevőkkel, hanem az azokból számított x, y színinger-koordinátákkal, vagy más néven színességi koordinátákkal jellemezzük, melyek az alábbi módon kapunk:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (5)$$

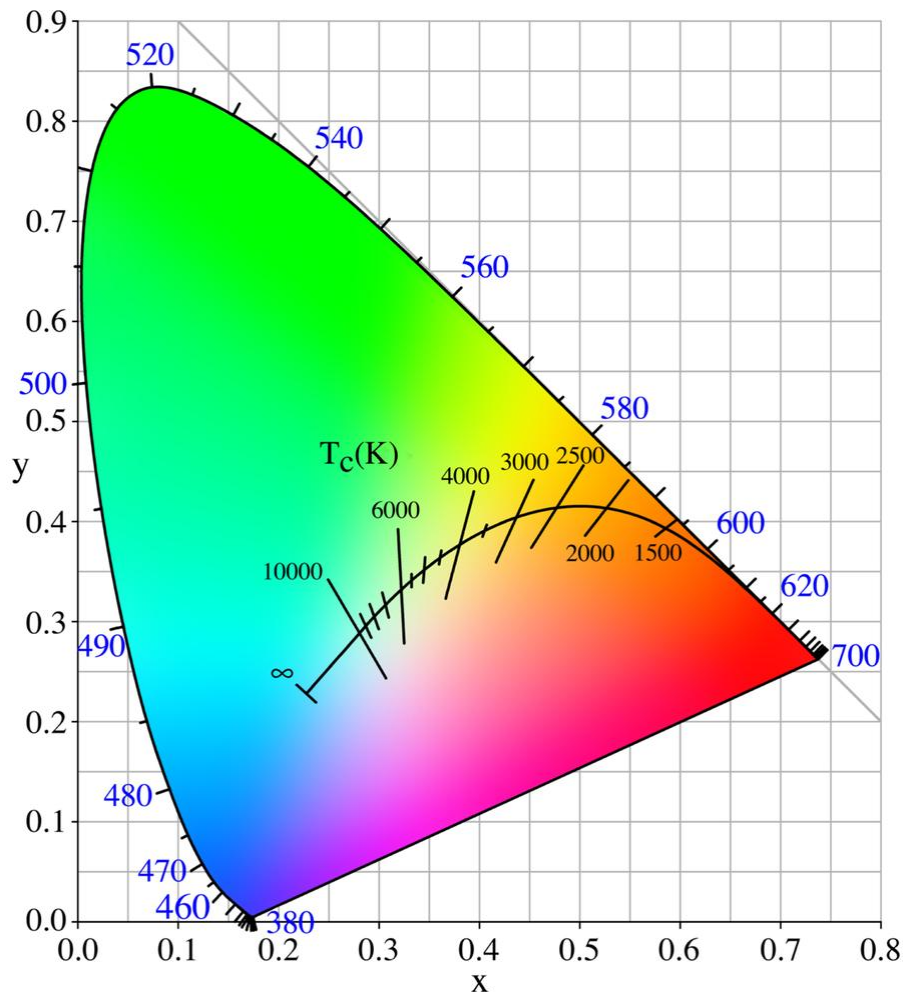
$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

Az x,y színességi vagy színinger-diagram a színességi koordináták grafikus ábrázolása, legtöbbször ábrázolják benne a monokromatikus spektrum-színíngerek vonalát is, amely jellegzetes, patkó alakú görbe. A görbe végpontjait a bíbor színíngerek vonalában összekötve kapjuk a „színpatkó”-t mely tartalmazza az összes megvalósítható színinger koordináta-pontjait. Egy színinger vizuális megjelenésének elképzeléséhez segítséget nyújt színinger-koordinátáinak ábrázolása.

A színességi- diagram különféle színíngermetriai jellemzők meghatározására alkalmas, gyakran használják az additív- vagy szubtraktív színíngerkeverés elve alapján működő



képmegjelenítő berendezések által létrehozható színtartományok grafikus szemléltetésére is. Az additív színingerkeverés módszerével előállított színingerek a felhasznált három alapszín (jellemzően vörös, zöld és kék) által meghatározott háromszögön belül helyezkednek el.



3.4 ábra. A CIE  $x,y$  színingerdiagram a Planck-sugárzók görbéjével, melyen a színhőmérséklet értékeket ( $T_c$ ) láthatjuk

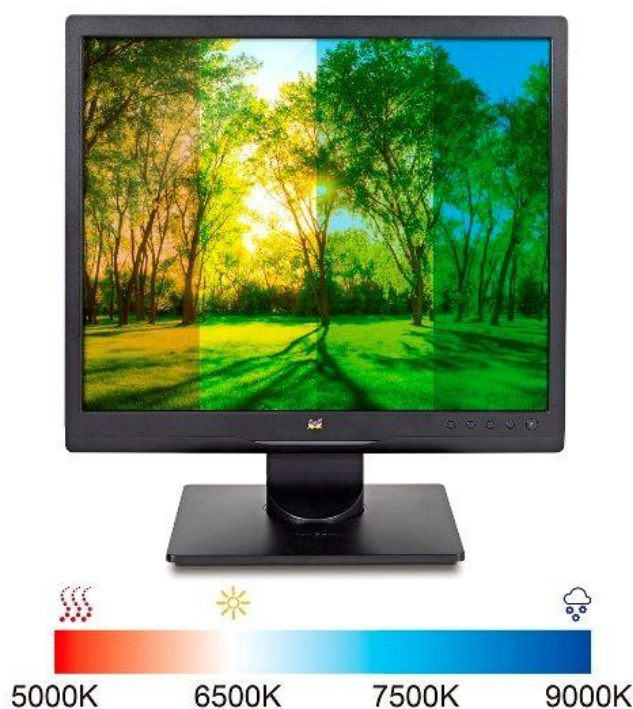
Az  $x,y$  színességi diagramban a színingerek pontjainak eloszlása észleletileg nem egyenletes. MacAdam az éppen észlelhető színinger-különbség (Just Noticeable Difference, JND) vizsgálatával megmutatta, hogy az egyes megkülönböztethető színek pontjai a diagram különböző részein eltérő gyakorisággal fordulnak elő. A CIE transzformálta az  $x,y$  diagramot ez lett a CIE 1976  $u',v'$  észleletileg egyenlő közű színinger-diagram (Uniform Chromaticity Scale), melynek koordinátáit az alábbi összefüggések szerint kapjuk:

$$u' = \frac{4x}{-2x + 12y + 3}$$

$$v' = \frac{9y}{-2x + 12y + 3} \quad (6)$$

Ugyancsak színességi diagramban történik a korrelált színhőmérséklet (Correlated Color Temperature,  $T_{cp}$ ) meghatározása is, melyet közelítőleg fehér színezetű sugárforrások, képmegjelenítők fehérpontjának jellemzésére használunk. A színhőmérséklet (Color Temperature,  $T_c$ ) a Planck sugárzó hőmérséklet értékével adja meg a vizsgált sugárforrás színességét: egy olyan Planck sugárzónak a hőmérséklete, amely sugárzásnak ugyanaz a színessége, mint a vizsgált színingéré.

Abban az esetben, ha a vizsgált fényforrás pontja a színességi diagramban nem a Planck görbére esik, korrelált színhőmérsékletéről beszélünk. A korrelált színhőmérséklet annak a Planck-sugárzónak a hőmérséklete, amelynek színességi koordinátái a vizsgált színinger koordinátáihoz a legközelebb esnek az  $u'$ ,  $2/3v'$  színességi diagramban. Egy színinger korrelált színhőmérsékletének kiszámításához meg kell határozzuk a Planck sugárzók görbéjén az ahhoz a ponthoz tartozó hőmérséklet-értéket, mely a görbe és a színingerre jellemző, megegyezés szerinti állandó korrelált hőmérsékleti vonal (isotemperature line) metszéspontja.



3.5 ábra. Különböző színhőmérsékletű képernyő-beállítások

### 3.3 Az 1976 CIE $L^*$ $a^*$ $b^*$ színingertér

Az észleletileg egyenlő közű színinger diagramban lehetséges olyan mennyiségek megadása, melyek a színészlelet különböző tulajdonságaival (pl. színezet, króma) szoros kapcsolatban vannak. A színességi diagram egyenletessé tételén túl a három dimenziós színingerteret is egyletessé lehet tenni. A CIE 1976-ban két egyenletes színingerteret (Uniform Color Space) is kifejlesztett CIELAB és a CIELUV néven. Napjainkban többnyire a CIELAB színingerteret használják.

A derékszögű koordinátákként értelmezett és ábrázolható CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  színinger-összetevőket a következő módon számítjuk:

$$L^* = 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16$$

$$a^* = 500\left(f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)\right)$$

$$b^* = 200\left(f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right)\right)$$
(7)

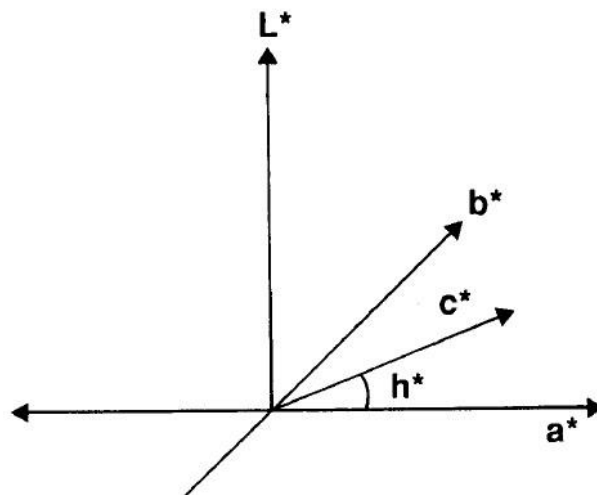
ahol:

$$f(t) = t^{1/3} \quad \text{ha } t > \left(\frac{6}{29}\right)^3,$$

$$f(t) = \frac{1}{3} \left(\frac{6}{29}\right)^2 t + \frac{4}{29} \quad \text{egyébként,}$$

X, Y, Z a vizsgált színininger,

$X_n, Y_n, Z_n$  pedig a látási szituáció fehérpontjának színinger-összetevői. Az  $L^*$  érték egyben a CIELAB világossági tényező, legnagyobb értéke 100. Az  $a^*$  tengely pozitív irányban a vörös, negatív irányban a zöld színezet felé, a  $b^*$  tengely pozitív irányban a sárga, negatív irányban a kék színezet felé mutat. Mivel az  $a^*, b^*$  sík merőleges az  $L^*$  tengelyre, ezért a síkon a világosság értéke állandó.



3.6 ábra. A CIE  $L^* b^* a^*$  (CIELAB) színigertér tengelyei, a króma és a színezeti szög

A CIELAB króma a színpont  $L^*$  tengelytől való távolsága, színinger telítettségével korreláló értéket ad:

$$C^*_{ab} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (8)$$

A CIELAB színezeti szög a színezet számértékkel való azonosítására szolgál:

$$h^*_{ab} = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (9)$$

A CIELAB színigertér a színészlelet szempontjából egyenletes, ezért két színinger közti különbség a színigertérben a hozzájuk tartozó két pont távolságának felel meg:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (10)$$

ahol:

$$\Delta L^* = (L^*_1 - L^*_2), \text{ stb.,}$$

$L^*_i, a^*_i, b^*_i$  ( $i = \{1;2\}$ ) a vizsgált mintapár színinger-összetevői.

A színekülönbségi formulával számított értékek vizuális értelmezésében a színinger-megkülönböztetési küszöb kulcsfontosságú, értéke egységnyi. Az 1-nél nagyobb érték észlelhető színekülönbséget jelent; a színreprodukciós folyamatok esetén általában  $\Delta E^*_{ab} \leq 5$  nagyságú különbségekkel találkozhatunk. A színmérés bizonytalanságát is célszerű  $\Delta E^*_{ab}$  egységekben kifejezni, ebben az esetben az értékelés vizuális jelentést is hordoz.

Az éppen észlelhető színekülönbség értékét több tanulmány is vitatta, a különböző látási szituációkban tapasztalt értékek széles skálán mozogtak. A számított értékek és mérőszemélyek ítélete alapján készült értelmezést mutat a következő táblázat.

3.1 táblázat. A CIE  $\Delta E^*_{ab}$  színinger-különbségi értékek és a vizuális megfigyelés tapasztalati kapcsolata.

Számított $\Delta E^*_{ab}$ színinger-különbség	Vizuálisan észlelt eltérés
0 – 0,5	nem észrevehető
0,5 – 1,5	alig észrevehető
1,5 – 3,0	észrevehető
3,0 – 6,0	jól látható
6,0 –	nagy

A mérőműszerek általában több színinger-különbségi formula használatát teszik lehetővé. A színekülönbség  $\Delta E^*_{ab}$  formulával számított értékei és a vizuális értékelés közötti eltérések miatt nyilvánvalóvá vált a CIE számára hogy a formula revízióra szorul, ez 1994-ben történt meg, az új formula a  $\Delta E_{94}$  nevet kapta:

$$\Delta E^*_{94} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*_{ab}}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*_{ab}}{k_H S_H}\right)^2} \quad (11)$$

ahol:

$$\Delta L^* = L^*_1 - L^*_2$$

$$C^*_1 = \sqrt{a_1^{*2} + b_1^{*2}}$$

$$C^*_2 = \sqrt{a_2^{*2} + b_2^{*2}}$$

$$\Delta C^*_{ab} = C^*_1 - C^*_2$$

$$\Delta H^*_{ab} = \sqrt{\Delta E^{*2}_{ab} - \Delta L^{*2} - \Delta C^{*2}_{ab}} = \sqrt{\Delta a^{*2} - \Delta b^{*2} - \Delta C^{*2}_{ab}}$$

$$S_L = 1$$

$$S_C = 1 + K_1 C^*_1$$

$$S_H = 1 + K_2 C^*_1$$

A fenti formulában szereplő  $k_L$ ,  $K_1$  és  $K_2$  konstansokra a felhasználó iparágak különböző értékeket állapítottak meg, ezeket mutatja a következő táblázat.

3.2 táblázat. A  $\Delta E_{94}$  színekülönbségi formula ipari gyakorlatban való alkalmazásához használt konstansok

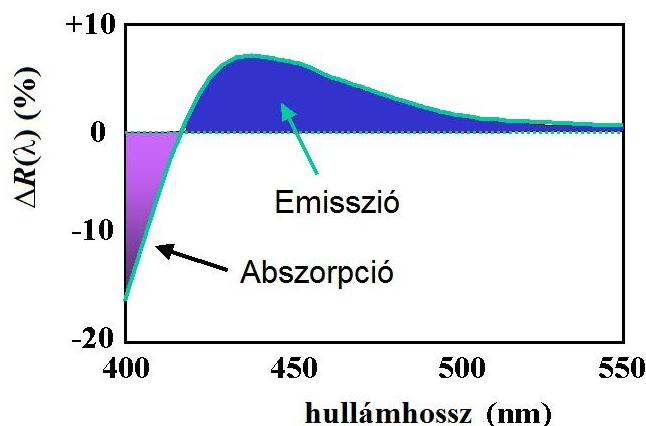
	grafikai ipar	textilipar
$k_L$	1	2
$K_1$	0,045	0,048
$K_2$	0,015	0,014

Ez a korrigált színinger-különbségi formula sem oldotta fel az ellentmondásokat a számított értékek és a vizuális vizsgálat ítélete között teljes mértékben, ezért a további módosításokra volt szükség. Ennek eredménye az eddigieknél jóval összetettebb, korunk számítástechnikai lehetőségeit kihasználó CIEDE2000 formula, mely az észlelt eltérések pontosabb becslését adja kis színinger-különbségek esetén. Először használjuk az 1976-os formulát, és abban az

esetben, ha  $\Delta E_{ab}^* \leq 5$ , alkalmazhatjuk a CIEDE2000 számításokat az előzőleg kapott  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  bemenő értékekkel.

### 3.4 A fehérség értékelése

A korrelált színhőmérséklet fényforrások jellemzésére szolgál, fehér felületek értékeléséhez a CIE más formulát dolgozott ki. Ideális fehér felületnek tekinthető az a felület, amely a ráeső sugárzást 100%-ban visszaveri. Az optikai fehérítővel kezelt anyagok elterjedésével a reflexió ennél az értéknél is nagyobb lehet. Az alkalmazott fluoreszcens adalékok az elnyelt sugárzást nagyobb hullámhosszon bocsátják ki, a kék tartományban az emisszió növelése bizonyos határon belül növeli az észlelt fehérséget.



3.7 ábra. Optikai fehérítőt tartalmazó papír spektrális fényvisszaverési tényezőjének ( $\Delta R(\lambda)$ ) változása a fluoreszcens anyag hatására

Vizuálisan értékelve azt mondhatjuk, hogy azt a színingert látjuk fehérnek, melynek világossági tényezője nagy, krómája pedig igen kicsi. A színi adaptáció mechanizmusa hatással van látásunkra abban, hogy adott körülmények között a fehér felületre hangolódjon, azonban az áthangolódás nem mindig teljes mértékű. A CIE által meghatározott formula két jellemzőt ad eredményül: a fehérségi fokot (whiteness,  $W$ ), a másik a színárnyalatot (tint,  $T_w$ ):

$$\begin{aligned} W &= Y + 800(x_n - x) + 1700(y_n - y) \\ T_w &= 1000(x_n - x) - 650(y_n - y) \end{aligned} \quad (12)$$

ahol  $Y$ ,  $x$ ,  $y$  a minta,  $x_n$ ,  $y_n$  a tökéletesen visszaverő felület – lehetőleg D65 sugárzáseloszlással kapott – színinger-összetevői.

Amennyiben nagyobb méretű mintánk van, és a színinger-összetevőket a  $10^\circ$ -os észlelővel számítjuk ki, a formula módosul:

$$\begin{aligned} W_{10} &= Y_{10} + 800(x_{n,10} - x_{10}) + 1700(y_{n,10} - y_{10}) \\ T_w &= 900(x_n - x) - 650(y_n - y) \end{aligned} \quad (13)$$

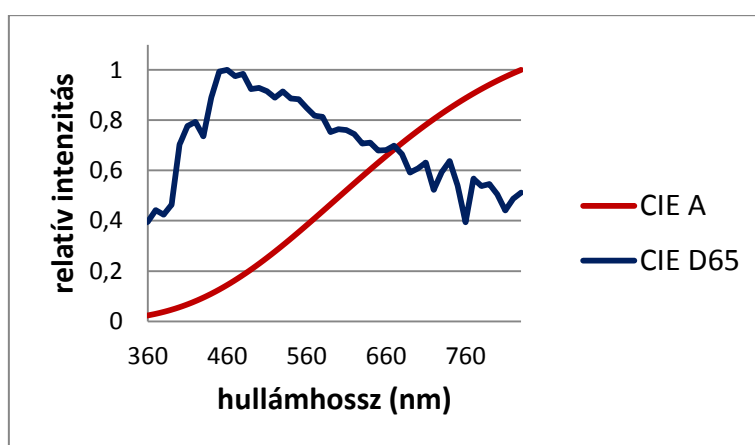
A színárnyalat pozitív értéke zöldes, negatív értéke esetén vöröses színezetet látunk. Az összefüggések csak olyan mintákra érvényesek, melyek fehérnek tekinthetők, hasonló árnyalatúak és fluoreszcenciájúak és a méréstük ugyanazzal a műszerrel végezték.

### 3.5 Szabványos megvilágítók

A gyakorlatban előforduló fényforrásokat jellemző tipikus sugárzáseloszlások értékeit a CIE szabványban rögzítette, hogy egyértelműen lehessen rájuk hivatkozni mérések, számítások paramétereiként: ezek a szabványos megvilágítók. A CIE A szabványos megvilágító sugárzáseloszlása megegyezik a 2856K színhőmérsékletű Planck-sugárzó spektrális teljesítmény-eloszlásával: a hagyományos izzólámpa emissziójának színeképét szimulálja. A szabványos megvilágítók közül a legfontosabb az átlagos nappali fényt reprezentáló D65.

A felületek megvilágítását a mindennapi életben gyakran a napsugárzás biztosítja, a médiatechnológiában is, akár a nyomatok, vagy a reflexiós elven működő képernyők esetében. A napfény spektrális teljesítmény-eloszlását azonban az atmoszféra összetevői, a napszak, az évszakok, a földrajzi helyzet mind befolyásolják, becslésének mégis komoly gyakorlati jelentősége van. A CIE ezért eljárás adott korrelált színhőmérséklethez tartozó tipikus nappali sugárzáseloszlás számítására. A nappali sugárzáseloszlás  $x_D$ ,  $y_D$  színességi koordinátáit annak korrelált színhőmérséklete ( $T_{cp}$ ) alapján számítjuk ki.

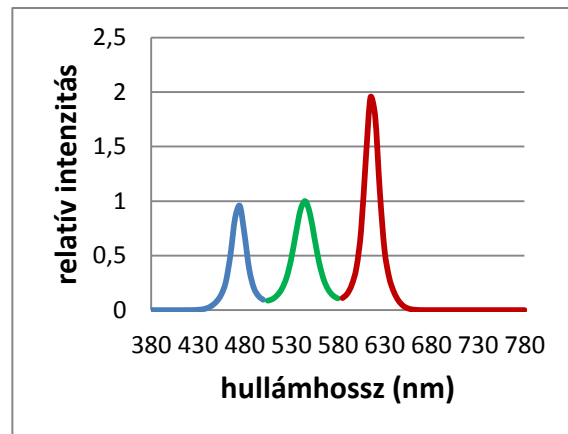
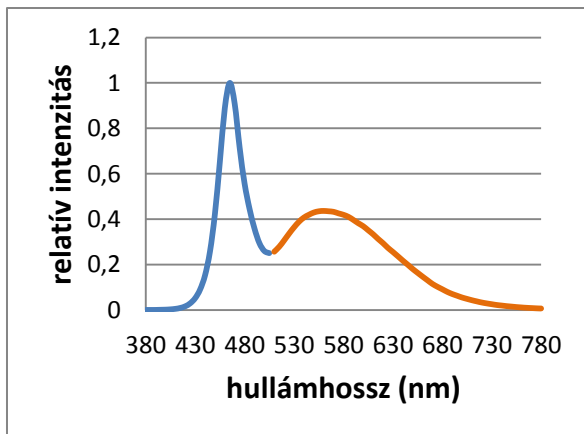
A CIE álláspontja szerint átlagos nappali sugárzáseloszlásnak a 6504K korrelált színhőmérsékletű D65 tekintendő. Színíngermetriai számításokhoz a CIE a D65 sugárzáseloszlást ajánlja, amennyiben a megvilágító sugárzáseloszlás nincs külön specifikálva. Különböző iparágakban kitüntetett szerepe van még a D50, D55, és D75 sugárzáseloszlásoknak is.



3.8 ábra. CIE A ( $T_c=2856K$ ) és D65 ( $T_{cp}=6504K$ ) szabványos megvilágítók relatív spektrális teljesítmény-eloszlásainak normalizált értékei

Belső és terekben egyaránt találkozhatunk gázkisülő lámpákkal. A CIE szabványos megvilágítók F jelzésű sorozata különféle technológiájú fluoreszcens fényforrásokat (fénycsöveket) reprezentál. A sorozat első hat tagja (F1-F6) különböző korrelált színhőmérsékletű hagyományos halofoszfát-fényporos fénycsövek sugárzás-eloszlását képviseli. A F7- F9 eloszlások a jó színvisszaadású szélessávú, míg az F10-F12 eloszlások a kompakt fénycsövekre jellemző háromsávú színeképeket modellezik.

Napjaink világítástechnikai forradalmának főszereplője a világító dióda (Light Emitting Diode, LED). A LED-ek keskeny sávú fényforrások, fehér fényt többféle módszerrel (additív színkeverés, fluoreszcencia, valamint ezek kombinációja) állíthatunk elő. A CIE ez idáig nem publikált szabványos LED megvilágítót a technológiák és a felhasznált félvezető anyagok sokfélesége miatt. LED megvilágítás szimulálására célszerű olyan színekép-adatbázisokat használni, melyekben a kereskedelmi forgalomban kapható leggyakoribb eszközök mért spektrális teljesítmény-eloszlásait gyűjtötték össze.



3.9 ábra. A bal oldalon fényporos fehér LED emissziós szinképe látható, mely a kék világító dióda és a fénypor emissziójának keveréke. A jobb oldalon az RGB fehér LED spektrális teljesítmény-eloszlása vörös, zöld és kék világító diódák fényének additív keveréke.

### 3.6 Szabványos mérési geometriák

Felületek színének vizuális értékelésénél a megvilágítási és észlelési viszonyok befolyásolják a keletkezett színészleletet. A műszeres mérés csak bizonyos mértékben tudja szimulálni a valódi emberi észlelőt, a vizuális élménnyel korreláló eredményt ad. Többféle mérési geometriát használhatunk a spektrális fényvisszaverés, ill. a fényvisszaverési tényező, az áteresztés ill. áteresztési tényező meghatározására az emberi észlelés körülményeinek megfelelően. Ahhoz, hogy a különféle műszerekkel kapott mérési eredményeket össze lehessen hasonlítani a berendezéseknek meg kell felelniük bizonyos szabványos előírásoknak. A CIE által kidolgozott mérési elrendezések megvalósításával a műszergyártók lehetővé teszik a felhasználók egyértelmű és hatékony kommunikációját.

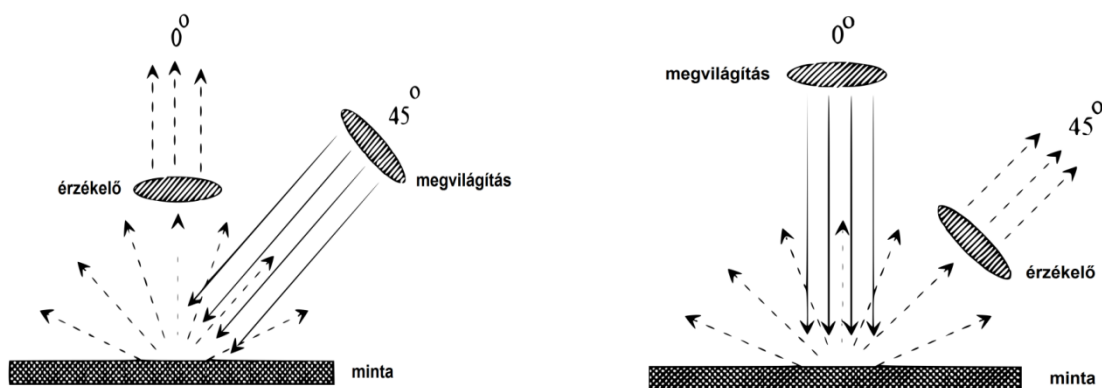
Színíngerek műszeres és vizuális értékelésénél meg kell világítanunk a mintát, és a visszaverődő ill. áteresztett sugárzást fel kell fogjunk. Definiálni kell a minta és az érzékelés síkját is. A megvilágítás (besugárzás), a minta és az érzékelés térbeli elrendezése határozza meg a mérési geometriát. Megkülönböztetünk irányított és diffúz mérési geometriákat.

#### 3.6.1 Irányított mérési geometriák

Színnek vizuális értékelésénél gyakori, hogy a mintát szemből vizsgáljuk, és eközben a megvilágító sugárzás közel  $45^\circ$ -os szöget zár be az észleléssel, tehát a felület normálvektorával. Ehhez hasonló elrendezéseket valósítanak meg a szabványos irányított mérési geometriák:

Megvilágítás  $45^\circ$ -ban, észlelés a felület normálvektorának irányában. A besugárzás adott  $x$  azimut irányból, a felület normálisától  $45^\circ$ -ban keskeny nyalábban érkezik a mintára, az észlelés a mintásík normálvektorának irányában történik. Jele:  $45^\circ x:0^\circ$ .

A mérési eredményt a felület mikroszerkezete befolyásolhatja az  $x$  azimut szögtől függően. Nyomatok esetén az autotípiai árnyalatok pontstruktúrája több egységnyi színkülönbséget okozhat ugyanazon minta mérési eredményeiben. A mikrostruktúra befolyása kiküszöbölhető gyűrűs megvilágítás alkalmazásával. Ekkor a megvilágító sugárnyaláb körkörösön, a minta felületének normálvektorától  $40^\circ$ - $50^\circ$  közötti szögtartományban éri a mintát. Jele:  $45^\circ a:0^\circ$ . Amennyiben a körkörös megvilágítást egymás mellett elhelyezett fényforrásokkal, vagy optikai kábelköteggel valósítják meg, az elrendezés jele  $45^\circ c:0^\circ$ .



3.10 ábra. Irányított mérési geometriák:  $45^\circ:0^\circ$  (bal oldalon) és  $0^\circ:45^\circ$  (jobb oldalon)

Megvilágítás a felület normálvektorának irányából, észlelés  $45^\circ$ -ban. Ez a mérési geometria a  $45^\circ \times 0^\circ$  fordítottja a sugárnyaláb szempontjából. A besugárzás a mintasík normálvektorával ellentétes irányban érkezik, a visszavert sugárzást a felület normálisától  $45^\circ$ -ban fogjuk fel. Jele:  $0^\circ:45^\circ \times$ . Ebben az elrendezésben a gyűrű segítségével megvalósított észlelést így jelöljük:  $0^\circ:45^\circ \text{a}$ .

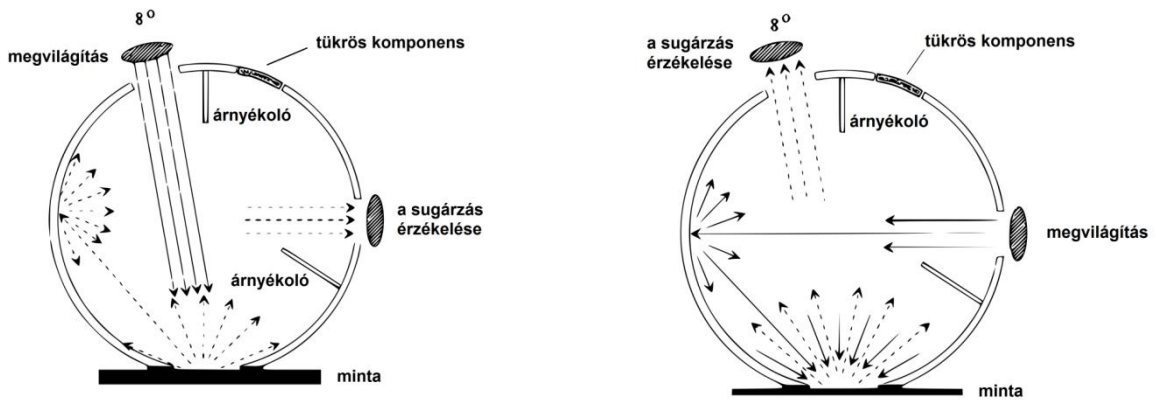
### 3.6.2 Diffúz mérési geometriák

A fényforrások fényáramának, teljes gömbi térszögben kisugárzott teljesítményének méréséhez a belső falán fehérre festett gömbbel Ulbricht közleményében (1900) találkozhatunk először. Ezért az ilyen, fotometriai mérésekre alkalmas segédeszközt a nemzetközi szakirodalomban alkalomadtán Ulbricht-gömbnek (Ulbricht sphere, Ulbricht kugel), leggyakrabban integrálgömbnek (integrating sphere), vagy fotométergömbnek nevezik. A gömb belső bevonatának fényvisszaverési tényezője igen nagy (kedvező esetben  $>95\%$ ), színeképe közel konstans.

Diffúz megvilágítás, 8 fokos észlelés a tükrös összetevő belemérésével (jelölése:  $di:8^\circ$ ) vagy kizárásával ( $de:8^\circ$ ). A gömb oldalán vágott nyílásból érkezik a megvilágítás annak falára, a többszörös visszaverődés biztosítja a diffúz megvilágítást a minta síkjában. Az árnyékoló lemezek feladata, hogy se a mintát, se a detektor apertúráját ne érhesse sugárzás közvetlenül a megvilágításból. Ha a tükrös visszaverési irányba a gömb falának megfelelő fehér felületet rakunk, akkor ezt az irányt belemérjük, ha e helyett egy fénycsapdát (közel tökéletesen elnyelő üreg) alkalmazunk, akkor a tükrös irányt kizárjuk a mért összetevők közül. A detektor apertúra a minta felületének normálvektorához képest  $8^\circ$ -os szögben található, a mérőnyaláb kúpjához tartozó félszög ettől az iránytól  $5^\circ$ .

8 fokos megvilágítás, diffúz észlelés, a tükrös összetevő belemérésével (jelölése:  $8^\circ:di$ ) vagy kizárásával ( $8^\circ:de$ ). Ez a mérési geometria az előző inverzének tekinthető, a minta felületének normálisához képest  $8^\circ$ -os szögből érkezik a megvilágító nyaláb, a mintáról induló és a gömb faláról érkező szórt visszaverődés észlelése az oldalsó nyíláson keresztül történik. Az árnyékoló lemezek és a tükrös visszaverődés nyílása ugyanazt a szerepet töltik be, mint az előző geometriában.



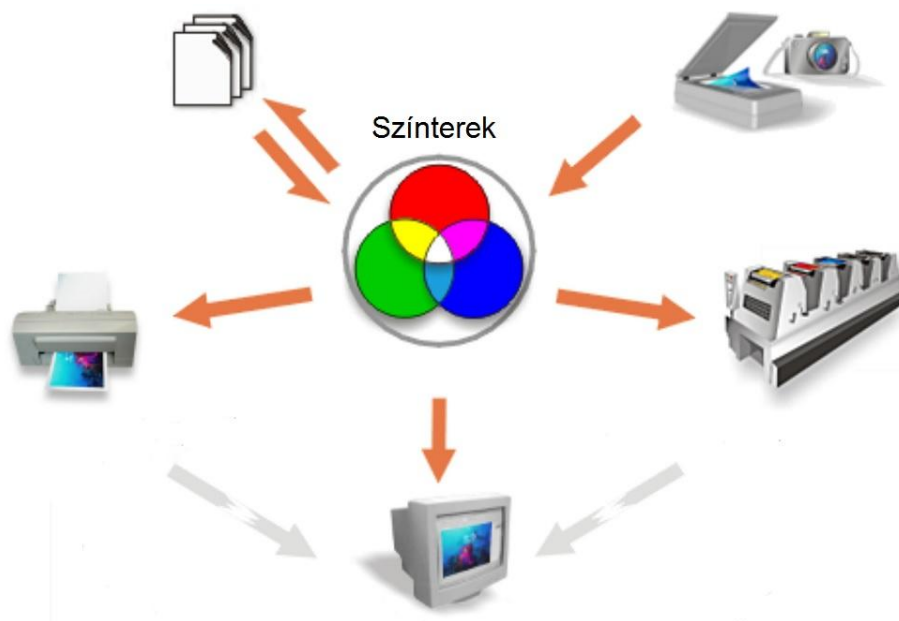


3.11 ábra. Diffúz mérési geometriák:  $8^\circ:d$  (bal oldalon) és  $d:8^\circ$  (jobb oldalon)

Fluoreszcens (pl. optikai fehérítőt tartalmazó) minták mérése diffúz geometriákban a rövid hullámhosszú sugárzás konverziója miatt hibát eredményez, ilyen tulajdonságú anyagok méréséhez a CIE az irányított mérési geometriákat ajánlja.

## 4. Színreprodukálás a médiatechnológiában

Napjaink színreprodukcióval szemben támasztott követelménye az, hogy a digitálisan tárolt képeredeti színmegjelenése a különböző képmegjelenítő eszközökön, amennyire lehetséges, azonos legyen, tehát vizuális összehasonlítás során az ép színlátó megfigyelő a lehető legkisebb eltérést tapasztalja. Ez a WYSIWYG (what you see is what you get – amit a képernyőn látsz, az lesz a végleges dokumentum) irányelv, amely a számítógépes kép- és kiadványszerkesztés kezdetétől fogva érvényben van. A nyomdaipari kép- és színreprodukciós folyamatok során a színjellemzők számos okból kifolyólag módosulhatnak, de alapvető cél, hogy a képernyőn látott dokumentum (softcopy) és a nyomtatással kapott kép (hardcopy) a lehető legjobban hasonlítson egymásra.



4.1 ábra. A színmenedzsment feladata a sok szempontból különböző (alapszínek, színkeverési módszer, megjeleníthető színtartomány, stb.) médiatechnológiai eszközök színmetrikai összehangolása

### 4.1 Színmenedzsment

A színmenedzsment (color management) feladata a színek kezelése a kép- és színreprodukciós folyamatban. A tervezők és megrendelők elvárják, hogy az általuk meghatározott színek megjelenése a reprodukciós láncban egységes és helyes legyen. Ezt a folyamatba való beavatkozás nélkül elérni lehetetlen. A reprodukciós lánc bemenettel és kimenettel rendelkező (I/O) moduljai eltérő szintani tulajdonságokkal rendelkeznek. A modulok lehetnek képbeviteli vagy megjelenítő eszközök: lapolvasó, digitális fényképezőgép, nyomtató, különféle képernyők, egyebek. A sokféle lehetséges periféria hardvere a színeket különböző elven és módon jeleníti meg, pl. a képmegjelenítők többnyire három alapszint és additív színkeverést, a legtöbb nyomtatási technológia négy alapszint és szubtraktív színkezelést alkalmaz. A gyártók által forgalmazott készülékek még azonos elvi működés esetén is eltérő szintani tulajdonságokkal bírhatnak. A színek torzulásmentes átvitelét csak úgy lehet megvalósítani, ha az eszközöket egy színkommunikációs rendszerbe integráljuk: ez a színmenedzsment-rendszer (Color Management System, CMS).

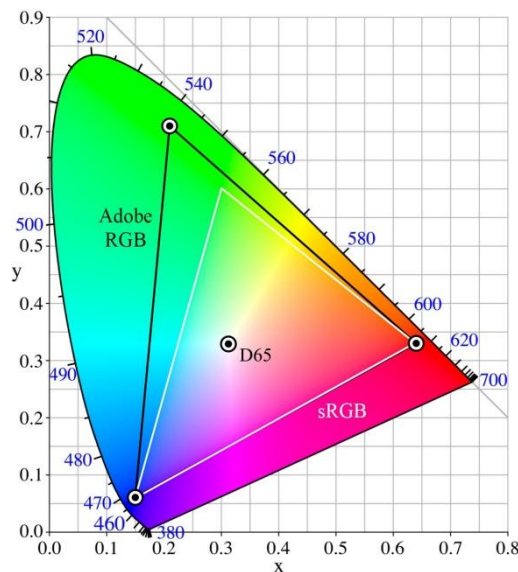
### 4.2 Eszközfüggő és eszköfüggetlen színterek

A CIE által kidolgozott színterek (pl. XYZ, CIELAB) alapszínei rögzítettek. A képbeviteli eszközök a színes képpontokat vörös, zöld, kék csatornákon kódolják, a képmegjelenítő

eszközök is többnyire az additív színingerkeverés elvén működnek, és ugyancsak R, G, B kódolású információt tudnak megjeleníteni. A képalkotó és képmegjelenítő eszközök alapszíneinek színjellemzőit viszont általában nem ismerjük pontosan. Az eszközök saját R, G, B alapszíneire épülő színtérét eszközfüggő színtérnek nevezzük. A négy szín-nyomatásban használt a cián, bíbor, sárga és fekete alapszínekkel (C, M, Y, K) kapott színtérről ugyanez mondható el; bármely technológiát vesszük alapul, nem fogunk két egyforma festékkészletet találni. A CIE XYZ és CIELAB eszközfüggetlen színterek, de a CIE-n kívül más szervezetek is szabványosítottak színtereket.

A szabványos (IEC 61966-2-1:1999) sRGB színtér a HP és a Microsoft együttműködésének eredménye. Az ITU-R BT.709 által előírttal azonos színjellemzőjű vörös, zöld, kék alapszínekkel rendelkezik ezt követi a HDTV szabvány is. Képernyős munkánál célszerű használni; a specifikációban definiált látási szituáció kis fénysűrűsége ( $80 \text{ cd/m}^2$ ) a katódsugárcsöves monitorokra jellemző, fehérpontja D50. Az sRGB színinger-összetevőkből nemlineáris transzformációval megkaphatjuk a CIE XYZ színinger-összetevőket. Fő jellemzője, hogy messzemenően figyelembe veszi a katódsugárcsöves képmegjelenítők karakterisztikáját és alap-színingereit.

A médiatechnológia másik közkedvelt színtere az Adobe RGB, melyet 1998-ban fejlesztettek ki. Képernyőn szerkesztett nyomtatott dokumentumok készítésénél használatos. Az ebben a színtérben megjeleníthető színek tartománya kb. 40%-kal nagyobb, mint az sRGB színtérben; szintén függvénykapcsolatban áll az eszközfüggetlen CIE színterekkel.



4.2 ábra. Az sRGB (fehér vonal) és az Adobe RGB (fekete vonal) színterek határvonalainak vetülete az  $x,y$  színességi diagramban

### 4.3 Megjeleníthető színtartomány

A megjeleníthető színtartomány (gamut) a színtérnek az a része, amit egy eszköz képes megjeleníteni, vagyis a színtérben az eszközön ábrázolható színek összessége. Az eszközök gamutját eszközfüggetlen színtérben szokták ábrázolni, a gamut határvonalainak vetületét fel lehet venni a CIE- $xy$  színességi diagramban, de a megjeleníthető színtartomány kellőképpen csak három dimenzióban szemléltethető. A gamut nagysága és alakja médiatechnológiai paraméterektől függ, nyomtatás esetén például az alkalmazott technológiától, nyomathordozótól, festékektől. A nyomtatásban alapvető cél, hogy minél nagyobb színtartományt jelenítsünk meg. A telítettség és a fekete denzitásának növelése a gamutot is növeli.

A gamut térfogatának (gamut volume) nagyságára becslést adhatunk az alábbi összefüggéssel:

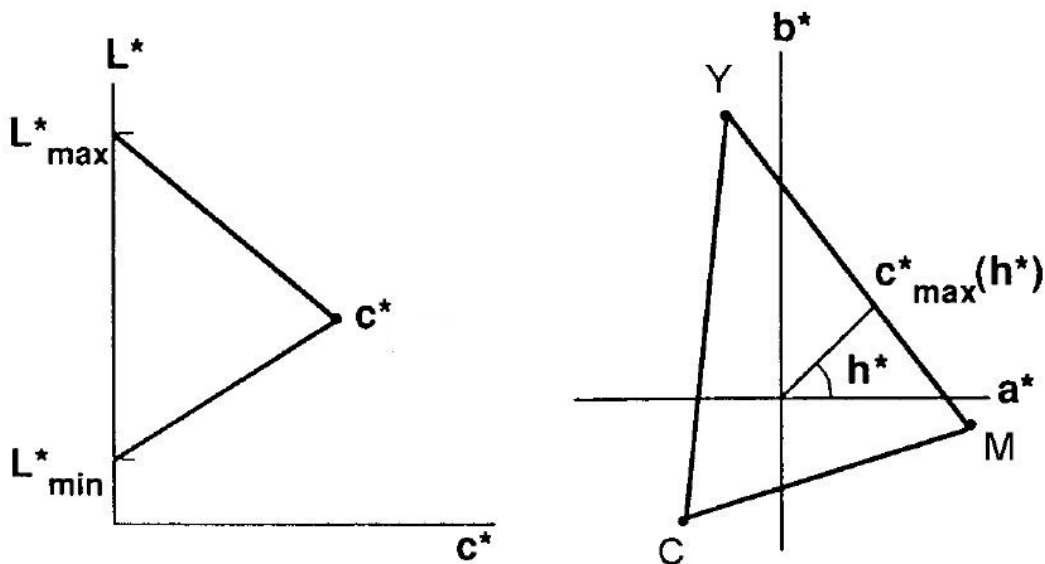
$$V_{gamut} = \int_0^{360} \frac{1}{2} (L_{max} - L_{min}) C_{ab}^*(h_{ab}^*) dh^* = \frac{1}{2} (L_{max} - L_{min}) \int_0^{360} C_{ab}^*(h_{ab}^*) dh^* \quad (1)$$

ahol:

$L_{max}$  és  $L_{min}$  a világosság legnagyobb és legkisebb értéke,

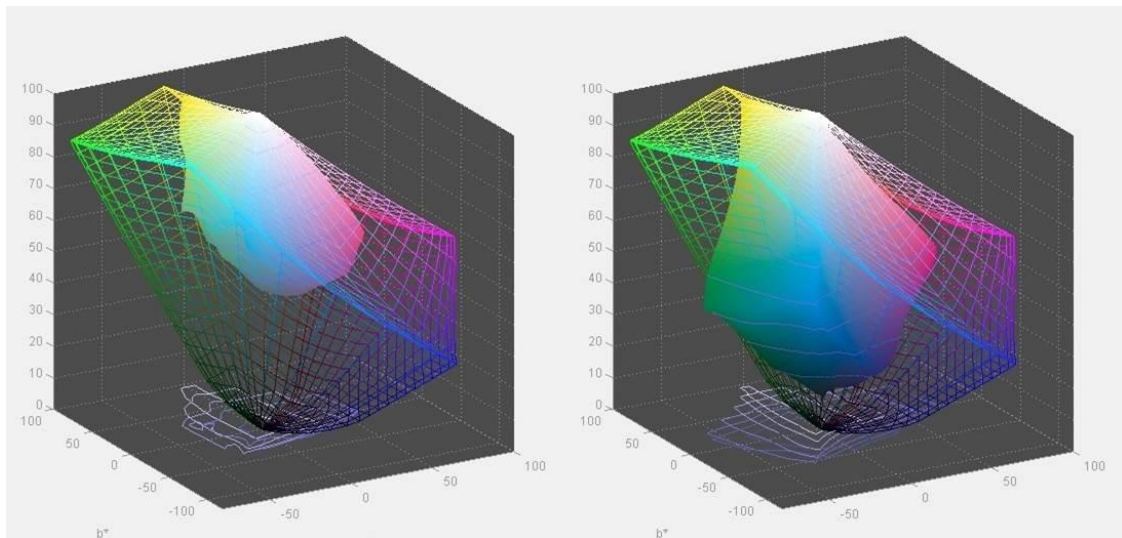
$h^*_{ab}$  a színezeti szög;

$C^*_{ab}$  a króma. A fenti összefüggést segít megérteni a következő ábra:



4.3 ábra. A nyomtatható színtartomány (gamut) becsléséhez a világosság ( $L^*$ ) tartományát (bal oldalon) és a króma maximális értékét (jobb oldalon) kell ismernünk

Az eszközön megjeleníthető színek tartományának megfelelő kialakítása összetett technológiai kihívást jelent a médiatechnológiában; azon belül is leginkább a nyomtatásban. A kép beviteli és képmegjelenítő eszközök gamutjai méretre és alakra általában eltérőek, mégis szükség van arra, hogy egy képet a digitalizálás után megjelenítsünk, majd kinyomtassunk; ez legtöbbször színinformáció veszteséssel jár. A színmenedzsment egyik kulcsproblémája két különböző eszköz színtartománya közötti leképezés (gamut mapping) meghatározása.



4.4 ábra. Festéksugaras (balra) és elektrofotográfiai (jobbra) eljárással készült nyomatokon megjeleníthető színtartományok ábrázolása a CIELAB színtérben gamut-vizualizációs szoftver segítségével

#### 4.4 Szabványos színmenedzsment rendszer

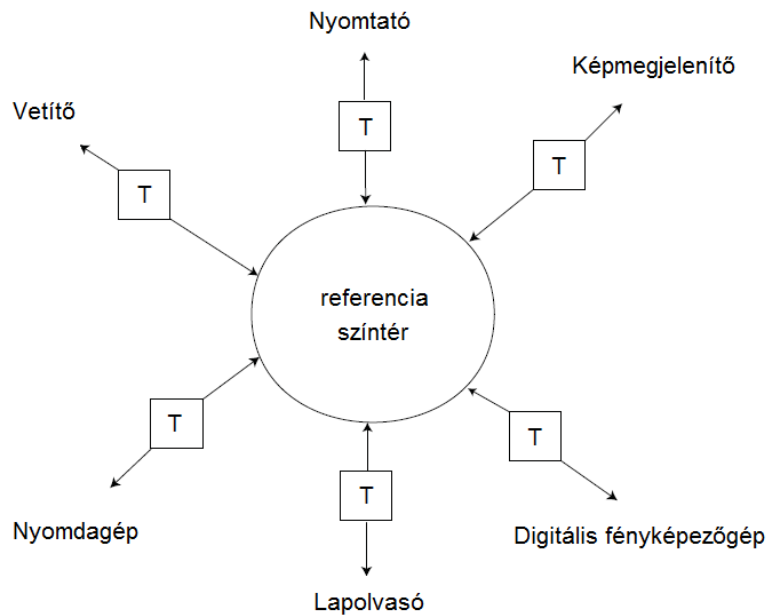
A színmenedzsment problémáit egyedi képkonverziós szoftverekkel megoldani lehetséges ugyan, de szerencsére a grafikai iparban érdekelt informatikai, elektronikai vállalatok időben felismerték a helyes színreprodukció iránt felmerülő igényt, és a problémák egységes kezelése végett nemzetközi színkonzorciumot (International Color Consortium, ICC) hoztak létre. A konzorcium célja egy informatikai keretrendszer kidolgozása volt, amely lehetővé teszi a hardver és szoftver cégek önálló fejlődését egy szabványos színkommunikációs rendszerhez kapcsolódva. Az ICC ([www.color.org](http://www.color.org)) gondozásában van a szabványos színmenedzsment-rendszer specifikációja, mely jelenleg a 4. verziószámánál tart, a 2004-ben készült alapidokumentumot 2010-ben tovább fejlesztették. Ezt a specifikációt kell követni a grafikai ipar fejlesztőinek ahhoz, hogy a szabvánnyal kompatibilis termékeket hozzanak létre. A rendszer kulcseleme a színprofil, mely a reprodukciós láncba kapcsolt eszközök szintani tulajdonságait írja le, és informatikai szempontból platform független kommunikációt biztosít a munkafolyamat eszközei és szoftveres környezete között.

Az ICC profilba kerülő információt színinger-méréssel kapjuk. Az ICC profil specifikációja nemzetközi szabványosítási szintre jutott (ISO 15076-1:2005), számos nemzetközi és de facto szabvány hivatkozik rá, többek között a grafikai ipar technológiai folyamataira vonatkozó ISO 12647 sorozat. Bár a specifikáció 2. és 4. verziója az ipari színmenedzsmenttel szemben támasztott igényeit tekintve kielégítőnek tűnik, a következő (5.) verziószámú (ICC 2-2016-07, iccMAX) specifikációt már benyújtották a Nemzetközi Szabványügyi Szervezethez (ISO 20677-1).

A színmenedzsment-modul (Color Management Module, CMM) a színmenedzsment-rendszer szoftverkomponense: a számításokat végzi el a profil adatai alapján. Lehet a számítógép operációs rendszerének része vagy felhasználói program (pl. képszerkesztő alkalmazás) modulja. A CMM feladata a különböző típusú színprofilokban előírt transzformációk végrehajtása (pl. leképezés az eszköz saját színtéréből a referencia-színtérbe stb.).

Az ICC profilban a különböző eszközök szintani jellemzőit egy eszközfüggetlen koordináta-rendszerben adjuk meg, ez a profilokat összekapcsoló referencia-színtér (profile connection space, PCS). A referencia-színtér fehérpontja a CIE D50 szabványos megvilágítónak felel meg. Ez a színtér áll az eszközök csillag alakú hálózatának középpontjában. A színtranszformációkat a referencia-színtér és az eszközök között kell meghatározni. Amennyiben egy eszközt kicserélünk, vagy szintani karakterisztikáját megváltoztatjuk (pl.

nyomtatás esetén a nyomathordozót vagy egyebet), akkor csak ezt egy transzformációt (azaz profilt) kell újradefiniálni, a többi profil változatlanul használható.



4.5 ábra. Az ICC színmenedzsment-rendszer csillagtopológiába szervezi az eszközöket, a színtranszformációkat (T) a referencia-szintér és az eszközök között kell meghatározni

Alapvetően elegendő lenne 3 profiltípus a kép beviteli, elektronikus képmegjelenítő és nyomtató eszközök számára; az ICC mégis összesen 7 típust definiált. Ezek közül az első három felel meg a fentieknek, ezek az eszközprofilok (*device profile*):

*Display* (képmegjelenítő eszköz): monitorok és más képmegjelenítők szintani jellemzésére alkalmas. Fő célja a képernyős megjelenítés, tipikusan az eszköz RGB szintere és a CIE Lab színingertér közötti leképezést valósíthatunk meg vele.

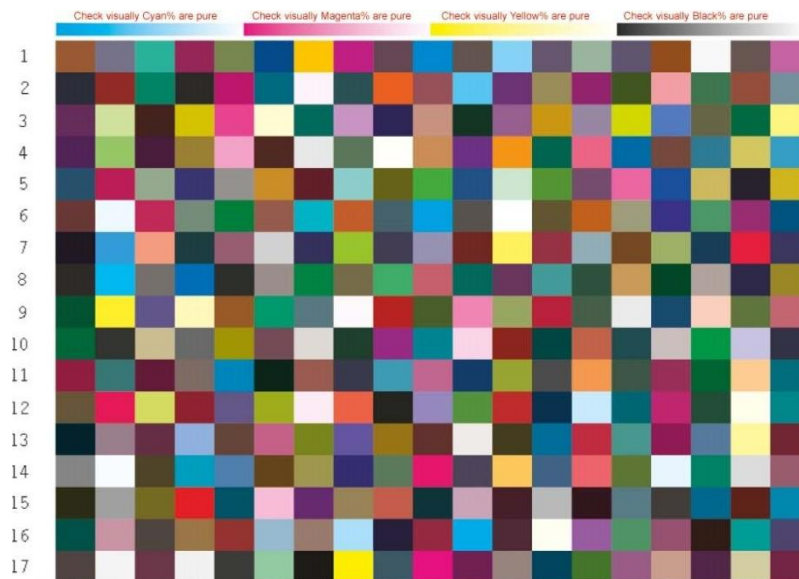


4.6 ábra. Képmegjelenítő (display) profil készítéséhez használható spektrofotométer

*Input* (bemeneti eszköz): képbeviteli eszközök (lapolvasók, digitális fényképezőgépek) jellemzésére használandó.

*Output* (kimeneti eszköz): hardcopy dokumentumokat előállító eszközök (pl. asztali nyomtatók, nyomógépek és nyomóforma-készítő berendezések) szintani viselkedésének leírásához. A karakterizáció egy tesztábra nyomtatásával kezdődik. Az erre a célra

használatos tesztábra több száz mintából áll, a mintahalmazt a nyomtató által megjeleníthető színtartomány egyenletes mintavételezését valósítja meg. A színérés eredményeként kapunk egy táblázatot, melyben az eszközfüggő színtér mintavételezett pontjaihoz vannak rendelve az eszközfüggetlen (pl.  $L^*a^*b^*$ ) értékek.



4.7 ábra. Kimeneti eszköz (Output) profil készítéséhez használt, 400 színmintát tartalmazó CMYK tesztábra (il CMYK target 1.1) a nyomtató által megjeleníthető színtartomány egyenletes mintavételezésére szolgál

A további 4 profiltípust viszonylag ritkán alkalmazzák, de hatásuk egyáltalán nem elhanyagolható:

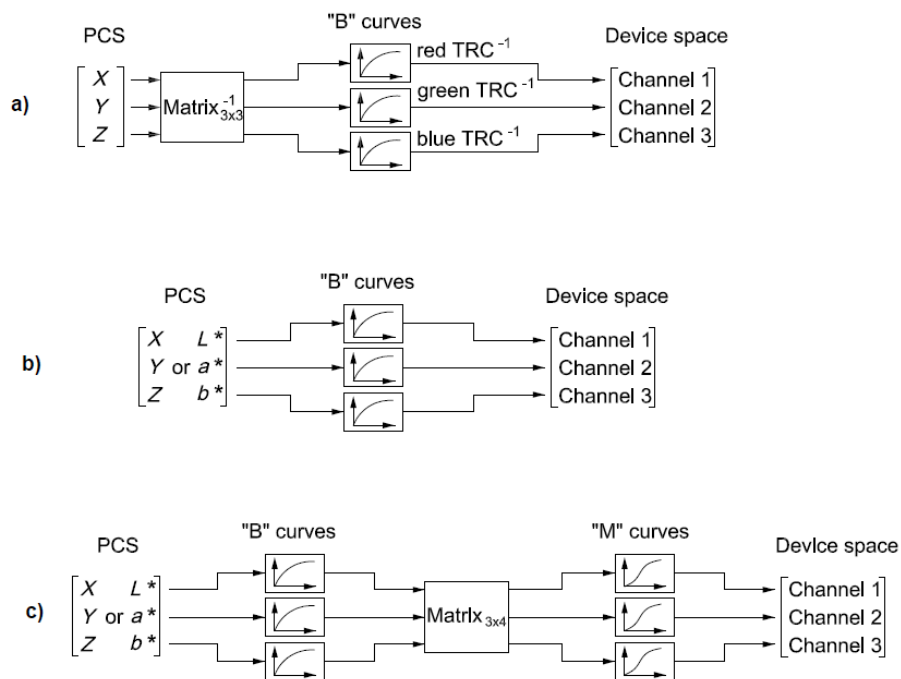
*Device link* (eszközcsatoló): két eszköz közötti közvetlen transzformáció paramétereinek megadását teszi lehetővé. A csillag topológia alapelvétől eltérő esetekben használatos, de megvalósítható vele akár az eszközfüggő színtéren belüli transzformáció (pl. CMYK -> CMYK) is, mellyel a nyomdaipari folyamatokban a rácsrabontás (Raster Image Processing, RIP) vagy a festékezés defektusait korrigálhatjuk.

*Abstract* (absztrakt): az absztrakt profilokat jellemzően a referencia-színtéren belüli konverziókra, színtörzsiókre, az  $L^*a^*b^*$  értékek adott célt szolgáló megváltoztatására használják.

*Color space* (színtér): az előzőhöz hasonló, színterek közötti megfeleltetés leírására használható (pl.  $L^*a^*b^*$  -> LCH).

*Named color* (színskála): a forrás-színteret egy színskálának feleltethetjük meg, ilyen pl. a Pantone Matching System. Ebben a profilban egy lista található a szín nevével,  $L^*a^*b^*$  értékével és egyéb paraméterekkel.

Egy adott eszköz színtani jellemzése a *színi kalibráció*: az eszközfüggő színtér és a szabványos színtér (általában CIE XYZ) színtér-jellemzői közötti kapcsolat matematikai leírása. Az eszközprofilok és a további négy profiltípus teszi lehetővé a színtranszformációk rögzítését. A transzformációk megadására különféle algoritmikus modellek alkalmazhatók, melyeket szintén rögzít a specifikáció. A modellek bonyolultságától függ a jellemzés és színmegjelenítés pontossága, ugyanakkor a számításigény és a paraméterek meghatározásához szükséges mérések mennyisége is fontos szempont lehet a jellemzéshez használt modell kiválasztásánál. A következő ábrákon láthatunk példákat.



4.8 ábra. Az eszközfüggő szintér (device space) és a referencia-szintér (PCS) közötti transzformáció megadásának lehetséges módjai háromdimenziós szinterek esetére

A modellek elemei az árnyalat átviteli görbék (tone reproduction curve, TRC), mátrix-transzformációk és interpolációs táblázatok (color lookup-table, CLUT) lehetnek, valamint a felhasználó által definiált adatfeldolgozó elemeket (processing element). A gyakorlati színmenedzsment feladata a modellparaméterek meghatározása színméréssel.

#### 4.4.1 Árnyalat átviteli görbék

Az árnyalat átviteli görbék a fotográfiában és a nyomtatásban is használják a fénysűrűség leképezésének megadására. A színreprodukcióban nem csak a fotometriai, de bármelyik csatorna (pl. L\*, a\*, b\*) bemenet és kimenet (pl. digitális képmegjelenítő vagy nyomtatás) közötti leképezésére használhatjuk őket. Az árnyalat átviteli görbéként használható analitikus függvényeket rögzíti az ICC specifikáció, ezek paraméterei mérések alapján regressziós módszerekkel meghatározhatók.

Az esetek többségében (pl. katódsugárcsőes monitor R, G, B színcsatornái esetén) elegendő a jól bevált „gamma függvény” ami egy hatványfüggvény, a kitevőjét kell csak a mérési eredmények alapján meghatároznunk:

$$Y = X^\gamma \quad (2)$$

paramétere:  $\gamma$ .

A következő függvény egy picit összetettebb a bemenet skálázását és eltolását is lehetővé teszi, szokták „gain-offset-gamma” (GOG) függvénynek is nevezni:

$$Y = (aX + b)^\gamma, \text{ ha } (X \geq -b/a) \\ Y = 0, \text{ ha } (X < -b/a) \quad (3)$$

paraméterei:  $\gamma, a, b$



Az ordináta tengely menti eltolásra is lehetőséget nyújt a harmadik szabványos ICC függvény (gain-offset-gamma-offset, GOGO):

$$\begin{aligned} Y &= (aX + b)^\gamma + c, \text{ ha } (X \geq -b/a) \\ Y &= c, \text{ ha } (X < -b/a) \end{aligned} \quad (4)$$

paraméterei:  $\gamma, a, b, c$

A negyedik ICC görbe a GOG modellt egészíti ki egy küszöbérték alatt lineáris szakasz használatával:

$$\begin{aligned} Y &= (aX + b)^\gamma, \text{ ha } (X \geq d) \\ Y &= cX, \text{ ha } (X < d) \end{aligned} \quad (5)$$

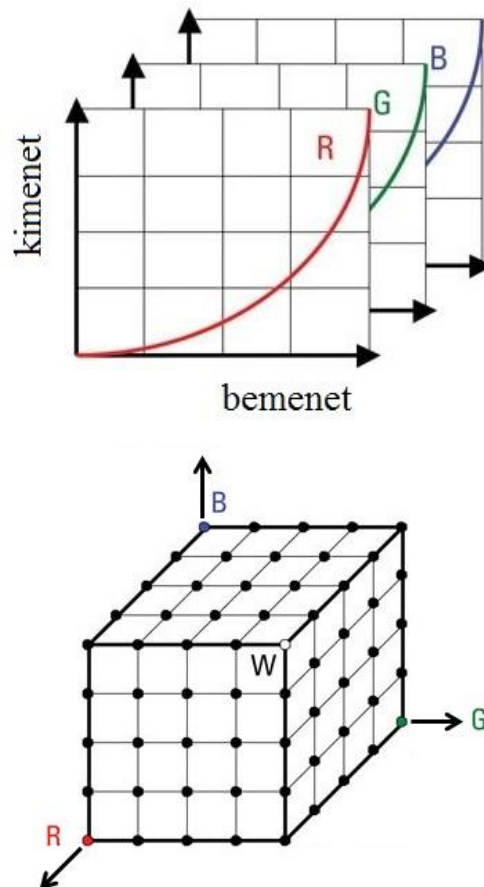
paraméterei:  $\gamma, a, b, c, d$

Az ötödik pedig a GOGO modell bővítése:

$$\begin{aligned} Y &= (aX + b)^\gamma + c, \text{ ha } (X \geq d) \\ Y &= eX + f, \text{ ha } (X < d) \end{aligned} \quad (6)$$

paraméterei:  $\gamma, a, b, c, d, e, f$ .

Az ICC specifikáció szerint a profilban elegendő megadni a választott görbe sorszámát és paramétereinek listáját.



4.9 ábra. Egy dimenziós (fent) és háromdimenziós (lent) keresőtáblák (LUT), melyek diszkrét leképezést valósítanak meg a bemenet és a kimenet között; a köztes értékeket interpolációval számítják ki.

Általában 8 bites csatornákkal dolgozunk, tehát 256 árnyalati fokozat leképezését kell leírunk. Az analitikus függvényekkel való számolás elkerülhető, ha keresőtáblákat (Lookup Table, LUT) használunk az átviteli függvények megadásához, számítástechnikai szempontból gyorsabb és többnyire egyszerűbb megoldást kínálnak, még több dimenziós esetben is. A keresőtábla diszkrét leképezést valósít meg a bemenet és a kimenet között, ha köztes értékekre van szükség, azokat általában lineáris interpolációval számítják ki.

#### 4.4.2 Színtartomány-leképezési módszerek

A megjeleníthető színtartományok mérete és alakja eszközfüggő. Az elektronikus képmegjelenítők gamutja általában lényegesen nagyobb, mint a nyomtatóké, ezért a monitoron tervezett grafikák nyomtatásakor engedményeket kell tennünk, mivel a színtartomány nem reprodukálható részét a kimeneti eszköz színterében kell valamilyen módon ábrázolnunk.

Az ICC nem egy, hanem több színtartomány-leképezési módszert definiált, melyek közül a felhasználó szándéka szerint válogathat:

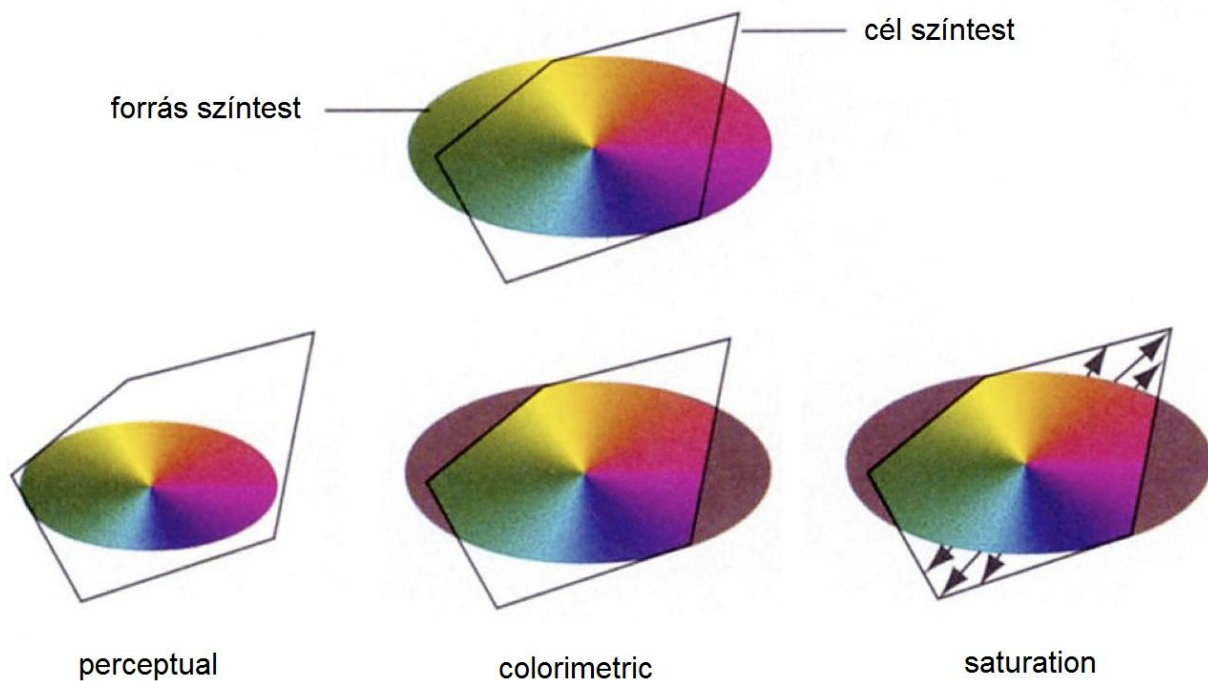
- *Perceptual*: a forrás-színtestet arányosan kicsinyíti, úgy, hogy az elférjen a cél-színtestben; a transzformáció a színek arányait megőrzi, de színjellemzőik megváltoznak (fényképekhez a legmegfelelőbb, általában ez az alapértelmezett beállítás).
- *Saturation*: vektorgrafikus rajzok, grafikonok esetében használható, a kép színeit úgy képezi le, hogy a telítettség a legnagyobb legyen, a világosság és a színezet változhat (éppen ezért fotók esetében ez a módszer nem ajánlott).



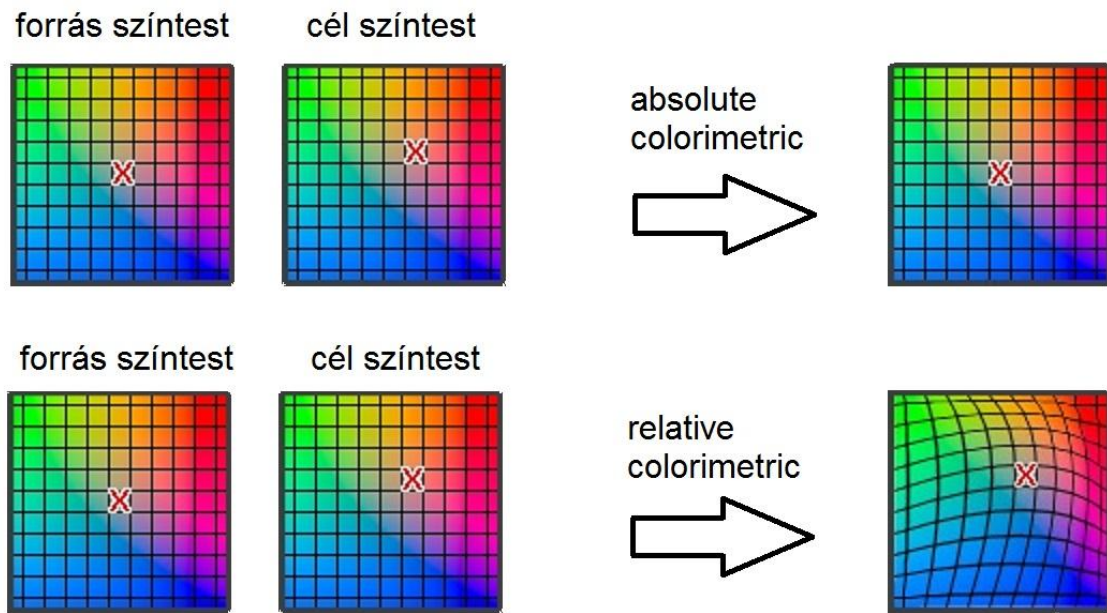
4.10 ábra. A modellparaméterek meghatározására nagyszámú mérést kell végezni, a modern műszertechnika lehetővé teszi az automatikus pozicionálást a tesztábrán

- *Media-relative Colorimetric*: a forrás- és cél-színtest metszetét (in-gamut) úgy képezi le, hogy az új fehérpont a cél-színtéré legyen.
- *Absolute Colorimetric*: a forrás- és a cél-színtest metszetét megtartja, az előzőhöz hasonló (az in-gamut színeket pontosan reprodukálja, az out-of-gamut színeket összenyomja), de a fehérpont nem változik.

Napjaink műszergyártói színmenedzsment-rendszereiket a technológiai folyamatokat és a szabványos színmenedzsmentet alapszinten ismerő felhasználók számára tervezik. A termék általában színmérő-készülék(ek)ből és egy profilkészítő szoftverből áll. A szoftver lépésről lépésre utasítja a felhasználót a mérések kivitelezésében, a mérési eredményekből pedig kiszámítja a színprofilba kerülő adatokat, majd a kész profilt bemásolja az operációs rendszer megfelelő könyvtárába (ez Windows 7 esetén: C:/Windows/System32/Spool/Drivers/Color). Természetesen minél nagyobb tudással rendelkezünk, annál jobban ki tudjuk használni az ilyen szoftverek által kínált lehetőségeket.



4.11 ábra. A színtartomány-leképezési módszerek szemléltetése



4.12 ábra. Az absolute colorimetric és a relative colorimetric színtartomány leképezési módszer összehasonlítása. A piros X a színtér fehérpontját jelöli, az abszolút leképezés esetén az eredeti médium fehérpontját reprodukáljuk, a relatív esetén viszont a reprodukció nem „tökéletes”, mivel a transzformációt követően a fehérpont már a cél színtéré lesz.

#### Irodalom:

Borbély A., Samson A., Schanda J.: *The concept of correlated colour temperature revisited*, Color Res Appl 26:(6), pp. 450-457., 2001

CIE Technical Report (1987) *Methods of characterizing illuminance meters and luminance meters*, CIE Central Bureau, Vienna. , CIE 69 - 1987

Commission Internationale de L'Eclairage: *Colorimetry*, 3rd Edition, CIE 015-2004. ISBN 978 3 901906 33 6.

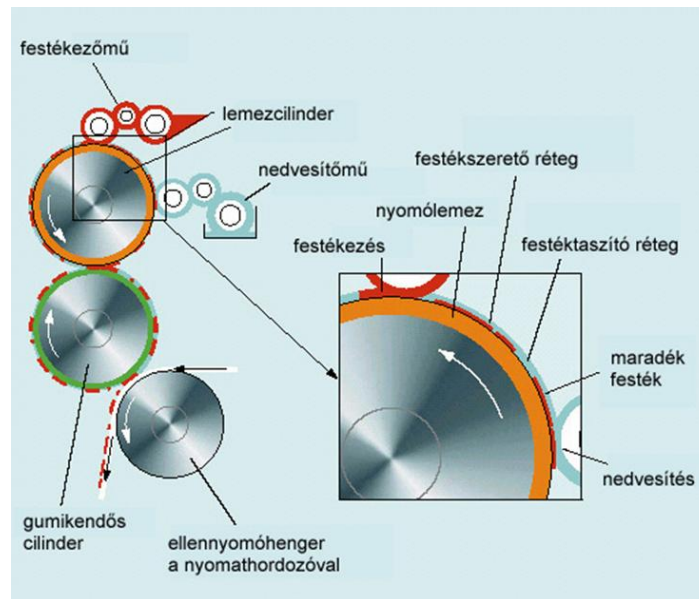
Hunt R.W.G.: *The reproduction of colour*, 6th ed., John Wiley, 2004 ISBN 0-470-02425-9

International Color Consortium: *Specification ICC.2:2016-7*, ICC 2016, [www.color.org/iccmax/ICC.2-2016-7.pdf](http://www.color.org/iccmax/ICC.2-2016-7.pdf)

International Color Consortium: *Specification ICC.1:2010-12*, ICC 2010, [www.color.org/specification/ICC1v43:\\_2010-12.pdf](http://www.color.org/specification/ICC1v43:_2010-12.pdf)

## 5. Ofszet nyomtatás

Az ofszet nyomtatás közvetett nyomtatási eljárás, amely során a festék a felvitelre vonatkozó információkat tartalmazó nyomólemezről egy gumilepedős henger közvetítésével kerül a papírra.



5.1. ábra. Az ofszet nyomtatás elve

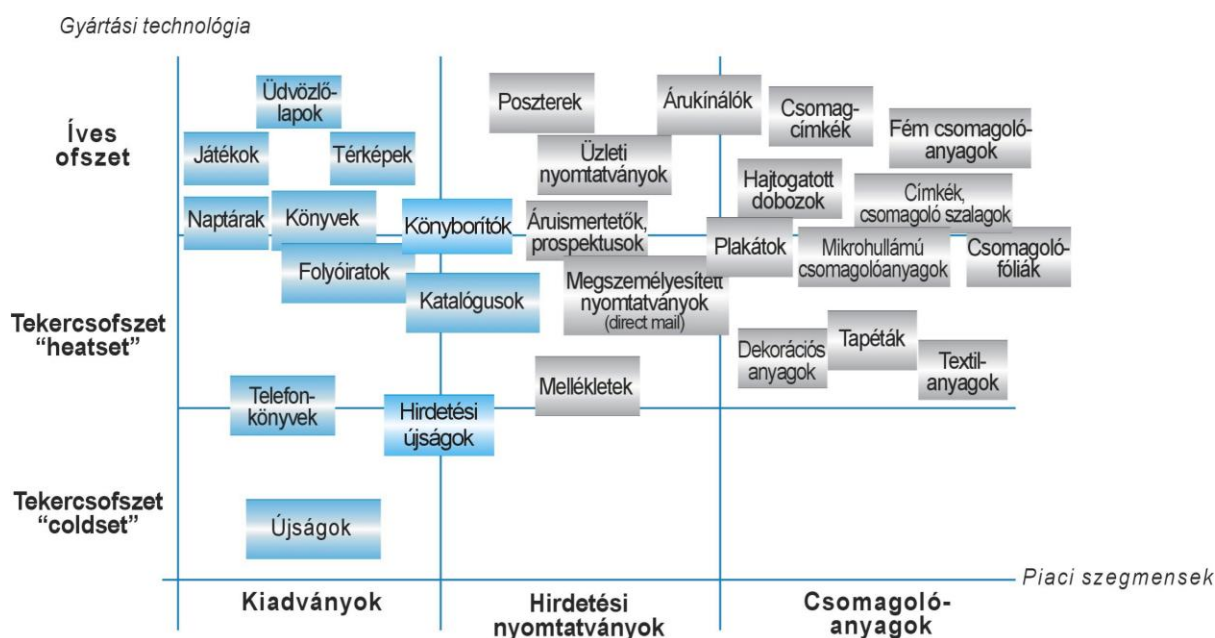
Az ofszet nyomtatás elve a 5.1. ábrán látható. A nedvesítő hengerek segítségével egy vékony réteg nedvesítő folyadék kerül a lemez hidrophil („nemnyomó”) részeire, amelyet követően a festékező felhordó hengerek egy vékony festékfilm réteget visznek fel a lemez oleofil (zsírkedvelő) részeire. A lemez nyomó- és a nemnyomó részei ugyanabban a síkban helyezkednek el, de a felületük jellege különböző. A nyomó részek képesek felvenni a festéket, de taszítják a nedvesítő folyadékot, a nemnyomó részek pedig felveszik azt, de taszítják a festéket. A felületi energiabeli különbség megakadályozza, hogy a festék a nyomó részeken kívülre kerüljön, a nemnyomó részeken található vékony nedvesítő vízréteg pedig tovább gátolja a festék terjedését. A festék ezt követően a gumilepedős hengerre, majd onnan a hengerek közötti részen keresztül a papírra kerül. Az ofszetnyomtatás egy wet-on-wet (nedves felületre történő) nyomtatási eljárás, amely során a színeket egymást követően, szárítás nélkül visszük fel a nyomathordozóra. Így az sem kerülhető el, hogy egy bizonyos mennyiségű festék a következő nyomtatóegység gumilepedős hengerére kerüljön. Az utolsó nyomtatóegységet követően a festék felszívódás, polimerizáció, oxidáció vagy párolgás révén megszárad.

Az ofszet nyomtatáson belül is elkülöníthetők az íves és a tekercs nyomtatási eljárások, amelyek a festékszárító mechanizmusban, a festékek összetételében, a nyomtatás technikai megoldásaiban, a nyomathordozó papírok formáiban és a termékek felhasználásaiban különböznek egymástól. A tekercs nyomtatáson belül továbbá beszélhetünk heatset és coldset nyomtatásról.

### 5.1. táblázat Ofszet nyomtatási eljárások és alkalmazási területeik

	Íves ofszet	Tekercs heat-set	Tekercs cold-set
Applikációk	Minőségigényes nyomtatványok	Nagy példányszámú, rövid idő alatt elkészítendő nyomtatványok	Szoros kiadási menetrend szerint készülő, rövid gyártási határidejű kiadványok
	Direkt mail kiadványok Magazinok Brosúrák, prospektusok Csomagoló anyagok Könyvek	Magazinok Színes telefonkönyvek, információ tárák Katalógusok Reklámújságok	Napilapok, hetilapok Katalógusok Telefonkönyvek Könyvek
Példányszámok	500 – 100 000 példány	30 000 – 1 000 000 példány	30 000 – 1 000 000 példány
Nyomtatási sebesség	1-5 m/s 5 000 – 21 000 ív/óra	Max. 15 -16 m/s	Max. 15-16 m/s
Nyomathordozó papírok	Íves papírok Jó minőségű mázolt papír (> 80 gr/m <sup>2</sup> ) Jó minőségű karton	Tekerccspapír Mázolt papírok (LWC, MWC, MFC) Mázolatlan papírok (SC, WFU) Karton (< 200 gr/m <sup>2</sup> )	Tekerccspapír Mázolatlan papírok Újságy nyomó papírok (WFU) Alacsony pigment tartalmú mázolatlan papírok

A különböző ofszetnyomtatási eljárások a 5.1. táblázatban találhatóak és a 5.2. ábrán követhetők. Léteznek még nedvesítő folyadékmentes – úgynevezett – „száraz ofszet” nyomtatási eljárások, amelyek során nedvesítő folyadékot nem alkalmaznak.



Forrás: MAN Roland

5.2. ábra. Az ofszet nyomtatás termékei az előállítás és a felhasználás módja szerint

### 5.1 Festékezőmű

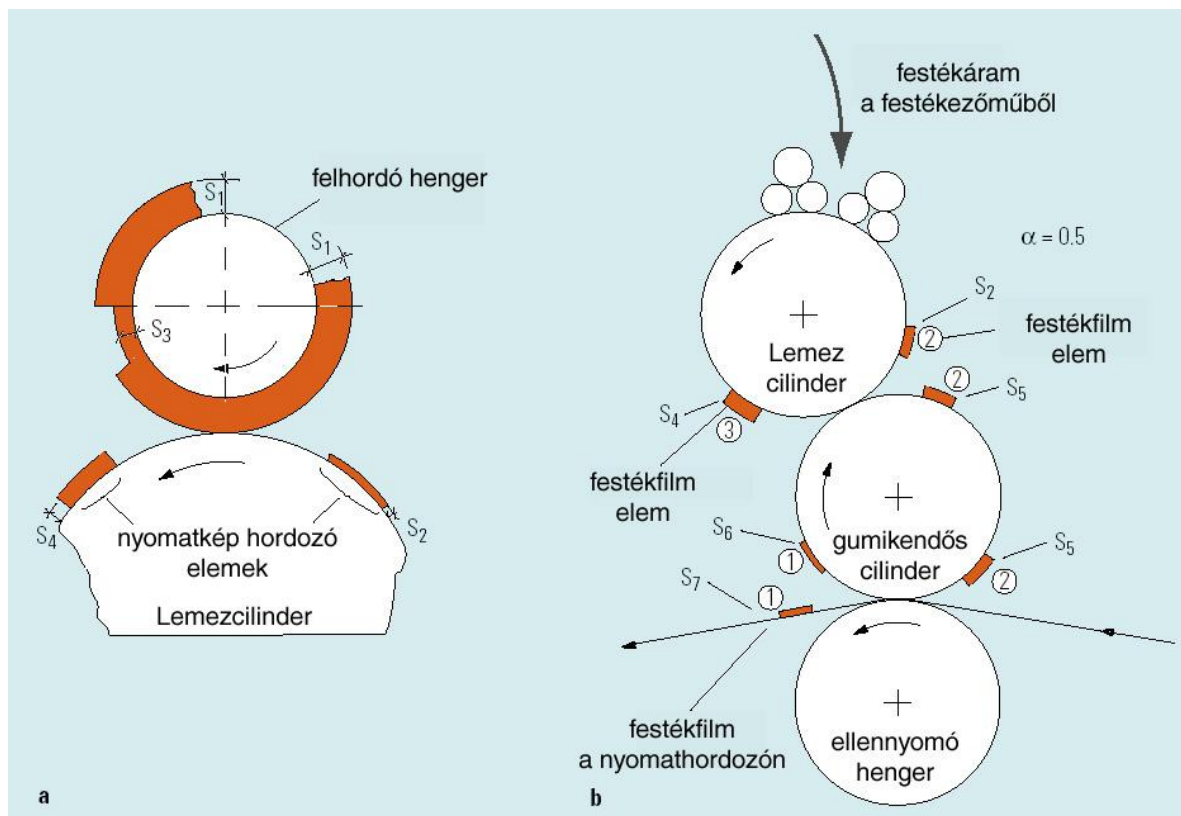
A festékezőmű számos hengerből áll, amelyek közvetítésével a festék a lemez nyomó részeire kerül. A festékező hengerek a festéket az egyik hengerről a másikra juttatják a hengerek közötti réseken keresztül. Annak érdekében, hogy a festékréteg megfelelően vékony és egyenletes legyen, a festékútnak megfelelő hosszúsággal kell rendelkeznie. A többszörös

átvitel során, egy-egy hengerpár érintkezésekor a festékréteg körülbelül a közepén kerül elválasztásra. A festékréteg vastagsága ( $h_n$ ) a lemezen n-számú átvitelt követően:

$$h_n = \frac{h_0}{n+1} \quad (1)$$

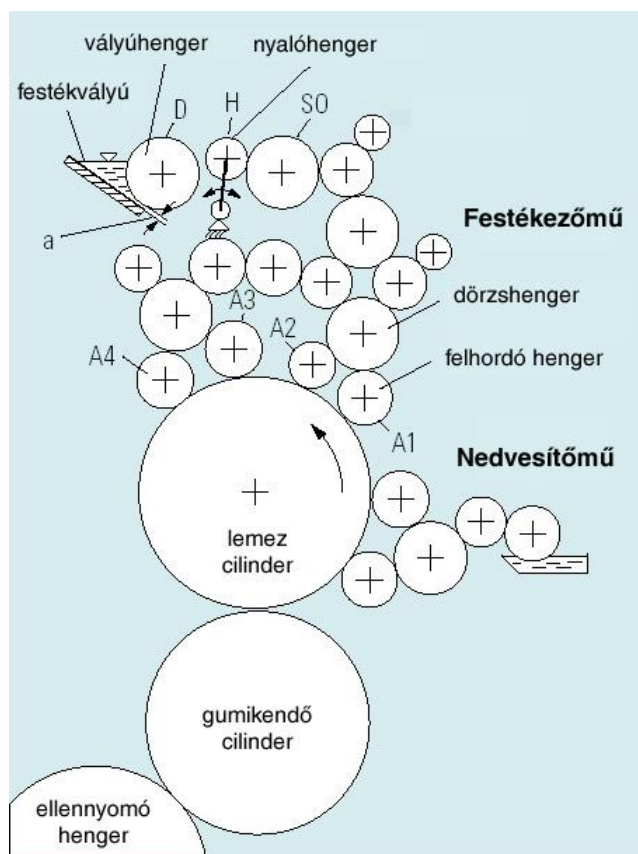
ahol a  $h_0$  a nyomóműbe adagolt festékréteg vastagsága. Az átvitelek során a festékréteg vastagsága folyamatosan csökken. A nyomólemezeire történő átadásakor 2–3  $\mu\text{m}$ -re.

A 5.3. ábrán látható a festékátadás folyamata.



5.3. ábra. Festékátadás az ofszet nyomóműben

A nyalóhengeres típusú festékező egységek (5.4. ábra) elsősorban az íves ofszet-nyomatási eljárásban használatosak. A vályú henger lassan forog egy festéket tartalmazó tárolóban, amely során egy viszonylag vastag tintaréteg kerül rá. A nyalóhenger ezt követően érintkezésbe kerül a vályú hengerrel, és a festék henger felületére kerül. A nyalóhenger ezután nyomtatási sebességre gyorsul, és érintkezésbe kerül a festékezőmű első festéktovábbító gumihengerével. A festékezőműben a festék számos továbbító és dörzshengeren keresztül kerül tovább négy felhordóhengerre, amelyek a festéket a lemezre juttatják. Az első felhordóhenger a festék 44%-át, a második a 40%-át, az utolsó kettő pedig 8–8%-át viszi fel a lemezre. Az alternáló mozgást is végző dörzshengerek a festékréteg egyenletességének javítása érdekében kerülnek alkalmazásra.



5.4. ábra Nyalóhengeres festékezőmű

A heatset és a coldset nyomdagépek általában folyamatos működésű egységekkel vannak ellátva, ahol egy gyorsan mozgó továbbító festékhenger egy lassan mozgó vályú hengerről veszi át a festéket és továbbítja azt a festékezőmű többi hengere felé. A festéket általában három transzferhenger viszi fel a lemezre, amelyek közül az első a festék 80%-át, a másik kettő pedig a festék 10–10%-át juttatja a lemezre.

Az újabban alkalmazott rövid festékező művek egyszerűsítik a festék útvonalát. Itt nem alkalmaznak festéktovábbító és dörzshengereket. A festékvályúból a felhordóhengerre a festéket egy anilox henger viszi fel, amely aztán festéket a lemezre juttatja. Általában egy többrészes, fémlemez, úgynevezett „doctor blade” rendszert alkalmazásnak az anilox henger celláinak feltöltéséhez. A rövid festékezőmű egységek jelenleg még elsősorban az újságpapír nyomtatásban használatosak. Az előnyeik közé tartoznak az egyszerű kezelés, rövid beállítási idő, alacsony költségek, gyors átállítás, stabil nyomtatási minőség néhány fordulatot követően, továbbá a megfelelő és egységes festékréteg vastagság.

#### 4.2. Nedvesítő egység

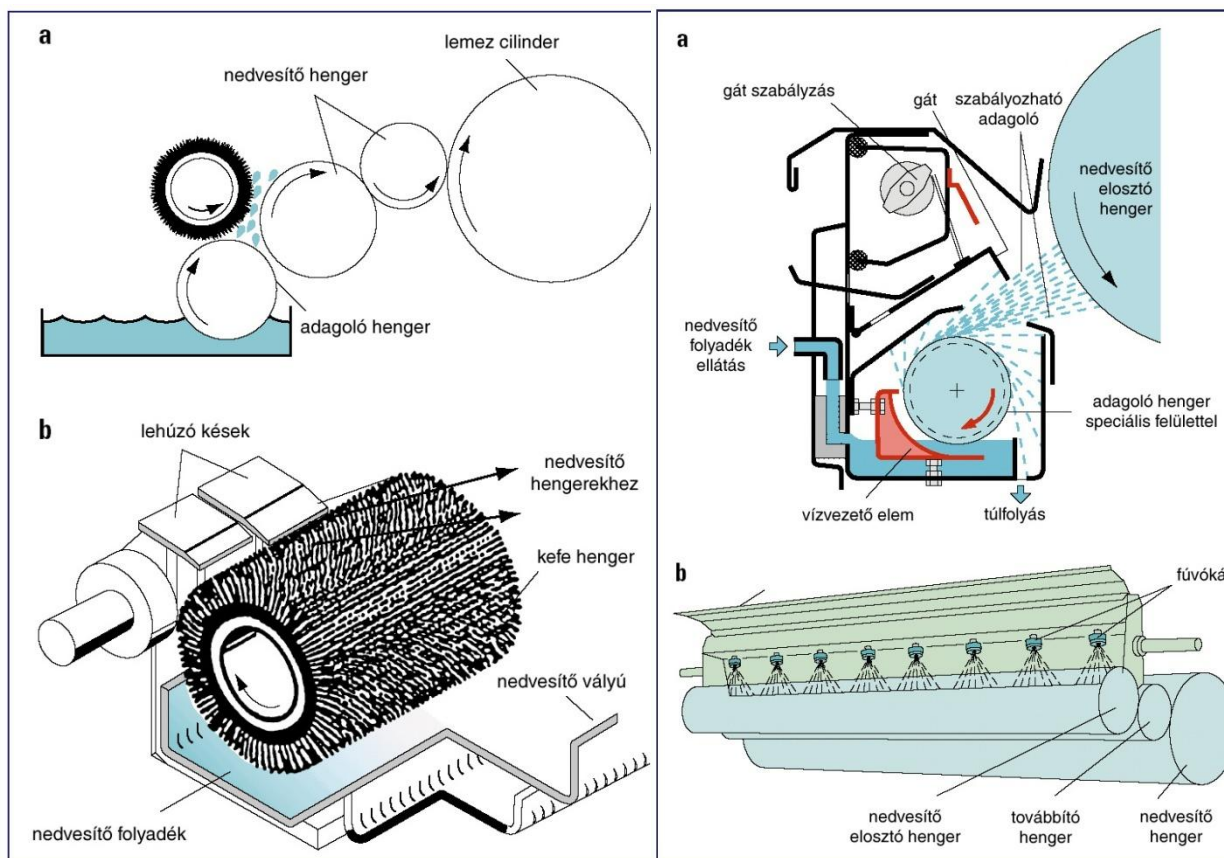
A nedvesítőművek vékony rétegben (0,3–1  $\mu\text{m}$ ) nedvesítő folyadékot visznek fel a lemez nemnyomó részeire. Ez a réteg meggátolja, hogy a festék szétterjedjen, lehűti a nyomdagépet és tisztán tartja a nemnyomó részeket. A nedvesítő folyadék adagolását optimalizálni kell, mert túl kicsi mennyiség esetén a festék a nemnyomó területekre kerülhet, a túl nagy mennyiség pedig túlzott mértékben hígítaná a festéket.



A nedvesítő egységek gyakran hasonlóak a festékezőművekhez, de kevesebb számú hengert tartalmaznak. Ezeknek a közvetlen rendszereknek a hátránya, hogy a festék és a papír könnyen beszennyezheti a nedvesítő folyadéktárolót. A közvetett nedvesítő egységek esetén a víztároló és a nyomómű között nincs fizikai kontaktus, ezért szennyeződési problémák nem léphetnek fel. A nedvesítő folyadékot egyszerűen a nyomóműre permetezik folyamatosan adagolt cseppek formájában. A közvetlen egységek elsősorban a coldset eljárásban használatosak (5.5. ábra).

A nyomólemezen a nedvesítő folyadék 10–30%-a emulzifikálódik, amint a cseppek a festékbe kerülnek. Ez az emulzifikáció csökkenti a maradék mennyiségét, és kevésbé érzékennyé teszi a nyomtatási folyamatot a vízadagolással kapcsolatos problémákra. Ugyanakkor, ha az emulzifikáció nincs megfelelően van beállítva, a nedvesítő folyadék felületi vízként megjelenhet a festékréteg tetején, ezáltal teljesen meggátolva a festék felvitelét.

A nedvesítő folyadék legnagyobb része a nyomtatási folyamat során elpárolog. Ennek hatására a nyomóegység, a lemez és a gumihenger hőmérséklete 5–10 °C fokkal csökken. A fennmaradó folyadék a papírra vagy a festékbe kerül. A párolgás és az emulzifikáció miatt az elhasznált nedvesítő folyadék mennyisége több mint hétszerese a festékének.

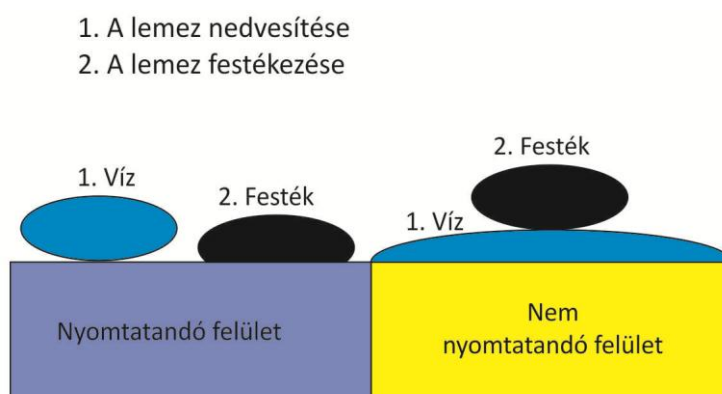


5.5. ábra. Különböző nedvesítőmű kialakítások

### 4.3. Nyomólemezek

Az ofszetlemezek (5.6. ábra) általában szemcsés és oxidált alumíniumból készülnek, amelyek fényérzékeny gyantával vannak bevonva. Az elektromechanikus szemcsézés javítja a bevonat tapadását az alumíniumhoz a lemez érdességének növelésével, míg az oxidáció fokozza a keménységet és az alumínium alap hidrofil tulajdonságait.

A bevonatot gyakran keverik festékkel vagy lakkal az erősségének növelése érdekében, valamint azért, hogy látható kontrasztot alakítsanak ki a lemez, nyomó és nemnyomó részei között.



5.6. ábra. Az ofszet nyomólemez működése

A hagyományos fotopolimer lemezek UV sugárzásnak vannak kitéve egy negatív vagy pozitív rétegen keresztül. A negatív lemezek készítését a 5.7 ábra mutatja. A réteg sötét részei elnyelik a fényt, a tiszta részek pedig fényt bocsátanak a fotopolimer lemezre. Az eljárás keresztmetszete kialakulásához vezet a fotopolimerben, növelve annak a keménységét, esetleg lebontva azt. A fotopolimer ezt követően a nemnyomó részéről oldószer segítségével eltávolításra kerül, majd a lemez ellenállóságát ragasztással és beégetéssel növelik.

A CTP lemezek ezüst-halid (40%), fotopolimer (40-50%) és hő lemezekre oszthatók (10–20%). A CTP lemezeket pixelenként lézeres eljárással kezelik a digitális lapadatok alapján, ezzel szükségtelessé téve a filmrétegeket. Ezek a lemezek drágábbak, mint a hagyományos lemezek, de érzékenyebbek is azoknál, ami csökkenti expozíciós időt és csökkent energiafelhasználást eredményez. Manapság az ofszetlemezek több mint 75%-át a CTP lemezek alkotják. Az utóbbi időkben vegyianyag- és folyamatmentes CTP lemezek kerültek kifejlesztésre a lemez gyártási további egyszerűsítése érdekében.

Az ezüst-halid CTP lemez előállításának alapja egy diffúziós transzferfolyamat, amely során az ezüstvegyületek egy nukleációs réteget alakítanak ki és erősen az alumínium alaphoz kötődnek a lemez kitétségtől mentes részein. A kezelt részeket a kidolgozás szakaszban eltávolítják, a lemez pedig ragasztásra kerül. Az ezüst-halid CTP lemezek a kereskedelmi és az újságpapír nyomtatásban népszerű megoldások, ahol a nyomtatási mennyiség akár 350.000 példány is lehet. Ezek a lemezek nagy felbontással rendelkeznek, és csak kis mennyiségű expozíciós energiát igényelnek. Ugyanakkor, ezek UV-festékkel nem

használhatók, mivel érzékenyek a napfényre, és a lemezgyártás során nehézfémeket tartalmazó hulladék keletkezik.

A fotopolimer CTP lemezeket a kezelés előtt előmelegítik 80–130 °C fokos hőmérsékletre, amelynek eredményeképp kialakulnak a keresztkötések. Ezt követően előhívják a nem kezelt részeket, majd a lemezt gumioldattal kezelik. Az utókezelés és beégetés révén a példányszám 1 millióra is növelhető<sup>62</sup>. A fotopolimer CTP lemezek ellenállóak és nagyfelbontást biztosítanak, de sok energiát igényelnek a melegítési és beégetési szakaszok során, és a lemezek nem tehetők ki napfénynek.

Az ezüst-halid és a fotopolimer CTP lemezek kék-ibolya lézerdiodákkal is kezelhetők. Ezeknek a diódáknak a költsége alacsony, és kiváló nyomtatási minőséget biztosítanak. A kék-ibolya lemezek rendkívül érzékenyek, ezért gyorsan és megbízható módon készíthetők. Továbbá, kevés energiát fogyasztanak, elviselik az UV-festéket és lehetővé teszik a példányszám növelését az előmelegítés által. A nyomtatási mennyiség általában 350.000 példány, amelynek következtében a kék-ibolya lemezeket elsősorban az újságpapír nyomtatásban használják.

A termál CTP lemezek érzékenyek az infravörös lézerekre. Ezek a lemezek negatív, pozitív és hőablációs lemezekre különíthetők el. A termál CTP lemezek éles pontokat képeznek, és a lemezek napfény mellett is feldolgozhatók. Ugyanakkor, a kezelés energiafogyasztása magas, és a kék-ibolya lézerdiodák a kezelési szakaszban nem használhatók.

A negatív működésű termál lemezek esetén, az infravörös kezelés során sav szabadul fel, amely a keresztkötések kialakulásához vezet az előmelegítési szakaszban 120–140 °C fokos hőmérsékleten. A bevonat nem kezelt részeit a kidolgozás szakaszban eltávolítják, a lemezt gumioldattal kezelik. A negatív lemezek költsége alacsony és egyszerűen használhatók, de előmelegítést igényelnek és a lemez keménysége a kezelési időtől függ.

A pozitív termál lemezek nem feltétlenül igényelnek előmelegítést, de az mind a lemezek keménységét, mind a lehetséges nyomtatási mennyiséget növeli. A nyomtatási mennyiség általában 150.000 és 1.000.000 példányszám között alakul az előmelegítés esetén. A kezelést követően a hőre érzékeny polimer réteg lebomlik, és a kezelt részek egy lúgos előhívószerbe kerülnek feloldásra. A pozitív lemezek kompatibilisek az UV-festékekkel.

A hőablációs lemezek hidrofil polimer bevonattal rendelkeznek, ami az infravörös-kezelést követően eltávolításra kerül. Az eltávolított anyagot ezt követően letörlik, lemossák vagy leszívják a lemez felületéről. A mosás a nedvesítő folyadékkal is elvégezhető a nyomtatási folyamat kezdeti szakaszában. A hőablációs lemezek előmelegítést nem igényelnek.

A vegyianyag-mentes CTP lemezek esetén kidolgozás szakaszra nincs szükség. Ez növeli a kép egységességét, minimalizálja a környezetre gyakorolt hatást és jelentős költség-, idő- és energia-megtakarítást tesz lehetővé. Ugyanakkor, ezek a lemezek kevésbé tartósak, drágábbak és lassabban készíthetők el, mint a CTP lemezek. A vegyianyag-mentes lemezek kék-ibolya lézerdiodával vagy infravörös lézerekkel kerülnek kezelésre. A kék-ibolya lézerdioda keményíti a lemez nyomó részeit, a nem keményített nemnyomó részek pedig a ragasztás során eltávolításra kerülnek. Az infravörös lézerek megolvasztják a lemezbevonat hőre lágyuló részeit, és az alumíniumalaphoz rögzítik azokat. A nemnyomó részek ezt követően

eltávolításra kerülnek a ragasztó egységben. A vegyianyag-mentes lemezek használatával maximum 100.000 példányszám nyomtatható.

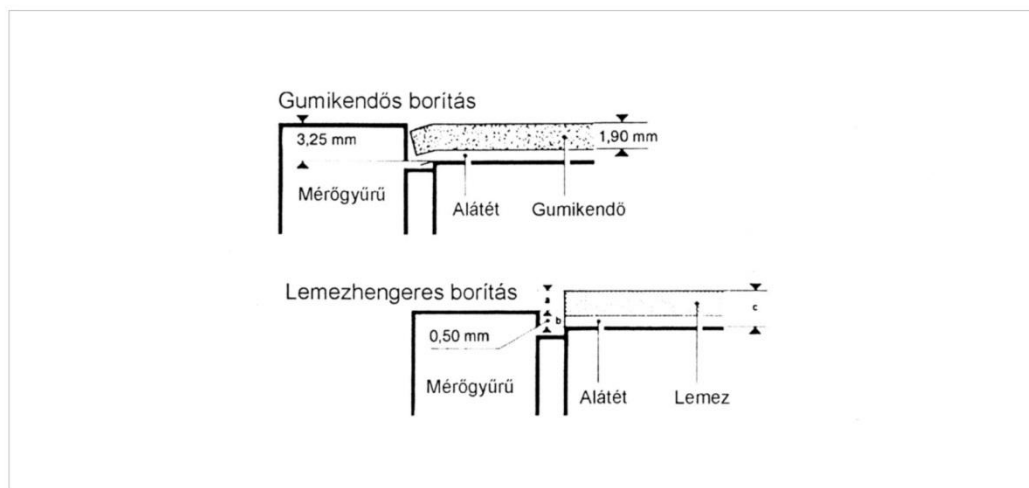
A előhívásmentes lemezek használatával a gumizási és egyéb befejező szakaszok elhagyhatók. Általában, ezek a lemezek a hőablációs technikán alapulnak. A folyamatmentes lemezekon polimerbevonat található, amely felületének a jellege a kezelést követően vízszertőről festékszeretőre változik. A nemnyomó részek ezt követően a nyomtatás kezdeti szakaszában a nyomdagépben nedvesítő folyadék segítségével eltávolításra kerülnek: a polimerréteg feloldódik a nedvesítő folyadékban, és az első néhány oldallal együtt távozik. A legfőbb hátrány, hogy a nyomtatott kép nem látható a lemezen a nyomdagépbe történő behelyezés előtt, a lemezek nem tehetők ki napfénynek vagy UV-festéknek, illetve hogy a polimerbevonat beszennyezheti a nedvesítő folyadékot is.

Az utóbbi időkben tintasugaras (ink-jet) lemezek és a poliészter alapanyagok is kifejlesztésre kerültek. A tintasugaras lemezek használata esetén, a festékszerető részeket az alapanyagra nyomtatják inkjet eljárással. Amint a festék megszárad, az az alaphoz rögzül. A lemezek ezt követően gumioldattal kezelik. Az ink-jet lemezek kedvező árral rendelkeznek és jól méretezhetőek, de a felbontásuk korlátozott. Poliészterlemez helyettesítheti az alumíniumot kisebb nyomtatási mennyiség esetén (100 000-150 000 példány). Léteznek továbbá olyan CtPress (computer-to-press) lemezek, amelyeknél a lemez anyag a behelyezés során kerül kezelésre. Ezek a lemezek tekerceselhetőek vagy újra felhasználhatók: a nyomtatást követően, a használt lemezt feltekerik, és a lemezanyag nem használt részét felhasználják, esetleg a lemezen található képet eltávolítják.

#### **5.4. Gumikendők**

Az ofszet gumikendők több réteggel rendelkeznek, amelyek módosulnak a nyomás hatására. A többszálás szövet réteg megerősíti a gumikendőt, és biztosítja annak keménységét, míg a kiegészítő réteg beállítja a gumilepedő alakíthatóságát. A nyomtató réteg festékszerető tulajdonsággal rendelkezik és általában elasztikus gumiból készül. A gumikendő teljes vastagsága 1,7–2,0 mm. Az 5.9. ábrán látható a gumikendő és a nyomólemez elhelyezése az íves nyomógépek hengerein.

A gumilepedő felületi érdessége és keménysége hatással van a festékátvitelre. Az optimális keménység 0,4–0,6  $\mu\text{m}$ , amely kiváló festékátviteli tulajdonságokat eredményez. A kemény gumikendők ellenállóbbak, és könnyen leadják a festéket, míg a puha gumikendők jobban alakíthatók és hatékonyabban és egységesebben közvetítik a festéket. Továbbá a puha gumikendők kisebb pontokat eredményeznek a szorosabb festék és papír közötti érintkezésnek köszönhetően.



### Nemfutó-gyűrűs hengerborítások

(a) mérőgyűrű fölötti magasság, (b) alávágás, (c) borításvastagság

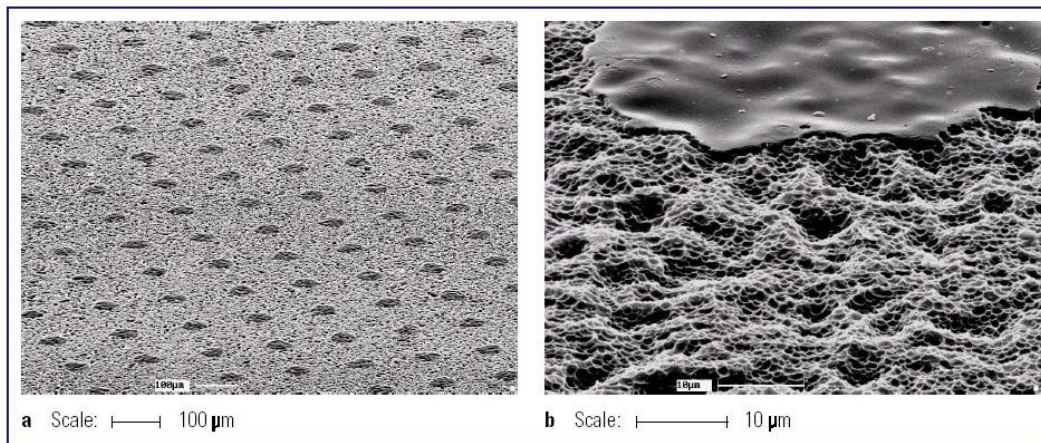
5.9. ábra. A gumikendő és a nyomólemez elhelyezése az íves nyomógépek hengerein

#### 4.5. Festékátvitel

A festék a festékezőmű felhordóhengereiből az érintkezési sávon a nyomólemezre kerül, amint a festékréteg fizikai kontaktusba kerül a lemezzel. A festék átviteléhez a lemez és a festék közötti adhéziós erőnek nagyobbak kell lennie, mint a festékréteg belsejében ható kohéziós erőnek. A nyomásnak kitett felületen a festék a követően a papírra kerül, amint a papír érintkezik a festékkal a kemény ellennyomó henger közvetítése révén.

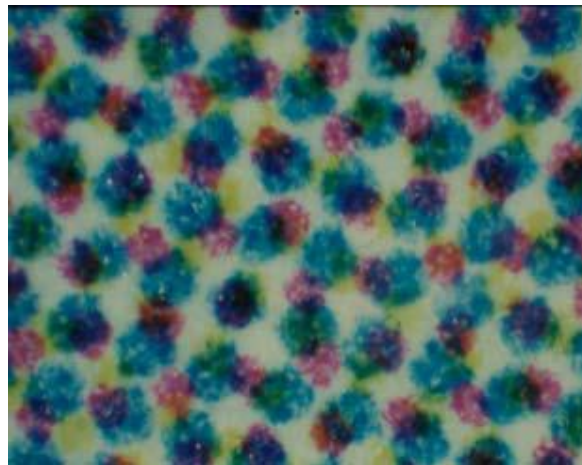
Az érintkezési felületen, nyomás alatt a festék és a papír fizikailag érintkezik egymással. Ennek következtében a festékréteg megnedvesíti a papír felületét és szétterül, rögzül a papíron. Az ofsetnyomtatás során alkalmazott nyomás általában 0,8–2 MPa, amely a papír felületének a deformálódását is okozza. Például, a papír érdessége csökken és a festék–papír kontaktus egységesebbé válik, ezáltal egyenletesebbé téve a festék átvitelét. A festék – mint folyadék - nem nyomható össze, ezért a hengerek által kifejtett nyomásnak megfelelően mozog. Következésképpen a tinta behatol a papír pórusaiba és szétterjed a papír felületén. A felület kémiai tulajdonságai nem játszanak jelentős szerepet a festék felvitelében, mivel a felületek közötti feszültségkülönbség jelentéktelen a hengerek által kifejtett nyomáshoz képest.

A nyomófelület után a tintaréteg körülbelül a középső résznél kerül elválasztásra. A festék réteg végleges vastagsága a papír felületén kb. 1  $\mu\text{m}$  (5.10. ábra).



5.10. ábra. Festékpontok a papíron (elektronmikroszkópos nagyítás)

Az elválasztás során a festékréteg rostokat képez, amelyek végül elválnak egymástól amint a hengerfelületek eltávolodnak. Ez a festékréteg felületét érdessé teheti. A nyomtatási szakasz után a tinta szabadon terjed, és a kapilláris erők hatására behatol a papírba. A terjedés mértékét a rendszer felületi kémiai tulajdonságai határozzák meg. A megfelelő nedvesítés, terjedés és penetráció érdekében a festék felületi feszültségének kisebbnek kell lennie, mint a papír felületi energiája. Az ofsetnyomtatással készült pontok az 5.11. ábrán láthatók.



5.11. ábra. Ofsetnyomtatással készült pontok

A festékátvitel modellezésére gyakran a klasszikus Walker–Fetsko modellt alkalmazzák. A modell a papír szilárd területére felvitt festék átlagos mennyiségét veszi alapul ( $y$ ), amely a lemezre kerülő mennyiséggel kerül összevetésre ( $x$ ):

$$y = A[bB + f(x - bB)] \quad (2)$$

A modellben az  $A$  érték a relatív érintkezési felületet fejezi ki, ami a papír érdességétől ( $k$ ) és a festékréteg vastagságától függ:

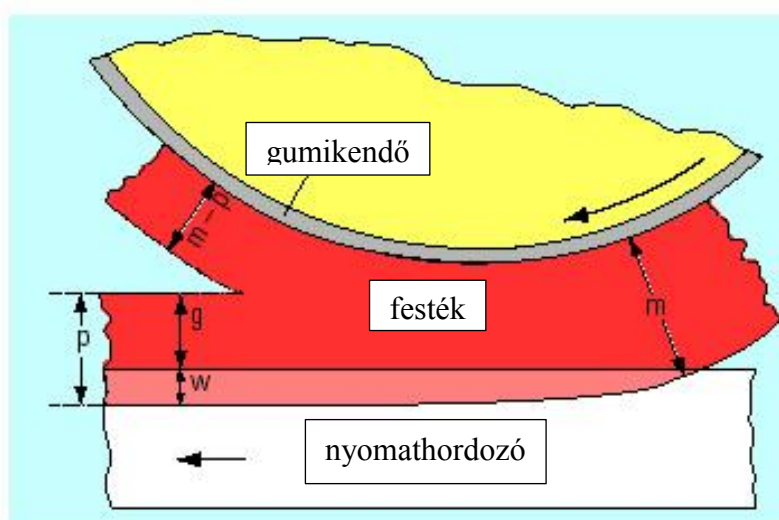
$$A = 1 - e^{-kx} \quad (3)$$

A fentebbi egyenlet szerint a festékréteg vastagságának növekedésével javul a papír és a festék közötti kontaktus, a fedetlen pontok mennyisége pedig csökken. Továbbá, papír simaságának megőrzése érdekében kisebb festékvastagságra van szükség a nyomtatás során. Az immobilizációs paraméter ( $b$ ) és az immobilizációs funkció ( $B$ ) határozza meg a festék penetrációt az alábbiak szerint:

$$B = 1 - e^{-x/b} \quad (4)$$

Az immobilizációs kapacitás a papír és a festék interaktív tulajdonsága, amely szintén függ a nyomtatási sebességtől és a hengerek által kifejtett nyomástól. A nagyobb sebesség csökkenti a penetráció idejét, a nagyobb nyomás pedig fokozza a festék áramlását.

A papír érdessége és porozitása jelentősen befolyásolja a festék átvitelét. A sima felületeken az átviteli hatékonyság közel 50%-os, de ez az érték a papír érdességének növekedésével csökken. A papír porozitásának növekedésével a festék átviteli hatékonyság növekszik a nagyobb kapilláris erőhatásoknak köszönhetően.



5.12. ábra. A Walker-Fetsko model ábrázolása

A Walker-Fetsko modell (5.12. ábra) nem veszi számításba a festék összetevőinek az elválasztását, ami csökkenti a festék oldószer penetrációját. Például a pigmentek gyakran túl nagyok ahhoz, hogy behatoljanak a papír pórusaiba, és a papír felületén egy mikropórusos réteget képeznek. Továbbá a foltosodás (back-trap) jelenség szintén módosítja a modellt. Például a festék felületi feszültségének a nyomtatás során csökkennie kell, és az alulnyomott rétegtapadási képességének nagyobbak kell lennie, mint a felülnyomott réteg tapadási képessége.

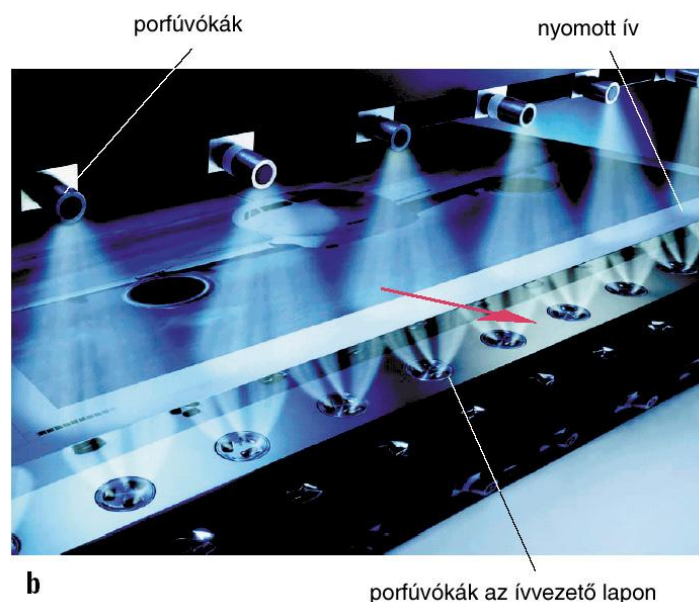
## 5.6. A festék megtapadási és száradási folyamatai

A festék megtapadására a festék kezdeti megszilárdulási folyamatának hatására történik közvetlenül a nyomtatási érintkezést követően. A megtapadás során a festék behatol a papír pórusaiba és ott felszívódik.

A bevonattal ellátott papírok esetén a festék oldószere felszívódik a bevonat pórusaiba, de a pigmentek elválnak az oldószertől és a papír felületén maradnak. A festék a bevonat nélküli papírok esetén teljes mértékben felszívódik a papír nyitottabb jellegének köszönhetően.

A festék rögzülése függ az oldószert elválasztási sebességtől, a nyomtatási sebességtől, a nyomtatási egységek közötti távolságtól, a papír tulajdonságaitól, valamint a különböző festékösszetevők közötti kölcsönhatásoktól. Például minél porózusabb a papír, és minél kisebbek a pórusok, a festék annál gyorsabban leülepszik, de ha a festék ott marad a papír felületén, akkor felszívódási problémák jelentkezhetnek.

Az utolsó nyomtatóegységet követően a tintaréteg megszárad. A cold-set ofszet festékek külön szárító szakasz nélkül lassan szívódnak fel a papír pórusaiba. Az íves festékek oxidáció révén száradnak: a kötő anyag polimerizálódik és keresztkötéseket alakít ki oxigén hatására. A polimerizációs reakciók a nyomófelület elhagyása után közvetlenül elindulnak, de a festékréteg legnagyobb része a nyomógép kirakójában keményedik meg. A festék réteg 2–4 óra múlva érintés-biztos lesz, de a száradási reakciók véglegesedése napokat vesz igénybe. A keresztkötések kialakulásának elősegítésére gyakran infravörös sugárzást alkalmaznak, és a festékrétegre egy porréteget visznek fel a kirakóba érkezés előtt az elkenődés megakadályozása érdekében (5.13. ábra).

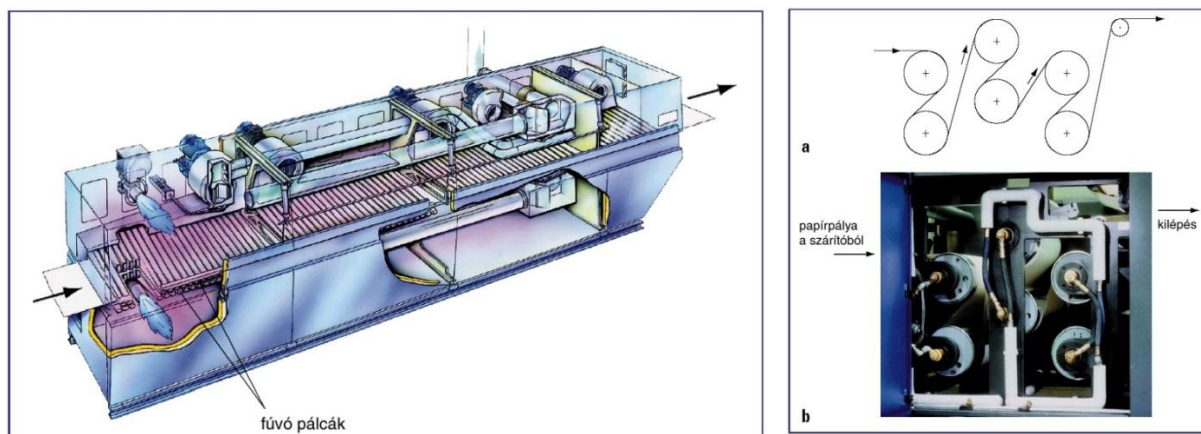


5.13. ábra Porozó fúvókák az íves ofszet nyomógép kirakójában

A heat-set festékek szárítása forró levegő segítségével történik, amelyet a festékrétegre fújnak. Ennek hatására a festék oldószere elpárolog. A forró levegő a papír mindkét oldalára egyszerre hat a szárítóegységben, amely általában több, hőmérsékletét tekintve külön-külön is szabályozható részből áll. A szárítóban beállított profil gyorsan növeli a hőmérsékletet, és elősegíti a korai szakaszban történő párolgást. A párolgás során az oldószert koncentrációja a festékréteg vastagságában csökken, aminek eredményeképp a párolgási sebesség jelentős mértékben esik. A forrólevegős szárítóegység hossza meghatározza a maximális nyomtatási sebességet is, mivel a festékréteget a befejezés előtt megfelelően meg kell száradnia. A



festékréteg hőmérséklete forró levegő (250–260 °C) alkalmazásakor 130 °C fokra emelkedik körülbelül 1 másodpercre. A festék kötőanyaga ekkor puhává és ragadóssá válik, ezért a kb. 30 °C fokra kell lehűteni a hűtőállványon átvezetve hűtőhengerek alkalmazásával.



5.14. ábra Heat-set nyomógép forrólevegős szárítója és hűtőhenger állványa

A szárítóban a papír elveszíti a nedvességtartalmát. Következésképpen a papírt ismét nedvesíteni kell a méretbeli változások elkerülése érdekében (5.14. ábra).

### 5.7. Szárazofszet nyomtatás

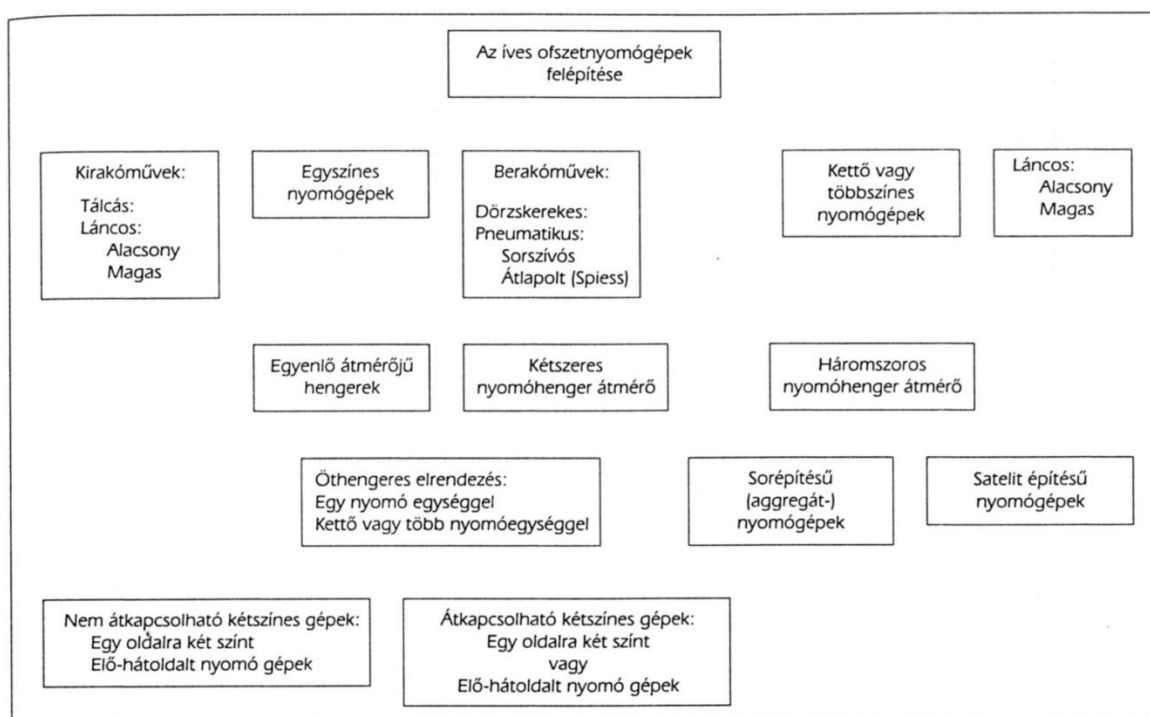
A szárazofszet nyomtatás során nedvesítő folyadékot nem alkalmaznak. A nyomólemezek egy 2  $\mu\text{m}$  vastag festéktaszító szilikonréteggel rendelkeznek, amelyet a kidolgozás során eltávolítanak a nyomórészekről, így szabaddá téve a festékszerető részeket. Mivel a szilikonréteg meglehetősen vastag, a nyomó és a nemnyomó részek szintje kis mértékben eltér egymástól. De ezek a magasság- és felületi energiabeli különbségek hatékonyan meggátolják a tinta átterjedését a nemnyomó részekre.

A szárazofszet nyomólemezek általában fotopolimer vagy hőablációs lemezek. A fotopolimer lemezek használata esetén a kezelés során a fotopolimer elválk a szilikonrétegtől vagy a szilikonhoz kötődik. A hőablációs lemezek esetén a kezelés csökkenti az ablációs réteget, és ismét megköti a szilikon fölötte.

A szárazofszet kiváló nyomtatási minőséget biztosít számos szubsztrátum esetében. A nedvesítő folyadék hiánya növeli a lehetséges szubsztrátumok számát, miközben csökkenti a hulladék mennyiségét, valamint az előkészítéshez szükséges időt. Ráadásul a folyamat gyorsan a fenntartható szakaszba kerül. A szárazofszet nyomtatáshoz alkalmazott festékek környezetbarátnak számítanak, mivel nem tartalmaznak illékony szerves vegyületeket (VOC) kibocsátó izopropil-alkoholt (IPA). Ugyanakkor, a vízmentes ofszetlemezek költségesek, és érzékenyek a mechanikai károsodásra. Továbbá a nyomdagépet le kell hűteni, mivel a rendszerben nem található hűtő nedvesítő folyadék. A hűtési igény ráadásul nagyobb, mivel a szárazofszet eljárás festékei magasabb viszkozitással és tapadási képességgel rendelkeznek, mint a hagyományos tinták. A festékezőműveket általában vízzel hűtik, de a nyomtatási sebesség 6 m/s értékre történő növelése esetén a lemez vagy a gumilepedő szintén hűtést igényel. További nehézség, hogy ezek a nyomóművek sokkal könnyebben szennyeződnek.

## 5.8. Nyomdagépek szerkezeti kialakításai

A színes íves ofszet nyomdagépek általában 4–10 nyomtatóegységgel rendelkeznek. Ezekben az egységekben csak a papír egyik oldala nyomtatható. A soros építésű nyomdagépeknek külön nyomtatóegysége van minden színhez, míg a központi ellennyomó hengerrel (CIC) épített nyomdagépek egy közös nyomóművel két szín nyomtatására képesek egyetlen nyomtatóegységben. A CIC nyomdagépek kisebb helyet foglalnak, de a regiszterük pontatlanabb. Minőségi problémákat jelent az is, hogy a négy egymást követő szín nyomtatása között eltelt idő, változó mértékű lesz. Az íves nyomógépek lehetséges kialakításait az 5.15. ábrában található táblázatban foglaltuk össze.



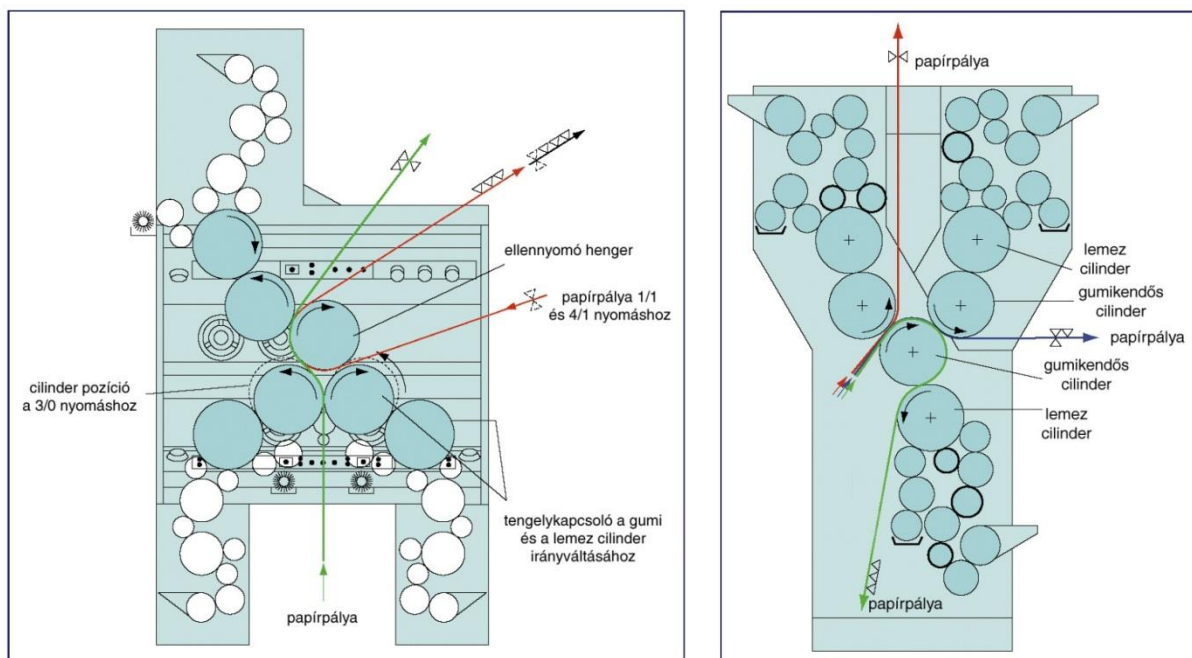
5.15. ábra Íves ofszet nyomógépek lehetséges szerkezeti kialakításai

A coldset nyomdagépek két közös elemmel rendelkeznek, amely segítségével a papír mindkét oldalára négy–négy szín nyomtatható. A 4-es egységek a blanket-to-blanket elven alapulnak, és négy vízszintes nyomtatóegységgel rendelkeznek. Általában két H-alakú vagy négy íves jellegű nyomtatóegység kerül elhelyezésre egymáson. A H-típusú egység egy U-alakú és egy íves egységből áll. A 4-es egységek egyszerűek, olcsók, kis helyet foglalnak és könnyen vezérelhetők, de a regiszterük gyenge minőségű és a pontos színek nyomtatása nehézségekbe ütközhet. A 4+4 nyomtatáshoz speciális színes tornyokat általában két H nyomómű egymásra helyezésével építik. Ebben a vertikális elrendezésben nagyobb nyomtatási pontosság lehetséges.

A satelit nyomtatóegységek négy nyomtatópárral (lemez és gumilepedő) rendelkeznek, amelyek a közös nyomóhenger körül helyezkednek el. A papír mindkét oldalára történő nyomtatás érdekében két satelitegység kerül alkalmazásra. A satelit nyomtatóegységek kiváló regiszterrel és módosítható papír útvonallal rendelkeznek; továbbá színekombinációkat

is lehetővé tesznek. Ugyanakkor ezek az egységek költségesek, a papírpor és a festék felhalmozódik a második nyomóhengerben, és a papír–festék kompatibilitás kritikus fontosságú.

A fél-szatellit (10 hengeres) egységek két nyomóhengerrel rendelkeznek, amely körül négy nyomtató pár kerül elhelyezésre. Lehetővé teszik továbbá a blanket-to-blanket elven történő nyomtatást a papír útvonalának módosítása révén. Az iker-szatellit (9 hengeres) egységek két hagyományos szatellitegységből állnak, amelyek egymáson vannak elhelyezve. Tipikus cold-set nyomómű kialakítások az 5.16. és 5.17. ábrákon láthatók.

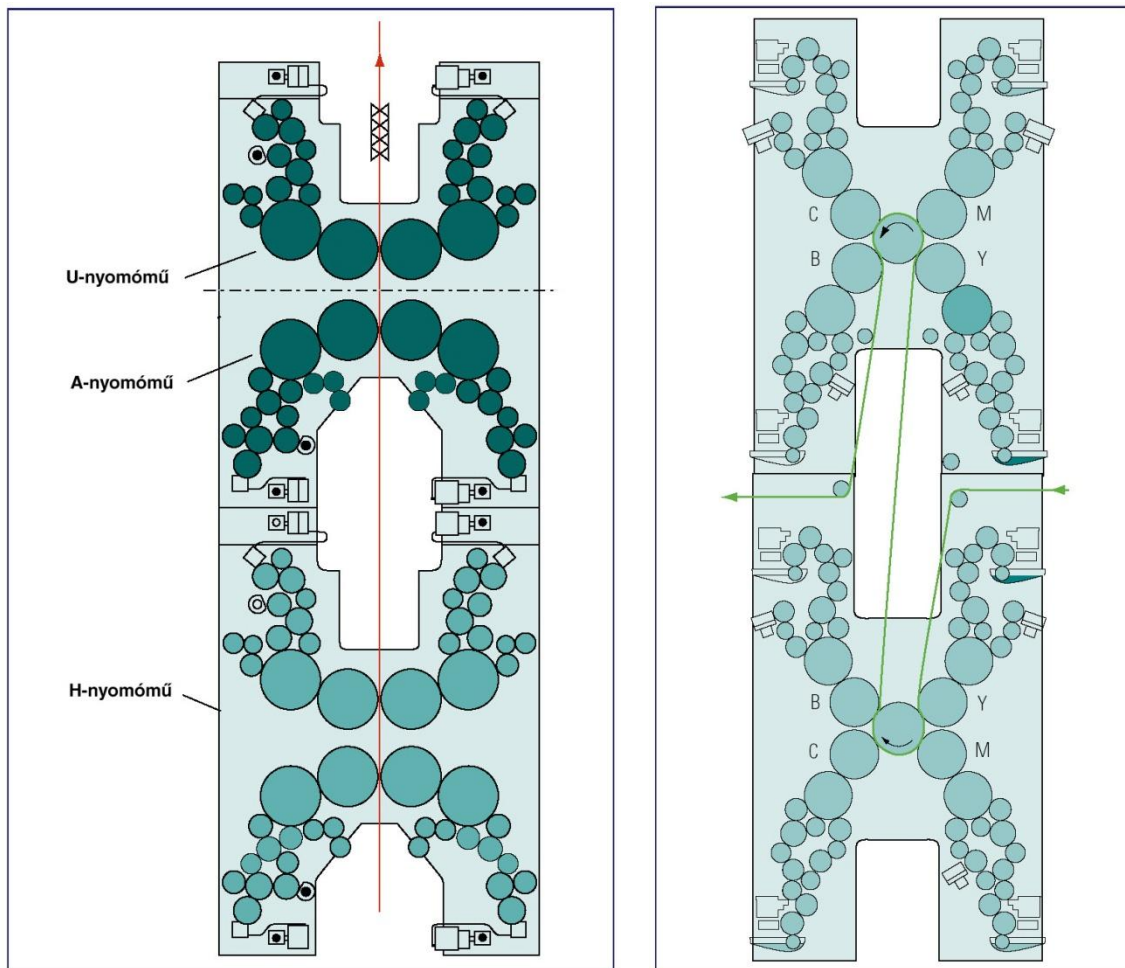


$\frac{3}{4}$  szatelit nyomómű

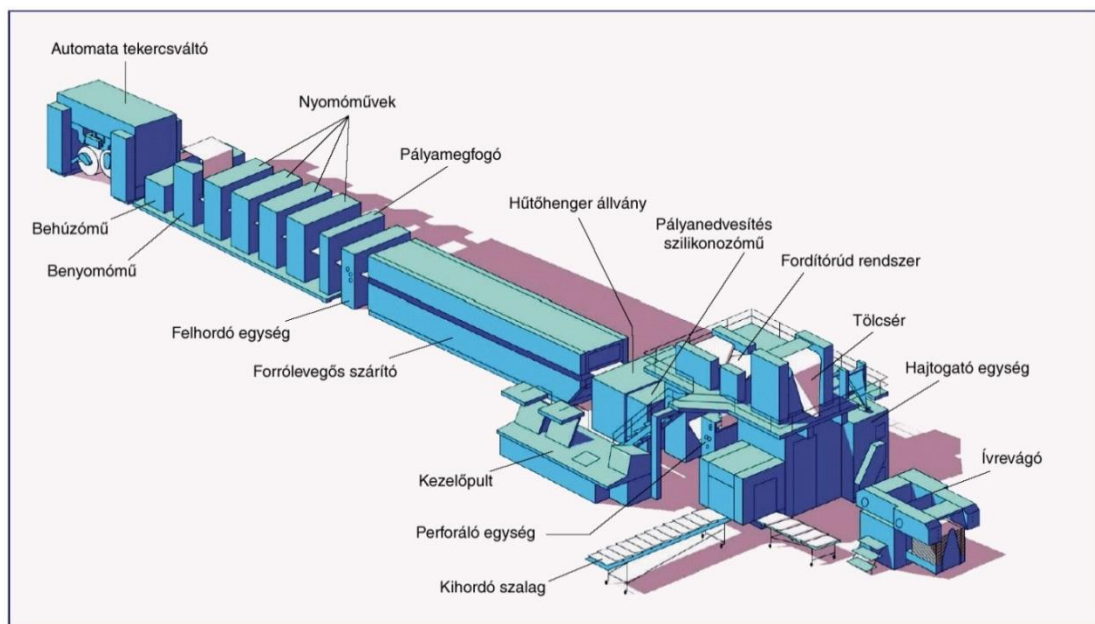
Y nyomómű

5.16. ábra. 3 színes cold-set nyomómű kialakítások

A heat-set nyomdagépek négy (vagy több) egymás után elhelyezkedő nyomtatóegységgel rendelkeznek. Ezen egységek működése a „blanket-to-blanket”, „gumiról-gumira” történő nyomtatás elvén alapul, amely lehetővé teszi a papírpálya két oldalára történő egyidejű nyomtatást. Ebben a konstrukcióban ellennyomó hengerekre nincs szükség. A jellegzetes soros kialakítású felépítés az 5.18. ábrán látható.



5.17. ábra. Színes cold-set torony kialakítások



5.18. ábra Jellegzetes heat-set tekercsofszet nyomógép

## 5.9. Festékek és nedvesítő folyadékok

A festékek jellemző összetételeit és ofszet festékeket a 4. táblázat mutatja be. A festékek nagy viszkozitással rendelkeznek, és egy vékony (0,5–1,5 µm) réteget képeznek a papír felületén. Viskozitásuk általában 40–100 Pa·s. Amennyiben a viszkozitás túlságosan alacsony, akkor a nedvesítő folyadék túlzott mértékben emulzifikálódik a festékbe. Ekkor a festék túl mélyen behatol a papír szerkezetébe, ezzel csökkentve a nyomtatási minőséget.

Ugyanakkor, a túl magas viszkozitás meggátolja a festék papírra történő megfelelő felvitelét. A cold-set festékek rendelkeznek a legalacsonyabb viszkozitással, mivel ezek gyorsan beáramlanak a papír szerkezetébe. Az íves ofszet festékek rendelkeznek a legmagasabb viszkozitással az alacsony nyomtatási sebesség és a lassú száradás miatt.

A festékréteg tapadási képessége (kohéziója) jelentős nyomást jelent a papír felületének a szilárdságára. A túl magas tapadási képesség károsítja a papír felületét az elválasztás során, ha a festékréteg túl erős. A túl alacsony tapadási képesség a tinta túlzott mértékű terjedéséhez vezethet.

Az oldószer forráspontjának magasnak kell lennie a korai száradás megelőzése érdekében. A heat-set festékek oldószereinek a forráspontja 230–300 °C annak érdekében, hogy a forrólevegős szárítás során képesek legyenek elpárologni. A cold-set és az íves festékek magasabb forrásponttal rendelkeznek, mivel az oldószerek a szárítás során nem kerülnek eltávolításra.

5.2. táblázat. Az ofszet nyomdafestékek összetevői

	Cold-set	Heat-set	Ives ofszet	Meghatározó anyagok
Kötőanyag	10-50 %	30-50 %	50-70 %	Gyanta, növényi olaj, alkidok
Oldószer	30-70 %	30-40 %	10-30 %	Ásványolaj
Pigment	15-25 %	20-30 %	20-30 %	
Adalékok	0-10 %			Viaszok, reológiai modifikátorok, antioxidáns anyagok

A coldset ofszet nem kifejezetten igényes a nyomtatási minőség tekintetében. Éppen ezért a coldset festékeket, különösen a feketéket, kisköltségű összetevőkből állítják elő, például kisebb tisztaságú, színezett olajokból és aszfaltkötőanyagokból. Továbbá növényi olajok is használhatók az ásványi olajok részbeni helyettesítésére. Az ásványi olajok használata esetén a festékréteg újrafesthetősége és dörzsöléssel szembeni ellenállása jó, ugyanakkor illékony szerves vegyületeket (VOC) bocsátanak ki. Ezért az utóbbi időkben egyre inkább elterjedt a növényi olajok használata. Ezek nem bocsátanak ki illékony szerves vegyületeket, ráadásul a nyomtatás során nem okoznak problémákat, viszont újrafesthetőségük és dörzsöléssel szembeni ellenállásuk nem kedvező.

A nedvesítő folyadék elsősorban vizet (95–98%) és adalékanyagokat tartalmaz. A fő adalékanyag az izopropanol (IPA), amely csökkenti a víz felületi feszültségét, ezáltal a nedvesítő folyadék gyorsabb terjedéséhez vezet a nemnyomó részeken.

Az IPA magas viszkozitással rendelkezik, és hatékonyan párolog, ami jobb tintaátvitelt és hűtést eredményez. Ugyanakkor az IPA illékony szerves vegyületeket bocsát ki. A glikolt gyakran használják az IPA helyettesítésére, mivel nem bocsát ki illékony szerves vegyületeket. Még alacsony koncentráció esetén is csökkenti a tinta felületi feszültségét, ezáltal csökkentve a festék költségeit. Ugyanakkor rosszul nedvesíti a lemezt és csökkenti a hűtés hatékonyságát.

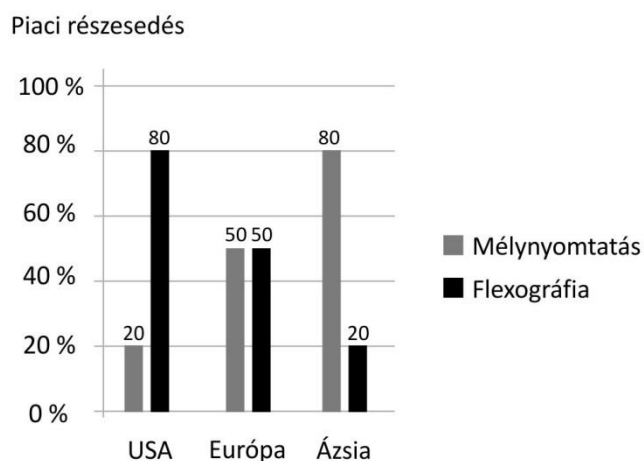
## 6. Mélynyomtatás

A mélynyomtatás az egyik legrégebb nyomtatási technológia, kezdetei a korai XV. századig vezethetők vissza. A nyomtatás közvetlenül történik a képhordozóról (image carrier) – amely leggyakrabban hengeres – a nyomathordozóra. Három fő szegmense: publikációk, csomagolás és speciális termékek nyomtatása.

Németországban, Európa legerősebb gazdaságában, és más Közép- és Nyugat-európai országokban, a mélynyomtatás megvédte, sőt, erősítette piaci részesedését. Különösen a csomagolóanyag gyártásban a nagy márka tulajdonosok és a kiskereskedelmi láncok részére nagyon erős a mélynyomtatás. A német piacutató, a GfK (German Society for Consumer Research) kiemelte egy tanulmányában a márkatulajdonosoknak a különböző nyomtatási folyamatokról adott észrevételeinek értékelése során, hogy tízből nyolc márkatulajdonos inkább a mélynyomtatást részesíti előnyben, mivel a mélynyomtatás garantálja a legjobb minőséget, és ez a legfontosabb tényező a nyomtatási folyamat kiválasztásánál a csomagolások részére.

### 6.1. A mélynyomtatás piacára ható tényezők

A flexibilis csomagolóanyagok gyártásában a mélynyomtatás nagyon jó helyzetben van. Európában a mélynyomtatás és a flexográfia körülbelül azonos piaci részesedéssel rendelkezik ebben a fontos szegmensben, de egyértelműen a mélynyomtatás a vezető folyamat, a dinamikusan fejlődő csomagolási piacon a feltörekvő ázsiai országokban (80% mély/20% flexó) (6.1. ábra).



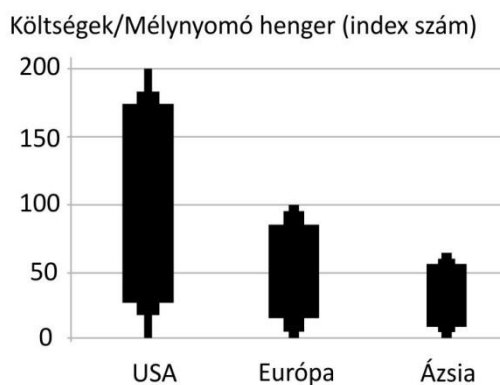
6.1. ábra. A flexibilis csomagolóanyagok piacának megoszlása.

Ez különösen igaz Kína és India esetében, a gyorsan növekvő piacaikkal és az ezen országok több mint egy milliárd fogyasztóival. A mélynyomtatás legfőbb jellemzői – mint a kiváló minőség és a magas konzisztencia nagy példányszámok esetén – természetesen kedvez a mélynyomtatás pozíciójának ezeken a piacokon. Ezekben az országokban, a csomagolóanyag gyártó mélynyomtatók nagy száma óriási potenciált jelent a mélynyomóipar részére. Indiában mintegy 500 mélynyomó üzem működik, szemben az Európában működő 350 üzemmel.

Igaz, hogy a legtöbb csomagolóanyag gyártó mélynyomó üzem nem rendelkezik a legkorszerűbb mélynyomtatási technológiával, ezek a cégek azonban folyamatosan beruháznak a modern mélynyomtatás technológiájába annak érdekében, hogy megfeleljenek a növekvő Távol-keleti piacon jelentkező egyre nagyobb igényeknek.

A kiskereskedelem jelenlegi hagyományos struktúrája különösen a nagyvárosokban változóban van, a különféle fogyasztási és a mindennapi létszükségleti cikkek elosztását ma már egyre inkább a nagy szuper- és hipermarketek végzik. Így, a 2010-ben épített új csomagolóanyag gyártó mélynyomógépek jelentős részét Indiába szállították. De egyre több a modern mélynyomtatási technológiát felhasználó cégek száma Közél-keleten és Latin-Amerikában is, és ezen cégek részére elérkezett az idő a gazdasági fejlődésre.

Összehasonlításképpen a mélynyomtatott csomagolóanyag gyártás stagnál az USA-ban, ahol a flexónyomógép gyártók sikeres marketingjének, és a flexo prepress költség előnyeinek köszönhetően, a flexográfia a domináns folyamat. (Észak-amerikában a piaci részesedés 80% flexó/20 % mély). Nem ez a helyzet azonban Ázsiában, ahol az alacsonyabb élőlétszükségletnek köszönhetően a hengergyártás lényegesen olcsóbb, mint az USA-ban, valamint az USA-ban a modern mélynyomó berendezésekbe történő beruházás lelassult. A henger költségek, több mint 100%-kal magasabbak, mint az európai henger gyártás költségei, és több mint 200 %-kal magasabbak, mint az ázsiaiaké (6.2. ábra).

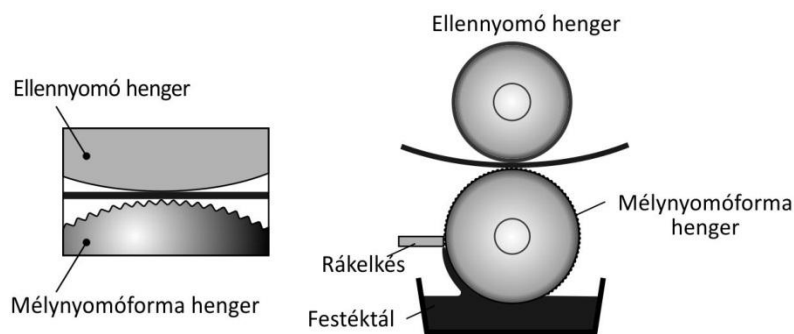


6.2. ábra. Mélynyomó formahenger költségek.

## 6.2. Nyomtatási folyamat

A mélynyomtatás alapelve egyszerű. A mélynyomtatás megkülönböztető jellemzője, hogy a nyomóelemek a nyomóforma felületében mélyítetten helyezkednek el. A nemnyomóelemek (stégek) magassága állandó. A nyomtatást megelőzően, a nyomóforma teljes felületét (a nyomó- és a nemnyomóelemeket is) befestékezik, majd egy festékkihúzó kés (rákelkés=doctor blade) eltávolítja a a stégekről a festéket, így csak a rácscsészékben marad festék. A festékátvitel a nyomathordozó felületére a rácscsészékből nagy nyomóerő és a festék és a nyomathordozó közötti adhéziós erő hatására jön létre. A nyomtatási sávból kilépve, a festékréteg oly módon hasad, hogy marad valamennyi nyomdafesték a csészékben az átadás után. A mélynyomtatás alapelve a 6.3. ábrán látható.





6.3. ábra. A mélynymtatás alapelve.

A mélynymtatás több festék átadására képes, mint a legtöbb nyomtatási technológia (kivéve a szitanyomtatás), az árnyalat tartomány figyelemre méltó, és ezért képzőművészeti alkotások és fotók reprodukálására kiválóan alkalmas. A mélynymtatás jellemzője, hogy a képek, a betűk és a tónusok (solids) is rácspontokból épülnek fel. Ez a betűk széleinek szaggatottságában mutatkozik meg.

A mélynymzó festékek kis viszkozitású, nagy oldószertartalmú anyagok, alapvető fajtái a vizes és az oldószer alapú festékek. Az oldószeres festékek használata javasolt, mivel száradásuk kevesebb időt vesz igénybe és a nyomtatási folyamat gyorsabb. A vizes alapú festékeknel hosszabb ideig tart a száradás, de azok környezetbarát anyagok.

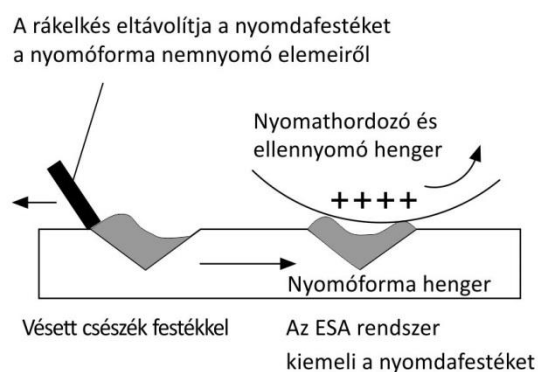
A mélynymtatás egy ipari nyomtatási folyamat, amely képes következetes kiváló minőségű nyomtatásra. Mivel a mélynymtatási folyamat megköveteli minden színhez egy nyomóforma henger létrehozását, drága, és leginkább a nagy mennyiségű nyomtatáshoz alkalmas. Tipikus felhasználások közé tartozik a több mint 1 millió példányban készülő csomagküldő katalógusok, a fogyasztói csomagolás, vasárnapi újság hirdetés mellékletek, tapéta és bútor laminátumok, ahol a minőség és a konzisztencia elvárt. Egy másik alkalmazási terület a flexibilis csomagolóanyagok nyomtatása. A nyomathordozók széles tartományát használják, mint a polietilén, polipropilén, poliészter, BOPP stb.

A festékátadást gyakran segítik elektrosztatikus segédrendszerrel (electrostatic assist, ESA), amely elektrosztatikus mezőt hoz létre a nyomtatási sávban az érintkezési területen. Az elektrosztatikus mező kiemeli a festéket a csészékből, javítja a nyomdafesték és nyomathordozó érintkezését és a festékátadást. Az ESA rendszerrel a kiürítési arány 80-95% lehet, de ESA nélkül a hatékonyság csak körülbelül 50-65%. A kiürítési arány függ a papír pórus struktúrájától is, a pórusok képesek magukba szívni a nyomdafestéket a csészékből.

A mélynymzógépek nagy sebessége miatt, a festékátadás bonyolult folyamat, amely 1-3 ms (milliszekundum) alatt játszódik le a nyomtatási sávban. A rövid tartózkodási idő során, a nyomdafestéknek egyenletesen kell átadódnia az apró csészékből a nyomathordozó felületére. A festékátadási folyamatot a 6.4. ábra mutatja be.

A nyomtatási sávban a nyomathordozót a nyomóforma hengerre nyomják, így az részben behatol a csészébe is, és érintkezik a konkáv festékfelülettel. Amint a nyomdafesték érintkezésbe kerül a nyomathordozóval, megtörténik a festékátadás.

Mélynyomtatásnál, a nyomtatott pontok „lyukas fánk” (doughnut) alakúak lehetnek, a homorú meniszkusz alakja miatt. Az érintkezési nyomás a nyomtatási sávban 1,5-5 MPa. Amint az érintkezési nyomás nő, több nyomdafesték adódik át a jobb nyomdafesték-nyomathordozó érintkezés miatt.



6.4. ábra. A mélynyomtatás festékátadása.

Gyakori probléma mélynyomtatásnál a ponthiányok előfordulása. Ponthiányok léphetnek fel, amikor a nyomdafesték és a nyomathordozó érintkezése nem megfelelő, vagy a nyomathordozó nagy érdességének vagy az alacsony kompresszibilitásának, vagy az alacsony érintkezési nyomásnak köszönhetően. Hiányzó pontok véletlenszerűen is keletkezhetnek, ha a nyomdafesték beszárad a csészékbe.

Leggyakrabban tekercsnyomtatást alkalmaznak, a nagy példányszámok gazdaságos nyomtatására. A mélynyomóforma hengeres. Az ipari mélynyomtatásnak speciális jellemzője, hogy egy teljes formahengert (nem nyomólemezt) kell alkalmazni minden egyes szín nyomtatásához. Ez azt jelenti, hogy négyszínű nyomógépen négy külön formahengert kell kicserélni minden új munkánál. Tehát a nyomdának, amennyiben sok ismétlődő munkával rendelkezik, nagyszámú formahengert kell tárolnia. A nyomtatási formátumtól függően, a mélynyomó formahengerek rendszerint nagy tömegűek, és ezért speciális szállító- és kezelőrendszer szükséges a mozgásukhoz.

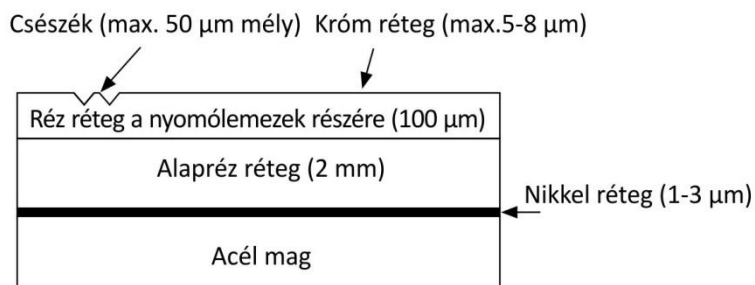
Az árnyalatok változtatásának módszerei a nyomóformán az alábbiak:

- mélységváltozós (hagyományos),
- területváltozós (autotípiái),
- mélység- és területváltozós (félautotípiái).

Napjainkban elsősorban a mélység- és területváltozó vagy a változtatható mélységű mélynyomóforma használatos, a magas minőségigény miatt. A mélységváltozó nyomóforma is mindinkább veszít jelentőségéből, a nyomóforma előállításának komplikált folyamata miatt.

Ez az oka annak, hogy a mélység- és területváltozó mélynyomtatásnál – amelyre az ipari eljárás alapul – a nyomóformák elektromechanikus hengervéséssel történő előállítása vált uralkodóvá.

A nyomóelemeket a többrétegű fém henger felületébe vésik. A rétegek a következők: nikkel réteg, alapréz réteg, réz réteg. A különböző rétegeket galvanizálással hordják fel a nyomóforma acél henger alapjára, de napjainkban nőtt a köpenyes (sleeve) nyomóformák alkalmazása is. A mélynyomóforma henger felépítését az 6.5. ábra mutatja be. Az alapréz réteg szabályozza a nyomóforma henger átmérőjét, a réz réteg (amely a rácscsészéket tartalmazza) pedig a csészék mélységét. A nikkel réteg biztosítja az alapréz réteg kiváló tapadását az acélmaghoz.



6.5. ábra. Nyomóforma alapjának felépítése

A nyomóforma hengerek három csoportra oszthatók, a csészéket tartalmazó rézréteg felépítése alapján: a vékony-rétegű, a Ballard hártya, és vastag-rétegű nyomóformák. A vékony-rétegű nyomóformák 80-100 µm vastag réz réteget tartalmaznak, amely mechanikus úton távolítható el a nyomtatás befejezése után. Az új réteget ezután galvanizálással újra felhordják a nyomóforma felületére. A réz réteg újrahasznosítható, de ez kiegészítő nikkel, választó réteget igényel a két réz réteg között. A vékony-rétegű nyomóformáknak csak 5%-a tartalmaz újrahasznosítható réz réteget. A Ballard-réz réteg alkalmazásánál, elektromos vezető réteg található a két réz réteg között. Ez a réteg lehetővé teszi a csészéket tartalmazó Ballard rézréteg viszonylag könnyű lehúzását a nyomtatási munka után. A vastag-rétegű nyomóformák 320 µm vastag rézréteget tartalmaznak, amely négy egymást követő munkánál használható fel. A nyomtatás befejezése után, a körülbelül 80 µm vastag rézréteg mechanikusan eltávolításra kerül. A nyomóforma hengert újra galvanizálják, amikor a teljes réteg elfogyott.

Miután a festékátadás megtörténik a nyomathordozóra, a festékréteg meleg levegő hatására, az oldószer párolgásával szárad. A mélynyomtatás „nedves-a szárazon” módszer, amely során a festékréteget meleg levegőnek a nyomatra fújásával szárítják meg, minden nyomómű után. A meleg levegő hatására az oldószer elpárolog a festékből, de valamennyi nyomdafesték beszívódik a szívóképes (porózus) nyomathordozóba is. A levegő hőmérséklete a szárítóműben 35-45 °C publikációs termékek nyomtatásánál, és 60-110 °C csomagolóanyagok nyomtatásánál. A festékréteg megszáradása érdekében, a nyomathordozó szárítókamrán halad keresztül, ahol több fúvóka fújja a meleg levegőt a nyomat egyik oldalára. A szárítókamrát legtöbbször zónákra osszák, amelyek hőmérséklete egyedileg állítható. A tartózkodási idő a kamrában szabályozza a maximális nyomtatási sebességet, mivel a festékrétegnek teljesen meg kell száradnia, amikor kilép a szárítóműből.

Az oldószer párolgása már a csészékben elkezdődik. Ha a nyomdafesték túl gyorsan szárad, a viszkozitása jelentősen megnő a festékátadás előtt, ami hőtermeléshez és festékátadási problémákhoz vezethet, ezért a festéktál további hűtése szükséges. A szárító magas hőmérséklete szintén felgyorsítja a száradási folyamatot, de van egy határ, amelyen túl a nyomathordozó hullámosodik, nyomtathatósági és futtathatósági problémákat okozva.

### **6.3. A mélynyomófestékek jellemzői**

A mélynyomófestékek nagyon alacsony viszkozitással (5-25 mPa.s) rendelkeznek, mivel nagy sebességgel kell a csészékbe és csészékből folyniuk. A nyomdafestékek viszkozitásának csökkenésével javul a festék kiürítése, felgyorsul a festék relaxációja, ugyanakkor a színerő csökken. Másrészt, a viszkozitás növelésekor kisebb mértékű lesz a festékterülés és jobb lesz a részletek megjelenítése, de a nyomdafesték könnyebben beszárad a csészékbe. A nyomdafestékek négy komponenst tartalmaznak: kötőanyagok, színezékek és oldószerek, valamint adalékanyagok. A kötőanyagok nem párolgó nyomdafesték komponensek (nagy molekulatömegű polimerek) a festékben, amelyek megkötik (rögzítik) a színezékeket és más alkotókat, és az adalékanyagokkal együtt, lényegében meghatározzák a megszáradt nyomdafesték film fizikai tulajdonságait. Szerves oldószerekben vagy vízben oldottak. A pigmentek vagy oldható színezékek alkotják a nyomdafesték színt adó komponenseit. Speciális tulajdonságokat lehet elérni adalékanyagok alkalmazásával. A folyékony mélynyomófesték tisztán fizikai módszerrel, az oldószerek elpárolgásával szárad, a kétkomponensű festékekben pedig kémiai térhálósodással. Mélynyomtatásnál a festékréteg, az oldószer elpárolgásával szárad, magas szerves oldószertartalmú festékeket használnak publikációs mélynyomtatásnál. Az oldószerek felgyorsítják a száradási folyamatot, de szerves illóanyag (VOCs) kibocsátás történik, amelyet szükséges visszanyerni. A visszanyerési arány jellemzően 87-98%. Az oldószer egy része beszívódik a papír pórusaiba és ez a maradék oldószer (1-3%) a mélynyomtatott termékek jellegzetes szagát okozza.

A legutóbbi fejlesztések csökkentik a visszamaradt oldószer mennyiségét, helyettesítik a toluol oldószert és minimalizálják az oldószer kibocsátást. A vizes festékek növekvő érdeklődésre tartanak számot, különösen a csomagolóanyagok területén, mivel ezeknél a nyomdafestékeknel nem keletkezik szerves illóanyag (VOCs) kibocsátás. Azonban 3x-5x több energia szükséges a szárítóműben, mint a szerves oldószeres festékeknel és maga után von nyomtatminőség problémákat is. Jellemző mélynyomófesték felépítést mutat be az *6.1. táblázat*.

6.1. táblázat. Tipikus mélynyomó festék felépítés

Komponens	Mennyiség	Tipikus anyag
Pigment	5-20%	Szerves vagy szervesetlen pigmentek
Kötőanyag	10-40 %	Publikációs nyomtatás: szénhidrogén gyanták és származékok Csomagolóanyagok: cellulóz származékok (nitrocellulóz), akrilátok, vinil gyanták
Oldószer	30-70 %	Publikációs nyomtatás: toluol, alifás szénhidrogének Csomagolóanyagok: etil-alkohol, etil acetát (etil-akohollal 20:80 arányban), víz
Adalékok	1-5 %	Gyanták, csúszásgátló adalékok, felületaktív anyagok
Töltőanyagok	0-10%	

A nitrocellulóz az egyik legkedveltebb kötőanyag a csomagolóipari mély- és flexónyomtatásban, kitűnő tulajdonságainak köszönhetően, mint az enyhe szag, alkohol oldhatóság, magas hőállóság és jó futtathatóság. Jó a kompatibilitása a különböző gyanták és lágyítók, valamint adalékanyagok nagy számával, amely lehetővé tesz számos különböző alkalmazáshoz készült festék széria készítményt. Szabály, hogy a pigmenteknek jól diszpergáltaknak kell lenniük a nitrocellulózban. A tiszta természetes gyanták, mint például az alkoholban oldódó sellak, csak korlátozott mértékben használatosak a nyersanyagok magas és rendkívül ingadozó árai miatt – mint a ragasztó gyanták, és más kötőanyagok, mint a nitrocellulóz vagy a polivinil-butiral gyanták.

A pigmentek a nyomdafestékek színét adják. A DIN 95944 szabvány szerint, a pigmentek oldhatatlan, szervesetlen vagy szerves, kromatikus vagy akromatikus színt adó anyagokként definiálhatók. A pigmentek a színező anyagok azon csoportját alkotják, amelyek ideális esetben nem oldhatók oldószerekben, kötőanyagokban. A nyomatokon az információhordozó szerepét töltik be. Színüket kémiai szerkezetük határozza meg. A nyomdafestékekben a színerő hatásukat nem molekuláris eloszlásban, hanem kolloid mérettartományban, diszpergálva fejtik ki. A pigmenteket, kémiai szerkezetük szerint szerves és szerves pigmentekre oszthatjuk.

A színezékek, oldhatók a nyomdafestékek legtöbb szerves oldószerében, viszonylag ritkán alkalmazzák csomagolóanyagok nyomtatásában, köszönhetően a korlátozott ellenálló képességi és stabilitási tulajdonságaiknak. Használják nagyon transzparens, színes festékek előállításához, például alumínium bronz festékekénél. Színezett festékeként nyomtathatók ezüst-bronz, alumínium-laminált és metallizált nyomathordozókra. Összehasonlítva a pigment tartalmú festékekkel, különböző megtekintési szögökből, különböző színhatás érhető el velük.

Színező anyagok (válogatás):

- színezékek (fémkomplex színezékek),
- szerves pigmentek (azo pigmentek, policiklik pigmentek),
- effekt pigmentek: sárgaréz bronz pigmentek, alumínium bronz p, gyöngyház hatású p, interferencia p, napfény fluoreszkáló pigmentek.

A nyomatok gyakran ki vannak téve napfénynek vagy más elektromágneses sugárzásnak, az időjárás viszontagságainak. A nyomdafesték ellenállóképességét alapvetően a pigmentek fény-, időjárás-, és hőállósági tulajdonságai határozzák meg. A pigmentek fontos tulajdonsága a vegyszerekkel, vízzel, oldó- és lágyítószerrel szembeni ellenállás. Ezen tulajdonságok lényegesek a festékek a technológiai folyamat alatt tanúsított viselkedése, a késztermék felhasználási területe szempontjából (például az élelmiszer- és vegyipari csomagolóanyagokra).

Az adalékanyagok arra szolgálnak, hogy módosítsák a nyomdafestékek bizonyos tulajdonságait, vagy a megszáradt festékfilmnek biztosítsák a megkívánt tulajdonságokat. Az adalékanyagok csoportja magába foglal különböző kémiai összetételű és fizikai tulajdonságú anyagokat, ami az alkalmazások és a nyomdafesték tulajdonságok széles tartományához vezet. A legfontosabb adalékanyagok: a lágyítók, a gyanták a nyomatok karcolás- és dörzsállóságának növelésére, kenőanyagok a csomagolóanyagok felületi csúszó szilárdságának széles határok közötti változtatásához, matt adalékanyagok, ülepedés gátlók, nedvesítő anyagok, habzsgátlók.

Az oldószer szobahőmérsékleten folyékony vegyületek, amelyek más anyagokat oldani képesek, azok kémiai megváltoztatása nélkül. Az oldószer és az oldott anyag alkotja rendszer az oldat. A legfontosabb és legolcsóbb, környezetkímélő oldószer a víz. A nagy molekulatömegű kötőanyagokat (szilárd gyanták) fel kell dolgozni megfelelő oldószerben, hogy kötőanyag oldatokat hozzanak létre (varnish), valamint szükségesek ahhoz, hogy beállítsák a pigment diszperziók és adalék oldatok viszkozitását.

Az oldószereket a festékekhez/lakkokhoz adják, hogy beállítsák az átadási viszkozitását, de a nyomdaüzemben is szükségesek, a nyomdafestékek nyomtatási viszkozításra hígításához. A legfontosabb oldószerek fizikai tulajdonságait 1.2. táblázatban foglaltuk össze.

A mélynyomó festékek ultra-tiszták és szintelenek, el kell párologniuk maradéktalanul, és magas kémiai ellenállással kell rendelkezniük. A szükséges szenzorikus és toxikológiai tulajdonságok miatt, az oldószereknek nagyon gyenge, jellegzetes szaggal és olyan alacsony mérgező hatással kell rendelkezniük, amilyen csak lehet. A mélynyomtatott csomagolóanyagoknál használt oldószerek az alkoholok, mint az etanol, az izopropanol és az n-propanol, valamint az észterek, mint az etil-acetát, az izopropil-acetát és az n-propil-acetát. A legtöbb glikol származékot, mint a metoxi és az etoxi propanolt, száradás késleltetőként alkalmazzák. Az oldószerek jelentős tulajdonságai közé tartoznak, a műszaki szempontból fontos párolgási és forrási tulajdonságok, valamint a biztonsági szempontból fontos változók, mint a lobbanáspont, a gyulladási hőmérséklet és a legnagyobb munkahelyi koncentrációs érték.

6.2. táblázat. A legfontosabb oldószerek fizikai tulajdonságai

Solvent	Forrás tartomány	Párolgási arány (dietyl-éter=1)	OEL szint ppm	Gyulladáspon t °C	Öngyulladás i hőmérséklet °C
<b>Szénhidrogének</b>					
Benzin 80/100	80-100	3.3	k.A.	-20	250
Benzin 100/140	100-140	8.0	k.A.	-5	220
<b>Alkoholok</b>					
Etanol	78	8.3	1000	16	425
n-propanol	97	16.0	k.A.	23	405
Izopropanol	82	11.0	200	15	634
n-butanol	118	33.0	100	34	360
<b>Glikol-származékok</b>					
Etoxi-propanol (1-etoxi-2-propanol)	134	33.0	k. A.	42	250
Propilén-glikol monometil-éter (1-metoxipropil-acetát-2)	123	22.0	100	32	270
Metoxi propil-acetát (1-metoxipropil-acetát-2)	146	33.0	50	44	315
<b>Észterek</b>					
Etil-acetát	77	2.9	400	-4	475
Izopropil-acetát	88	4.0	200	4	460
n-propil acetát	102	6.1	200	14	450
<b>Ketonok</b>					
Acetone	56	2.1	500	-19	540
Metiletil-keton	80	2.6	200	-14	504
<b>Víz</b>	100	-	-	-	-

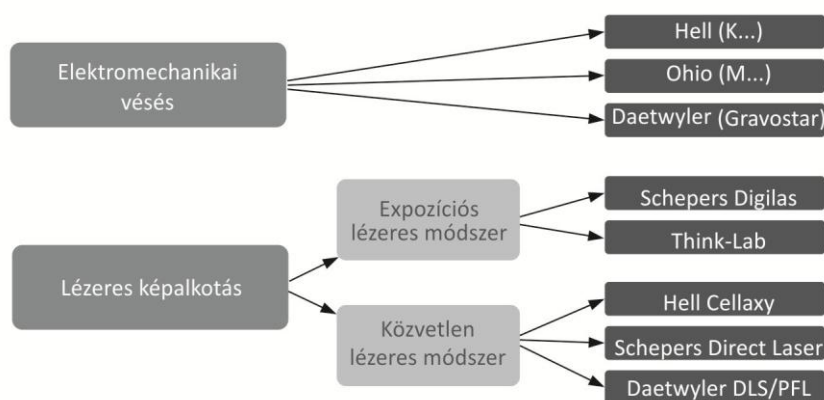
Az oldószerek jelentős tulajdonságai közé tartoznak, a műszaki szempontból fontos párolgási és forrási tulajdonságok, valamint a biztonsági szempontból fontos változók, mint a lobbanáspont, a gyulladási hőmérséklet és a legnagyobb munkahelyi koncentrációs érték. A mélynyomó festékek száradási folyamata forráspont alatti oldószerpárolgással jellemezhető. A DIN 53170 szabvány szerint, az oldószerek relatív párolgási sebességét a dietyl-éterhez (=1) képest kell meghatározni, definiált körülmények között (20 °C, 65% relatív páratartalom). Ennek megfelelően, az etanol 8.3 szor lassabban párolog, mint a dietyl-éter.

Feldolgozás előtt a nyomdafestékeket szobahőmérsékleten kell tárolni. Gondoskodni kell a megfelelő keveréséről is elektronikus vagy pneumatikus keverőrendszer alkalmazásával, annak biztosítása érdekében, hogy minden összetevő jól eloszlott állapotban legyen a szállító edényben, ülepedés nélkül. A festékeket egész idő alatt folyamatosan keverni kell. A nyomdafestékek nem megfelelő hígítása, az úgynevezett oldószert sokkhoz vezet, amelyben a kötőanyag kimossa a pigment felületét, és ez a pigment csomósodásához vezet (flocculation). A pigment csomók, amelyek megsemmisültek a diszpergálás során, most újraképződnek, és olyan nyomtatási hibákhoz vezetnek, mint a rákelpenge csíkozás, barázda vagy hasonló. A viszkozitást mélynyomtatásnál be kell állítani a nyomtatási munka jellemzői alapján.

Az oldószer vagy oldószer keverékek kiválasztása a gyártók útmutatása alapján történik, valamint a végtermékben visszamaradt oldószer specifikációk és határértékek alapján, amelyet a végfelhasználó határoz meg. Különösen magas légnedvesség esetén, az etanol-alapú nyomdafestékek hajlamosak az úgynevezett kipirulásra (blushing). Ez, a higroszkópos oldószereknek köszönhető, mint például az alkoholok, amelyek elnyelik a levegőből a vizet (viszont, az észter alapú nyomdafestékek szintén képesek elnyelni jelentős mennyiségű vizet). A száradási folyamat utolsó szakaszában, a víz feldúsul a lassabb párolgási folyamat miatt, és ez a kötőanyag (részleges) lecsapódásához vezet. A nyomat matt és homályos lesz. Ez a karcolási ellenállás és a festékfilm tapadásának drámai romlását okozhatja. A kipirulás jelentősen csökkenthető megfelelő késleltető szer adagolásával. Hasonló hatás (fehér kipirulás) történik, különösen szerves oldószerek párolgása közben (gyors szárítók) lehűlés során, amelyet párolgási hűtésnek neveznek. Azért, hogy megakadályozzák a fehér kipirulást, a párolgási hűtést kompenzálni kell elégséges hő bejuttatásával a szárítóba, úgy, hogy a víz ne csapódjon le a felületen. További jelenség a nyomdafesték kilúgozás (leaching), amely hosszú idejű nyomtatásnál történik meg, kis festékfogyasztás esetén. Ebben az esetben, a festék elveszíti a tapadóságát és a nyomat veszít a színerejéből. Az eredeti állapot visszaállítható, festék elegyek hozzáadásával.

#### 6.4 Mélynyomóforma előállítása

A mélynyomó csészéket vagy elektromechanikus, vagy lézeres eljárással vésik a nyomóforma felületébe. A nyomóformák előállítási módszereit a 6.6. ábra mutatja be. Napjainkban az ipari nyomóformák mintegy 85%-át elektromechanikai véséssel készítik. A csészék területe és mélysége változtatható a nyomatok fedettségének megfelelően. A csészéket csészefalakkal választják el egymástól, amelyek alátámasztják a rákelpengét (doctor blade) a festéklehúzás Két, további némileg hasonló folyamat használatos még a csészék vésésére lézer-generált véső maszkkal – a *Digilas* és a *Think* folyamatok. Növekvő mértékben, a közvetlen lézeres folyamatokat is alkalmazzák már.



6.6. ábra. A mélynyomóforma előállításának technológiái.

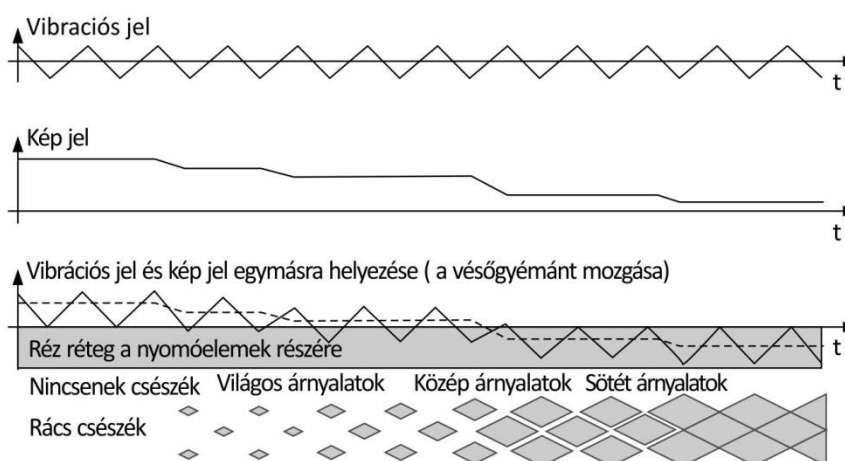
A lézer-vésott csészék félgömb alakúak, ami javítja a feltöltést és kiürítést. Csökkenti a festékfogyasztást és a költségeket is. A lézer-vésott csészék apróbbak és gyorsabban előállíthatók, mint az elektromechanikus csészék.



A rácsfrekvencia 70-400 vonal/cm a vésési frekvencia pedig 70 kHz. A lézersugarak számának növelésével a vésési frekvencia tovább növelhető. Az érintkezésmentes folyamat miatt, a vésés stabilitása és ismételhősége jobb. A lézeres vésés fő hátránya a cink használata, amely új típusú henger előállítási eljárásokat igényel. Ráadásul a félgömb alakú csészék kevésbé egyenletesen adja át a nyomdafestéket, mint a trapéz alakúak. Mostanában az egyes csészék kisebb pontokból álló mátrix formában is kialakíthatók.

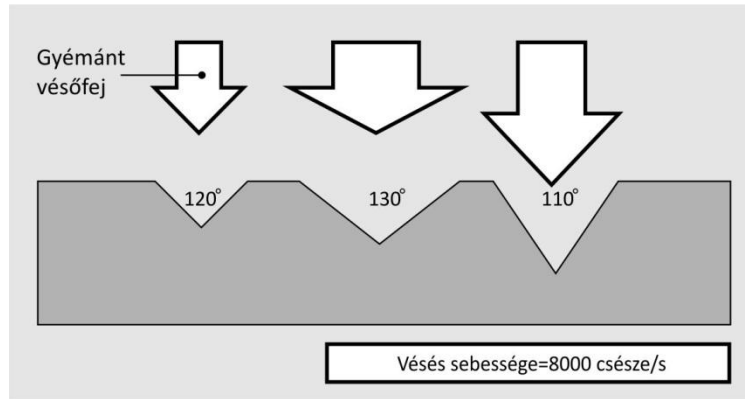
#### 6.4.1 Elektromechanikai hengervésés (Electromechanical engraving)

A vésés, elektronikus adatfájlok felhasználásával történik. Vésőfejre szerelt gyémánttű (diamond stylus) használják a véséshez. A mélynyomóforma henger 1 m/s sebességgel forog a vésés során, a gyémánttű pedig állandó frekvenciával rezeg. A vésőfejben az elektromechanikai rezgőrendszer a henger felületéhez képest vertikálisan vibrál (vibrációs jel) 8000 Hz frekvenciával. A tű behatolásának mélységét a henger rézfelületére a képtől függő digitális jel (képjel) szabályozza (1.7. ábra. A gyémánttű találkozik a réz felületével, mélyedéseket vág benne, és az anyag eltávolításával különböző mélységű csészéket hozva létre. A csészék szélénél sorja keletkezik, amelyet azután a gyémánt lehúzó eltávolít.



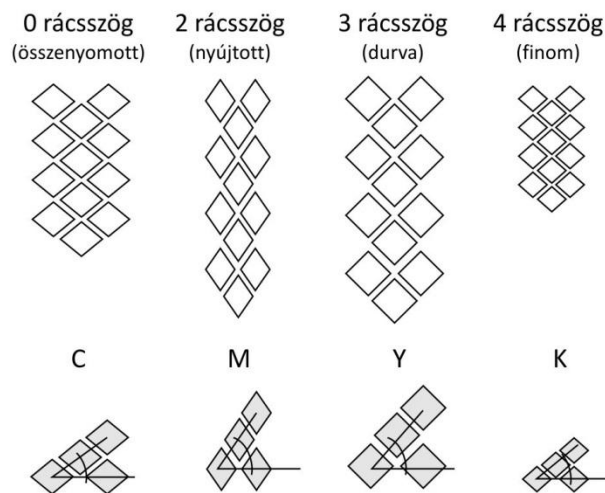
6.7. ábra. Vibráció és kép jelek az elektromechanikai vésés folyamatában.

A rácsűrűséget kerületi irányban és a rácszöget, a henger forgási sebessége határozza meg. A rácsűrűséget tengely irányban a tengelyirányú előtolás határozza meg. A vésőtű ennek megfelelően vágja a csészéket. Az átadásra kerülő festék mennyisége a rácssűrűségtől, a csésze alakjától, és a tű vágási szögétől függ. A tű v-alakú, és a v csúcsánál lévő szöge a vágási szög. A tű kisebb vágási szöge esetén mélyebb lesz a csésze ugyanakkora felület mellett, ahogy a 6.8. ábrán látható. Amikor a tű vágási szöge hegyesebb, nagyobb csésze térfogatot fog várni, amely nagyobb festékfedettséghez vezet a nyomatokon. A csészék mélysége jellemzően 5-50  $\mu\text{m}$ , a szélessége 10-240  $\mu\text{m}$ . A gyémánttű szöge leggyakrabban  $120^\circ$  és  $130^\circ$ , ritkábban  $110^\circ$  és  $140^\circ$ . A csészék egyenletesen helyezkednek el oldal- és kerületi irányban. A vésőfejek száma az alkalmazástól függ: publikációs nyomtatásnál 8-16 gyémántfejet használnak, csomagolóanyagok nyomtatásánál csak egy vésőfejjel vésnek.



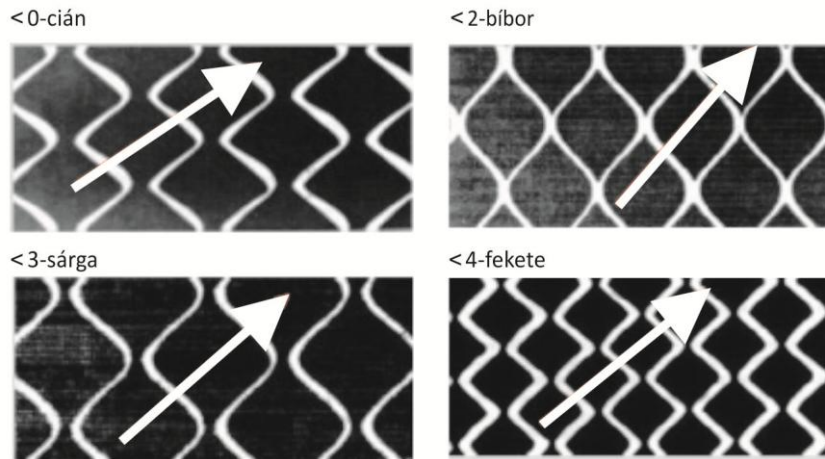
6.8. ábra. A véső gyémánt vágási szögei

Hogy megakadályozzák a moaré mintázatot és színek elcsúszását többszínű nyomtatásnál, az egyedi színek rácseinak elforgatása szükséges. A rácsszöget nem lehet mélynyomtatásnál előállítani, ezért a csészék felületi alakjának és a rezgésszámnak a változtatásával szimulálják azt. A leggyakrabban használt rácsszögeket mutatja be a 6.9 és 6.10. ábra.



6.9. ábra. A különböző színekhez tartozó csésze alakok.

A vésett csésze méretei durva rács (coarse screen) esetén csaknem kétszerese a finom rács (fine screen) csészéinek. A durva rácsot általában a sárga színnél használják, mivel legkevésbé járul hozzá a kép jellegéhez. A fekete játszik legnagyobb szerepet a képélességben és a kép kontrasztjában, ezért a legfinomabb csészéket létrehozó rácscsal vésik. Szövegek esetén is hasznos ez, mivel a nagyobb felbontás segít, hogy csökkenjen a fűrészfog (sawtooth) hatás. Tehát, a fekete nyomóforma hengert finomabb hatású rácscszöggel vésik, mint a többi színt, mivel a képélesség itt is előnyös. Az összenyomott csészealakot (compressed cells) és a nyújtott csészealakot (elongated cells), a cían és a bíbor színeknél alkalmazzák, de ezek felcserélhetők.



6.10. ábra. CMYK rácscsögek.

A rácssűrűséget 40-148 l/cm között lehet beállítani. Amint az ábra is mutatja, a rácssűrűségek kerületi irányban ( $R_A$ ) és tengely irányban ( $R_U$ ) nem azonosak. A kettő átlaga hozza létre a tényleges rácssűrűséget:  $R_{eff} = (R_A \times R_U)^{1/2}$

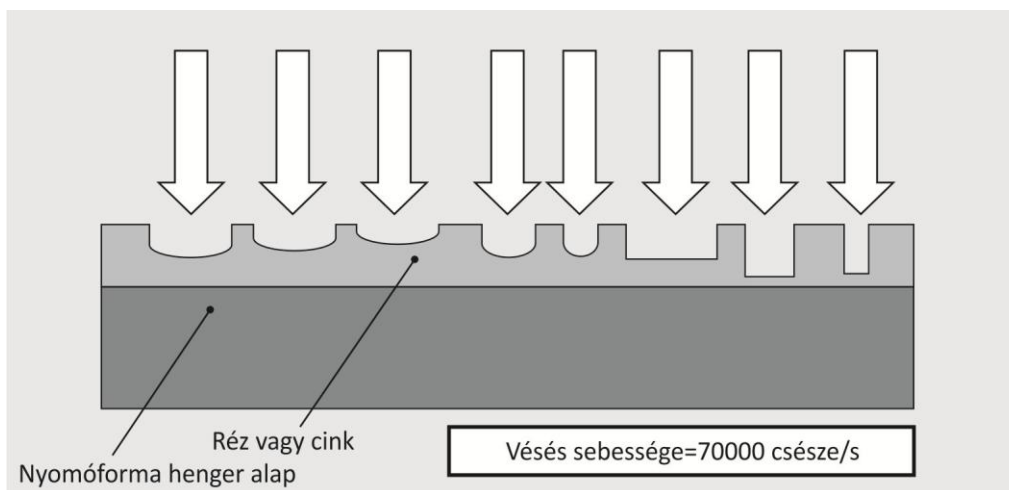
A „hagyományos” elektromechanikai vésés során, a vésőtűt rögzített frekvenciájú vibrációs jellel mozgatják. Az elektromechanikai vésés speciális módja a vibrációmentes vésés, ahol a vésőgyémánt teljes mértékben szabályozott, és csak igény szerint lép be a réz felületébe, válaszul a jelre, és csak akkor bukkan fel újra, amikor a jel ki van kapcsolva. Ez azt jelenti, hogy eltérő hosszúságú vonalakat vésnek kerületi irányban. Az egyedi csészék több vésési vonalból épülnek fel, mint rezgő vésésnél, a henger tengely irányú kisebb elmozdulása miatt. Nagyon finom csészék is létrehozhatók ezzel a módszerrel, amelyeket nem lehetségesek vibrációs (rezgő) véséssel. Továbbá, sima kontúrt is létre lehet hozni, elkerülve a fűrészfog (alising) hatást. Az *Xtreme vésés* a Hell cégtől és a *Transcribe vésés* a Daetwyler cégtől nagyon nagy felbontást enged meg a vonalas elemek reprodukálásánál. A vésési idő azonban hosszabb, mint a standard vésésnél, amely a vésés költségeiben is jelentkezik. Alkalmazási területek például a speciális igények megvalósítása a csomagolások területén, például biztonsági funkciók.

#### 6.4.2 A réz közvetlen megmunkálása rezgő lézerrel

A réz vagy acél lézerrel történő véséséhez jelentősen nagyobb sugárintenzitás szükséges a nagyobb megolvadási és elpárolgási hőmérsékletéhez, mint például a cink esetén. Ezt az intenzitást eléri, egyrészt, a nagyon kicsi pontátmérő, jellemzően 10  $\mu\text{m}$  beállításával. Másrészt ezek a lézerek nem bocsátanak ki folyamatosan fényt, csak impulzusokban (rezgésekben), így a rezgési energiájuk rövidebb ideig összpontosít. Nehézséget jelent acéloknál a hőhatás zóna létrehozása, amely a minőség és a felbontás csökkenését jelenti, és arányos a rezgés hullámhosszával. A hosszabb impulzus több olvadó maradékot eredményez. A Cellaxy közvetlen lézer módszer a Helltől, nagy fényerejű lézer szálal használ körülbelül 300 ns (1 nanoszekundum  $7 \cdot 10^{-9}$  szekundum, amelyben a fény 30 cm-t fed le) pulzáló időtartamokkal, állandó (– 1 kW) optikai lézer teljesítménnyel. 300 ns-tól néhány szekundumig rezgéssel, a csésze körülbelül 10 -30  $\mu\text{m}$  mélységben készül a rézben.

A Cellaxy közvetlen lézer dombornyomás és mélynyomó formahenger készítéshez használható, alumínium, réz és cink felületek strukturálásához. A viszonylag hosszú lézerimpulzusok és a kapcsolódó hőhatás zóna miatt, az anyageltávolítási folyamat velejárója a buborékok, sorja és oxid maradványok megjelenése. A felület megtisztítása érdekében a henger Hell Cellaxy vésése után ezért polírozást kell alkalmazni, majd krómréteg felvitele következik

Szintén nagy fényerejű lézerszálat használnak a Schepers DigiLas lézervéső rendszerben is (6.11. ábra). A DigiLas-ban, azonban, jelentősen rövidebb nanoszekundum pulzus időtartamokat alkalmaznak, nagyobb optikai lézer teljesítménnyel együtt (- 10 kW). A csökkentett pulzálási időtartamok alatt, a hőhatás zóna, és így a velejáró hatások, mint a buborékok, a sorják és az oxid maradványok jelentősen csökkennek. Az intenzitás tízszer nagyobb, amely azt jelenti, hogy elpárolgott anyag aránya nagyobb, és így a megolvadt anyag aránya kisebb. Az utókezelési folyamat egyszerűbb, mint a Hell Cellaxy folyamatnál. A sorja eltávolítása a csiszolással vagy keféléssel történik. Az oxid maradványok pedig lézer aktivátorral kerülnek eltávolításra. Ezt követi a krómréteg felvitele. A réz felületek mellett, az alumínium, a cink, a nikkelt vagy az acél felületek is strukturálhatók. A nagy felbontással és a 10 µm- es lézer spottal, háromdimenziós modellezést és mikro-írást lehet kivitelezni a dombornyomás területén.

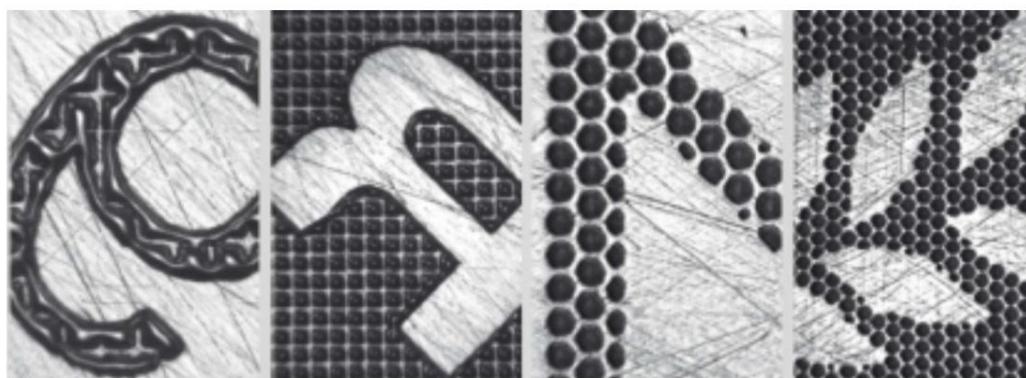


6.11. ábra. Cellaxy közvetlen lézeres módszer.

A legutolsó fejlesztés a DigiLas pico rendszer a Schepers cégtől, amely pulzáló lézert használ pikó szekundum tartományban (1pikoszekundum =  $10^{-12}$  szekundum). Az extrém rövid pulzálás miatt, a pulzálás intenzitása meglehetősen nagy. Mivel a pulzálás rövid, az energiája jelentőse alacsonyabb, mint a nano szekundumos lézer esetében. Ezzel a pulzáló rendszerrel, az összes fém véshető, beleértve a nikkelt és az acélt is. Másrészt csak körülbelül 1 µm anyag távolítható el egy lézer kilövással. A lézer, képes nyomóformákat előállítani példa nélküli pontossággal, például a biztonsági nyomtatásban és speciális alkalmazások részére. Másrészt azonban a vésési idő több órára is kiterjedhet.

### 6.4.3 Közvetlen lézeres rendszer cink réteggel

Az első kereskedelmileg rendelkezésre álló folyamat a lézersugárral közvetlenül kialakított rácscsészékre, a Direct System (DLS) a Daetwyler cégtől származik. A Daetwyler cég, cink felületek részére fejlesztette ki a rendszerét. Lézersugár segítségével olvad meg az anyag. Az anyagnak csak egy nagyon kis része párolog el, mivel a párolgáshoz sokkal nagyobb energia szükséges, mint a megolvadáshoz. Az energia Gauss féle eloszlása a lézersugárban félgömb alakú csészék kialakulásához vezet. A lézersugár érintkezés- és kopásmentes, az egyenletes csészefalak garantálják az optimális nyomtatási eredményt. Nd:YAG szilárd test lézert (solid state laser) alkalmaznak, a sugarak folyamatosan közel infravörös (NIR) tartományában (near-infrared range). A lézersugár megmunkálja a cinket a felületben, amelyet galvanizálással hordanak fel a henger réz felületére. A leginkább költséghatékony megoldás az úgynevezett „vékony réteg technológia”. A lézerkezelés előtt a felületet homogénné teszik csiszolással. A képalkotás után, a hengert megtisztítják, majd krómmal vonják be. A technológia előnye, a nagyon jó reprodukálhatóság, kiváló minőségű vonalak és szöveg reprodukálása, a tónusok nagyon jó simasága és a kifogástalan gradáció (6.12. ábra).



Pozitív/negatív szöveg elemek  
Erős háttér színek

6.12. ábra. A lézeres technológia kitűnő finom vonalak és szövegek részére.

A direkt lézeres vésés előnyei az elektromechanikai véséssel szemben:

- ellentétben a gyémánttűvel, a lézersugár kopásmentes és a csészék mérete és térfogata pontosan reprodukálható,
- a lézersugaras vésési rendszerrel, jelentősen több csésze hozható létre másodpercenként (- 70 000/s) mint gyémánttűvel. Az elektromechanikai vésés során azonban orvosolni lehet a hátrányt, maximum 16 vésőfej párhuzamos alkalmazásával (- 12 000 csésze/s és fej).
- a nagyon sima felületnek köszönhetően, az átkristályosodás után (amely azonnal megtörténik a lézersugárzás után), a lézerezett csészék nagyon jó festékfelvétellel és kiürítéssel rendelkeznek.

A közvetlen lézerrendszerben két paraméter határozza meg alapvetően a lézerezett csészék geometriáját:

- az első paraméter a lézer impulzus gyújtópont központjának (the focal spot of the laser pulse) az átmérője, ami közvetlenül kifejezhető a csésze átmérőjében.

- a másik paramétert a lézer impulzus energiája határozza meg, ami pedig lényegében a lézerezett csésze térfogatát határozza meg.

Ha állandó átmérő mellett csak az energiát változtatják, az eredmény egy hagyományos, pusztán mélység-változó rács lesz. Azonos mélységgel, csak az átmérő változtatásával történő térfogat változtatás eredményezi az autotípiai rácsot. A két paraméter kapcsolatát a lézer sugár profilja határozza meg.

Lézeres véséssel, a csésze alakok tartománya az alábbiak szerinti lehet:

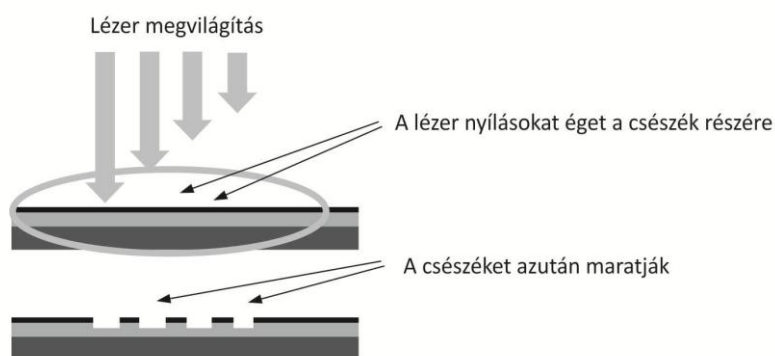
- hagyományos csésze: a csésze talpa gyakorlatilag derékszöget alkot a csésze falával.
- fél-autotípiai csésze: a csésze harang alakú.
- szuper-fél-autotípiai csésze (SHC): a csésze alakok széles skáláját fedi le. A tartomány, a hagyományostól az autotípiai csészéig terjed, amely során a teljes közepes tartomány rendelkezésre áll az optimális festékátvitel eléréséhez.
- mester rács: speciális alkalmazásokra használható, például nagyon finom struktúrák és nagy festék denzitás esetén. Ebben az esetben, a képadatok lézer adatokká átalakítása során, a kalkuláció több csészét egyesít, hogy egy nagy csészét alakítson ki. A nagy felbontás és az egyedi csészék részbeni átfedésének segítségével, a mester ráccsészét nagy térfogattal hozzák létre. Ezen túlmenően, további lehetőségek, mint a körvonal is használható. Másrészt azonban, ez a mód többszörös időt igényel.

A csésze alakjától függően 25-400 l/cm lehet. Standard szögek a kerek csésze alakokhoz:

- sárga, 120 l/cm rács, 45°os szög,
- bíbor, 120 l/cm rács, 60°os szög,
- cián, 120 l/cm rács, 30°os szög,
- fekete, 120 l/cm rács, 30°os szög.

#### 6.4.4. Nyomóforma készítés maratással, lézeres maszkkészítéssel

A maratási maszk lézerrel készül, a csészék pedig maratják a réz felületébe. A mélynyomóhengert rézbevonatú, mint az elektromechanikai vésésnél. A rézrétegen található egy további réteg, a 3-5 µm vastagságú úgynevezett maratás-stop-maszk (etch-stop-mask) réteg, amely védi a hengert a maratás folyamata alatt a vas(III)-kloridtól (néhány felhasználó a réz(III)-kloridot preferálja). Ezt a réteget alakítják lézerrel, ami azt jelenti, hogy a lézer eltávolítja a fekete réteget és nyílásokat éget a csészék helyén ahogy a 1.13. ábra szemlélteti. Lényeges a folyamatban a pornak a kiszűrése a maratás-stop-maszkból az alkalmazás előtt.



6.13. ábra. Expozíciós lézer módszer.

A hőmérséklet fontos szerepet játszik maratásnál. Ha a hőmérsékelt túl magas, a maratás-stop-maszk elválhat a hengertől. Ha a henger túl hideg, és a vas(III) klorid normál hőmérsékletű, a vas(III) klorid megtámadhatja a hengert. A Think Systems hidraulikai módszerénél a bevonat fényérzékeny. A lézerezett területeket kék argon lézerrel világítják meg. A fényérzékeny bevonatot azután előhívják, amely során a nem megvilágított területeket kimossák és kész a maszk a maratáshoz. A Sheppers DigiLas folyamata korommal színezett bevonattal dolgozik. Miután bevonják a henger felületét maratás-stop 3 µm vastagságú maszk réteggel, az adatokat továbbítják a hengerre. A maratás-stop maszk elnyeli a lézersugár energiáját, amely szintén Nd:YAG szilárd test lézer sugárzás közel infravörös (NIR) tartományában. A lézer leolvasztja azokat a területeket, ahol a csészék vésve lesznek, és így közvetlenül létrehozza a maratási maszkot. „Cushion-shaped dots” módszert normál rácsozásnál használják. Ebben az esetben, a csészéknek a sarkai nincsenek lekerekítve, hanem szögletesek. A módszert főleg lakkozásnál alkalmazzák a színegyenletesség biztosítása miatt. Hatszögletű pontokat nagy tónus területeknél használnak. Ezzel a módszerrel nagy festék mennyiséget lehet átadni a nyomathordozó felületére rövid idő alatt, és a színek a nyomaton erősebbek lesznek az optimalizált csésze-fal arány miatt.

### 6.5 Mélynyomógépek felépítése

A nyomógépekben lévő korlátozott számú alkatrész és a felépítés egyszerűsége miatt a mélynyomógépek könnyen automatizálhatók, könnyű kezelésük és jól alkalmazhatók inline feldolgozó rendszerekben. Az egyszerűség biztosítja a következetes kiváló nyomtatási minőséget rendkívül nagy példányszámok esetén is. Mivel egy szín nyomtatnak egy időben egy nyomóműben, a nyomóegységek száma a nyomda igényeitől függ. Egyszínes egységeket használnak a különböző festékek, a lakkok és a ragasztók részére. Mindegyik mélynyomógépet egyedileg építik, a vevő elvárásainak megfelelően tervezik, a végtermék előállításának megfelelően. A mélynyomógépek jellemzőinek meghatározásához, a következő tényezők ismerete szükséges:

- a nyomathordozó vastagsága,
- a minimális és maximális nyomtatható tekerésszélesség,
- a minimális és maximális hengerkerület (ez meghatározza az oldal méretét, vagy a nyomatok ismételtetését),
- a nyomógép sebessége, amelyet az in-line működés határoz meg,
- feszültség tartomány, amelyet a nyomathordozó fizikai tulajdonságai határoznak meg
- nyomóegységek száma,
- a szárító egységek mérete és zónái, amely befolyásolja az alkalmazott nyomtatási sebességet, a nyomathordozót, a festék és a lakk típusát,
- a nyomathordozó adagoló egység, amelyet a kezelni szükséges nyomathordozó igényei határoznak meg,
- a kirakó egység, amelyet meghatároz a nyomathordozó és az in-line feldolgozási működések,
- meghajtás, áramforrás, amelyet meghatároz a nyomathordozó, a sebesség és a feszültség tartomány,

- szabályozás, automatizálás (ezek közé tartozik az on-line video megfigyelő, a regiszterszabályozás, a munka elő-beállítás, a termelési statisztikák, a hulladék elemzés, az elektrosztatikus segítés, az automatizált festék elosztás és viszkozitás ellenőrzés stb.).

Az íves mélynyomtatást a csomagolóanyagok, a címkék, a dekorációk és magazinok nyomtatási és kötészeti igényeinek megfelelően telepítik, valamint a biztonsági nyomtatásban az ofszetnyomtatással kombinálják. Íves mélynyomógép látható a *6.14. ábrán*. Íves mélynyomtatásra az alacsonyabb nyomtatási selejt és a nem változtatható hengerátmérők jellemzők. Az íves nyomógépek előnye, a gazdaságosan előállítható kis példányszámoknak és a flexibilisebb és kevésbé drága mélynyomólemez gyártásnak köszönhető. Különösen ajánlott az élelmiszer-, az ital- és a dohány ipar számára – főleg íves ofszetnyomtatással kombinálva – amely óriási fejlődési potenciált jelent a jövő számára.

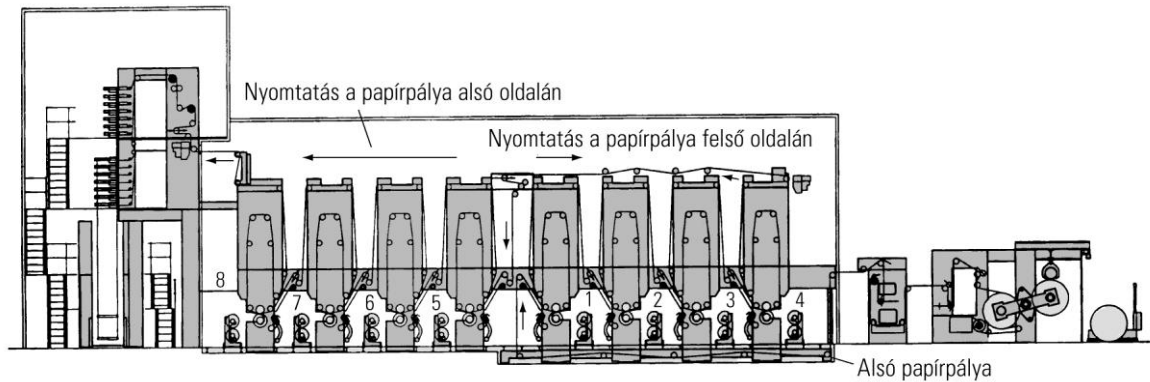


*6.14. ábra. BOST LEMATIC® DELTA íves mélynyomógép*

A nagypéldányszámú munkák nyomtatása tekercsnyomógépeken történik. A tekercses mélynyomtatás közvetlen festékátadási folyamat cellulóz rost alapú, szintetikus vagy laminált nyomathordozókra, beleértve a következőket: filmek, mint poliészter, OPP, nylon, PE; papírok; kartonok; alumínium fólia. Alkalmazási területei az élelmiszer és nem élelmiszer csomagolások előállítása, valamint címkék, falburkolók, és transzfernyomás (zománc és kerámia tárgy dekorációja), és számos további alkalmazása a biztonsági nyomtatásban, az ipari és a dohány szegmensben.

A publikációs nyomógépeket a kiváló minőségű kiadványok nagy sebességű nyomtatására építik (*6.15. ábra*). A publikációs termékek közé tartoznak a magazinok, vasárnapi újság magazinok, katalógusok, újság mellékletek és reklámanyag nyomtatás.





6.15. ábra. Mélynyomógép (KBA)

A publikációs mélynyomógépeket 8-10 nyomóművel építik. Tehát, 8 nyomóműre van szükség a kétoldalas négy szín nyomtatás (4+4) érdekében, mivel csak egy oldal nyomtatható nyomóművenként. A festékréteget minden nyomómű után szárítják. Helytakarékoság érdekében, a szárítóműveket a nyomóművek fölé helyezik el. A publikációs nyomógépek flexibilisek, mert a levágási hossz szabadon változtatható és olcsó nyomathordozók nyomtathatók, ráadásul a kötészeti vonal sokoldalú.

Mivel a nyomógépek szélesek és nagy sebességűek, a publikációs mélynyomó üzemek hatalmas mennyiségű papírt használnak fel. Ehhez, kifinomult anyagmozgatási technológia és magas fokú automatizálás szükséges a papírtekercesek cseréjénél a nyomtatás nagy sebességénél. A publikációs mélynyomógépekhez számos komplex, hajtogató és feldolgozó egység kapcsolódik. Ezek az in-line műveletek a következők: hajtogatás, tűzés, automata stószolás, kártyák és kuponok behelyezése, ragasztás, perforálás, flexográfiai benyomás, magasnyomó benyomás, mázolás, 3 oldalú vágás, visszatekerceselés.

A csomagolóanyagokat előállító mélynyomógépeket 6-12 nyomóművel építik, az alkalmazástól függően (6.16. ábra). Eltérő módon vannak felszerelve, mint azok, amelyeket publikációs nyomtatásnál használnak.



6.16. ábra. Wildmüller & Hölscher Heliostar SL tekerces mélynyomógép.

A nagy példányszámú munkák tekerceses mélynyomtatása, különös jelentőséggel bír a csomagolóanyagok nyomtatásában. A tekerceses nyomathordozó mindkét oldalára lehet könnyen nyomtatni egy menetben, még változó színszámokkal is. A tekerceses

mélynyomógépek általában hatékonyabbak, mint az íves mélynyomógépek, a nagy példányszámoknak köszönhetően.

A csomagolóanyag gyártó mélynyomógépeket a nyomathordozó alapján különböző csoportokra oszthatjuk. A könnyű (lightweight) nyomathordozókat, nem kizárólag, de elsősorban flexibilis csomagolások, papír és fólia címkék és ajándék csomagolóanyagok előállítására használják. A nehéz (heavyweight) nyomathordozókra készített tipikus termékek a kartondobozok (folding cartons), a szappanos dobozok, italos dobozok stb. A vastagság tartományok átfedhetik egymást, lehetővé téve hogy különböző termékeket és nyomathordozókat nyomtassanak ugyanazon a nyomógépen. A legfontosabb különbség a nyomógépek két között a regiszter és feszültség szabályozó rendszerekben van.

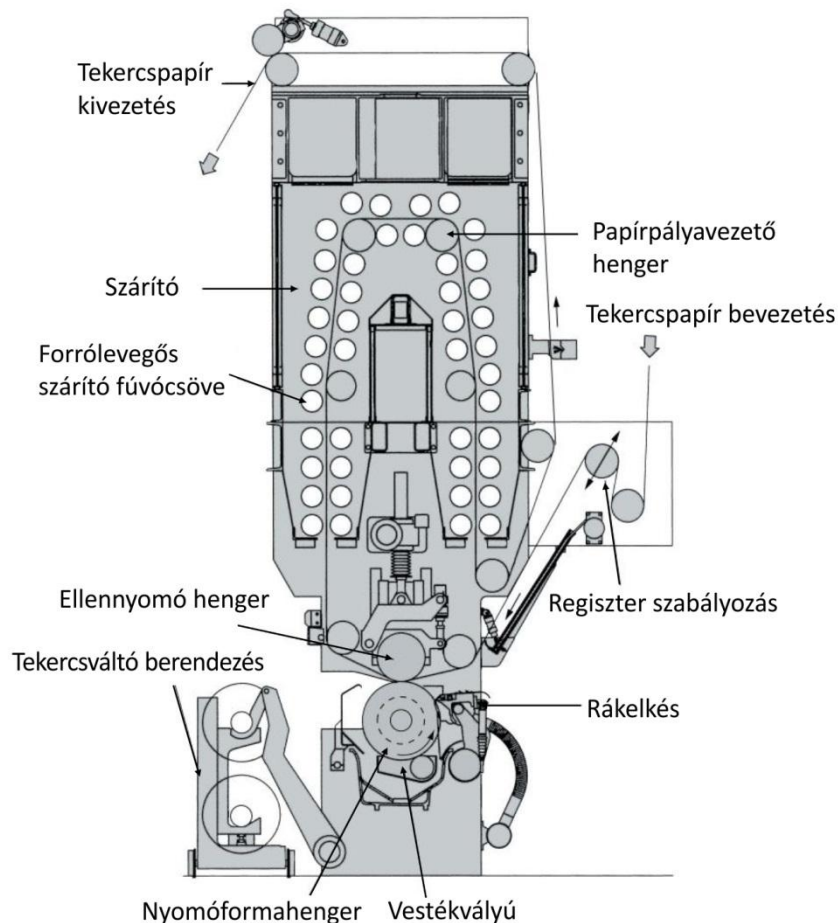
A mélynyomógép felépítések könnyű nyomathordozók részére, mint filmek, papír és papír/film/fólia laminátumok, általában legkevesebb 8 nyomóegységet tartalmaznak. A flexibilis csomagolóanyag gyártó mélynyomógépek különböző opciókkal rendelkeznek a hátoldali nyomtatás részére, a kondicionáló rendszer részére a nyomathordozót nyomtatás előtt melegítéshez, hűtő egységgel és hűtő hengerekkel a hő-érzékeny filmek és laminátumok hűtéséhez. Koronakezelést kell alkalmazni a nyomtatás előtt, hogy biztosítsák a jó festék és bevonat tapadást. A nehéz nyomathordozókat kezelő nyomógépeknek rendelkezniük kell tekerstartókkal, a tekerceses nyomathordozók nagy tömegének kezelése érdekében. Kisebb sebességgel futnak, mint a könnyű nyomathordozót kezelő nyomógépek. A karton nyomógépek (folding carton presses) in-line stancoló/creaser alkalmazásával nyomtatnak.

A csomagolóanyag gyártó mélynyomógépek általában, legkevesebb egy feldolgozási művelettel kombinálva vannak. Ezek közül néhány: bevonás (coating), creasing, stancolás (diecutting), dombornyomás (embossing), laminálás, ívre vágás (sheeting), hasítás (slitting), lyukasztás/perforálás (punching/perforating), visszatekerés (rewinding).

A mélynyomógépek felépítése soros elrendezést követ, amelybe szükséges számú nyomóegységet építenek vízszintesen. Egy hagyományos mélynyomógépben a nyomóegységek az alábbiakból állnak:

- Nyomóforma henger (vagy nyomóhenger): egy varrat nélküli cső hüvely (sleeve) vagy teljes henger, amely alumínium, műanyag vagy kompozit anyagból készül, és a felületébe vésik a nyomtatandó képet.
- Rákelés (doctor blade): egy olyan eszköz, amely eltávolítja a festéket a nyomóforma henger nem véselt (nemnyomóelemek) területeiről, és a többlet festéket a véselt (nyomóelemek) területeiről.
- Ellennyomó henger (impression roller): egy gumiborítású acélhenger, amelynek elsődleges feladata, hogy a nyomathordozót a nyomóforma hengerhez nyomja.
- Festékező rendszer: tartalmaz egy festéktálat (ink pan), egy festék tartályt (ink holding tank), egy szivattyú rendszert a festék szállításához, és egy festék visszafolyó csövet.
- Szárító rendszer: tartalmaz egy kamrát, amelyben a festék megszárad a nyomathordozón, és ez a következő nyomóegység előtt található. A szárítási kapacitást meghatározza a nyomtatási sebesség, a festék típusa (oldószer vagy víz alapú) és a festékréteg vastagsága a nyomathordozón.

Tipikus mélynyomómű felépítést szemléltet a 6.17. ábra.



12.17. ábra. Mélynyomóp nyomóegysége (KBA)

A mélynyomtatás lehetővé teszi a legfinomabb (finest) fotografikus részletek következetes reprodukálását, még a legkisebb képeknél, a vékony és flexibilis anyagoknál is. A folyamattal elérhető a legnagyobb, állandó, és folyamatosan reprodukálható nyomtatási minőség. Íves kirakómű is építhető, mely a kis példányszámok nyomtatására megfelelő. Megnövelt nyomathordozó utak is lehetségesek az első szárítómű és az utolsó nyomómű után, a hatékony oldószer elpárolgás miatt. Speciális nyomóműveket is építenek a direkt színek, a lakkozás vagy a ragasztás részére. A nyomdagépgyártók, könnyen változtatható, relatív olcsó nyomógépeket ajánlanak, becsúsztható és kazettás kiegészítő rendszerekkel a nyomóegységek részére. A nyomóegység kazetták előkészíthetők a következő munka részére a nyomógépen kívül, könnyen és gyorsan elhelyezhetők, eltávolíthatók a nyomógépből. Ezzel lehetővé válik kisebb példányszámú munkák költség-hatékony nyomtatása és versenyzése a flexónyomtatással. Az energia megtakarítás és a hatékony szárítási folyamatok is hozzájárulnak a korszerű mélynyomógépek gazdaságos teljesítményéhez. A nyomógépekre felszerelt szárítóművek egyedileg beállíthatók a nyomathordozókhoz. Érzékeny nyomathordozók esetén pályafeszültség mérő és -szabályozó valamint pályaszél vezérlő

rendszerek biztosítják az optimális pályamegtartást, gondoskodva a tekercsről-tekercsre működés alkalmazását.

## **6.6 Alkalmazások és további fejlesztések**

A mélynyomtatás folyamat lehetőség ad a következetes festékátadásra, széles árnyalat tartománnyal, és nagy sebességgel, így alkalmas olyan alkalmazások részére, amelyek magas minőségű képreprodukálást igényelnek, mint a publikációk, a csomagolások, a címkék, a biztonsági nyomtatás, és a dekoratív nyomtatás. A mélynyomtatást a kiváló nyomtatminőség és a nagy nyomtatási sebesség jellemzi. További előnye az egyszerű nyomtatási folyamat, a pontos festékfelhasználás, és a nyomógép felépítések rugalmassága. A publikációs nyomógépeket nagy sebességű nyomtatásra és kiváló minőségű magazinok, katalógusok és brosúrák nyomtatására építik. A trend, a még szélesebb és gyorsabb nyomógépek felé mutat. Napjainkban, a nyomtatminőség még tovább javult, a lézeres vésés alkalmazásával. A csomagolóanyag piac a legnagyobb szegmense a mélynyomtatásnak napjainkban, és további növekedést jeleznek, ami a flexibilis csomagolóanyagok növekedésének és a magas minőségű nyomtatás iránt megnövekedett igényeknek köszönhető.

Nem csak kiváló minősége magyarázza azonban a mélynyomtatás folyamatban lévő reneszánszát a csomagolóanyag gyártás területén. A mélynyomtatás kétségtelen kiváló minősége ellenére, csak néhány évvel ezelőtt is a folyamatot konzervatívnak és nem igazán innovatívnak, valamint kevésbé költség-hatékonyak ítélték, mint a flexográfiát. Jelenleg, ez a mélynyomtatásról alkotott kép megváltozott a számos technológiai újításnak köszönhetően. Az újonnan kifejlesztett automatizálási folyamatok a nyomdai előkészítésben, valamint a gyorsabb vésési folyamat és a rövidebb mélynyomógép beigazítási idők, jelentősen megnövelték a termelékenységet és a költséghatékonyságot.

A versenyképesség és a jó piaci helyzet fenntartása érdekében, a mélynyomó ipar folyamatosan dolgozik azon, hogy fejlessze a folyamatait a még nagyobb termelékenység és a hatékonyság érdekében. Például a Hell által kifejlesztett Cellaxy közvetlen lézervésés tesztelése réz rendszerbe már lezárult. Gyakran alkalmazzák a cigaretta csomagolásokon, az éles vonalas munkák miatt, ahol a lézeres vésés már nem igényli a cink felület. A Cellaxy képes a hagyományos réz henger közvetlen vésésére, a mindennapi termelésben. Ez nem csak további műszaki fejlődéshez vezetett, mint a kiváló élesség a vonalas munkáknál, de jelentős lépés a nagyobb hatékonyság és a lézeres gravírozás egyszerűsítése irányába.

A mélynyomó henger innovációk fontos részét képezik a fejlesztéseknek. Mélynyomtatásnál, acélból készült hengereket használnak (acél csövek/acél hengerek mélynyomó réz bevonattal). Különbséget kell tenni a fix tengelyes hengerek és az üreges hengerek között.

A növekvő költségnyomás hatására a könnyebb mélynyomóhengerekre tett kísérletek eredményeképpen, különböző alternatív folyamat és termék standardokat fejlesztettek a mélynyomóhengerek részére:

- az alkalmazott csövek falvastagságának csökkentése (a nagyobb alakváltozások gyakran feldolgozási problémákhoz és nyomtatási hibákhoz vezetnek),
- könnyebb anyagok (alumínium csövek, habból készült falak és közbenső rétegek).

Mélynyomtatásnál a nyomóforma hengereket acélból készítik (acél csövek/hengerek réz réteggel bevonva). A fix tengelyes hengereket úgy tervezik, hogy azokat közvetlenül szerelik a mélynyomógépbe, további tartozékok nélkül. Mivel az üreges hengereket helyi orsókra kell felszerelni az üzembe helyezés előtt a nyomógépben, a tömegük kritikus szerepet játszik.

Napjainkban könnyű üreges hengereket készítenek acélcsövekből, de jelentős a falvastagság csökkenés: egy vékony belső cső alkotja a vázat, egy műanyag hüvely (sleeve) (PUR hab) van felszerelve a belső és a külső cső közé, így lehetővé téve a rezgések elnyelését (a nyomtatási és vésési folyamatban). Egy vékony acélból készült belső cső képezi a végső hengeres formát (mint a Janoschka fejlesztése a Cylight).

Számos innovatív, komplex rendszer fejlesztése már elkezdődött. Ezek jellemzője az optimalizálás a költségek és a feldolgozás (beleértve a nyomdai előkészítés szakaszát) csökkentésével, költség takarékos anyagok alkalmazásával és zökkenőmentes integrálási lehetőség a meglévő termelési folyamatokba. Az innovatív, komplex, különböző egyedi összetevőkből álló mélynyomóhenger rendszerek azonban, a jövő legnagyobb esélye. Ilyenek a hengeres vékony rétegű köpenyes rendszerek a levegős hengerek részére, vagy a kúpos köpenyes rendszerek kúpos szorító hengerek szerelése részére (szorító hengert tartósan integrálják a nyomógépben). Meg kell jegyezni, hogy összehasonlítva a klasszikus acélból készült mélynyomó hengerekkel, ezek a mélynyomó hengerek, ma még csak 10% alatt vannak a piaci megoszlásban. Ez annak is köszönhető, hogy több mélynyomóüzem több ezres henger készlettel rendelkezik, és az új rendszerek megváltoztatják a logisztikát, vagy a régi készletek nem használhatók azután.

Számos, jövő orientált opció között vannak a könnyű mélynyomó hengerek, amelyek költségtakarékos anyagokat tartalmaznak, és azok, amelyek előállíthatók költséges és időigényes galvanizálási folyamatok nélkül. Új vésési rétegek a direkt lézeres folyamatok részére, amelyek nagy szilárdságú polimereket tartalmaznak, és amelyeket nem kell bevonni védő kopásálló kemény króm réteggel a után direkt lézeres vésési folyamat alkalmazása során. Jelenleg, nincs alternatívája az 1000 HV (Vickers Hardness) keménységű, 5-10  $\mu\text{m}$  kemény króm rétegnek a vésés után, amely megfelelő védelmet nyújt a kopással szemben – a rákelés, a festék és a nyomathordozó koptató hatása ellen – és biztosítja a hengerek szükséges élettartamát. Másrészt, a króm bevonás, króm(III)-at alkalmazva a galván fürdőben, habzástgátló szerekkel együtt, amelyek szintén toxikusak (hidrogén keletkezése a króm bevonás során), környezetvédelmi problémákat jelentenek, főként mivel a folyamat hatékonysága alacsony, és lassú is. Ezen okokból is, a nyomóforma előállításának új lehetőségei vagy a henger részére megfelelő, új felületek előállítása kívánatos.

Mivel a csomagolóanyagok nyomtatási példányszáma egyre rövidebbek, a beigazítási idő csökkentésének nagy jelentősége van a csomagolóanyag nyomdászok részére. Ez az a terület, ahol a nyomógépgyártók különösen innovatívak, kocsikat és egyéb speciális eszközöket fejlesztenek annak érdekében, hogy növeljék a henger cserék sebességét, és hogy automatizálják a folyamatot. A nyomógépek, ma már külön-külön a meghajtottak, és a henger cserék elvégezhetőek a regiszterállítás idővesztése, vagy sokkal drágább nyomathordozók alkalmazása nélkül.

Haladást értek el a szabványosítás nehéz kérdésében is. A Janoschka, Európa legnagyobb hengergyártó és a GMG nyomdai előkészítési szoftvereket szállító cégek vezetése alatt,

kifejlesztésre került az első szín standard a mélynyomtatott csomagolásban (PaC.Space). A PaC.Space-nek köszönhetően a hengervésés részére a nyomdai adatok előkészítésének munkafolyamata jelentősen leegyszerűsödik. A hengervéső berendezés a csomagolás tervezőtől, közvetlenül a márka tulajdonostól, vagy az ő ügynökségétől általában digitális formában kapja meg az adatokat. A múltban nagyon gyakran, a henger vésőnek át kellett nézni az adatokat, hogy helyesen tudja azokat használni. Ez nem szükséges többé: ha az ügynökségek a PaC.Space irányelveit követik a tervezési adatok előkészítése során, az adatokat bármilyen további utolsó simítások nélkül fel lehet használni a hengervéséshez. Ez az eljárás nem csak időt és pénzt takarít meg, de biztosítja a mélynyomtatott csomagolóanyagok magas minőségét is.

Mik a további kilátások? Különösen a folyamatos, dinamikus gazdasági fejlődés a feltörekvő ázsiai piacokon (Kína és India), valamint a figyelemre méltó gazdasági "reneszánsz" Latin-Amerikában, a fogyasztási cikkek gyorsan növekvő piacával és a kiskereskedelmi struktúra változásával az észak-amerikai és európai modellek irányába, a mélynyomtatás pozitív fejlődése részére a legjobb lehetőségeket kínálja. Feltéve, hogy a mélynyomtatás tartani tudja a magas műszaki színvonalát, és folyamatosan fejlődik, a mélynyomó iparnak megvan minden oka a bizakodásra. Az ERA tagok között végzett különböző költségelemzések nem mutatnak jelentős különbségeket a flexó- és a mélynyomtatás költségeinek vonatkozásában, a márkás cikkeket gyártók kiváló minőségű meghatározó területén. A nagypéldányszámok esetén, a mélynyomtatás éppen hogy költségelőnnyel rendelkezik.

### **Irodalom:**

Anon. (1991). Gravure process and technology. Gravure Education Foundation and Gravure Association of America.

Anon. (2006). Trends in digital engraving. Flexo & Gravure International, 2, 20-24.

Anon. (2014). Graphic arts knowledge base. In Printing and finishing in sheet-fed gravure packaging and label printing with combinations of methods (Vol. 4). Esslingen, Germany: Johannes Kokot and Dieter Kleeberg in cooperation with the gravure printing project group (BdgW Agency).

Hakola, E. (2009). Principles of conventional printing, Chapter 2. In P. Oittinen, & H. Saarelma (Eds.), Print mediadPrinciples, processes and quality (2nd ed.). Papermaking Science and Technology (Paperi ja Puu Oy).

Jackson, C. (2005). Viscosity's affect on print quality. Gravure, 19(1), 54-60.

Kipphan, H. (Ed.). (2002). Handbook of print media. Technologies and production methods. Heidelberg: Springer Verlag.

Smyth, S. (2009). The print and production manual (11th ed.). Leatherhead: Pira International.

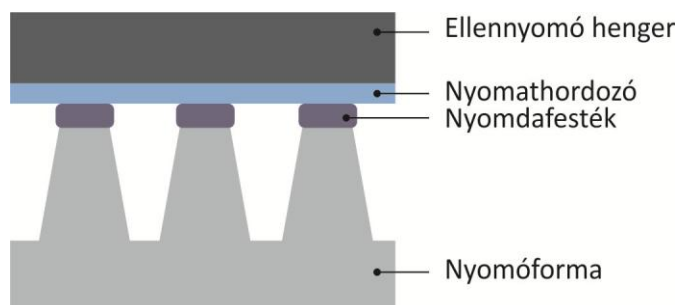
Szentgyörgyvölgyi, R. (2016): Gravure Printing – Printing on Polimers. Ed. Izdebska, J. and Sabu, T. Elsevier. William Endrew.

## 7. Flexográfiai nyomtatás

A flexónyomtatás a hagyományos nyomtatási technológiák csoportjába tartozik, a nyomdafesték átadása nyomóformáról történik. Jelenleg az egyik legdinamikusabban fejlődő területe a nyomdaiparnak a csomagolóanyagok nyomtatása területén. Széles körben használják szívóképes és nemszívóképes nyomathordozók nyomtatásához is. Flexónyomtatással papír, karton, hullámkarton, valamint fóliák és többrétegű, kombinált anyagok nyomtatása történik. Vizes és szerves oldószeres, valamint ultraibolya (UV)-festékek közül lehet választani. Nem szívóképes nyomathordozókat (filmek), UV - és szerves oldószeres festékekkel nyomtatnak, de vizes festékekkel is egyre gyakrabban, az ökológiai szempontok és az egyre jobb tulajdonságaik miatt.

### 7.1 A flexográfiai nyomtatás alapjai

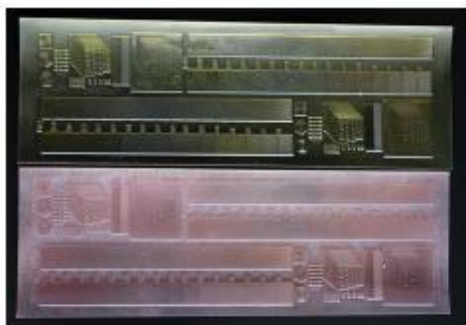
A flexónyomtatás magasnyomtatás elvén alapuló közvetlen nyomtatási technika (7.1. ábra), a nyomóelemek magasabban helyezkednek el a nemnyomóelemekhez képest. A nyomtatás rugalmas nyomóformáról történik, mely eredetileg természetes gumiból, majd szintetikus gumiból készült, jelenleg pedig elsősorban fotopolimer a hordozóanyaga.



7.1. ábra. A flexográfiai nyomtatás elve.

### 7.2 Nyomóformák

A flexónyomtatással készülő nyomatok minősége nagymértékben függ az alkalmazott nyomóformától. Flexónyomtatásnál, a nyomóforma elasztikus alaprétegéből kiemelkedő nyomóelemek továbbítják a nyomdafestéket a nyomathordozóra. A jelenleg használt fotopolimer nyomólemezek (7.2. ábra) hozzájárulnak a nyomtatási technika dinamikus fejlődéséhez, és forradalmasították azt, ami lehetővé tette az ofsetnyomtatáshoz hasonló minőség elérését.



7.2. ábra. Flexó nyomóformák.

A nyomóformáknak (másnéven kliséknek) különböző felosztási módjait ismerjük. A nyomólemez anyagát tekintve, a következő nyomólemezeket különböztethetjük meg:

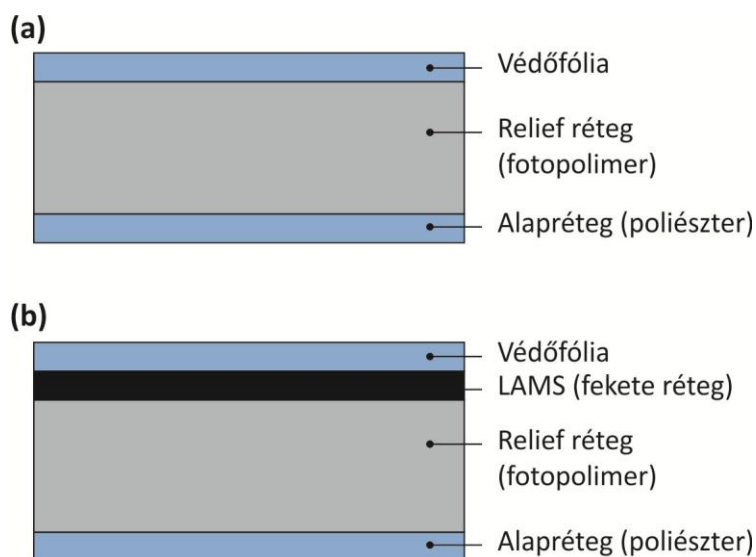
- gumi,
- fotopolimer:
  - folyékony,
  - szilárd ív.

A gumi és folyékony fotopolimer kliséket ritkán használják, alacsony részarányt képviselnek az összes nyomólemezről, ami kikényszerítette a piacon a magas minőségben ismételtető fotopolimer nyomólemezek (szilárd íves nyomólemezek).

Egy másik módja a nyomóformák azonosításának, a nyomóformák elkészítési módja, amelyek a következők lehetnek:

- hagyományos, másnéven analóg módszer: a képinformációnak a nyomólemezre továbbítása érdekében negatív másolóeredeti (film) levilágítása történik,
- digitális, másnéven CtP (Computer to Plate) módszer: a számítógépben tárolt információt közvetlenül a nyomólemezre továbbítják, további műveleti lépések nélkül.

A 7.3. ábra a hagyományos és digitális flexó nyomólemezek felépítését mutatja be.



7.3. ábra. Flexó nyomólemezek felépítése.  
a) hagyományos, b) digitális

A hagyományos (analóg) nyomólemez többrétegű szerkezettel rendelkezik, amelyek a következők (7.3(a) ábra):

- stabilizáló átlátszó alap réteg (poliészter fólia),
- kompressziós (összenyomható) réteg (nem mindig van),
- ragasztó réteg,
- fényérzékeny réteg, és egy
- védő fólia.



Az analóg nyomóforma előállítása magában foglalja a nyomólemez poliészter alapjának kezdeti megvilágítását (előmegvilágítás, hátoldali megvilágítás), amellyel jó kapcsolódás alakul ki a nyomóelemek és a nyomólemez hordozó alaprétege között.

A nyomólemezt ezután negatív filmen keresztül megvilágítják (főmegvilágítás), és a nem megvilágított részeket kimossák. A kész nyomóformát ezután szárítják, majd további megvilágítás következik UVA sugárzással (utómegvilágítás) a nyomóelemek temperálása (keményítése) érdekében és UVC sugárzással a felület ragadóságának megszüntetése érdekében.

Az analóg technológia számos korláttal rendelkezik, a nagy rácssűrűséggel készülő munkák reprodukálása vagy a néhány százalékos fedettséggel nyomtatott felületek esetén, ami megakadályozza a 60 v/cm-nél nagyobb rácssűrűséggel készülő 8-10%-nál kisebb rácspontok nyomtatását. Mindez a hátoldali megvilágítás által okozott rácspont növekedésnek köszönhető. A hátoldali megvilágítás fényszóródást eredményez a fotopolimer rétegben, ami részlegesen sugározza a szomszédos elemeket is és egy karima jön létre a nyomóelemek körül. Emellett kiszámíthatatlan és helyi jellegű rácspontnövekedés is előfordulhat, amit a negatív film és a fotopolimer réteg közötti légbuborékok okozhatnak.

A digitális flexó nyomóformákat az alkalmazott technológia alapján lehet felosztani, az alábbiak szerint:

- lézer-fotomechanikai előállítás,
- közvetlen vésés.

A lézer-fotomechanikai felográfiai nyomóforma készítési technológia a legnépszerűbb és leggyakrabban használt módszer napjainkban. A lézer-fotomechanikai előállítású nyomóformák abban különböznek a hagyományos módszertől, hogy a nyomólemezen a fotopolimer réteget egy különleges fekete ablatív réteg borítja – ez a lézeres ablatív maszk (LAM), amelyet nagy optikai sűrűség jellemez. Ezt a réteget egy számítógép vezérlésű lézer segítségével lebontják, és létrehoznak egy maszkot, amely helyettesíti az analóg technológiában alkalmazott negatív filmet. Ezzel a módszerrel előállított nyomóformák előállításának folyamata magában foglalja az előmegvilágítást a nyomólemez hátoldalán, majd a főmegvilágítást (UVA-sugárzással) a maszk felőli oldalon. Expozíció után a nyomólemez megvilágítatlan részeit kimossák, utána szárítják, majd ezután az utómegvilágítás következik UVA- és az UVC-sugárzással, mint a hagyományos technológiában, ami után kész a nyomóforma.

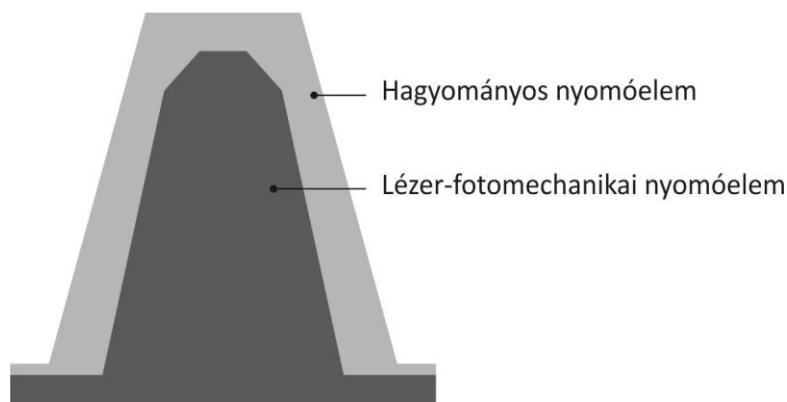
A nyomólemez közvetlen levilágítása a negatív fekete maszkon keresztül lehetővé teszi a film használata során bekövetkező számtalan hiba kiküszöbölését. A fő előnyei a következők:

- a rácspont növekedés sokkal kisebb (összehasonlítva az analóg folyamattal),
- a rácspont (nyomóelem) profilok a nyomóformán meredekebbek,
- a relief mélység nagyobb.

A lézer-fotomechanikai módszer esetében előforduló oxigén inhibíció (gát) által okozott jelenség megfontolást és a rácspont csökkentés szabályozását igényli (7.4. ábra). Tény, hogy a levegőben lévő oxigén gátolja a fotopolimerizációs folyamatot (fotokikeményedés, photocuring). Hagyományos nyomóforma készítésnél a levilágítás során nem lép fel ez a probléma, mivel a vákuum fóliával szorosan a nyomólemezzel préselik a negatív filmet, amely

megvédi a fotopolimer réteget az oxigéntől. A fotopolimerizációs folyamat azonban késleltetett lesz az oxigén inhibíció jelenségének köszönhetően, amely hátrányos lehet a legkisebb rácspontok reprodukálása kiesése miatt.

A folyamatnak köszönhetően a rácspontok átmérője csökken, nő a dőlésszög és a nyomóelemek felső része enyhén kúpos lesz. Ennek köszönhetően, a nyomóelem felső része nem továbbítja megfelelően a festéket és a nyomat élesebb képet ad az árnyékokban.



7.4. ábra. Az oxigén inhibíció hatása a nyomóelem méretére és alakjára.

A közvetlen vésés nem igényel maszk-készítést vagy kémiai kezelést. A nemnyomóelemeket a nyomóforma felületéről lézerrel távolítják el, amely teljes egészében lebontja a polimer réteget, és a vésés során keletkezett por eltávolítása után megkapjuk a kész nyomóformát. Az ilyen nyomóformákat használják például a (köpenyes, sleeve) öntött tubusok előállításánál a csomagolóanyag gyártásban.

A digitális nyomóforma készítési technológia (CtP) dinamikusan fejlődik. Az elmúlt években számos innovatív megoldás jelent meg a nyomóformákhoz, ezek előállításának berendezéseihez, valamint a folyamatvezérlő szoftverekhez kapcsolódóan. A jelenleg rendelkezésre álló digitális nyomóformák jobb festékátadással jellemezhetők, mint a korábban elérhetők vagy analóg nyomóformák. Lehetővé teszik a kisebb rácspontok reprodukálását is, a nagyobb rácssűrűségű anilix hengerek segítségével. Napjainkban, a digitális nyomóforma készítési technológiák fejlesztése, az elérhetőségük és a hasznuk (kevesebb idő az egy garnitúra nyomóforma előállításához, a nyomatminőség, a folyamatok számának minimalizálása, a szolgáltatáshoz szükséges emberek száma, a felhasznált anyagok, vagy akár a környezetvédelmi szempontok) eredményességét mutatja az a tény, hogy az analóg nyomóformakészítést egyre ritkábban alkalmazzák. Továbbra is alkalmazzák a hagyományos technológiát, de csak kis nyomdáknál, amelyek önállóan készítik a nyomóformákat és nem akarnak új technológiákba befektetni.

Az osztályozás egy másik módszerének alapja nyomóformák megkülönböztetése, a nyomólemezek felépítése, amelyben a nyomólemezek rendelkeznek:

- sugárzásra keményedő réteggel, amelynél lézeres megvilágítással képződik kép a maszk rétegben, majd a nyomóelemek keményedése következik UV sugárzás hatására, és ezután a megvilágítatlan részek eltávolítása,

- a közvetlen véséshez szükséges réteggel, amely lehetővé teszi a nemnyomóelemek eltávolítását lézersugárzás hatására,
- nyomóforma köpenyek (sleeve) előállítás.

Tekintettel a sugárzásra keményedő réteggel rendelkező nyomólemezekre, a nyomólemez megvilágítatlan részeinek eltávolítása szerint a nyomóformákat az alábbiak szerint osztályozhatjuk:

- kimosás szerves oldószeres keverékkel,
- kimosás vízzel,
- termikus előhívás.

Egy másik fontos osztályozása a kliséknek, a felhasznált nyomdafestékek alapján történhet, amely szerint a következő nyomdafesték típusokat használják:

- vízes,
- alkohol oldószeres (tartalmazó, fel a 15 %-os etil-acetát és legfeljebb 5 %-ketonok),
- szerves oldószeres (tartalmaz -35 %-os metil-etil-keton [MEK] és egyéb ketonok és keverékeik -15 %),
- lakk olajos,
- sugárzásra keményedő.

Az alkalmazott festéktípusnak megfelelő nyomóforma kiválasztása különösen fontos. A nem megfelelő nyomóforma kiválasztása, a nyomóforma nyomtatás közbeni duzzadásához vezethet, amely hátrányosan befolyásolja a nyomatok minőségét és lehetetlenné teszi azonos színek nyomtatását a teljes példányszám nyomtatása során.

A nyomóforma és a nyomtatás minőségét meghatározó legfontosabb paraméterek:

- a felületi érdesség,
- a felület szabad energiája,
- a rácspontok élessége, a rácspontok alakja,
- a rácspont szélek élessége,
- a rácspont völgy mélysége,
- a relief mélység,
- a vonalak és a szöveges elemek élessége.

Mind ezek függnek az UVA expozíciós időtől és a nyomólemez későbbi UVC-sugárzással történő utómegvilágításától. Intenzív UVA sugárzás a digitális flexó nyomóforma készítés során a nyomólemez rácspontjainak csökkenéséhez vezet. Az intenzív UVC-sugárzás azonban a nyomóelemek megnagyobbodását okozza. Hosszú megvilágítás is csökkenti a relief mélységet. Digitális flexó nyomóformák árnyalattartománya 1-98%, míg a hagyományos nyomóformákon csak 10-85% érhető el.

A nyomtatott kép minősége függ a rácspontok alakjától, a relief mélységtől stb. A legkisebb rácspontok nyomtatása és azok későbbi fokozatai a gyártási folyamatokban, problémát jelent. A digitális nyomóforma készítési folyamatokban előállított rácspontok kúpos formájú relief pontok. A legkisebb pontok a gyártási szakaszban (nyomóforma készítés) eltűnnek, vagy később a nyomógépen nyomtatás közben.

Ugyanilyen fontos a nyomtatandó anyag jellegétől függő megfelelő a klisék kiválasztása. A legfontosabb paraméter ebben az esetben a nyomóforma keménysége. A piacon elérhető klisék 32-82° ShoreA keménységűek.

Hullámkarton és kartonpapír nyomtatáshoz használt nyomóformák alacsony keménységűek, lehetővé teszik egyenetlen felületek nyomtatását; azonban a nagyon alacsony keménység nagy rácspont növekedést okoz. A >60° ShoreA keménységű nyomóformákat kiváló minőségű nyomatoknál használják. Az ilyen nyomóformák kisebb rácspont növekedést eredményeznek, és jobban ellenállnak a kopásnak. Lehetővé teszik nagy példányszámok nyomtatását egy nyomóforma garnitúrával.

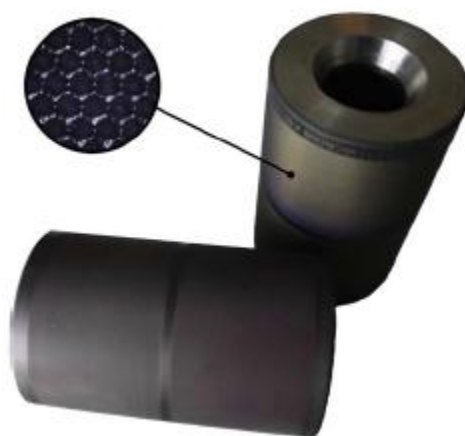
A nyomólemez vastagsága, csakúgy, mint a keménység a típustól és a hordozótól függ. Elérhetők 0,76 - 6,35 mm vastagságban, leggyakrabban a 1,14-2,84 mm vastagságúakat használják. A sima felületű nyomtathordozókat – kis vastagság eltérésekkel – vékonyabb nyomóformákkal nyomtatják, a nagyobb egyenetlenségeket és nagyobb vastagság különbségeket tartalmazókhöz vastagabb nyomóformákat választanak. A csomagolóiparban, címkékhez a 1,14 mm vastagság nyomóformákat használják a leggyakrabban. Az 1,14-1,7 mm vastagságú nyomóformák flexibilis csomagolóanyagok nyomtatáshoz megfelelőek, a 3,17-6,35 mm vastagságú nyomóformákkal pedig hullámkartonokat és többretegű zacskókat nyomtatnak. Általában a vékony klisék használatát preferálják a nyomóforma anyagköltségének csökkenése, a relief mélység csökkentése és az elkészítési idő csökkentése miatt, valamint a lehető legkisebb deformáció és belső feszültség érdekében, valamint a nagyobb keménységű nyomóforma lehetősége miatt, biztosítva a jobb festékátadás szabályozási lehetőséget és a kiválóbb nyomatminőség elérését.

A nyomóformák nyomóforma hengerre rögzítése kétoldalú ragasztó szalaggal történik, amelynek vastagsága 0,38-1,57 mm. A címkékhez és flexibilis csomagolóanyagokhoz kompresszibilis (összenyomható) ragasztó szalagokat használnak, melynek vastagsága 0,15 mm-től 0,55 mm-ig terjed. Vastag ragasztó szalagokat használnak abban az esetben, ha szükséges a nyomóforma és a henger közötti vastagságkülönbség kompenzálása.

A vastagság mellett, a szalagok különböző keménységi értékkel rendelkeznek, amely szintén befolyásolja a nyomatok minőségét. A szalag kiválasztása a nyomtatási munka típusától függ és lehetővé teszi a nyomtatási folyamat optimalizálását. Puha ragasztó szalagokat alkalmaznak árnyaltos nyomtatásnál, ahol a rácspont növekedés fontos szerepet játszik. A sötétől a világosig terjedő árnyalatokat tartalmazó kombinált munkáknál, és felületeket sima rácspontokkal, valamint rugalmas csomagolóanyagok nyomtatása esetén célszerű a közepes keménységű szalagok alkalmazása. Tónus mezők és éles vonalas reprodukcióknál elsősorban kemény szalagokat alkalmazása célszerű.

### **7.3 Anilox hengerek**

Anilox hengerek felelősek a megfelelő mennyiségű nyomdafesték átadásáért a csészékből a nyomóformára. Felépítése: acél vagy alumínium mag, kerámia vagy szénszálas bevonattal. A nyomógép szélességétől és az anilox henger felépítésétől függően, a hengerek tömege néhány száz kg is lehet. Az anilox henger teljes felületét csészék borítják, amelyben nyomdafesték található (7.5. ábra). A többletet a henger felületéről az "ügynevezett" rákelpenge segítségével távolítják el.



7.5. ábra. Anilox henger.

Az átadott festék mennyisége kapcsolatban van a henger paramétereivel és a nyomdafesték reológiai tulajdonságaival. Az anilox henger jellemzésére szolgáló legfontosabb paraméterek:

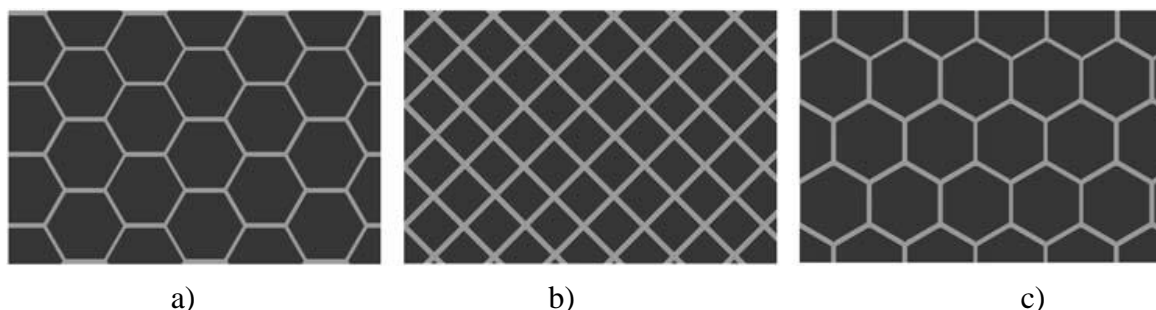
- rács sűrűség [l/cm] vagy [lpi] – az egy centiméteren (vagy hüvelyken) lévő csészék száma a henger felületén,
- nyomdafesték kapacitás [ $\text{m}^3/\text{m}^2$ ],
- a csészék további tulajdonságai:
  - csésze alak,
  - csésze mélység,
  - csésze (nyitott) szélesség,
  - csészefal (kezdet) szélesség,
  - csészefal szélességének és mélységének az aránya,
  - csésze oldalfal hajlásszöge,
- a henger felületi tulajdonságai.

Minden hengert jelöléssel látnak el, a nyomdafesték kapacitás jól látható helyen található, hogy a nyomdász könnyen ki tudja választani egy adott megrendelésnél.

Az anilox henger jellemzésére szolgáló egyik alapvető paraméter a rácssűrűség, amely megadja az 1 cm-en vagy 1 hüvelyken lévő csészék számát (l/cm vagy lpi). A rendelkezésre álló sűrűségek 50-800 l/cm, míg a nyomdaiparban általánosan alkalmazott rácssűrűségek 80-500 l/cm.

Egy másik fontos, az anilox henger jellemzésére szolgáló paraméter, a nyomdafesték kapacitás. Segítségével megbecsülhető egy henger által szállított nyomdafesték mennyisége. A csészék nem ürülnek ki teljesen a nyomtatás során, a nyomdafestéknek mintegy 40-60%-a kerül át a nyomóformára. A jelenleg használatos anilox hengerek nyomdafesték kapacitás tartománya  $0,95\text{-}13,5 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ . A nyomdában használt kapacitás tartomány függ a nyomtatott munkák típusától. Vannak hengerek a piacon azonos festék kapacitással, de eltérő sűrűségekkel, valamint különböző kapacitással és azonos sűrűségekkel.

Az anilox henger egy másik fontos paramétere a festék csészék elhelyezésének szöge, a henger tengelyéhez képest (7.6. ábra). Az optimálisnak tekinthető 60°-os szöget jelenleg gyakran használja a legtöbb gyártó. A 30° és 45°-os szöben elhelyezett csészékkal készített hengereket ma már kevésbé alkalmazzák, és egyre ritkábban fordulnak elő a négyszög alapú csészék is. A szög, amely mentén elhelyezkednek a festék csészék a henger tengelyéhez képest, az egyedi színkivonatok rácsszögeinek elforgatásához szükségesek, a nyomaton megjelenő moaré hatás elkerülése érdekében.

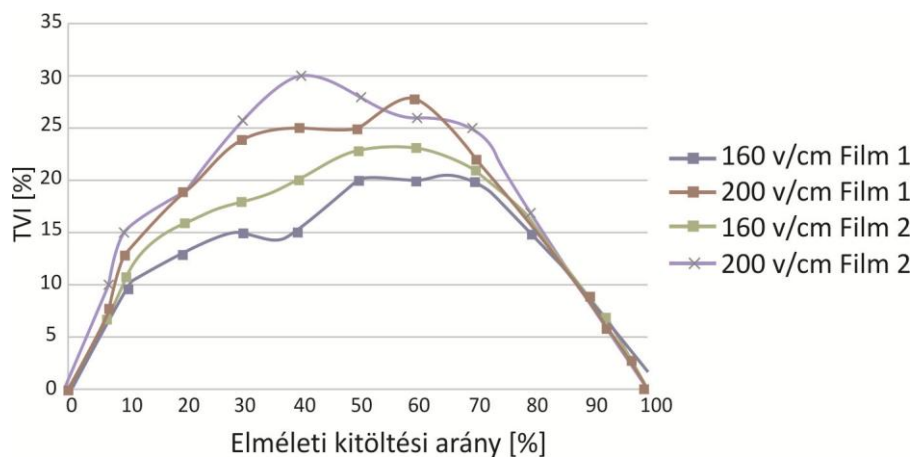


7.6. ábra. Anilox henger vésési szögek: (a) 30°, (b) 45°, and (c) 60°.

A csészék alakja is jelentős hatást gyakorol a festékátadásra. A jelenleg leggyakrabban használt csészék hatszögletű méhsejt keresztmetszetűek. Egyre ritkábban alkalmazott típus a piramis alakú festék csésze.

A festék csésze átmérője – amely közvetlenül függ az anilox henger rácssűrűségétől – egy másik tényező, amely befolyásolja a folyamat minőségét. Kisebbnek kell lennie, mint a legkisebb rácspont átmérője, ellenkező esetben a rácspont csúcsa a csészébe merül, aminek eredményeként a nyomdafestéket nem csak a nyomóelem munkafelülete, hanem az oldalsó szélei is fogadják. Ez túlzott festékfedettség növekedést okoz a nyomtatási területen, amely a nyomtatási időt növeli és más problémákhoz is vezethet.

A megfelelő henger kiválasztása meghatározza a nyomtatás minőségét – a nyomaton az optikai denzitást (a nyomdafesték rétegvastagságát), a rácspont növekedést (7.7. ábra), és az összes elem létrehozását.



7.7. ábra. Kitöltési arány növekedés (TVI vagy dot gain) a nyomaton 160 and 200 v/cm rácssűrűségű anilox hengerekkel.

Ha nagyon magas festékátadású anilox hengert (túl alacsony rácssűrűség az adott munkához) választunk, a rácspontok növekedése nagyobb lesz, mint az ajánlott, a reprodukálás nem lesz megfelelő, mivel a kép világos részei sötétebbek lesznek.

Túl alacsony rácssűrűségű anilox henger esetén gyorsabb lesz a nyomóforma kopása, a felületéről a nyomtatási pontok szabályozatlan kiemelése révén. Túl nagy rácssűrűség választása nagyon kevés festék átadását eredményezi, amely nagyon alacsony szintelítettséghez vezethet, a kép tonális mélységének elvesztését és így, fakó nyomtatást eredményez.

Műanyagok nyomtatásánál, nagyobb rácssűrűségű és kisebb festék kapacitású anilox hengerek szükségesek, mint papírok nyomtatásánál. Az értékek függenek a működés módjától, ahogy a 7.1. táblázat szemlélteti.

7.1. táblázat. Anilox hengerek paraméterei a nyomtatott képtől függően

A kép fajtája	Anilox henger választás [l/cm]/[cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]	Ajánlott anilox henger sűrűség [l/cm]
Tónus	85/7.5	85/7.5
Vonalak és szöveg	100/7.0	80-160
Árnyalatok	140/4.5	200-500

A festékátadás egyenletességére és mennyiségére szintén hatással vannak az anilox henger felületi tulajdonságai, amelyeket a hengerbevonatok határoznak meg. Kerámia bevonat jellemezője a lehető legkisebb porózusság (< 1%), mely az egész felületen egyenletes, és a nagy felületi feszültség (általában 35-45 mN/m, nem alacsonyabb, mint az alkalmazott nyomdafestéké).

Használatuk során az anilox hengerek tulajdonságai változnak. Állandó paraméterek csak a sűrűség, és az a szög, amellyel festék csészék készülnek a henger tengelyéhez képest. Más paraméterek, mint például a felületi tulajdonságok, nyomdafesték kapacitás, a festék csészék profilja és mélysége a henger kopásának következtében idővel változnak.

Az átadott festék mennyiségét befolyásoló tényező az anilox henger kopási körülményei. A henger felülete és a rákelpenge közötti súrlódás a festék csészék kopását és sekélyebbé válását eredményezi. Az anilox henger által továbbított festékmennyiség fokozatos csökkenését okozó kopás lassú, azonban a hengereket rendszeresen ellenőrizni kell a festék csészék kapacitása tekintetében. A kapacitás csökkentése esetén a hengereket meg kell újítani. Az átadott festékmennyiség csökkenését okozhatják még a beszáradt festék maradványok a csészékben. Éppen ezért szükséges az anilox hengerek rendszeres és nagyon alapos mosása.

Az anilox henger felületében lévő csészék elkészítése két módszerrel történik:

- mechanikai vésés,
- lézeres technológia.

A mechanikai vésést ritkábban alkalmazzák, mert ezzel a módszerrel nem lehetséges nagy rácssűrűség elérése. A festék csészéket egy gyémánt eszközzel, egy viszonylag puha réz rétegbe vésik, amely vastagsága körülbelül 400 µm, amit előzetesen galvanizálással hordanak fel a henger polírozott felületére. A vésett felületet ezután csiszolják, és körülbelül 10-20 µm vastagság króm bevonattal látják el, galvanizálással. A króm bevonatot helyettesíteni lehet plazma eljárással felhordott kerámia bevonattal is, amelynek nagyobb a kopásállósága. A mechanikus gravírozás módszerével a csészék kedvező profilú piramis alakot nyernek, ami egy igazán kedvező profil, a nagy nyitási szög miatt, aminek eredményeként a kopás gyors, és a henger által átadott festék mennyisége jelentősen csökken.

A lézeres vésés technológiájával előállított anilox henger előállítási módszer első lépése az alaphenger felület egyenetlenségének javítása homokfúvásos permetezéssel nagy nyomás alatt. Ezt, egy körülbelül 50 µm vastagságú nikkell réteg felhordása követi, amely alkalmazásának célja a kerámia réteg tapadásának növelése, és annak megvédése a rozsdásodástól. A kerámia bevonat gyártási folyamatát plazma módszer alkalmazásával valósítják meg. A felső bevonatot króm-oxid porral alakítják ki, kis mennyiségű szilícium-oxid és a titán-oxid hozzáadásával, a por olvadáspontjának csökkentése és a felületi porozitás csökkentése érdekében. A bevonat összetétele a henger tulajdonságaitól függően módosítható. Az alkalmazott kerámia réteg vastagsága ebben az esetben kb. 300 µm, amely több, 5-10 µm vastagságú rétegből képződik. Az anilox henger felületét ezután lézersugárral vésik, ami a bevonat elpárolgását eredményezi. Az elpárolgott anyag a festék csészékbe rakódik le és a henger belső rétegének további megkeményedését eredményezi. A festék csészék alakja és rákelkés felülete mellett a lézer paraméterek is fontosak.

A festék csészék felületének olyan simának kell lennie, hogy könnyen kiüríthetők legyenek, a rákelkéseknek pedig olyan keményeknek, amilyen csak lehetséges, mivel ezek meghatározóak a hengerek üzemeleti idejében.

Az anilox henger felületének véséséhez, a következő típusú lézereket alkalmazzák:

- szén-dioxid lézer (CO<sub>2</sub>), nitrogén és a hélium hozzáadásával, szakaszos lézersugárral, 10,400 nm-es kibocsátású hullámhosszal,
- CO<sub>2</sub> lézer állandó lézersugárral, amely periódikusan tompított,
- Nd-YAG lézer 1064 nm-es kibocsátott hullámhosszal, amely lehetővé teszi nagy rácssűrűségű hengerek vésését,
- optikai lézer.

Az anilox hengereket gyakran helyettesítik anilox hüvelyekkel (köpenyekkel) („szlív”, angolul: sleeve). A szlív – ellentétben a hengerekkel – üresek belül. Ezeket alkalmazzák a nyomógépben felszerelt teherhordó hengereken. A teherhordó (pneumatikus) henger felületén lévő csatornába sűrített levegőt vezetnek, amely nyomást hoz létre a köpeny belső (összenyomható) rétegében a külső burkolat változása nélkül. Ez lehetővé teszi a hüvely (szlív) mozgását és a megfelelő szerelését. Miután megáll a levegőáramlás, a hüvely visszanyeri az előző méretét és nem mozdítható. A kerámia bevonat és a hüvely vésési folyamata megegyezik az anilox henger vésésével, bár csak a lézeres vésést használják.

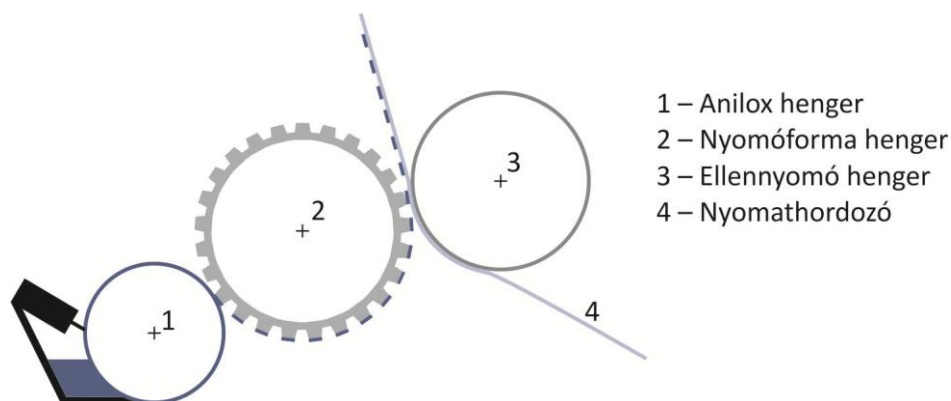


A flexónyomógépeken kívül anilox hengereket használnak jelenleg a ragasztó adagoló berendezésekben, a hullámkarton készítő gépeken, ragasztó gépeken, lakkozó egységekben, és néhány ofszet nyomógépen.

#### 7.4 Nyomóegységek

A flexónyomógépek nyomóegysége általában egy nyomóforma hengerből, egy ellennyomó hengerből, egy anilox hengerből és és egy rákelkésből áll (7.8 ábra). A megfelelő nyomdafesték átadás az egyes hengerek között megfelelő kapcsolatok biztosítását igényli két területen: az anilox henger és a nyomóforma henger között, és a nyomóforma henger és az ellennyomó henger között. Rugalmas nyomóformák használatával a nyomtatási folyamat kis nyomást igényel a nyomóforma és az ellennyomó henger között. Ez az úgynevezett "kiss impression" vagy „kiss printing”.

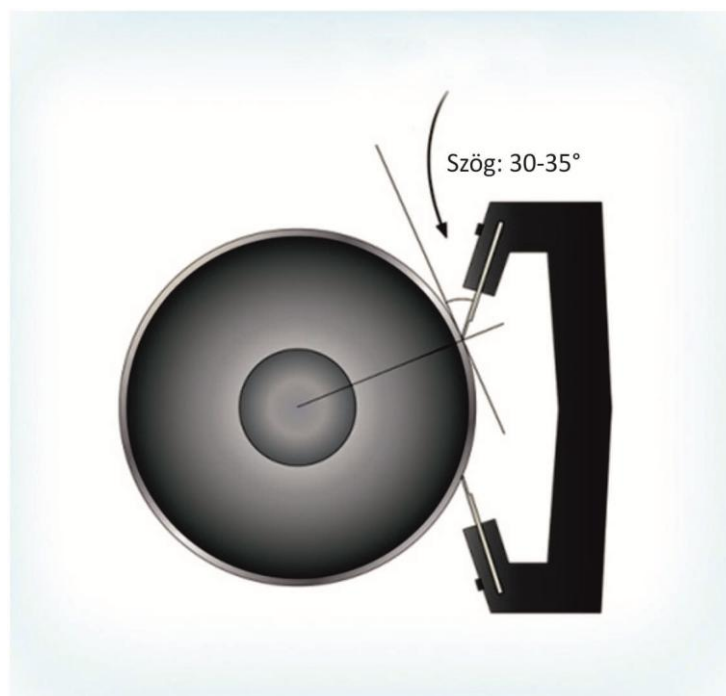
Túl nagy nyomás esetén "halo" (fényudvar) jelenség, duplázódás, árnyalati érték növekedés, az árnyaltos részek szabálytalan recés éleinek képződése és a nyomóforma gyors kopása lehetséges. Elégtelen nyomás a nyomtatási sávban a nyomóforma és a nyomathordozó közötti kapcsolat hiányát eredményezi.



7.8. ábra. Flexónyomógép nyomóegysége.

A nyomógép felépítésétől függően, a festékező egység nyitott és zárt is lehet. Régebbi gépeken, nyitott szerkezetű festékező egységet alkalmaznak, amelyben a nyomdafestéket egy henger (duktor henger) veszi fel a festék tálból, és adja át az anilox hengernek. Ilyen megoldás használatánál, a festékmennyiség szabályozása korlátozott, és nem mindig biztosít azonos festékátadást (pl. problémák jelentkezhetnek az oldószeres festékek esetében az oldószer elpárolgása után, amikor megváltozik a sűrűsége és a viszkozitása).

A korszerű nyomógépek általában zárt rendszerű festékező egységgel vannak felszerelve, ez az úgynevezett zárt rákelkamra rendszer (7.9. ábra). Egy ilyen megoldás garantálja minden típusú festék magas stabilitását, és megvédi a nyomógép gépkezelőjét, hogy kapcsolatba kerüljön a vegyi anyagokkal, amelyek elpárolognak a nyitott festékező egységből. A rákelpenge feladata, hogy eltávolítsa a festéket az anilox henger felületéről. Szerkezete és működése módjai különbözőek lehetnek.



7.9. ábra. Rákelkamra

A nagy sebességű nyomtatásnak köszönhetően, a gyakran használnak rákelkamrás festékezést a széles pályás flexónyomógépeken, a keskeny-pályás nyomógépeken pedig egyaránt alkalmaznak zárt és a nyitott rendszereket is. A magas igényű reprodukálhatóság és minőség elérése érdekében, amikor műanyag fóliát nyomtatnak szerves oldószeres nyomdafestékekkel, zárt festékező egység használata szükséges. UV-festékek és vizes festékek esetében, a festékező egység megválasztása függ a festékező egység konstrukciójától és nem lesz semmilyen jelentős hatással nyomat minőségére és reprodukálhatóságára.

### 7.5 Flexográfiai nyomógépek

Az alábbi felépítésű nyomógépet alkalmazzák flexónyomtatásnál:

- központi ellennyomó hengeres (IC),
- többhengeres (stack),
- inline,
- íves.

A nyomógépek kiválasztása függ a rendeltetésétől és a nyomtatott munkáktól. Műanyag fólia nyomtatása esetén gyakori az inline nyomógépek alkalmazása címkék nyomtatásánál. A központi ellennyomó hengeres nyomógépeket is használják műanyag fóliák és laminált nyomathordozók nyomtatásához, valamint flexibilis nyomathordozók és alumínium csomagolóanyagok, valamint előre nyomtatott mellékletek, címkék, műanyag és papír táskák és hőre zsugorodó címkék előállítására. Többhengeres (stack) nyomógépeken gyakran műanyag táskákat (polietilén (PE), polipropilén (PP)) nyomtatnak.

### 7.6 Flexó nyomdafesték

Valójában az összes tekercses és íves szívóképes és nem szívóképes nyomathordozót nyomtatni lehet megfelelő nyomtatási körülmények között.

Ami alapvetően fontos, a megfelelő nyomdafesték megválasztása a nyomtatott anyaghoz (nyomathordozóhoz). A nyomógép tulajdonságai és a nyomtatási folyamat paramétereinek mellett, a megfelelő nyomdafesték rendszer nagymértékben befolyásolja a nyomtatás minőségét.

A következő típusú flexó nyomdafestékek állnak rendelkezésre:

- szerves oldószeres festékek,
- vizes festékek,
- UV-festékek.

A flexográfiai nyomdafestékek széles skálája használható: fehér, fekete, színes, PANTON színek, CMYK, fém és megnevezettek transzfer nyomtatás részére.

Ha anilox hengerrel történik az átadás, a nyomdafestéknek **folyékony**nak, alacsony viszkozitásúnak (0,05-0,5 Pa.s), nagy-oldószer tartalomúnak és a pigment koncentrációnak alacsonynak kell lennie. Kivétel e szabály alól az UV sugárzásra száradó nyomdafesték, amely nem tartalmaz semmiféle oldószert. A gyártásuk alapját képezik a kötőanyagok, amelyek általában akrilátok, amelyek UV sugárzás hatására megszáradt réteggé válnak. Szerves oldószeres és vizes festékek esetében a festékek száradása a nyomathordozón az oldószer elpárologtatásával történik. Több illékony oldószer a festékben gyorsabb száradást eredményez. A nyomdafesték összetétele meghatározza a nyomtatási tulajdonságokat, beleértve a felületi feszültséget (nedvesítési képesség), a minőséget és egyéb nyomtatási jellemzőket.

A nemszívóképes anyagok, mint a műanyagok nyomtatása a flexó nyomdafesték háromféle fajtájával lehetséges. Kezdetben szerves oldószeres festékeket használtak leggyakrabban, mert a felületi feszültségük miatt jól nedvesítik a polimer anyagokat és a nyomdafesték jó tapadását teszik lehetővé a nyomathordozón. A vizes festékek lényegesen nagyobb felületi feszültséggel jellemezhetők, mint a szerves oldószeres festékek, éppen ezért alkalmazásuk műanyag fólia nyomtatására nehéz. Azonban, ökológiai szempontok és az oldószerek – amelyek tűz és robbanás veszélyt jelentenek a munkahelyen – megszüntetése miatt, gyakrabban használják ma már azokat. A nyomdafestékek új összetevői lehetővé teszik az alkalmazásukat nemszívóképes nyomathordozókon is, és lehetővé teszik a kiváló minőségű nyomatok előállítását. Az UV sugárzásra száradó festékek (UV-festékek) garantálják a kiváló minőségű nyomtatást, a jó nyomdafesték tapadást, és általánosan használják címkékhez és flexibilis csomagolóanyag fóliák nyomtatására.

## 7.7 Nyomathordozók

Flexónyomtatásnál a leggyakrabban használt nyomathordozók:

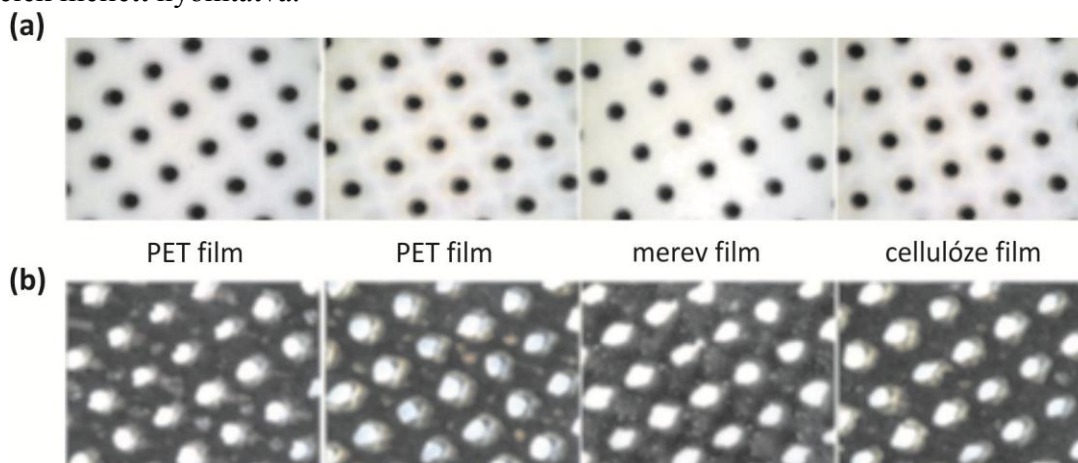
- papír,
- hullámkarton,
- műanyag és biológiailag lebomló filmek,
- alumínium fóliák,
- film laminátumok.

Ezek közül a műanyagok és a biológiailag lebomló filmek, valamint a laminátumok tartoznak a műanyag, nemszívóképes nyomathordozókhoz.

Az összes előállított műanyag körülbelül 15%-át használják filmek előállítására. A csomagoló fóliák globális piaca tovább növekszik, 2012-ben az értéke 89,299.3 millió USD volt. Az alábbi műanyagokat használják: kis sűrűségű polietilén (LDPE), lineáris kis sűrűségű polietilén (LLDPE), nagy sűrűségű polietilén (HDPE), biaxiálisan orientált polipropilén (BOPP) öntött polipropilén (CPP), biaxiálisan orientált polietilén-tereftalát, PVC, EVOH, politejsav (PLA), polivinilidén-klorid (PVDC), polivinil-alkohol és. A biológiai úton lebomló polimerek – amelyek sokféle típusát használják – alkalmasak a különböző tulajdonságú filmek készítésére, amelyek hasonlóak a hagyományos polimerekből készült filmekre.

A film típusa és a mechanikai, optikai és felületi tulajdonságai (például a felület homogenitása, felület szabad energiájának értéke) hatással vannak a nyomtathatóságra, könnyű a feldolgozásuk a gépeken, és ezért a végtermék minőségére.

7.10. ábra árnyaltos mezők fotóit szemlélteti, különböző felületi fedettséggel, azonos feltételek mellett nyomtatva.



7.10. ábra. Árnyaltos területek képei különböző fóliákra nyomtatva (a) 10% and (b) 70%.

A polimer nyomathordozók jelentős része igényeli a felület aktiválását flexónyomtatás előtt. Különösen alacsony a felület szabad energiája a poliolefin filmeknek. A PP és a PE rendelkezik a legalacsonyabb felületi szabad energia értékekkel, ezért felületi kezelést igényelnek, hogy használhatók legyenek nyomtatásra, mázolásra és laminálásra. A felületet módosítani kell koronakisütés, vagy lángkezelés, vagy ózonkezelés, vagy alapozás, vagy többszöri mázolás módszerével. Ezek a kezelések oxidálják a felületet, aldehid és keton csoportot hoznak létre, ami a felület szabad energiájának növekedését eredményezi, és a bevonatok, a nyomdafestékek és a ragasztók tapadása a nyomathordozón javulni fog.

A flexónyomtatás lehetővé teszi árnyalatok reprodukálását 5-100% árnyalattartományban műanyag filmekben.

## 7.8 A flexográfiai nyomtatás előnyei

A flexográfiai nyomtatás egyik előnye a folyamatos, módosítás nélküli nyomtatás lehetősége szívóképes (papír) és nemszívóképes (a filmtől a műanyagokig) nyomathordozókon, ami

lehetővé teszi munkák alternatív nyomtatását különböző nyomathordozókon, különböző vastagságú rugalmas anyagokon is.

Az egyik fontos tulajdonság a gyorsan száradó nyomdafesték alkalmazása nagy sebességű nyomógépeken. Tekintettel a nyomógépek viszonylag egyszerű felépítésére, az egyszerű nyomtatási folyamatra, valamint a viszonylag olcsó nyomóformákra, a flexográfia alacsony előállítási költségekkel jellemezhető más nyomtatási technikákhoz képest.

A flexográfia, az alkalmazások széles köréhez használható, de a legfontosabb területe a csomagolóanyagok nyomtatása. Manapság a csomagolás nem csak védi a terméket, vagy hozzájárul a forgalmazásához, hanem fontos szerepet játszik a marketingben is. A csomagolás eladhatja a terméket, ami köszönhető a magas esztétikai értéknek, a minőségnek és az egyediségnek. A flexográfiával nyomtatott csomagolás és az in-line kötészet biztosítja ezeket a tulajdonságokat. Napjainkban, a flexónyomtatás minősége nem tér el más technikákkal elérhető minőségtől.

Nagy előnye az lehetőség, hogy felületi vagy befejező feldolgozás is megvalósítható, például a címkék vágása, lakkozás, laminálás, vagy domborítás közvetlenül a nyomtatást követően. Ilyen megoldásokat alkalmaznak például inline nyomógépeken, ahol további egységek helyezkednek el közvetlenül az utolsó nyomómű után. Egy mágneses henger bevezetése lehetővé teszi, hogy a assembling of the rotatory punching die és a nyomathordozó vágását egy gyártási folyamat során. A lakkozás például az utolsó nyomóműben történik, amely korlátozza a reprodukálható színek számát, de új befejező lehetőséget is jelent. Számos nyomógépen megvalósítható egy vagy több nyomóegység cseréje szaitanyomóműre. A szitanyomtatási technikával vastagabb nyomdafesték réteg vihető fel a nyomathordozóra, és ezért használják például domború figyelmeztető elemek és a jelölések, valamint a vakok Braille ábécé-jének nyomtatására vagy hátoldali nyomtatásra transzparens fóliáknál, valamint lakkozásra. A nyomógép végén helyezhetnek el egy egységet a laminálás, vagy a hideg sajtólásra (cold stamping). Laminálás során a fólia elhelyezése történhet a külső felületre vagy holografikus jel, ami hamisítás elleni védelmet nyújt. A hideg sajtólás a nyomtatási helyi, szelektív dekorációs módszere, poliészter metallizált fóliával. A folyamat nyomóformával valósul meg, ami ragasztót tesz azokra a helyekre, ahova arany vagy ezüst díszítés kerül a hideg sajtoló fólia rányomásával.

A flexónyomtatás gyakran nem csak a nyomdai alapszíneket használja, hanem speciális színeket (direkt színeket) is, amely gyakori csomagolóanyagok nyomtatásánál.

A leggyakrabban használt flexó nyomógépek már nyolc, vagy akár 10 nyomóművel is rendelkeznek. Lehetséges árnyaltos és vonal elemek nyomtatása külön nyomóformáról, amely lehetővé teszi a színek pontos megjelenítését. A speciális színek használata új marketing lehetőségeket teremt a vállalatok részére. Képesek megtervezni egyedi színeket termékük részére, amelyek megkülönböztetik azt más, ilyen jellegű termékektől. A direkt színeket – amely kiváló minőségű reprodukálást biztosít egyetlen festékkel és egyedi marketing tulajdonságokkal – gyakran alkalmazzák védjegyek és a cég logója nyomtatásánál.

Az öntapadós anyag, ragasztó felőli oldalára nyomtatott címkék szintén fontos a marketing részére. Ennek köszönhetően a gyártó kétszer annyi információt helyezhet el egy címkén. Ilyen címkéket használnak általában kozmetikumokat gyártó cégek, figyelembe véve a

csomagolás kis méretét, ahol a marketing alacsony költségű részét képviseli a címke, a termék árához képest.

Ami eldönti a sikert és a flexónyomatás széles körű alkalmazását, az nem csak a minőség és az alkalmazások széles köre, hanem a gazdasági szempontok is. Nem csak a nagy, de a kis megrendelések is nyereségesek lehetnek. A nagy példányszámú nyomtatás gazdaságos a nagy sebességű nyomtatás és a tartós klisék miatt, ami lehetővé teszi, akár egy millió példány nyomtatását is. A kis mennyiségű munkák is nyereségesek lehetnek a nyomógépnek a nyomtatási folyamathoz való könnyű előkészítése miatt – egyszerű és gyors anilox henger és nyomóforma henger csere a nyomóformával együtt a nyomógépen kívül és alacsony költségű klisék használata.

### 7.9 A flexográfia piaca és jövője

A flexográfia részesedése a csomagolóanyagok piacán jelentős. 2012-ben a nyomtatott csomagolóanyagok mintegy 75%-a készült ezzel a technikával, míg 1998-ban ez az arány csak 50% körüli volt. 2016-ig a flexográfia fejlődése várhatóan 3,8 %-os lesz.

A legfontosabb termékek:

- flexibilis csomagolóanyagok (7.11. ábra),
- papírtáskák és többrétegű táskák,
- címkék,
- hullámkarton csomagolások,
- összehajtható kartondobozok,
- borítékok,
- törölközők és egészségügyi (tissue) termékek,
- elemek és lemezek,
- napilapok,
- nyomtatott elektronikák.



7.11. ábra. Flexónyomatással készült csomagolóanyagok.

A csomagolóanyagok nyomtatminősége iránti igény magas; ezért az utóbbi években számos új információs technológia és digitális megoldást vezettek be a flexográfiában. A piacon új, nagy felbontású technológiával rendelkező klisé előállítási módszerek állnak rendelkezésre, amelyek nagyobb rácssűrűséget használnak, és az anilox hengerek szabványosítása is sokat

fejlődött. Jelenleg a gyártási folyamatok automatizálása és digitális vezérlése is bevezetésre került.

A következő rendszereket alkalmazzák:

- az anilox hengerek automatikus cseréje a nyomógép megállása nélkül,
- automatikus beállítás, például a színilleszkedés vagy a nyomás automatikus állítása, növelve a gépek gördülékeny működését és javítva a minőségellenőrzést;
- automatikus festékszabályozás, lehetővé téve a selejt mennyiségének csökkentését;
- a reprodukálható színek tartományának kibővítése a használt festékek számának korlátozásával – digitális szabályozás esetében 7 színű festék (CMYK plusz zöld, narancs, and ibolya) biztosítja a PMS színek 90%-át.

A bevezetett változtatások célja a következetesebb folyamatok elérése, a termelési hatékonyság és a költségcsökkentés a példányszám csökkenésével, a nyomat minőség javításával és a rugalmasság bővítésével.

Still, the key factors, which prompt constant development of flexographic technique, are as follows:

További kulcstényezők, amelyek a flexónyomatás állandó fejlődését elősegítik:

- a nyomtatás minősége és a csomagolás tervezés növekvő szerepe,
- a kis példányszámok jövedelmezősége és a könnyen cserélhető megrendelések (munka átállások),
- gazdaságos és ökológiai nyomtatás.

A nyomathordozó és a nyomdafesték hulladék csökkentése fontos gazdasági és ökológiai szempont. Ez a nyomógép folyamatainak automatizálásával lehetséges, bővítve az UV és vizes festékek alkalmazását. A nyomtatási folyamatba bevezetett automatizálással növelhető a jövedelmezőség még kis példányszámok esetén is és ezen okokból a flexográfia versenyképessé vált a digitális nyomtatással is, és kihívást jelent az ofset- és mélynyomatás számára minőség és jövedelmezőség szempontjából.

## Irodalom:

Abdel-Bary, E. (2003). Handbook of plastic films. Shrewsbury, GBR: Smithers Rapra.

Anderson, J. (March 2009). Flexo platemaking is complex only if you let it become so. [Online] <http://www.packageprinting.com/article/flexo-platemaking-complex-only-if-you-letbecome-so-405055/1>.

Dreher, M. (2007). Future trends in flexographic printing. Stuttgart: DFTA TZ (Chespa Flexo Seminar).

Flexo. (2013). Photopolymer plate production. Characteristics, construction, exposure. [Online] Flexo Magazine, 10, 64-68.

<http://digital.realviewtechnologies.com/?xml¼flexomag.xml&iid¼82208>.

Gilbert, E. D., & Lee, F. (2008). Flexographic plate technology: conventional solvent plates versus digital solvent plates. Journal of Industrial Technology, 24(3), 2-7.

Izdebska, J. (2016): „Flexographic printing – Printing on Polimers. Fundamentals and Applications. Ed. Izdebska, J. and Sabu, T. Oxford.: William Endrew. str. 179-198.

Monteleone, D. (1999). Environmental management of photopolymer flexographic printing plates. PNEAC Fact sheet. PNEAC.

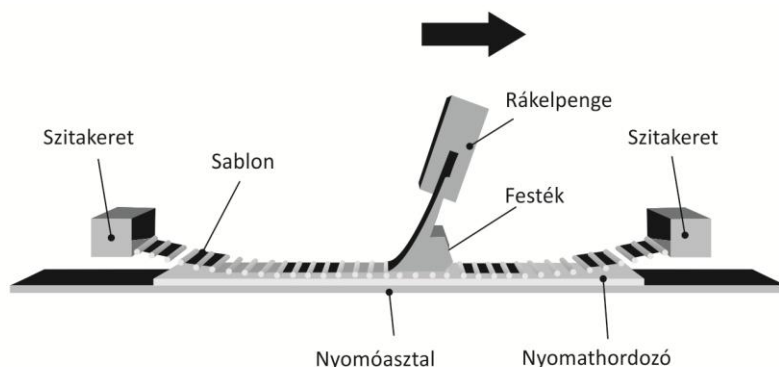
PIRA. (2015). The future of flexographic printing to 2016. [Online]  
<http://www.smitherspira.com/products/market-reports/printing/flexography/flexographic-printing-industry-future>.

Rentzhog, M., & Fogden, A. (2006). Print quality and resistance for water-based flexography on polymer-coated boards: dependence on ink formulation and substrate pretreatment. *Progress in Organic Coatings*, 57, 183-194.



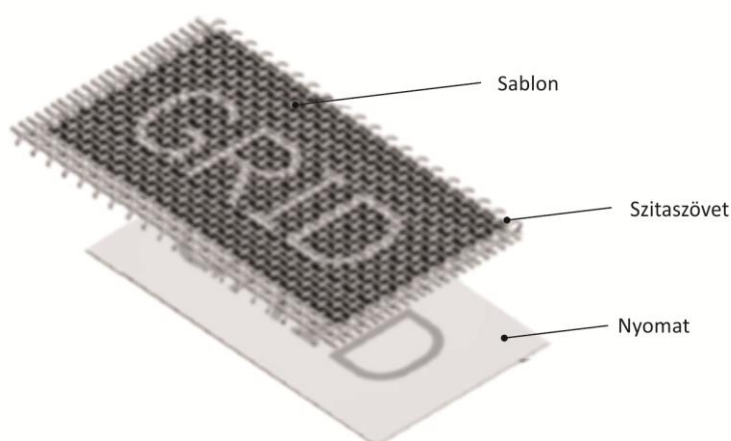
## 8. Szitanyomtatás

A szitanyomtatás egy speciális folyamat, ahol a nyomtatási folyamatban részvevő sablon/nyomóforma felületén zárt nemnyomóelemeket és nyitott nyomóelemet alakítanak ki. A szitanyomó festéket egy rugalmas rákelpenge kényszeríti át a szita nyitott területein (8.1. ábra).



8.1. ábra. Szitanyomtatás folyamata.

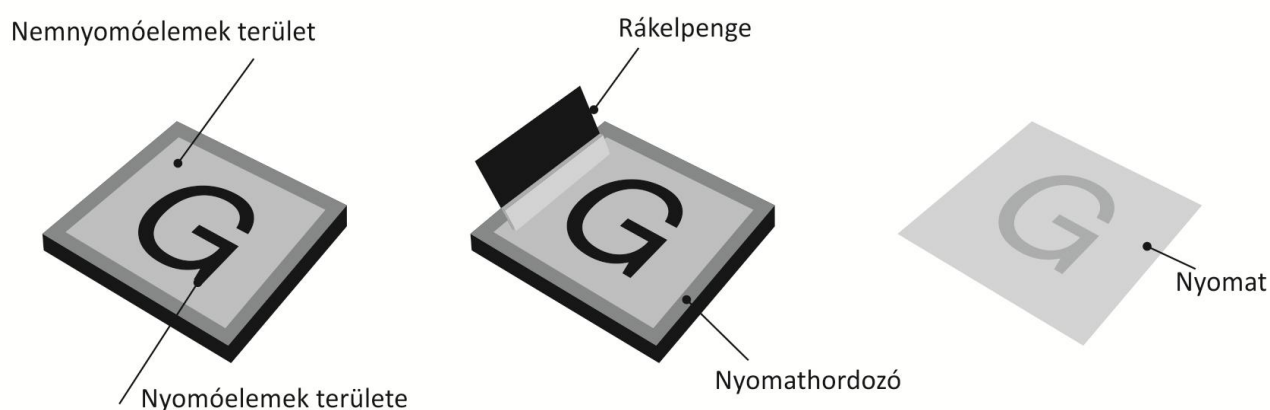
A szitanyomtatásban részt vevő fő elemek: a szita, a keret, a szitaszövet, és a nyomtatott információkat tartalmazó sablon/nyomóforma. A sablon felületén leggyakrabban egy fényérzékeny emulzió található, amelyen a képalkotás fotomechanikai eljárással történik, így megvilágítás után a nyomóelemek területeit kimossák, míg a nemnyomóelemek területei állandósulnak. A sablon alapja egy finom szitaszövet, amely tartalmazza a képi részeket a nyomóelemek helyein. A szita természetes selyemből, műanyagból vagy fémszálakból készült finom szövet. A szitanyomó festék a szita nyitott részein (amelyet nem fed sablon) keresztül adódik át a nyomathordozóra. A szita nyomóforma tehát, a szitaszövetből és a sablonból épül fel. A sablont a szitaszöveten a reprodukálható nyomtatási kép határozza meg. A sablon a szitaszövet rákelpengével ellentétes oldalán helyezkedik el, így elkerülhető a sablon sérülése és kopása. A sablon, a szitaszövet és a nyomtatott kép látható szitanyomtatásnál a 8.2. ábrán.



8.2. ábra. A sablon, a szita, és a nyomtatott kép a szitanyomtatási folyamatban.

A szitakeret is fontos tényező szitanyomtatásnál. Napjainkban a szitakeretek általában alumíniumból készülnek, bár alkalmaznak fa és acél kereteket is. A szitakeret kiválasztásánál a figyelembe kell venni a következő paramétereket: a keret mérete, a tartóssága, a stabilitása, a költsége és a feszítés módszere.

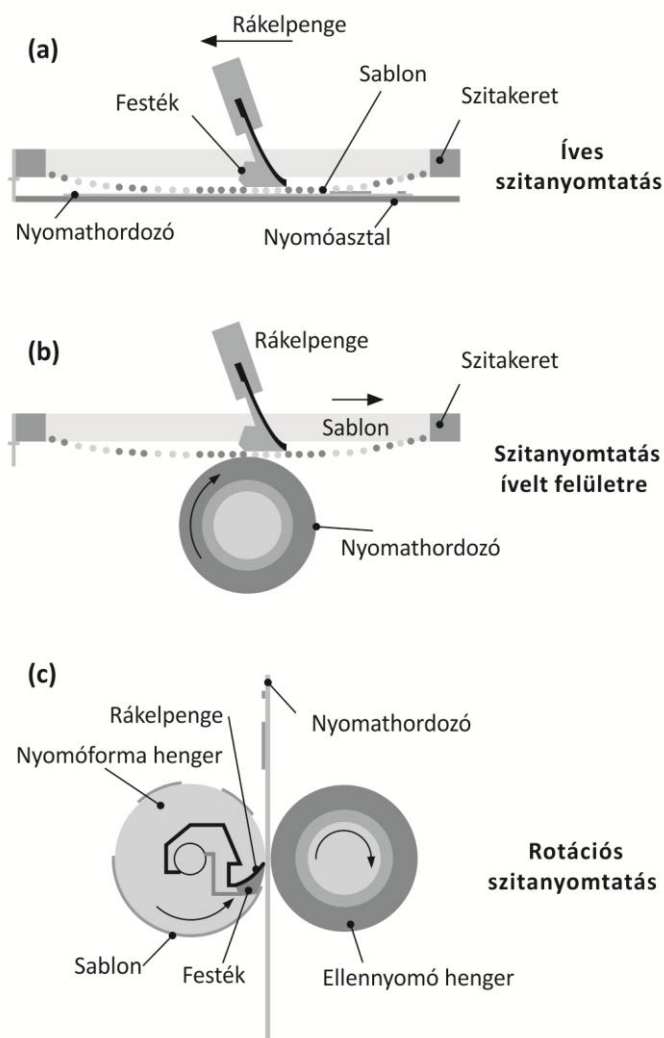
A rákelpenge, a szitanyomtatás azon eszköze, amely átnyomja a nyomdafestéket a nyomóformán (a szitára elkészített sablonon). Általában gumiból vagy műanyagból készül, kézi nyomtatásnál fa- vagy műanyag fogantyúval. A szitanyomtatás alapvető elemeit a 8.3. ábra mutatja be. A rákelpengének 25-30 mm-rel rövidebbnek kell lennie, mint a szita szélessége.



8.3. ábra. A szitanyomtatás alapvető elemei.

A gyakorlatban, három alapvető módszert alkalmaznak szitanyomtatásnál (8.4. ábra):

- síkról-síkra nyomtatás (síkágyas nyomtatás): a nyomóforma és a nyomathordozó is síkfelületen helyezkedik el, a nyomdafestéket mozgó rákellel nyomják át a szita résein a nyomathordozóra;
- szitanyomtatás ívelt felületen: az alternáló mozgást végző nyomóforma sík és vízszintes, a nyomtatás a nyomathordozóra forgó hengerrel történik;
- hengerről-hengerre nyomtatás (rotációs nyomtatás): a nyomóforma hengeres, a nyomóforma, a nyomathordozó és az ellennyomó henger szinkronban mozog egymással; a hengeres nyomóforma (szita) belsejében található rákelpenge préseli át a nyomdafestéket a nyomathordozóra.



8.4. ábra. Szitanyomtatási technológiák.

(a) síkról-síkra nyomtatás (síkágyas), (b) szitanyomtatás ívelt felületre, (c) hengerről-hengerre nyomtatás (rotációs)

## 8.1. Sablon/nyomóforma készítés

A szitasablon nagyon fontos szerepet játszik szitanyomásnál. A megfelelő sablon kiválasztása, amelyről mindig ugyanolyan minőségben lehet reprodukálni, fontos előfeltétele a jó nyomtatási eredmény elérésének. A sablon kiválasztásánál a sablonnak optimálisan alkalmasnak kell lenni a nyomtatási feladathoz. Lényeges tényezők közé tartozik a szitaszövet, a foto-emulzió és a bevonási technika, a megvilágítás, valamint a nyomtatási folyamat megválasztása.

### 8.1.1. Szitaszövet

Az anyagok széles skáláját lehet a keretre felfeszíteni, a szita készítéséhez. Ilyen anyagok a pamut, a selyem, a nejlon, a mono – és a többszálú (multifilament) poliészter vagy fém, amelyek gyakran használt anyagok napjainkban. A szövetszám (szövet sűrűség) egyike a legfontosabb paramétereknek, amely nagymértékben befolyásolja a nyomtatás minőségét. A szövetszám, a cm-ekre eső szálak számának (szál/cm) felel meg.

A szítaszöveteket 10 - 200 szál/cm finomsággal lehet beszerezni, és ezen belül a leggyakrabban használt szövetek 40-120 szál/cm sűrűségűek. A nagyobb szál/cm finomságú szítaszövetek jobb minőséget biztosítanak.

Ezen túlmenően a szövet minőségét a felhasznált fonal vastagsága is befolyásolja, amit négy vastagságban adnak meg, és a "könnyű"-től a "nehéz"-ig terjed. A szövetszám határozza meg a szítaszövet (szítaháló) szélességét, és következésképpen a nyitott szítaterületet is szál/cm-ben, valamint a fonal vastagságát  $\mu\text{m}$ -ben. Ez a méret és a sablon vastagsága befolyásolja az átadott festékréteg vastagságát.

A szövet finomság (szövet sűrűség) optimális összehangolásának elmulasztása a felbontással és a kívánt festékréteg vastagsággal „moire” típusú hibákat eredményezhet. A nyomtatáshoz kiválasztott szövetnek olyan erősnek kell lennie, amennyire lehetséges, elkerülve a szakadást, valamint a nedvesség és a páratartalom által okozott mérettartási és egyéb hibákat. Az anyagnak semlegesnek kell lennie, és érzéketlennek a vele kapcsolatba kerülő vegyi anyagokkal szemben.

A szítanyomtatásnál alkalmazott szítaszövetek alapvető kategóriái: a többszálás (multifilament) és az egyszálás (monofil) szövetek. Több csavart szál együttesen formálnak egy fonalat, amely a többszálás szöveteket alkotja. A többszálás fonalakat szövik és így alkotják a szítaszövetet (szítahálót). Az ilyen típusú fonalakat használják szítanyomtatáshoz, amelyek anyaga selyem vagy poliészter. A legerősebb természetes szálak a selyemszálak. A selyemszálak mérete azonban változhat, amely szabálytalan háló nyílásokat okozhat, és torzíthatja a nyomtatott képet. A selyem szítaszövet olyan nyomtatási munkáknál megfelelő, ahol finom részletekre és jó regiszterre nincsen szükség. A selyem helyébe a többszálás (multifilament) poliészter léphet, főleg a nehéz tisztíthatósága miatt. Ezek a nehézségek a selyem durva felületi szerkezetének köszönhető, amely a festékrészecskék behatolását okozza a sodort szálak közé.

Többszálú poliészter szövet állandó szövetnyílásokkal rendelkezik, és nem nyúlik meg, mint a selyem a nyomtatási folyamat során. Egy másik fontos tényező, amiért a selyem helyébe a poliészter lépett, hogy a poliészterre nincsenek hatással a tisztításhoz és a javításhoz használt vegyi anyagok. Még így is, a többszálás poliészter messze nem egy tökéletes megoldás, mivel a rostok hajlamosak jobban lelapulni több szál keresztezésénél, mint monoszálak esetén, és ez a szövetnyílások nyomatkép fogazott széleit eredményezi a nyomatokon.

Ha összehasonlítjuk a mono és multiszálás szöveteket, elmondható, hogy a többszálás szövet durvább felületi szerkezettel rendelkezik, és vastagabb is. Az ilyen szövetek ideálisak nagy plakátok, textíliák és texturált és kontúros felületek nyomtatására, minden olyan esetben, amikor vastag nyomdafesték réteg szükséges.

A monofil szítaszövetek jellegzetessége az egyenletes felületi struktúra, amely állandó szövet nyílásokat hoz létre. Monofil szövetek a poliészter, a nejlon, a fém, a drót és a metallizált poliészter.

A nejlon (monofilament) szerkezete hasonló jellemzőkkel rendelkezik, mint a monofil poliészter, kivéve a stabilitást, mivel ez egy nagyon rugalmas szál. A nejlon jobb választás szabálytalan alakú vagy ívelt felületek nyomtatása esetén, azonban a rugalmasság egy nemkívánatos jellemző lehet ott, ahol kritikus regiszter szükségesség.

Nejlon szálak használatánál, a többszínű regisztert befolyásoló legfontosabb tényezők, a hőmérséklet és a páratartalom.

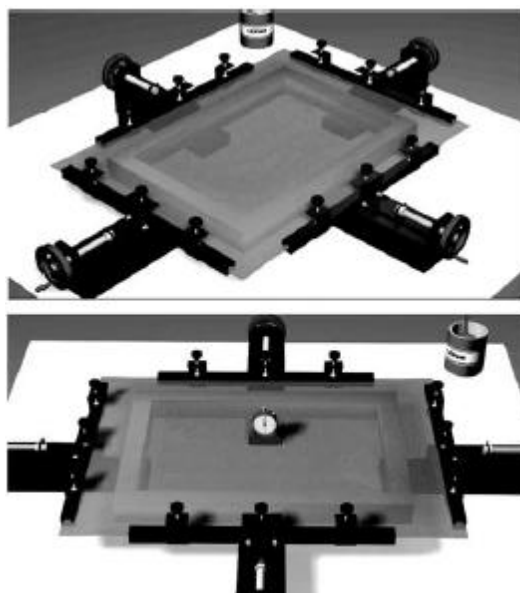
A drótháló, más néven drótszövet a legelterjedtebb, abban az esetben, ha koptató hatású festékekkel nyomtatnak, vagy kerámia nyomtatásnál, ahol extrém éles, vastag festékfilm rétegekre van szükség, valamint a nyomtató áramkörök nyomtatásánál. A drótháló rendkívül stabil, és sokszor felhasználható.

A metallizált háló egy viszonylag új típusú szövet. Egy monofil szintetikus szál (nejlon vagy poliészter) kompozíció, nagyon vékony réteg fémbevonattal. Ebben a kombinációban a metallizált nejlon vagy a poliészter szövet rendelkezik a drót és a monofil szintetikus szálak előnyeivel is. A fém bevonatú szítát könnyebb tisztítani, mint a szintetikus szálú szítaszövetet. A fémbevonatú hálónak kiváló mérettartási stabilitása van, és alkalmas hosszú távú használatra, amikor szoros a tűrés és a pontos regiszter elengedhetetlen.

A szítaszövet kiválasztása nagyon fontos döntés. Néhány szabály, amely segít a választásban, a következő.

1. A háló nyitott területe a szálak közötti terület, amely lehetővé teszi a nyomdafesték átadását. Abban az esetben tehát, ha nagyobb nyomdafesték mennyiség szükséges, nagyobb nyitott terület százalékot kell választania.
2. A háló nyitott területének minimum 3x nagyobbak kell lennie, ellenkező esetben a szítaszövet eltömődik nyomtatás közben.
3. A szítaszám (szítaszövet sűrűség) függ a szál átmérőjétől. Kisebb szálátmérő finomabb szítaszövetet ad.
4. A festékréteg vastagságát a szálátmérő határozza meg.
5. Finom részletek reprodukálásához finomabb szítaszövet szükséges.

A szítaszövet megfelelő feszültség is fontos tényező a jó nyomtatási minőség eléréséhez. Nem lehet zavaró képtorzulás, a rákel által alkalmazott nyíróerőnek köszönhetően a nyomtatás során, és a szita feszültség nem érheti el az anyag folyáshatárát, különben a szítaszövet megsérülne. Különös figyelmet kell fordítani erre a szempontra többszínű nyomtatásnál, vagy amikor nyomtatás a műszaki alkalmazás területén történik – például a nyomtatott áramkörök előállításánál, ahol magas igényeket támasztanak a pontossággal szemben. A szítaszövet feszessége függ a szövetszámtól (sűrűség), a szövet minőségétől és az anyag folyáshatárától. A szita terhelése 0-25 N/cm lehet. A feszültség csökken a szítaszövet jellegétől függően, valamint a nyomtatás közbeni igénybevételtől (stress) és az idő előrehaladásától függően. A szintetikus anyagok esetében például, a feszültség két nap elteltével 50%-kal is csökkenhet, az alkalmazott emulziós technológia típusától függően. Rugalmas keret esetén egyenetlen a feszültség, amely a nyomatkép torzulásához vezethet (8.5. ábra).



8.5. ábra. Szitafestítés folyamata és a feszültség mérése.

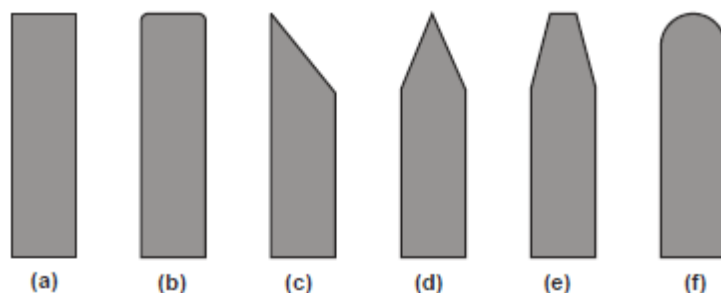
### 8.1.2. Szitanyomó rákelpenge

A rákelpenge egyike a legfontosabb szitanyomtatáshoz szükséges elemnek. A rákel, gumi vagy műanyag penge, kézi nyomtatásnál rögzített fogantyúval, vagy befogószerkezetbe van rögzítve gépesített szitanyomtatásnál. Nagyobb példányszámnál – több mint 200 nyomatnál – a rákelpengék szintetikus anyagból készülnek (mint pl. polivinil és poliuretán), sokkal inkább, mint a gumiból, mivel a gumi hajlamos gyorsabban elveszíteni az élet.

A rákelpenge feladata, hogy a nyomdafestéket átnyomja a szitaszöveten, a sablon nyomóelemein keresztül a nyomathordozóra. Szabályozza a nyomdafesték átjutását a szítán keresztül, valamint rányomja a szitaszövetet a nyomathordozóra, a nyomathordozó felületéhez illesztve. Eltávolítja a felesleges festéket a szítáról. A nyomtatott festékfilm vastagságát szabályozni lehet a rákelhez alkalmazott nyomás erősségével.

Az egyes rákelpenge éleket a tervezett felhasználáshoz ajánlják. A rákelek élkialakítása a 8.6. ábrán látható, az alábbiak szerint:

- derékszögű él, sík tárgyak nyomtatásához;
- derékszögű él lekerekített sarkokkal, vastag festékréteghez;
- ferdén egyoldalon levágott él, üveg nyomtatásához;
- ferdén, kétoldalon levágott él gömbölyű (íves) felületek közvetlen nyomtatásához;
- ferdén kétoldalon levágott él és kerek él, textil nyomtatásához.



8.6. ábra. Rákelpenge élének alakjai.

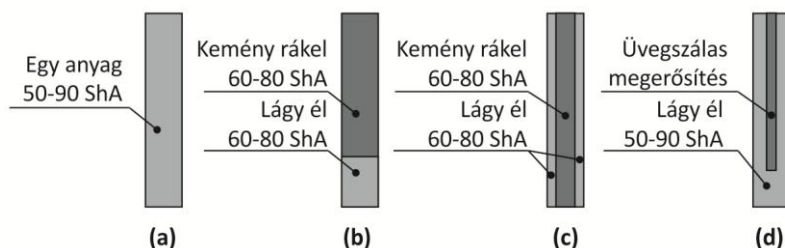
(a) derékszögű él, (b) derékszögű él, lekerekített sarkokkal, (c) egyoldalon ferdén levágott él, (d) kétoldalon, ferdén levágott él (kés él) (e) tompított él és (f) kerek él.

A rákelkéseket a keménység alapján is csoportosítani lehet:

- extra puha (45-50 ShoreA) és puha (50-60 ShoreA), kislebontású képekhez és nagy festékréteg vastagsághoz textil vagy durvább felületek nyomtatásához;
- közepesen kemény (60-70 ShoreA), amelyet gyakran használnak jó felbontás eléréséhez, különböző festékréteg vastagságokkal;
- kemény (70-80 ShoreA) és extra kemény (95 ShoreA keménységig), lapos felületek, mint például üveg és nagy felbontású nyomatok készítéséhez.

A rákelpenge fent meghatározott keménységét kéménységmérő műszerrel mérik, amely az amerikai szabványos vizsgálati anyag szabványon (ASTM) alapul.

A rákeleket (rakli) egyszeres, kétszeres vagy háromszoros keménységgel gyártják. Az egyszeres keménységű rákel poliuretán vagy gumi rákelpengéket úgy tervezik, hogy egyensúlyban legyen a rakli ellenálló képessége a különböző festékekkel szemben, mialatt magas ellenállóképességgel rendelkezzen a kopással szemben, többnyire 60-80 ShoreA keménység mellett. A dupla keménységű rákelpenge, a 85-90 ShoreA nagy keménységű tengely és a lágyabb (50-80 ShoreA) oldalnyomás kombinációja. Lehetővé teszi a lágy pende miatt a felületi egyenetlenségekhez való idomulást, de a felső keményebb része még mindig tartja magát a meghajlás ellen. A tripla keménységű rákelpenge, „szendvics” típusú két lágyabb külső és egy keményebb belső réteggel. A rákeleket belső üvegszálakkal is megerősítik. Egyszeres, kétszeres és háromszoros keménységű és megerősített rákeleket mutat be a 8.7. ábra.



8.7. ábra. Rákel konstrukciók.

(a) egyszeres keménységű, (b) kétszeres keménységű, (c) háromszoros keménységű, és (d) megerősített rákelek.

### 8.1.3. Szita emulzió

A fesztési folyamat után a szitaszövetet megfelelően elő kell készíteni, mielőtt megkapja a sablont. Ebben a folyamatban ismerni kell a nyomtatási feladatot, és fotoemulzió jellemzőit, mint például a szárazanyag-tartalom és a viszkozitás. Magas szárazanyag-tartalom a kisebb felületi egyenetlenségekhez vezethet. A nagy viszkozitású bevonat durva szitaszövetekhez megfelelő. Általában a következő fotoemulziókat alkalmazzák:

- hagyományos UV festékekhez oldószerrel szemben ellenálló fotoemulziót kell használni,
- vízes festékekhez, vízálló, vagy víz- és oldószerálló fotoemulziót kell alkalmazni.

A fotoemulzióknak az árnyalatokhoz és finom vonalokhoz, nagyon jó felbontással és magas szárazanyag tartalommal kell rendelkezniük, azonban megfelelő levilágítást is kell biztosítaniuk. A sablonnak alacsony profillal és jó szita struktúra kompenzációval kell rendelkeznie.

Az emulzió egy fényérzékeny anyag. Megvilágítás hatására reagál vagy megváltozik. Azok a részek, amelyek nem kapnak sugárzást, puhák maradnak. A *közvetlen* (direkt) módszernél, a szita mindkét oldalán emulziót alkalmaznak, először a nyomtatott oldalon, majd a rákelpenge oldalán. A legjobb minőségű közvetlen emulziós sablonok többrétegű bevonatokat igényelnek, a bevonatok között szárítást alkalmazva. Az emulzió leggyakran polyvinil acetate és polyvinil alcohol keveréke, ami színezékekkel egészül ki, hogy a sablon könnyen látható legyen a szítán.

A *közvetlen-közvetett* (direkt-indirekt) módszernél egy poliészter film ívet egyik oldalán bevonnak emulzióval (leggyakran polyvinil alcohol és polyvinil acetate keverékével), mely nem fényérzékeny. A szitaszövetet bevont oldalával ráhelyezik a film tetejére, majd a fényérzékeny emulziót (hasonlóan, mint a közvetlen módszernél használatos) rákelezik, a szita felső részén. Ez az emulzió érzékennyé válik a film alatt, és kötődik a szitához.

A *közvetett* (indirekt) módszernél a nedves zselatin filmet helyezik emulziós felükkel felfelé kapcsolódva a szitaszövet nyomtatási oldalára.

## 8.2 Képkalkotás, kézi vágású sablonok, fotosablonok, CtS rendszerek

A szitakeret és a szitaszövet között a sablon képviseli a képhordozó (nyomóforma) harmadik részét a szitanyomtatási folyamatban. A nyomtatási folyamat során, a nyomdafestéket átnyomják egy finom szövet hálón, ahol a sablon a nyomtatott információ hordozója, mivel az befedi a nemnyomóelemeket a szöveten (hálón).

Számos tényező hat a végső nyomat minőségére, de a sablonokat figyelembe véve két meghatározó paraméter fontos: a sablon felületi érdessége (Rz érték) a nyomtatási oldalon és a profilja vagy vastagsága (8.8. ábra).

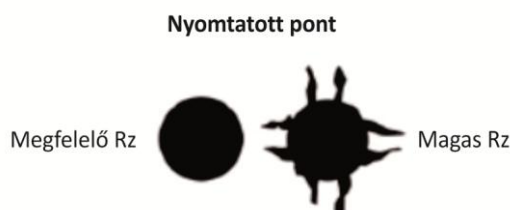
Kisebb felületi érdesség (4-10  $\mu\text{m}$ ) kívánatos, hogy a sablon megállítsa a festékszétterjedést a nyomóelem (kép) körül, és a nyomtatott kép éles és jó minőségű legyen. Nagyobb Rz értékek a nyomdafesték nem kívánt terülését okozzák, a nyomtatott részletek és finom vonalak szélén egyenetlenséget eredményezve (8.9. ábra), de a túl alacsony Rz értékek is csökkenteni fogják a nyomtatott kép minőségét, a festékfröcskölésnek köszönhetően, amit a sablon és a nyomathordozó közötti vákuum hatása okoz.



A sablon profilja vagy vastagsága (a választott szitaszövet mellett), meghatározza a nyomtatott festék mennyiségét, nevezetesen a nyomdafesték rétegvastagságát. Bizonyos alkalmazások megkövetelik a vastag festékréteget a nyomathordozón, ezért vastag sablonra van szükség, de más alkalmazásoknál minimális sablon vastagság megfelelőbb lehet.



8.8. ábra. Sablon profil és felületi érdesség.

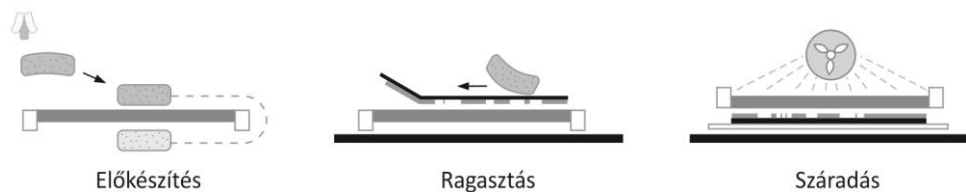


8.9. ábra. Különböző Rz értékek eredménye.

A sablonok gyártási módszerei két fő csoportra oszthatók. Közvetett sablonkészítésnél a külön elkészített sablonokat ragasztják a szitaszövetre, közvetlen sablonkészítésnél pedig a nyomtatandó képhordozót közvetlenül a szitán készítik el (többnyire fényérzékeny emulzió megvilágítása és előhívása során). Ezen kívül van közvetlen-közvetett sablonkészítési folyamat is, ahol a sablon anyagot egy fóliára készítik el, amit azután először a szitára helyeznek, majd megvilágítják és előhívják, mint a közvetlen sablonok esetében, de ez a fajta sablon csak rendkívül nagy pontosságú alkalmazásoknál használatos. További kategorizálás alapja lehet, hogy mechanikusan, fényképeszeti vagy elektronikus úton történik a sablonok előállítása.

### 8.2.1. Kézi vágású sablonok

Kézzel vágott rajzsablonok eredetileg kézzel készültek, de ma már azokat is vágó plotteren készítik, CAD programok alkalmazásával. A kézzel vágott sablonokat (vagy csak vágott sablonokat) mechanikusan állítják elő, egy éles kés segítségével a nyomtatandó elemek különböző alakzatait hozzák létre. A korai, kézzel vágott sablonok papírból készültek (és a szitaszövet aljára ragasztották), de ma, a legtöbb kézzel vágott sablon lakk vagy vízben oldódó filmből készül, amelyek két rétegből állnak: a hátlap vagy tartó réteg (amely transzparens papír, vinil vagy poliészter), és az emulzió réteg. A közvetett előállítási technika, azonos mindkét típusú filmnél: a sablon készítésénél az emulziót kivágják a hátlap rétegből, és ráragasztják a szitára vízzel (vízben oldódó film) vagy lakkal (lakk film). A rátapadó folyadék lágyítja az emulzió réteget, ami gél-szerű lesz, és lehetővé teszi, a szitaszövetbe nyomni azt. A víz alapú film sablon folyamatát mutatja be a 8.10. ábra.

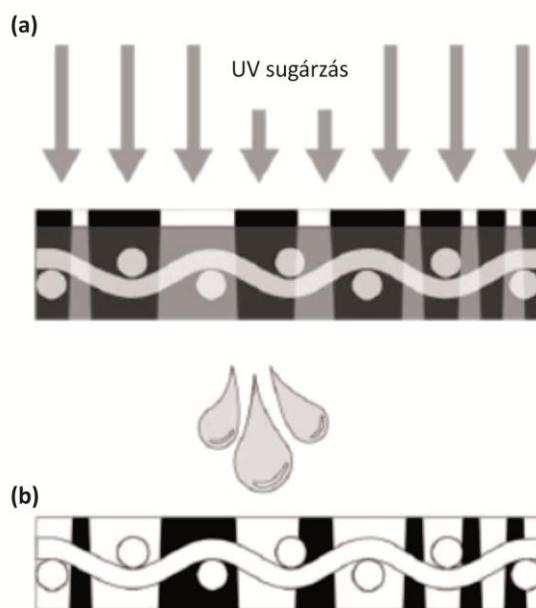


8.10. ábra. Vizes alapú film sablon alkalmazásának folyamata.

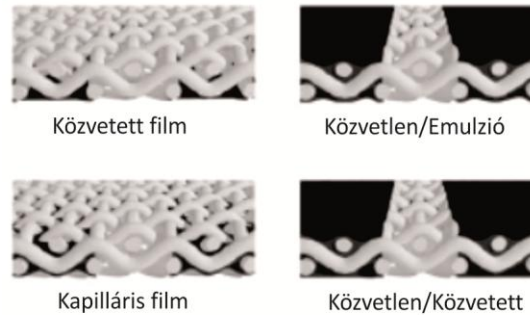
### 8.2.2. Fotosablon

A fotosablonok különböző fényérzékeny emulziókból készülnek, amelyek UV sugárzás hatására megkeményednek. Ma már a leggyakrabban használt sablon típusok szitanyomásnál, az 1950-es évek közepe óta. A nyomó- és nemnyomóelemeket UV sugárzással szelektívvé teszik a szitán, amelyhez egy pozitív filmet kell használni. A pozitív filmen a képi/nyomóelemek területei nem átlátszóak, elnyelik az UV sugárzást, a nemnyomóelemek területei pedig átlátszóak, amelyek lehetővé teszik az UV sugarak áthaladását, és az emulzió megkeményedését (8.11(a) ábra). Megvilágítás után az előhívási folyamatban, a nem megkeményedett (puha és oldható) területeket kimossák vízzel vagy más (előhívó) folyadékkal, létrehozva a nyitott nyomóelemek területeit a sablonon, a fotosablon emulzió megkeményedett részei pedig megformájják a nemnyomóelemek területeit (8.11(b) ábra).

A pozitív másoló eredetit fényképeszeti eljárással állítják elő, amely pozitív filmet eredményez. Folt, piszok- és lyukmentesnek, az nyomtatási területeknek élesnek kell lennie. A sablonkészítési technika lehet közvetlen, közvetett és közvetlen-közvetett módszer. A kereskedelemben kapható fotoérzékeny sablonokat négy fő kategóriába lehet sorolni az alábbiak szerint a 8.12. ábrának megfelelően.



8.11. ábra. A fotoérzékeny emulzió megvilágítás (a) és előhívása (b) a szitán.



8.12. ábra. A kereskedelemben rendelkezésre álló fotosablonok.

Közvetett sablonok, vagy transzfer filmek nagyon hasonlóak a kézzel vágott sablonokhoz szerkezetben és eljárásban is. Egy átlátszó műanyag hátlapból, vagy tartó lapból, és egy száraz fényérzékeny emulziós rétegből állnak. A megvilágítás és az előhívási folyamat után, a kész filmet ráhelyezik a szitaszövet alsó felére az emulzióval bevont oldalra. A gél-szerű emulzió beivódik a szövetbe, amit azután hagynak alaposan megszáradni, mielőtt a háttér lapot eltávolítják. Ez a fajta fotosablon lehetővé teszi, a legnagyobb nyomtatási felbontást, a sablon és nyomathordozó (ami a szitaszövet alsó oldalára kerül) közötti közvetlen kapcsolatnak és a száradási technikának (a hátlap megakadályozza a sablon emulzió bármilyen zsugorodását a száradás során) köszönhetően. Pozitív tulajdonságok mellett a kis példányszám, a gyenge tartósság és a csak finom szöveten való alkalmazhatóság, amelyeket meg kell nevezni hátrányként.

A közvetlen fotosablonok, más néven közvetlen emulziók, folyékony fényképezési emulziókból készülnek, amelyeket a szitaszövet felületén közvetlenül alkalmaznak támasztó/hátlap film nélkül. A fényérzékeny emulzióval bevonják a szitaszövetet, és alaposan meg szárítják a megvilágítási folyamat előtt. A megvilágítási eljárás során a pozitív filmnek közvetlen kapcsolatba kell kerülnie az emulziós réteggel. Az előhívási folyamatban a megvilágítatlan területeket kimossák a szitából, majd azután a szita a kész sablonnal együtt fog megszáradni. Mivel ez a fajta fotosablon nem rendelkezik hátlap filmmel, a nemkívánatos sablon összehúzódás szárítás közben alakul ki. A közvetlen emulziók nagy folyadéktartalma (kb. 50%) sokkal érzékenyebb az emulzió-zsugorodásra, amely látható lesz a szitaszövet szerkezetén, a kész sablonon. Hogy megszüntessék a sablon zsugorodását, és elérjék a vastagabb és egyenletesebb emulzió réteget, az emulziót ismételt többször hordják fel a szitaszövet mindkét oldalára (sablon és rákel), a szükséges közbenső szárítással alkalmazásával. Az emulzió behatol a szövetbe és a közvetlen feldolgozása a szitán lehetővé teszi az erősebb és tartósabb sablonok kialakítását a közvetett technikához képest. Az ilyen típusú sablonok nagyon tartósak, és megfelelőek nagy példányszámú nyomtatáshoz és alkalmasak minden keretmérethez és -alakhoz. A fonál vastagsága és szövetszám megfelelő jó nyomtatási minőséghez, bár a nyomtatási eredmény erősen függ az emulzió típusától és a sablon feldolgozási módszerétől

A kapilláris film egyike a közvetlen-közvetett fotosablon típusoknak, amely egy előérzékenyített folyékony fotopolimer emulzióval precíziósan bevont filmből áll, amelyet poliészter háttér/ támogató filmként alkalmaznak.

A sablon a szitához a folyadék emulzió és a nedves szitaszövet háló közötti kapilláris művelettel tapad hozzá, amely kapcsolatban van az előbevonási folyamattal. Ha az alkalmazott emulzió száraz, a poliészter hátlap filmet le lehet fejteni, és a fotomecaóhanikai módszer, hasonló lehet a közvetlen sablon emulziós rendszerhez. Számos előnnyel jár a kapilláris film: nagyon jó nyomtatási felbontás és képesség, kiszámítható sablon vastagság, könnyű alkalmazás, és nagyon alacsony felületi érdesség (Rz érték), azonban drágábbak, mint a közvetlen emulziós fotosablonok.

A közvetlen-közvetett sablon készítési technika egyesíti a közvetlen emulzió és közvetett sablon rendszer előnyeit. Egy hátlap filmet alkalmaznak, amelyet bevonnak nem fényérzékenyített emulziós réteggel, és rálaminálják a sablonra/a szitaszövet nyomtatási oldalára. A szitaszövet rakli oldalán, egy folyadék emulziót alkalmaznak fotoérzékeny hatóanyaggal, amely átjut a szitán, hogy hozzátapadjon a hátlap filmhez. Amikor az emulzió és érzékenyítő keveréke száraz, a hátlap filmet el lehet távolítani, és az emulzió a szitaszöveten marad. A megvilágítás és előhívás folyamata hasonlít a korábban vázoltakhoz. Egységes emulzió vastagság a sablonon, magas tartósság és a nyomtatás nagy pontossága, az elsődleges előnyei a technikának, azonban a nagyobb anyagi kiadások (nemérzékenyített film és folyadék emulzió szükséges), a bonyolult sablonlaminálási folyamat, és a szitaszövet/szitakeret méret korlátok, a hátrányai az ilyen sablonoknak.

### 8.2.3. “Computer to Screen” rendszerek

A CtS (számítógépről a szitára, Computer to screen) terminológia magába foglalja a digitális sablon/nyomóforma készítési rendszert: a szitaszöveten a nemnyomóelemek területeit közvetlenül a számítógépből érkező digitális adatokkal határozzák meg. A CtS rendszerrel előállított sablonok tartósak és nagy nyomatkép felbontással rendelkeznek. Nincs pozitív film a sablon előállítási folyamatban, ezért rövidebb megvilágítási idő szükséges (nincs üveg a fényforrás és az emulzióval bevont szita között), és a vákum takaró által okozott potenciális képtorzítás megszűnik, csakúgy, mint a sablon alávilágítás (tehát nincs veszteség).

A négy eredeti CtS képalkotási technológia két főcsoportra osztható. A festékasugaras (inkjet) és termo-szalagos rendszerek a hagyományos *emulziós levilágító rendszerek* csoportjába tartoznak, míg a digitális fényvezérlésű (digital light processing, DLP) és a lézeres rendszerek alkotják a *közvetlen megvilágítási* csoportot.

A festéksugaras rendszerek, a hagyományos piezo DOD (Drop on Demand) igény szerinti nyomtatási technikán alapulnak, amelyek közvetlenül a szitaszöveten – amelyet előzőleg fényérzékeny emulzióval vonnak be – hoznak létre egy pozitív képet. Az inkjet nyomtatott kép helyettesíti a hagyományos megvilágítási és előhívási folyamatban alkalmazott filmet. Kéfélet típusú festéket használnak a pozitív kép nyomtatásához: hagyományos vízes átlátszó (opak) festéket és szilárd átlátszatlan termo viaszt. Az UV sugárzás megkeményíti az emulziót a nem lefedett területek alatt és az alkalmazott vízes festék vagy termo viasz eltávolítása, a meg nem keményedett emulzióval együtt a következő előhívási lépésben történik meg. A sablon készítési folyamat sebességét döntően a képalkotás felbontása és a nyomtatófej fűvókák száma határozza meg.

A CtS rendszerek hagyományos vizes festékekkel tartós sablonokat hoznak létre akár 1440 dpi felbontással, míg az átlátszatlan termo viasszal (a megolvadt, vízben oldható viasz fecskendeznek a szitára, ami megszilárdul) árnyalatos sablonokat készítenek nagy részletgazdagsággal és élességgel, akár 1300 dpi felbontásig. Figyelembe véve a különböző festéksugaras sablon előállítási technikák gazdasági szempontjait, a vizes festék rendszer a költséghatékonyabb, összehasonlítva a termo viasz rendszerrel, mivel a termo nyomtatófej cserekölsége nagyobb, mint a hagyományosé.

A termo CtS rendszerekben a pozitív kép az emulzió bevonatú szitán képződik termoranszfer technológiával. A vízben oldódó opak festék a szalagról az emulzió bevonatú szitaszövetre hő és nyomás hatására adódik át, 1200 dpi felbontásig. A képalkotási folyamat következő lépése ezután az emulzió standard megvilágítása és előhívása. A szalag magas költsége, a tiszta nyomtatási környezet szükségessége, és egy teljesen egyenteles emulziós bevonat réteg iránti igény, a legfontosabb hátrányai ennek a rendszernek.

A DLP rendszer egyik a közvetlen megvilágítású rendszerek közül. Az emulziós bevonatú szitaszövet közvetlen megvilágítása UV sugárzással történik, azonban ehhez a rendszerhez nem szükséges pozitív film, festék vagy más vegyi anyagok a sablon előállításához. A megvilágított szita előhívása általában vízzel történik, és száradás után nyomtatásra kész. A sablon képalkotási folyamata digitális optikai félvezető chipekkel, egy téglalap alakú, akár kétfélmillió forgó mikrotükör sor alkalmazásával történik. A tükrök könnyen elforgathatók, hogy az UV sugarakat a hagyományos fém-halogenid lámpáról a szitaszövetre juttassák, ahol a nemnyomóelemek területeit megvilágítják és megkeményítik (negatív eljárás). A negatív expozíció további szita töltőanyagot igényel, vagy hosszabb feldolgozási időt, hogy az emulzió levilágítása teljes mértékben megtörténjen a szitaszövet egyik szélétől a másikig. Az emulziós rétegnek egyenletesnek kell továbbá lennie, hogy ne legyen ingadozás a vastagságban, és távolság ingadozásnak a fényforrás és a szita között a lehető legkisebbnek kell lennie annak érdekében, hogy pontos képalkotású és teljesen megkeményedett emulziót képezzen a sablonon. Nagy képfelbontás, nincs film vagy maszk anyag felhasználás, és a sokoldalú emulzió alkalmazhatóság a pozitív jellemzői ennek a rendszernek.

A lézeres képalkotó rendszerek jelentik a legújabb technológiát a CtS alkalmazásokban, ahol egy vagy több finoman hangolt lézer munkálja meg az emulzióval bevonat szitaszövetet. A szilárd lézer diódák (ibolya-kék hullámhossz tartomány) képesek előállítani a sablonokat 850 dpi - 2400 dpi felbontással, de általában csak a kis formátumú szitákhoz. A rendszer szigorú követelményeket támaszt az alkalmazott fényérzékeny emulzióval szemben.

### **8.3 Szitanyomtatás folyamata**

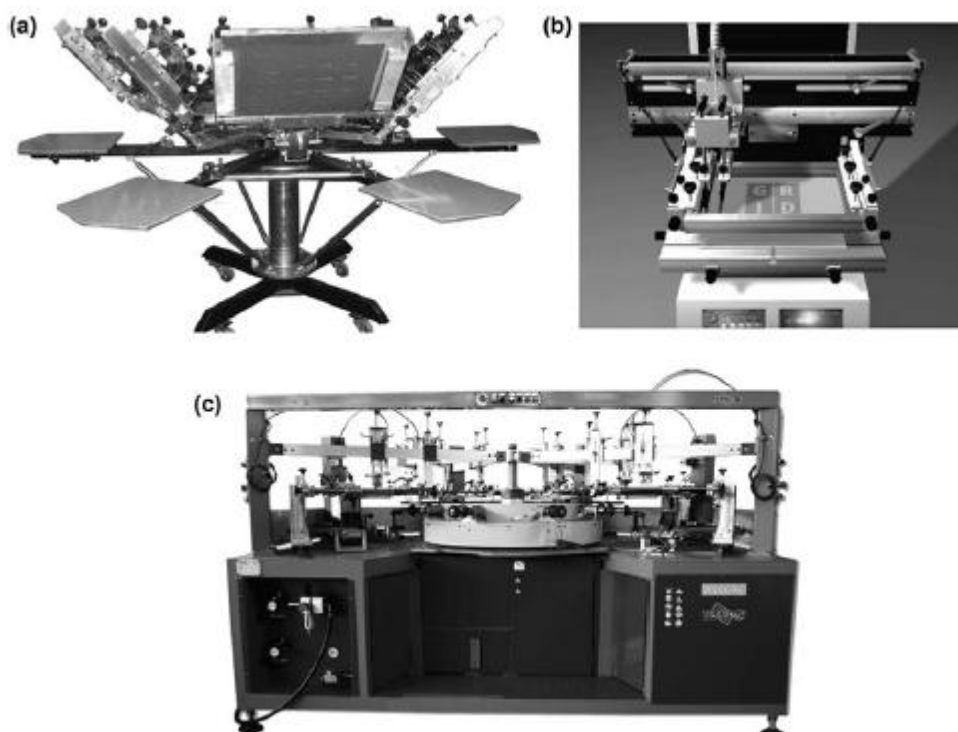
A szitanyomás folyamatának alapelve: a rákelpenge a nyomdafestéket átnyomja a szitaszövet nyitott területein, azokon a részeken, amely nem keményedett meg és átengedi a festéket.

Amint a festéket a rákelpenge átpréseli a szitahálón, az kilép a nyitott szitaszöveten a nyomathordozóra. Minden szitanyomógép felépítése követi ezt az alapelvet. A két alapvető szerkezeti típus a síkágyas és a rotációs rendszer – a fő különbség közöttük, a szitakeret alakja, vagy inkább a szita alakja. Automatizálási szint szerint a berendezések többféleképpen lehetnek: a kézi nyomathordozó berakás és rákel működtetéstől, a teljesen automata gépekig és mechanikai nyomathordozó berakásig.

A berendezéseket: manuális (kézi működtetésű), félautomata és automata csoportokba lehet besorolni. A berendezések további osztályozása lehet az egy ciklusban nyomtatott színek száma, a dizájn, a tervezett termék, vagy a méret szerint stb.

### 8.3.1 Síkágyas szitanyomtatás

A síkágyas szitanyomógépeket sík nyomathordozók, hengeres- vagy gömbfelületek nyomtatására használják. Mérete az A4 formától az extrém 8 m<sup>2</sup>-ig változik. A nagyméretű nyomógépek általában automatizáltak. A íkágyas nyomógépek sok változatban készülnek, mindegyiket különleges használatra optimalizálják, mint például pólók, textil, tapéta, elektronikus áramkörök stb. nyomtatása. Mindenegyiknek van egy sík asztala vagy egy sík vákuum asztala, ahol a rákelpenge mozog, miközben a szita és a nyomathordozó mozdulatlan. A hengeres vagy gömb felületekhez hengeres sajtót használnak. A hengeres sajtón a nyomtatási ciklusban, az ellennyomó henger (vagy a nyomathordozó) és a szita kocsis is mozog, míg a rákelpenge mozdulatlan. Az ilyen típusú szitanyomógép íveket tud nyomtatni, de az ellennyomó hengernek ívfogókkal kell rendelkeznie. Automatikus hengeres gépek óránként legfeljebb 6000 nyomással működnek. Alapelvük 8.13(a) és (b) ábrákon látható.



8.13. ábra. Síkágyas szitanyomógép (a) kézi, több színes rotációs gép, (b) félautomata egyszínes gép, és (c) automata egyszínes inline gép.

A kézi szitanyomó asztalokat főleg a kisebb szervezetekben vagy tesztnyomtatásnál használják, automata szitanyomógépen való nyomtatás előtt. A szitakeretet zsanérokra erősítik, amely lehetővé teszi a kezelőnek, hogy megemelje a szitát a nyomathordozó cseréjénél. Gyakran ellensúlyokat alkalmaznak a működés megkönnyítése érdekében. Vákuum asztalok is használhatók, amelyek a nyomathordozót tartják, és lehetővé teszik a pontos többszínes nyomtatást. A többszínes nyomatok egymásra rakását az inline nyomtatási állomásokon, vagy kör alakú elrendezéssel oldják meg. Az ilyen elrendezésben, a nyomathordozó az egyik nyomtatási egységtől a következőig mozog, míg a körkörös elrendezésű nyomathordozó helyhez kötött és a keret kocsi halad különböző színű festékeket szállítva a nyomathordozóra. A nyomathordozó vagy a keret ezen mozgásai manuálisan történnek. A *8.13(b) ábra* mutatja be a kézi síkágvas többszínes rotációs szitanyomógépet (amelyet nem szabad összekeverni a rotációs szitanyomtatás alapelveivel).

A síkágvas félautomata berendezések is ezt elvet alkalmazzák. A rákel és a keret működése, és az emelés művelete gépesített, főleg pneumatika segítségével. A berakás általában kézi, de ez is lehet gépesített, az egyedi igényeknek megfelelően; ugyanúgy a kirakás is automatizálható, elhagyva a kézi megoldást. A fő különbség a kézi folyamathoz képest, hogy egy fém penge csatlakozik a rákel hátoldalához, hogy elárassza a szitát festékkel nyomás ütem után, majd visszatérjen a kiindulási helyzetbe. A félautomata síkágvas nyomógépek következetes minőséget kínálnak, mivel gépesítettek, így állandó rákelnyomás és szög állítható be (*8.13(b) ábra*).

Az automata síkágvas szitanyomó gépeket rendkívül termelékeny környezetben használják. Ellentétben az előző két típussal, az ilyen gépeken az összes művelet gépesített, és minimális emberi közreműködést igényel. A nyomathordozó berakása és a regiszter beállítása automatikus. A sebesség az előnye az automata gépeknek, így a kisebb formátumú nyomógépek elérhetik az óránként 2000 nyomást is. A sebesség jelentősen csökken, ha nagyobb formátumban nyomtatnak. A félautomata és az automata rendszerek használata azonos alapon történik többszínes nyomtatásnál; a különbség csak az, hogy a mozgások általában pneumatikus és elektronikus alkatrészekkel automatizálják. Automata többszínes inline nyomógép látható a *3.13(c) ábrán*.

### **8.3.2. Rotációs szitanyomtatás**

A rotációs szitanyomtatás a síkágvas szitanyomásból fejlődött ki. Előnye a nagyobb sebesség (120 m/perc, a nyomathordozótól függően) és a sokkal alacsonyabb gyártási költségek, mint a síkágvas szitanyomtatásnál. A síkágvas szitanyomtatás 30 m hosszra korlátozódik, míg a rotációs felépítésnél akár 3000 m hosszú folyamatos tekercses nyomathordozót is nyomtathatnak. A rotációs szita lehet akár 100 cm kerületű is és szélessége 4 m-ig is terjedhet, lehetővé téve a nagyméretű minták készítését. Tapéták, textilek és egyéb hengerelt anyagok nyomtathatók állandó minőséggel, ezzel a technikával (*8.13(c) ábra*).

A forgó, henger alakú szita belsejében van a rákelpenge, amely átnyomja a nyomdafestéket a tekercses nyomathordozóra, a festéket folyamatosan pumpálják a szita belsejébe. A rotációs szita, egy nagyon finom nikkelháló, általában hatszögletű struktúrával készül. Általában soros, inline konfigurációt használnak. Korszerű rendszerekben több mint 10 nyomtatási állomást is integrálnak, minden nyomtatás különböző színnel történhet.

Figyelembe véve a nagy sebességet és a nyomathordozónak átadott festék mennyiségét, szárítókát kell alkalmazni minden szín nyomtatása után. Általában forró levegős vagy UV szárítókát használnak a nyomdafesték típusától függően.

#### **8.4. Szárító berendezések**

A szárítási folyamat alapvető fontosságú a tartós, kiváló minőségű termék érdekében. A szitanyomtatást vastag festékréteg továbbítása jellemzi a nyomathordozóra, ami az egyik legértékesebb tulajdonsága, de ez jelentős nehézségeket is okoz, mivel a nyomtatott anyag nem rakható ívoszlopba vagy nem tekerceselhető fel közvetlenül nyomtatás után. A megfelelő sebesség elérése érdekében a nyomtatott terméket nyomtatás után szárítani kell. A nyomathordozó és a nyomdafesték összetétele és jellemzői a meghatározó tényezők a megfelelő szárítási technika kiválasztásánál. Leggyakrabban használt szárítók a szárító állványok, kapuk, hősugárzók (jet), infravörös és ultraibolya (UV) szárítók.

Fából vagy fémből készült szárító állványokat gyakran használnak a levegőn szárításhoz, ahol a levegő keringeni tud az ívek között. Ideiglenesen, állványokat lehet illeszteni a szárító kemencéhez, hogy a nyomtatott ívek gyorsabban száradjanak. Kiskapu szárítók egy sor fém állványból állnak, amelyeket futószalagra szerelnek. Fém állványok hordozzák a nyomtatott anyagot, ahogy áthalad a zárt kamarákon, amelyeket levegő cirkulációval fűtenek. A jet szárítók rendszerint szállítószalagok, amelyek magukon hordozzák a nyomtatott anyagot, forró levegős alagúton keresztül haladva. Választható hűtési szakaszok is hozzáadhatók. Hasonlóképpen infra szárító egységek is használhatók a szállítószalagokhoz, de a szárítási módszer ebben az esetben hősugárzás. Ultraibolya sugárzó egységek sugárzással szárítják a nyomtatottakat (edzve vagy megkeményítve a polimer anyagot, térhálósítva a polimer láncokat) szállítószalagokkal, a nyomtatott anyagot szállításához. Az UV szárító egységek kompaktak és hatékonyak.

#### **8.5. Polimer nyomathordozók és festékek**

Az egyik legnagyobb előnye a szitanyomtatásnak, hogy szinte minden nyomathordozó – papír, karton, polimer anyagok, textil, fa, fém, kerámia, üveg stb. – nyomtatható. Emellett a szitanyomtatási folyamat lehetővé teszi a nyomdafesték felhordását nem csak sík, de szabálytalan felületekre is, mindaddig, amíg a vastag festékréteg megfelelően tapad a nyomathordozóra és a szitát következetesen illeszteni lehet a nyomathordozó alakjához, torzítás nélkül.

A polimer nyomathordozók különböző típusú műanyagokból készülhetnek. Polipropilén, polietilén, polyvinyl chloride, poliészter, polisztirol, és sok más polimer áll rendelkezésre a mai ipari gyakorlatban a formátumok széles skáláján. Különböző típusú konténerek, tubusok, és egyéb csomagoló eszközök, játékok, sport felszerelések, jelölések, hitel és személyazonosító kártyák, RFID címkék, napelemek és panelek, szenzorok és más nyomtatott, elektronikus alkatrészek mindegyike polimer anyagból készül, és mindegyiket nagyrészt szitanyomtatással nyomtatják.

A polimer nyomathordozók széles skálájához szükség van a különböző típusú nyomdafestékekre is. A nyomdafestékeket ennek megfelelően, a nyomtathordozók típusához és felületi jellemzőihez (felületi érdesség és felületi feszültség) kell kiválasztani.



Annak érdekében, hogy a nyomtatott termékek teljesíteni tudják a tervezett funkciójukat magas nyomtatási minőséggel, és a kívánt festékréteg vastagsággal, a szitaszövet szerkezetét és a sablon anyagát, profilját és felületi érdességét (Rz érték) is hozzá kell igazítani a nyomdafestékhez, és ezért a nyomathordozóhoz is. Továbbá, figyelembe kell venni, hogy a nyomtatott kép éles széle nagyobb viszkozitású festékeket igényel szitanyomtatásnál, mint a többi nyomtatási technikánál.

A szitanyomó festékek a száradási folyamat alapján az alábbi csoportokba sorolhatók: párolgással (vizes és szerves oldószeres), oxidációval, katalitikus és UV száradással száradó festékek. A szerves oldószeres festékek nagyon gyakoriak a polimer szitanyomtatási alkalmazásoknál, de vannak festékek, amelyek lassabb oxidációs és a polimerizációs folyamattal száradnak. Az UV energiát használó festékek polimerizációs szárításához (keményedés), többnyire a nagy kapacitású és tekerceses nyomógépeknél találkozunk, mivel a szárítási folyamat nagyon gyors és teljesen mértékben szabályozott. Műanyag palackokat és konténereket, öntapadós címkéket rendszeresen nyomtatnak UV festékekkel.

### **8.6. A szitanyomtatás ipara**

A szitanyomtatás egyike a legrégebbi nyomtatási technikáknak. Bár már számos technológiai fejlesztés történt mostanáig, a festékátvitel alapelve nem változott jelentősen. Az alkalmazás egyszerűsége teszi ezt a nyomtatási technikát egy nagyon vonzó választásnak a festékek és a műszaki bevonatok nyomtatására, és ezért a szitanyomtatás ma nem csak képzőművészeti nyomtatási technika, hanem ipari gyártási folyamat is. Dekorációkhoz az alkalmazása nagyszabású, az óriásplakátoktól a kis formátumú matricákig, a háztartási termékektől a textilmintázásig és a nagy példányszámú csomagolóanyagok nyomtatásától a diszpléjek gyártásáig. A szitanyomtatás gyártási folyamata költséghatékony megoldást biztosít a nyomtatott elektronikák, kondenzátorok, membránégők, napelemek, orvosbiológiai érzékelők stb. részére.

A szitanyomtatás vastag festéket, vagy bevonat réteget (5-25  $\mu\text{m}$ ) hoz létre a nyomathordozók széles skáláján, amely az egyik fő előnye más nyomtatási technikákhoz képest. Ezt a vastag festékréteget érezni is lehet, nem csak látni; ezért a 3D-s vizuális hatások mellett, a szitanyomtatás használható 3D-s objektumok vagy a Braille ábécé készítésére is. A rugalmas nyomóforma szitaszövevből és sablonból áll, lehetővé teszi háromdimenziós objektumok nyomtatását nem csak sík nyomathordozókra. A szitaszövet azon képessége, hogy alkalmazkodik a nyomtatott anyagok nagyon különleges felületi jellemzőihez, sokkal több alkalmazási lehetőséget nyújt, mint bármely más közvetlen nyomtatási technika. A széles nyomdafesték tartomány magában foglalja nem csak a tipikus grafikai ipari alkalmazásokat, de a különleges hozzáadott értékű nyomtatást vagy az elektronikus alkatrészek vagy érzékelők előállítását is.

A szitanyomtatás sokoldalú alkalmazása nem teszi lehetővé egy egyszerű piaci részesedés elemzését, a trend prognózis sokkal bonyolultabb, mint a többi nyomtatási technika esetében. Például Moldvay szerint (2012), a kereskedelmi grafikai termékek piacának megoszlásában (magazinok, könyvek, plakátok, stb.) a szitanyomtatás körülbelül 9% -ot tett ki, 2012-ben az USA-ban. Másrészt a nyomtatott elektronika területén a szitanyomtatás az egyik fő nyomtatási technológia.

**Irodalom:**

Baro, J, et al. (2008). UV technology A practical guide to all printing processes. Wiesbaden: Berufsgenossenschaft Druck und Papierverarbeitung BG.

Ingram, S. (1999). Screen printing primer (2nd ed.). Pittsburgh: GATF Press.

Kipphan, H. (Ed.). (2001). Handbook of print media, technologies and production methods (1st ed.). Berlin: Springer.

Komi, S. (2015). Sakurai Future screenprinting applications. [Online]  
<http://www.natgraph.co.uk/pdfs/Sakurai%20Future%20Screenprinting%20Applications%20by%20Shoichi%20Komi.pdf>

Market and Markets. (April 2014). Printed electronics market by material (substrates & inks), technology (screen, gravure, inkjet & flexography), application (displays, sensors, OLEDs & PVs), and geography - Analysis and forecast to 2013-2020 [Online].

<http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/printed-electronicsmarket-197.html>

Novakovic, D., Kasikovic, N., Vlastic, G., Pal, M. (2016): Screen Printing - Printing on Polymers. Fundamentals and Applications. Ed. Izdebska, J. and Sabu, T. Oxford: William Andrew. str. 247-262

Saatiprint. (2001). Handbook tech tip for screen printers. USA: SaatiPrint.

## 9. Tamponnyomtatás

A tamponnyomtatás egyike a legrégebb nyomtatási technikáknak, a tizennyolcadik század végén jelent meg, amikor először használtak kék festéket, porcelán felületén. A porcelánok díszítését zselatin anyaggal feltöltött puha tamponnal (párna, pad) végezték, amely átadta (közvetítette) a festékképet a nyomathordozó felületre. Az első nyomóformák rézből készültek, a nyomóelemeket kézzel vésték. Az elmúlt években a nyomóforma készítés megváltozott, ma már a képeket fotomechanikai módszerrel adják át, majd vésik a nyomóforma felületébe. Hasonló változások történtek a nyomdafestékek területén is; az első, terpentin alapú festékeket lecserélték oldószeres festékekre, mivel az oldószermentes festékek nem igazán alkalmasak tamponnyomtatáshoz.

A tamponnyomtatás elsőként megjelent ipari alkalmazásaiból az egyik a kínai babák többszínű szemeinek a nyomtatása volt. Az első igazi ipari alkalmazást mechanikus tamponnyomógéppel a késő 1960-as években alkalmazták, a svájci óragyártásban. Ipari célra kivitelezett tamponnyomó gépek megjelenésével, a tamponnyomtatás technológiája tovább fejlődött, és alkalmazása elterjedt. Számos technológiai fejlődés, mint a szilikon párnák és hatékonyabb gépek bevezetése, valamint új alkalmazások kifejlesztése tökéletes lehetőséget biztosított a tamponnyomtatási folyamat fejlődéséhez. A tamponnyomtatás ma a legsokoldalúbb folyamat, jól bevált technológia, amely lefedi a különböző iparágak és alkalmazások széles skáláját.

A tamponnyomtatás az egyik nyomtatási technológia, ahol a nyomathordozó és a nyomtatott kép mérete "korlátokat" jelent. A folyamat nagy előnye a viszonylagos egyszerűsége, és az, hogy nem drága technológia. Lehetőséget nyújt síktól eltérő felületek és 3D-s tárgyak nyomtatására is, mely a többi nyomtatási technológiánál problémát jelent. Ez a technika alkalmas strukturált felülete, valamint nagyon sokféle típusú nyomathordozó nyomtatására, mint például a kerámia, üveg, fém, szintetikus anyagok, papír, fa stb. A technológiát leggyakrabban díszítési célokra használják.

Néhány példa a technológiával nyomtatott termékekre és az iparágakra: promóciós anyagok, számítógépes billentyűzetek és számítógép-alkatrészek, elektronikai ipar, félvezető ipar, autóiipari alkatrész ipar, CD-k, játékok, háztartási készülékek, kerámia, orvosi-alkatrészek és műanyag alkatrész ipar, sportszerek, és még sok más.

### 9.1 A tamponnyomtatás alapja

A tamponnyomtatás egy közvetett mélynyomtatási folyamat, amely a nyomtatási eljárás során közvetítő elemet (felületet), úgynevezett tampont (angolul: pad) vagy hengert (angolul: roller) alkalmaz a megtervezett kép reprodukálására. A nyomtatás során a nyomóforma csészéit feltöltik nyomdafestékekkel és egy acél penge (rákelkés) segítségével a felesleges festéket eltávolítják a nemnyomóelemek területéről. Ennek következtében a nyomdafesték csak a mélyebben fekvő csészékben marad. A nyomó tampon, amely nyomóforma festékezése közben fölötte található, (vagy a nyomathordozón, a tamponnyomtatás típusától függően. Azáltal, hogy a nyomóformára süllyed, a nyomdafesték átadódik a nyomóformáról a tamponra. Az utolsó lépésben a nyomdafesték továbbítása történik a tampon felületéről a nyomthordozóra, amellyel a nyomatkép létrejön.

A minőségi nyomtatás eléréséhez megfelelő nyomóformát és nyomó tampont, valamint alkalmas tulajdonságokkal rendelkező nyomdafestéket kell használni.

Napjainkban elsősorban kétféle nyomóformát használnak, nevezetesen a polimer és az acél nyomóformákat. A nyomtatástól függően, a legnagyobb és/vagy legkisebb nyomtatott terület festék fedettsége és a festék rétegvastagsága vagy a szükséges festék opacitás alapján kerül kiválasztásra a nyomóforma típusa. A képek átvitele a nyomóforma felületére film levilágításával vagy lézeres technológia alkalmazásával történik. Mindkét esetben, a megtervezett képet (nyomóelemeket) a nyomóforma felületébe vésik, változó mélységgel. Ez a paraméter befolyásolja a nyomathordozóra átadott nyomdafesték mennyiségét (vastagságát). Olyan esetekben, ahol nagyobb elemeket (nagyobb, mint 5 mm) kell nyomtatni, raszterrácsot használnak, ami kiküszöböli a nyomdafesték egyenlőtlen elosztása által okozott problémát.

A tampon elsősorban szilikon gumiból készül, számos paramétere jelentősen befolyásolja a nyomatok minőségét: alak, méret, keménység, anyagjellemző és a tampon felületi minősége. Ezeknek a paramétereknek a változása minőség változást okozhat a nyomatokon. A tampon alakjának kiválasztása a kép mérete (nyomóelemek területe) és a nyomathordozó alakja alapján történik. A keménységet a képrészletek finomsága és típusa alapján állapítják meg – általában a keményebb tamponokat kisebb elemek nyomtatásához használják, bár a nyomathordozó alakját és mechanikai tulajdonságait sem lehet figyelmen kívül hagyni. Különösen, ha a nyomathordozó alakja kerek, a tamponnak át kell ölelni azt, hogy megfelelően átvigye a nyomatképet. Más paraméterek hasonlóképpen változhatnak a rendeltetészerű használatnak megfelelően.

Két módszert használnak tamponnyomtatásnál a nyomóforma festékezésére, a nyitott és zárt festékező rendszert. A megfelelő rendszer kiválasztása teljes egészében a rendelkezésre álló technológiától és a nyomdásztól függ. Függetlenül a technológiától, két fő paraméter befolyásolja a nyomdafesték tapadását: a viszkozitás és a párolgás.

A viszkozitás szabályozása a nyomdafestékben lévő oldószer mennyiségével történik, amelyet egyedileg állapítanak meg minden típusú nyomdafestéknél. Az oldószer komponens meghatározza a párolgási folyamatot a száradás vagy a sugárzás hatására történő keményedés során, és felelős a festékátadása során festéktapadás (tack) megvalósulásáért, mivel a tamponnyomtatás ennek hiányában nem lesz megfelelő. Rendkívül fontos, hogy a nyomtatás során a viszkozitás állandó maradjon. A különösen nagy viszkozitás statikus problémákat okozhat, az alacsony viszkozitás pedig csökkenti a nyomatok opacitását. A vizes nyomdafestékek például, soha nem alkalmazhatók sikeresen tamponnyomtatásnál, mivel nem tudnak létre hozni elégséges tapadást.

Jó minőségű nyomatok eléréséhez, a festékeket megfelelően meg kell szárítani a nyomathordozón. A szárítási folyamat első szakaszában az oldószer párolgása történik, amely teljes egészében fizikai száradás. A második fázisban a kémiai reakció során a kisebb kötő molekulák összekapcsolódása történik meg. A teljes tapadás, keményedés, és a nyomdafesték megszáradása időigényes (akár 6 nap is lehet), de felgyorsítható megfelelő hőkezeléssel az utolsó oxidatív szakaszban.

Tamponnyomtatásnál, a nyomatokon a nyomdafesték rétegvastagsága körülbelül 5-8  $\mu\text{m}$  (néhány esetben kisebb is lehet, akár 2  $\mu\text{m}$  is). Ez az érték változhat az alkalmazott

nyomdafestéktől és oldószertől, a viszkozitásától, a nyomóformán a csészék mélységétől és a nyomtatási körülményektől (pl. hőmérséklet és páratartalom) függően.

Eredményes nyomtatáshoz, a nyomathordozót megfelelően elő kell készíteni. A nyomathordozó típusától függően, többféle előkezelés is használható, amely javítja a nyomdafesték tapadását a felülethez, és stabilizálja (pl. növeli) a felületi feszültségét. Az előkezelés módja lehet: lángkezelés, koronakezelés, kötő anyagok alkalmazása, a felület ionizálása, és utókezelés. A nyomathordozó felületének *lángkezelése* szabályozott lánggal történik, amely nagyobb felületi feszültséget eredményez. Hátránya ennek az előkezelésnek a nyomathordozó fényességének csökkenése. *Koronakezelés* során a nyomathordozó felületét ionokkal és elektronokkal kezelik, amelyek változást okoznak a felső molekula réteg statikus töltésében, így növelik a felületi feszültségét. *Kötőanyagok* használata során a nyomathordozó felületének kémiai változása történik, amelyet az eljárás során bevonnak egy kiválasztott anyaggal. A kötőanyagok kémiaiilag gravírozzák a felületet, ezáltal lehetővé téve a jobb nyomdafesték tapadást. Ez az előkezelés csak kis példányszámoknál megfelelő, és szükségessé teszi a megfelelő szellőzést a gépteremben. Az *ionizálás* nagyon jól használható előkezelése a műanyag felületeknek, amellyel elektromos töltést hoznak létre a felületen (pl. statikus elektromosság). Ionizációs kezeléssel eltávolítják a statikus elektromos töltést a felületen felhalmozódott finom por részecskékkal együtt. Az *utókezelés* fő célja a nyomdafesték megkötési idejének csökkentése, ami magába foglalja a lángkezelés, a meleg levegővel való kezelés és az infravörös sugárzásos szárítás használatát.

A tamponnyomtatás technológiájának alapvető elemei a nyomóforma, a tampon, a nyomdafesték, és a nyomógépek.

## 9.2. Nyomóforma

A nyomóforma (más néven klisé) a megtervezett kép hordozója, amelyről átadásra kerül a szinte bármilyen alakú nyomathordozóra, tampon közvetítésével. A kép átadása előtt, a nyomóformát megfelelően elő kell állítani. Film levilágítása vagy lézeres technológia előhívással együtt lehetővé teszi a kép vésését a nyomóforma alpjába. A nyomóforma anyagától függ az eljárás többféle lehet.

A nyomóformák leggyakrabban acél vagy polimer anyagból készülnek, különböző alakban és méretben. Az anyag kiválasztása elsősorban a nyomathordozó típusától, a nyomtatás jellegétől (nagy vagy kis példányszám), a megtervezett képtől (a legnagyobb vagy/és legkisebb nyomtatási terület), és a nyomdafesték vastagságától (fedőképesség) függ.

Nagy példányszámokhoz általában vastagabb acél nyomóformákat, míg közepes- és kis példányszámoknál polimer vagy vékony acél nyomóformákat használnak. A nyomóforma anyaga lehet alumínium, kerámia vagy króm is, de ezeket az anyagokat nem használják széles körben. A nyomóformák lehetnek egyoldalúak vagy kétoldalúak, amely csökkenti az anyagköltségeket.

### 9.2.1. Nyomóforma készítés

A nyomóforma készítés során a képet egy sík vagy henger alakú nyomóformába vésik, a nyomógépek típusától függően. Két alapvető vésési eljárás ismert: a hagyományos

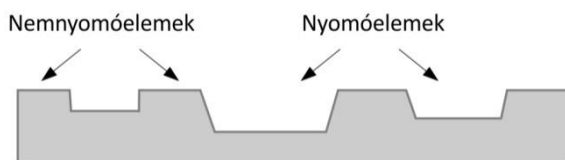
fotomechanikai (UV-lexpozíció) és a digitális (CtP, computer to plate) technológia. A gyakorlatban azonban, néha a mechanikus vésést is használják.

A *hagyományos* eljárás a pozitív film UV sugárzással történő megvilágításából, a kémiai előhívásból és a vésési folyamatból áll. A film nyomóelemeinek, éles szélűeknek és nagy opacitásúaknak kell lennie, a kép jó minőségű átadása érdekében a filmről a nyomóformára.

A *CtP* eljárás lézeres technológiát (CO<sub>2</sub> vagy YAG lézerek) használ a nyomóformán a nyomóelemek létrehozására. A CtP nyomóforma készítés kiiktat számos változót és folyamatlépést a hagyományos eljárásokból. Nem igényel filmet vagy vegyi anyagok használata is csökken. A számítógép vezérlésű vésésnek köszönhetően, a CtP technológiával előállított nyomóformák kiválóak, a megismételhető pontosság, az állandó nyomóelem mélységek, a speciális nyomtatási feladatok és nyomdafesték típusok kompatibilitása miatt.

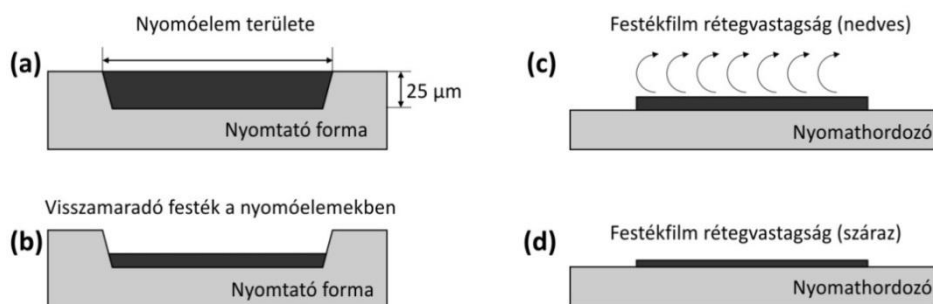
*Mechanikus vésés* a kis példányszámú tampon nyomóformák részére alkalmazható eljárás. A technológia nem igényel filmeket és fényérzékeny anyagokat. A nyomóforma alapanyaga minősített lamináltum, amelyen a megtervezett képet közvetlenül vésik számítógép-vezérelt vésőgépben. Ezzel az eljárással készült nyomóformák gyengébb minőségűek, és többnyire kódolásnál és egyszerűbb nyomtatott kiadványoknál alkalmazzák.

A nyomóforma felületére vésett nyomóelemek képviselik az átadásra kerülő, megtervezett képet (9.1. ábra). A vésett nyomóelemeket a nyomóforma felületében feltöltik festékkel, és így biztosítják a képátadást a tampon közvetítésével a nyomathordozóra.



9.1. ábra. Tampon nyomóforma felületi struktúrája.

A nyomóelemek alakja és minősége, befolyásolja a nyomathordozóra átadott nyomdafesték mennyiségét és meghatározza a nyomatok reprodukálhatóságát. Különböző árnyalatú szín/színek hozhatók létre a nyomóformák különböző mélységű nyomóelemeivel. Mélyebbre vésett nyomtatási területek sötétebb árnyalatokat reprodukálnak, míg a világosabb árnyalatokat sekély nyomóelemekkel hozzák létre.

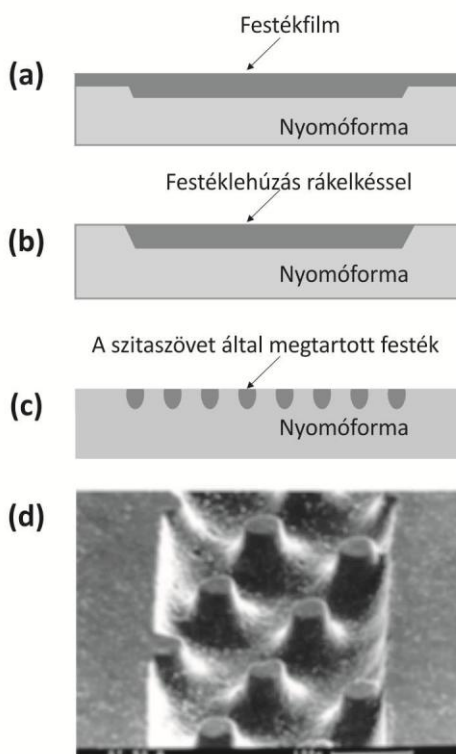


9.2. ábra. Nyomóforma nyomóelemeiben lévő és az átadott nyomdafesték (a) nyomdafesték vastagsága a vésett nyomóformában; (b) az átadott nyomdafesték a nyomathordozón, 12 µm; (c) a nedves film vastagság; (d) száraz film réteg vastagság körülbelül 2 µm.

A vésett mélység 25  $\mu\text{m}$ -tól változhat 65  $\mu\text{m}$ -ig, de mivel a tampon csak korlátozott mennyiségű festéket képes továbbítani, nagyobb mélység szükségtelen (felesleges). Például a 25  $\mu\text{m}$ -es mélységben vésett nyomóelemből a tampon csak 12  $\mu\text{m}$  vastagság festékréteget tud felvenni (9.2. ábra). A többi festék a nyomóelemek mélyedéseiben marad.

### 9.2.2. Rácsfelbontás

Tamponnyomatásnál, különösen, ha a nyomtatási terület meghaladja az 1  $\text{cm}^2$ -t, a rákelpenge meghajolhat egy kicsit, a egyenetlen nyomdafesték átadást okozva a nyomathordozóra. Ennek elkerülése érdekében rácsfelbontást (más néven rácsponthialakítást) alkalmaznak, miután a pozitív filmet UV sugárzással megvilágították. A rácsfelbontás magában foglalja a rács film használatát, amelyet a nyomóforma alapjára ráfektetnek, és ismét megvilágítanak UV sugárzással. A rácsot meghatározza a sűrűség és a rácsponth méret. Rácsfelbontással a vésett nyomóelemek durvább felületűek (kis tarajak) lesznek, és ezzel a rákel meghajlása megakadályozható (9.3. ábra).



9.3. ábra. Különbség a rácsfelbontás nélküli vésett nyomóforma és a rácsfelbontást alkalmazó vésett nyomóforma között.

(a) festékréteg befedti a vésett nyomóformát; (b) a nyomdafestéket kiemeli a rákelpenge; (c) vésett nyomóforma rácsfelbontással; (d) stégek a nyomóforma vésett területein.

A rácsfelbontásban kiegészítő rács használata nagy hatással van a nyomtatott kép minőségére. A leggyakrabban használt rácssűrűség 80 vonal/cm, 0,02-0,03 mm rácsponth mérettel. A kisebb sűrűségű rácsok mélyebb csészéket eredményeznek, amely magasabb festékfedettséget hoz létre, de csökken az élesség, míg a nagyobb sűrűségűek sekélyebb csészéket formálnak élesebb karakterekkel, de gyengébb nyomatfedettséggel.

A rácsfelbontás, sajnos, néhány hiányosságot is okozhat a kép kialakulásban a nyomóforma felületén; például ha egy megtervezett kép vékony vonalakat tartalmaz, az utólagos rácsozás ezek csökkenését okozza a nyomóforma felületén. Jobb eredményt lehet elérni, ha kombinálják az alapvésést (a finom vonalak területein) a rácsfelbontással történő véséssel (a kép más területein). Ennek elérése érdekében a kép rácsrabontott és nem rácsrabontott területeit külön-külön kell vésni, ez viszont magas szintű szakértelemet és tapasztalatot követel. Csak korlátozott számú nyomóforma forgalmazó képes az ilyen jellegű munkákra.

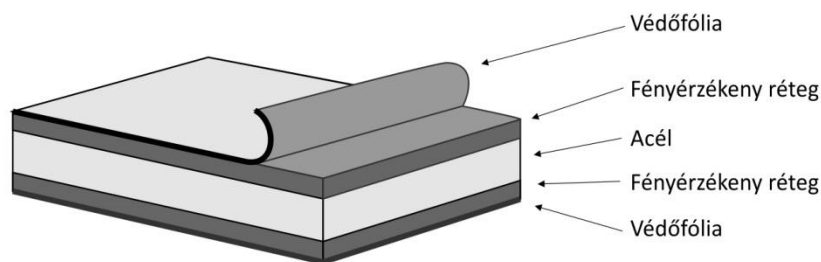
### 9.2.3 Tampon nyomóforma típusok

Különböző formájú és méretű nyomóformák léteznek, amelyek elsősorban a nyomógép technológiájától és példányszámtól függenek. Készülhetnek különböző anyagokból is, mint acél (vastag vagy vékony), fotopolimer, kerámia, alumínium, vagy króm.

#### *Vastag acél nyomóforma*

A vastag acél nyomóforma vastag acélból készül, nagy pontosságú és rendkívül finom felülettel, amelybe a nyomóelemeket vésik. Az alapanyag a legjobb minőségű, megmunkált acél. Bizonyos mennyiségű krómot és szenet tartalmaz, amely megnöveli a nyomóforma példányszám állóságát. Az optimális keménysége 62-64 Rc (azaz Rockwell C skálán) és a felületének átlagos érdesség (Ra) értéke kisebb, mint 0,2  $\mu\text{m}$ .

A vastag acél nyomóformákat nagy példányszámokra szánják 2.000.000 nyomatig. A szokásos vastagsága 10 mm körüli, amely a nyomdafestéktől, a nyomathordozótól, a nyomástól, és az elvárt nyomtatási minőségtől függ. A nagy vastagság miatt csak az egyik, vagy mindkét oldalon használhatók (9.4. ábra).



9.4. ábra. Kétoldalú fém nyomóforma felépítése.

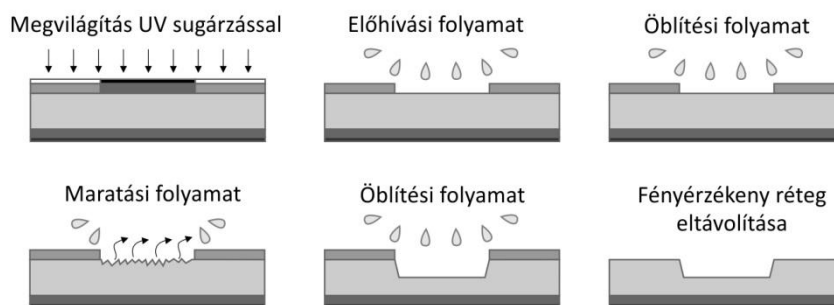
Az acél nyomóformák többféle módszerrel is előállíthatók. Leggyakrabban, a kialakított képet kémiai módszerrel (fotokémiai reakció) vagy lézerrel vésik az alapanyagba.

A fotokémiai reakción (UV megvilágítás) alapuló módszerhez több gyártási fázis tartozik (9.5. ábra): a nyomóforma bevonása fényérzékeny réteggel (az acél egyik vagy akár mindkét oldalán), szigorúan meghatározott és ellenőrzött vastagsággal és összetétellel, amit védőfóliával védenek.

Az UV megvilágítás előtt a védőfóliát maradéktalanul el kell távolítani, majd ezután egy pozitív filmet helyeznek a nyomóformára az emulzióval lefelé (9.5. ábra). UV sugárzás hatására megindul a fotokémiai reakció a fényérzékeny rétegben, ami a film által nem lefedett



területeket megkeményíti. A film által lefedett területek az előhívó oldatban oldhatók és eltávolíthatók lesznek.



9.5. ábra. Vastag tampon nyomóforma készítésének folyamata

Az UV sugárással megvilágított és előhívott nyomóformát sósavba vagy vas-klorid fürdőbe merítik a kép vésése érdekében. Az említett vegyi anyagok különböző felületeket hoznak létre a nyomóelemek alján: sósav feketét, míg a vas-klorid acél színű felületet hoz létre. A vas-klorid szélesebb körben használatos, mert kevésbé agresszív, és jobban szabályozható. Simább vésett felületet eredményez, amely sokkal egyenletesebb. A vésett mélység általában 25  $\mu\text{m}$ , de ez változhat a speciális alkalmazásoknál; például, a kerámiák nyomtatásánál a mélység akár 65  $\mu\text{m}$  is lehet, valamint árnyalatoknál 30  $\mu\text{m}$ -ig mehet.

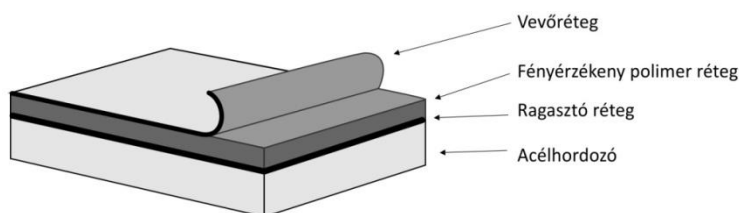
Vésés után a nyomóformát le kell öblíteni lágy vízzel, a maradék fényérzékeny réteg eltávolítása érdekében, majd megszáritani. A kész nyomóformát védeni kell az oxigéntől olajozott papír csomagolóanyaggal.

#### Vékony acél nyomóformák

A vékony acél nyomóformákat a nyomóforma alap rétegének (az acélnek) csökkentése érdekében fejlesztették ki. A vékony acél nyomóformák vastagságát jelentősen csökkentették (csak körülbelül 2 mm) és csökkentették keménységét (55 Rc-re, a 62/64 Rc vastag acél nyomóformákkal szemben) is, ami rövidebb gyártást eredményez, az acél durvább kristályos szerkezetének köszönhetően. A gyakorlatban legfeljebb 150.000 nyomathoz megfelelőek. A vékony acél nyomóformákat, ugyanúgy gyártják, mint a vastag acél nyomóformákat.

#### Fotopolimer tampon nyomóformák

A fotopolimer tampon nyomóformákat a magasnyomtatás és flexónyomtatás nyomóformáiból fejlesztették ki. Egy acéllemez hordozón UV sugárással fényérzékenyített polimer műanyag réteg található, amit ragasztó réteggel rögzítenek (9.6. ábra).

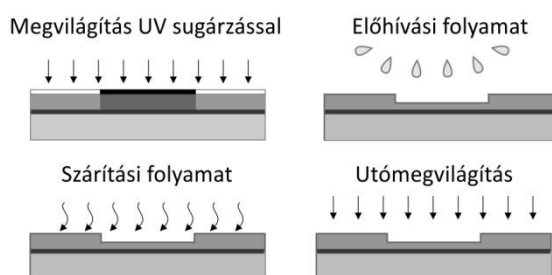


9.6. ábra. Fotopolimer tampon nyomóforma felépítése.

A vastagságuk 0,3 és 0,75 mm között mozog, amely mint kisebb az acél nyomóformákénál.

Az ilyen típusú nyomóformák lehetővé teszik nagyon finom részletek előállítását, de a példányszám állóság csak mintegy 100.000 nyomatra korlátozódik, a felület érzékenysége miatt, amely könnyen megsérül, durva kezelés vagy a rákekés miatt. A polimer réteg típusa és vastagsága határozza meg a fotopolimer nyomóforma tényleges tartósságát, valamint a nyomtatott kép minőségét. Például vékony polimer réteg lehetetlenné teszi a nagy vésett mélységet, amely megváltoztatja a nyomtatott kép színegyensúlyát. Egy másik hátránya ezeknek a nyomóformáknak, hogy nem kompatibilis néhány nyomdafestékekkel. Bizonyos esetekben, a nyomdafestékeket (főleg a kétkomponensű festéket) nehezen lehet letisztítani a nyomóelemekről, így szellemkép maradhat a nyomatokon.

A polimer nyomóformák előállítása több fázisból áll. A pozitív film UV megvilágítása előtt, a védőfóliát el kell távolítani. Ezután a pozitív filmet, emulzióval lefelé el kell helyezni a polimer rétegen, majd megvilágítani UV sugárzással (9.7. ábra).



9.7. ábra. Polimer tampon nyomóformák készítésének folyamata.

Az UV sugárzással történő megvilágítás hatására elkezdődik a molekulák polimerizációja a polimer anyag megvilágított részein (amelyek nincsenek lefedve a pozitív filmmel). A létrejövő makromolekulák hossza határozza meg a nyomóforma végső keménységét. A jó minőségű polimer anyagokkal több, mint 100.000 nyomat készíthető, amelyek képfelbontása eléri vagy meghaladja a vésett acél nyomóformák felbontását. Alacsonyabb minőségű anyagokkal csak néhány száz vagy néhány ezer nyomat nyomtatható, alacsonyabb minőséget nyújtó képfelbontással. Az UV expozíció után a nyomóformákat kémiai és mechanikai módszerekkel kimossák (előhívják), azokat a részeket eltávolítják, amelyek oldhatókká váltak (a polimer anyag megvilágítatlan részei), és így alakulnak ki a nyomóelemek. A polimer nyomóformák gyártása, a szárítással és az UV utómegvilágítással befejeződik. Ez utóbbi hatására befejeződik a polimerizáció a polimer rétegben, biztosítva a nyomóforma stabilitását.

A gyakorlatban két alapvető típusa van a fotopolimer tampon nyomóformáknak, amelyek kémiai összetételben különböznek, és eltérő oldatokat igényelnek az előhívási folyamatban. A vizes kimosású tampon nyomóformák csapvízben oldódnak, további anyagok hozzáadása nélkül, ezáltal ezek a biológiailag lebomló és így környezetbarát nyomóformák. Az alkoholban oldódó 8szerves oldószeres kimosású fotopolimer tampon nyomóformák pedig nem környezetbarát nyomóformák, szükségessé teszik az előhívó anyagok visszanyerését és megfelelő szellőztetést a kimosás (előhívás) során. Az alkohol kimosású tampon

nyomóformák jobb mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek, ezért gyakran használják azokat, azonban kevésbé ellenállóak a tamponnyomó festékekben lévő néhány oldószerrel szemben.

#### *Hengeres acél tampon nyomóformák*

A rotációs tampon nyomógépek hengeres acél nyomóformákat, más néven acél hengereket használnak. Az előállításuk nagyon drága, a szükséges különleges gravírozási technika vagy a lézeres rendszer miatt, de lehetővé teszik nagy példányszámok nyomtatását. Az ilyen fajta tampon nyomóformát használatják a kódolás vagy számozás esetén alkalmazzák, mint például a gyártási dátumok, tételek száma, modellek száma stb. nyomtatásához.

#### *Kerámia tampon nyomóformák*

A kerámia tampon nyomóformák viszonylag újak a tamponnyomtatásban. Az ilyen típusú nyomóformákat a kerámia felületén a képnek a közvetlen kialakulásával állítják elő lézersugárzással, CtP technológiával. A nyomóformák kitűnő keménységűek, 2.000.000 nyomat is nyomtatható.

#### *Alumínium tampon nyomóformák*

Az alumínium tampon nyomóformák galvanizált bevonattal rendelkeznek. A képet a felületbe mechanikai vagy lézeres véséssel hozzák létre. Sajnos ezek a nyomóformák, nem pontosak és ennek köszönhetően árnyaltos képek előállítása nem lehetséges. Ezekkel a nyomóformákkal készített képek minősége optimális, de a gyakorlatban elsősorban kisebb képekhez, és közepes példányszámokhoz megfelelőek, maximum 450,000 nyomathoz.

#### *Króm tampon nyomóformák*

A króm tampon nyomóformák egy bronz hártából, és egy kemény foto-bevonású felső króm rétegből állnak. A nyomóformák előállítása viszonylag drága, mivel többfokozatú gravírozást és a feldolgozás során keletkezett anyagok ártalmatlanítását igénylik. A króm tampon nyomóformákat nem használják gyakran a gyakorlatban, habár akár 100.000 nyomat is készíthető velük.

### **9.3 Tampon**

Tamponnyomtatásnál a tampon fő feladata a nyomdafesték (nyomatkép) közvetítése a nyomathordozóra. Mivel a tamponnyomtatás technikája alkalmas különböző formájú és felületi struktúrájú nyomathordozók nyomtatására, a nyomó tamponoknak az lakját deformálni kell a nyomdafesték átadása során a nyomatkép deformációja nélkül. Erre a célra eltérő formájú, méretű és keménységű tamponokat ajánlanak.

Az első tamponok zselatinból készültek, ami korlátozta a méretet és a rugalmasságot, és gyakran a nyomdafesték átadása előtt be kellett porozni a felületüket, hogy fokozzák a nyomdafesték átadást a nyomathordozóra. Ma a tamponok szilikon gumiból készülnek fröccsöntési eljárással. Az alapanyag: szilikon gumi, melyhez szilikon olajat, katalizátort és pigmenteket adagolnak. Mivel a szilikon gumik különböző keménységűek lehet, a hozzáadott szilikon olaj mennyisége közvetlenül befolyásolja a tampon keménységét, a

szakítószilárdságát és a szakadási ellenállását, amelyet csökkenteni lehet. A szilikon olaj mennyisége hatással van az oldószerekkel szembeni duzzadási ellenállásra és megváltoztatja a festékátadási tulajdonságokat is. Pigmenteket használnak, a tampon keménységének megkülönböztetésére (különböző színű tamponok).

Miután a tampon keverék elkészült, formákba öntik és a megszáritják. Száradás során a szilikon gumi kétféle módon térhálósodhat – polikondenzációval és poliaddícióval. A polikondenzáció a tamponnak jobb fizikai tulajdonságokat ad (jobb duzzadási és oldószerekkel szembeni ellenállási tulajdonságok és szakadási ellenállás); azonban az alap szilikon gumi anyag felhasználási költsége nagyobb, összehasonlítva a poliaddícióval történő térhálósodással. A fröccsöntött és megszáritott tampont hozzáerősítik alumínium, fa, vagy nejlón alaplaphoz, amely lehetővé teszi majd a tamponnyomógépbe szerelését.

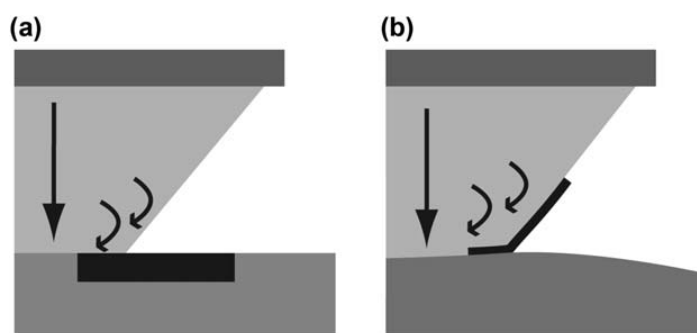
A fa alapok előállítása és használata egyszerű, de nehéz a pozicionálása a nyomdagépben; az alumínium alaplapok lehetővé teszik a nagyon pontos elhelyezést a nyomógépekben, ezért gyakran használják azokat, míg a nejlón alapok lehetővé teszik az alumínium alapoknál alacsonyabb költségeket.

A nyomó tamponok jellemzői nagyon fontos szerepet játszanak a működésükben, és ennek következtében nagyon erősen hatnak a gyakoroltnak a nyomtatott kép minőségére.

### 9.3.1. A tampon alakja

A nyomatképtől függően, a tamponoknak három alapvető formája van: kúp alakú, félhold alakú, és a "V", vagy háztető alakú tampon. A kúp alakú tampon szimmetrikus képeket tartalmazó síkfelületek nyomtatására használható, a félhold alakú tampont ívelt felületeken lévő hosszú szövegek nyomtatására használják, míg a "V"-alakú tampont sík felületeken lévő hosszú szövegek nyomtatására használják. Ezekon kívül, számos különleges formát is lehet használni s különleges alkalmazásokhoz.

Függetlenül a tampon formájától, nagyon fontos, hogy lehetővé tegye a legördülést a nyomóformán és a nyomathordozón (9.8. ábra). A legördülés ugyanis megakadályozza a légbuborékok keletkezését a nyomdafestékekben, amelyek (szétrepedés után) kis festékmentes területeket hagyhatnak a nyomképen, alacsony nyomtatási minőséget eredményezve.



9.8. ábra. A nyomó tampon legördülése.  
(a) a nyomóformán és (b) a nyomathordozón

### **9.3.2. A tampon mérete**

A tampon alakjának és méretének alkalmazkodni kell a nyomtatási felület méretéhez (a megtervezett képhez). A tampon külső méreteinek legalább 20%-kal nagyobbak kell lennie, mint a kép mérete, a torzítások elkerülése érdekében.

Nagyobb képek nyomtatásához, ahol a képátvitelhez nagy összenyomó erő szükséges, speciális tamponokat használnak üreges testtel vagy dupla keménységű tamponokat. Az üreges tamponokat feltöltik levegővel, mielőtt a nyomdafestéket felveszi a nyomóformáról, ami azután kifűvődik az érintkezés során, mialatt a nyomdafesték átadódik a nyomathordozóra. Ezek a fajta tamponok lehetővé teszik a képekátadást 180°-os gömb alakú felületekig, míg más tamponok csak legfeljebb 100°-ig. A kétszeres keménységű tamponok egy magból és egy héjből állnak; a mag alacsonyabb keménységű szilikon gumiból, míg a héj keményebb szilikon gumiból készül.

### **9.3.3. A tampon keménysége**

A tamponok keménysége a hozzáadott szilikon olaj mennyiségétől függ. Általában a nyomatkép nagyobb nyomtatási minőségét eredményezik a keményebb tamponok, de nem képesek sokféle nyomathordozóra nyomtatni. A tamponok keménységét Shore keménység egységgel adják meg, de a besorolás lehet eltérő is, a mérési egységtől függően: a ShoreA (ShA) Európában használatos, a Shore00 (Sh00) pedig az Egyesült Államokban. A tamponok különböző színekben készülnek a keménység könnyebb megkülönböztetése érdekében.

### **9.3.4. A tamponok felületi kikészítése**

Az öntött tamponoknak nagyon fényes a felületük, amelyet érdesíteni kell annak érdekében, hogy a nyomdafesték át tudjon adódni a nyomóformáról a tamponra, és a tamponról a nyomathordozóra. A felületet erős oldószerekkel (pl. hígítók) kezelik, amely részben eltávolítja a szilikon olajat a tampon felületéről, így durvává válik.

A tampon életciklusa átlagosan 50.000 nyomatig is terjedhet, ami után meg lehet újítani. A felújítás során a megrongálódott felület részeket eltávolítják és újra öntik, így csökkentve az új szilikon gumi tampon magas költségeit.

Minőségi nyomtatáshoz, a tampon felületének tisztának, szennyező anyagoktól mentesnek kell lennie. A nyomó tampon tisztítását a gyakorlatban általában ragasztószalaggal végzik és nem oldószerekkel, mivel ez utóbbi károsíthatja a felületét. A tampont szilárdan kell rögzíteni az alaplapra, és többtamponos (multi pads) nyomtatás esetén be kell igazítani azokat.

## **9.4. A tamponnyomtatás nyomdafestékei**

A tamponnyomó festékek sokféle felépítésben, sorozatban és színben állnak rendelkezésre. Függetlenül a színüktől, a prioritásuk alapja a nyomathordozók nyomtatási feltételei. A tamponnyomó festékek felépítése hasonló a szitanyomó festékekhez, bár számos tényező eltér: nagyobb a viszkozitás, nagyobb a pigment koncentráció (a nyomatok fedettségének javítása érdekében), vékonyabb a festékréteg (akár 10-szer vékonyabb, mint szitanyomásnál) és nagyobb az oldószer koncentráció, amely lehetővé teszi a gyors párolgást a nyomtatás során, így biztosítva a festékátadás minőségét.

A jó minőségű nyomtatás eléréséhez, a nyomdafestéknek a tampont elengedő tulajdonságainak kiválnak kell lennie. A nyomdafestéknek tapadóssá kell válni az átadás során, így erősebb tapadást biztosít a nyomathordozóhoz, és lehetővé teszi a tampon könnyebb elengedését. A festék oldószer komponensének a beállításával érhető el, amely a nyomtatás során elpárolog. A megfelelő nyomdafesték jellemzők biztosításához, különböző oldószereket használnak, különböző párolgási tulajdonságokkal, valamint hígítók és egyéb adalékanyagok is szükségesek, a használt nyomathordozótól függően.

#### **9.4.1. A tamponnyomó festékek összetétele**

A tamponnyomó festékek négy fő összetevőből állnak: kötőanyagok (főleg gyanták), pigmentek vagy színezékek (színezőanyag), oldószerek (vagy hígítók) és speciális adalékanyagok.

A kötőanyagok a tamponnyomó festékek alapvető komponensei, amelyek lehetővé teszik a pigmenteknek a kijelölt nyomtatási felülethez való kötődését.

Az adalékanyagokkal együtt, meghatározzák a festékréteg mechanikai tulajdonságait, mint a tapadás, a kopás és a karcállóság. Különböző típusú kötőanyagok használatosak, mint: akril, epoxi, poliuretán, kolofónium (colophony), melamin, és kondenzációs gyanták, cellulóz-acetát-butirát, kolloidum (collodium), poliészter és PVC gyanták. A tipikus kötőanyag koncentrációját a nyomdafestékben 20%. A gyantától, vagy még gyakrabban, annak keverékétől függően, tamponnyomó festékek, olyan rendszerek, amelyek oldószer párolgásával, polimerizációval, vagy más módszerekkel száradnak a festékek jellegétől, állagától függően. A különböző kötőanyagokat gyakran kombinálják, ezáltal gondoskodva az eltérő tulajdonságokról.

A színezőanyagok a nyomdafestékekben, a színezékek vagy pigmentek. A szitanyomással összehasonlítva a százalékos arány, nagyon magas, csaknem 20%. Ellentétben a pigmentekkel, a színezékek képesek közepesen oldódni nyomdafestékekben, és így jó transzparenciával rendelkeznek. A színezékek, a romló tulajdonságaik (alacsonyabb ellenállási tulajdonságok, mint a pigmentek és magasabb költségek) miatt korlátozottan használhatók a speciális alkalmazásoknál. A tamponnyomó festékeket színezékekkel elsősorban a textilnyomtatásnál használják. Megfelelő színezék kiválasztásával, amely kémiaiilag kötődik a nyomtatott textil felületre/felületbe, nagyobb kopásállóság és karcállósági tulajdonságok érhetőek el. A pigmentek, nem oldódó szerves vagy szervetlen anyagok, (általában por formában), nagy fedettséget és erős színhatást nyújtanak. A pigmentek használatával a kedvező tulajdonságok befolyásolhatók: fényállóság, mosás ellenállás, szín intenzitás, transzparencia és fedettség, tapadás és a külső hatások befolyása, költségek (általában magas) és toxicitás.

Az oldószerek alacsony viszkozitású folyadékok, amelyek a nyomtatási kötőanyagokat folyékonyá alakítják. Elsődleges funkciójuk a nyomdafesték továbbításának biztosítása a nyomathordozó felületére. Bár erősen illékonyak, gyors párolgási tulajdonságaik nélkülözhetetlenek a tamponnyomtatás folyamatában. A tampon nyomdafesték oldószer aránya általában 60 – 70%, attól függően, hogy milyen típusú gyantákat, pigmenteket és nyomathordozókat használnak. Nagyon fontos annak elérése, hogy az oldószer ne párologjon túl gyorsan, mert beszáradhat a nyomóforma nemnyomóelemeibe (csészékbe). Másrészt, ha

az oldószer elpárolgása túl lassú, nem teremt megfelelő festéktapadást a nyomóformában, és a tamponon, ezáltal nagyon gyenge és egyenetlen nyomatképet eredményez. A nyomdafesték teljesítését leggyakrabban az alkalmazott oldószerkeverék határozza meg, amely a nyomdafesték és nyomathordozó tulajdonságain alapul.

A kötőanyag(ok), a pigmentek vagy színezékek és az oldószerek keveréke általában nem megfelelő minőségű, ezért speciális adalékanyagok hozzáadása elengedhetetlen, mert nélkülük a nyomtatott festékréteg törékeny és gyenge lehet. A speciális adalékanyagok befolyásolják a nyomtatott festékréteg jellemzőit, és megakadályozzák a rendellenességeket, mint a festék leválás és a nem megfelelő festékáramlás. A leggyakrabban használt adalékanyagok olyan különböző lágyítószerkeverékek, viaszok és egyéb adalékanyagok, amelyek javítják a befejező kezeléseket. A hozzáadott koncentráció, összehasonlítva más összetevőkkel, viszonylag alacsony, maximum 5%.

A lágyítók (mint lágyítószerkeverékek és felületaktív anyagok), javítják a flexibilitást és a tapadást; ezek tovább finomíthatják a festékáramlást és a pigmentstabilitást. A viaszok és más tixotrop anyagok pedig javítják a mechanikai tulajdonságokat, mint a kopás és karcállóság, és segítenek a festékáramlás javításában is. Az egyéb adalékanyagok általános célja a befejező kezelések javítása (magasabb fényes vagy matt hatás), vagy egyszerűen csak helyettesítik a töltőanyagokat, ezzel csökkentve a nyomdafesték költségeket.

#### **9.4.2. A tamponnyomó festékek típusai**

Kétféle tamponnyomó festéket használnak: egy- és a kétkomponensű nyomdafestékek. Az egykomponensű festékek megfelelőek (elégsek) számos alkalmazás részére. Használhatók a különböző termoplastikus anyagokon, mint a polisztrén, a PVC, a polietilén és a polipropilén. Ezeknek a festékeknek a „tál” élettartama ("pot life") hosszabb, (akár több nap) és könnyebb a feldolgozásuk, mint a kétkomponensű festékeké. A nyomathordozó nyomtatása után, nagyon gyorsan meg kell keményíteni azokat, levegővel vagy hővel, amely során oldószer párolgása történik, míg a kötőanyag kémiaiilag változatlan marad. Bár könnyebb a használatuk, az egykomponensű festékek nem biztosítanak azonos szintű kopás- és karcállóságot vagy mechanikai tulajdonságokat, mint a kétkomponensű festékek.

A kétkomponensű vagy reaktív festékeket komplex nyomathordozókon használják, mint a fém, a műanyag és az üveg, és jó kémiai és a kopással szembeni ellenállásra van szükség, mint a rádió számlapok, számítógép alkatrészek, billentyűs hangszerek és más hasonló termékek. A reaktív festékek összetétele: színező anyag, oldószer és gyorsító (leggyakrabban epoxi polymer vagy más polimer gyanták), amely a száradás során polymerizálódik. A polymerizációs folyamat alatt nő a festék rétegvastagsága. Az oldószer elpárolgása után a festékek kémiaiilag kölcsönhatásba lépnek a nyomathordozó felületével. Ilyen típusú festékeknek rövidebb a "pot" élete" (kisebb, mint 8 óra), így folytatódik a térhálósodás, gél-szerű festéket eredményezve, amely már nem használható tovább a nyomtatáshoz.

A megnövekedett piaci igények a különböző alkalmazások széles spektrumára a legkülönbözőbb, úgynevezett speciális festékek kialakulását eredményezték. Ezek közül néhány: az UV sugárzásra keményedő festékek, a fluoreszkáló festékek, a termikus beállítású és a szublimációs festékek, a kerámia és az üveg festékek és így tovább.

Az oldószermentes UV sugárzásra keményedő festékek (UV-festékek) monomerekből és foto-iniciátorokból állnak. UV-sugárzás hatására keményednek, a festék molekuláris szerkezete megváltozik, makromolekulák kialakulása révén. A festékek nagy előnye a rövid megkeményedési (száradási) idő, a kis oldószer-kibocsátás, és az állandó viszkozitás, valamint, nem hatnak rájuk a nyomtatás külső körülményei. Sajnos, az UV festékek hajlamosak felhalmozódni a tamponon, és ezét problémát okozhat az fedettség; emiatt az UV festékekkel általában világos (light-shaded) nyomathordozókra, vagy a nyomathordozón egy fehér alapra nyomtatnak. Az UV-festékek és a specifikációjuk miatt, ez a technológia eléggé drága. Az ilyen típusú festékek leggyakoribb alkalmazásai a CD-lemezek (CD-k) és a billentyűzetek nyomtatása.

A fluoreszkáló festékek képesek arra, hogy visszatükrözzék a napfényt és az UV sugárzást. Ahhoz, hogy megfelelő tamponnyomtatási eredményeket érjenek el, az ilyen típusú festékekkel több réteget (négy-öt) kell egymásra nyomtatni, a megfelelő fluoreszkáló hatás elérése érdekében. A nagyobb pigment részecskék miatt nagy felbontásban nem lehet nyomtatni.

A hő hatására változó (fluoreszkáló) festékek, csak bizonyos hőmérsékleten keményednek meg. A keményedés ideje fordítottan változik a hőmérséklettel – minél magasabb a hőmérséklet, annál rövidebb a szilárdulási idő. A festékek általában nagyon ridegek, és sokszor csak sötétebb árnyalatokban érhetők el.

A szublimációs festékek, a színezék szublimálásának elvén alapulnak. A nyomdafesték átadása után a nyomathordozót felmelegítik, és a festék színezék a nyomathordozóba szublimál. Miután a nyomathordozó lehül, a színezék a nyomathordozó szerkezetbe lesz bezárva. Az ilyen típusú festékek elsősorban poliészter nyomtatására alkalmasak. A szublimációs tamponnyomtatás hátránya: a nyomtatott festék réteg nem lehet vastag, mert ez a festék kivérzését okozhatja, valamint csak a világos árnyalatú nyomathordozók nyomtatása lehetséges, és a nyomtatás a színilleszkedést pedig szinte lehetetlen megvalósítani. Az ilyen típusú festékek olyan termékek nyomtatására alkalmasak, ahol a felület nagy kopásnak van kitéve.

Hőre lágyuló festékeket használnak üveg és kerámia nyomtatásához. Fel kell melegíteni azokat a nyomtatási folyamat részére, mert a kezdeti szakaszában szilárdak. A nyomtatási folyamatban, a nyomóforma általában fűtött. A nyomdafesték lehül a szilikon tamponnal érintkezve, tapadást létrehozva, és lehetővé téve a minőségi átadását a nyomtatott felületre. A felületen a festéket nagyon magas hőmérsékleten (körülbelül 580 °C üveg és 1200 °C kerámia) ki kell égetni, így nagyon ellenállóvá válik.

A tamponnyomó festékeket négy kategóriába lehet osztani, a száradás mechanizmusa szerint: az oldószer párolgásával, hő hatására, katalizátor vagy UV sugárzás hatására száradó festékek.

## **9.5. A tampon nyomógépek technológiája**

A tamponnyomtatás olyan nyomtatási eljárás, amely lehetővé teszi kisméretű nyomatok készítését. A nyomógépek technológiája tehát nem igazán kifinomult és gépek széles skálája nem áll rendelkezésre. A legújabb piaci igények, a nagyobb nyomtatási minőség, a



termelékenység és minőség-ellenőrzés kifejlesztése azonban az összetettebb és gyorsabb nyomógépeket eredményezett.

Általánosságban elmondható, hogy a tampon nyomógépek állnak: a hajtásból, a tampon tartóból, a nyomóforma asztalból festékező rendszerrel és a nyomathordozó asztalból. Különböznek a meghajtás típusában (pneumatikus, elektromos, hidraulikus és pneumatikus szervo) és festékező rendszerben (nyílt és zárt festékrendszer), a nagy teljesítményű gépek pedig automatikus berakóval rendelkeznek. A többszínű nyomógépek esetén léteznek: lineáris vagy karusszal és számítógépes numerikus vezérelésű (CNC) típusok. Eltekintve az említettektől, vannak különleges tampon nyomógépek is, amelyeket a különleges alkalmazásoknál alkalmaznak, mint a többszínű nyomógépek, a rotációs mélynyomó és kerületi nyomógépek.

Ezen túlmenően a nyomógépek többé-kevésbé automatizáltak és különböző kiegészítőkkel felszereltek, a nyomtatott mérettől, a nyomtatható színek számától, és a termelékenységtől függően.

A legegyszerűbb nyomógépeket kézzel működtetik, melyeket kis példányszámú nyomatokhoz terveztek. A gépek mechanikusan hajtottak, a kezelő izomereje segítségével. Nem rendelkeznek automatizált berakó rendszerrel, ezért a nyomathordozó berakása és kirakása manuálisan történik. Nem ipari célra tervezték ezeket, de használhatók olyan nyomdáknál, ahol nem speciálizálódtak tamponnyomtatásra és használhatók tesztelésre is, mielőtt beigazítanának egy inline nyomtatási folyamatot.

### **9.5.1. A tampon nyomógépek meghajtása**

A tampon nyomógépek lehetnek pneumatikusan, hidraulikusan, elektromechanikusan vagy szervo-pneumatikus hajtással hajtottak. A legszélesebb körben a pneumatikus nyomógépeket használják. Elektromechanikus meghajtást kis - és közepes méretű egységekben alkalmaznak, amely, összehasonlítva a pneumatikus meghajtású gépekkel, lehetővé teszi a csendesebb működést. A hidraulikus hajtás lehetővé teszi, a nagy nyomást (nyomóerőt), és ezért nagyobb képek nyomtatására használják, amelyekben a nyomdafesték átadása a nyomathordozóra nagyobb nyomóerővel történik. A szervo-pneumatikus meghajtást nemrégiben fejlették ki. A fő előnye, a nagy nyomtatási sebesség, és a nagy pontosságú nyomtatás, amely alkalmassá teszi a többszínű nyomtatásra. Ez a fajta meghajtás azonban nagyon drága.

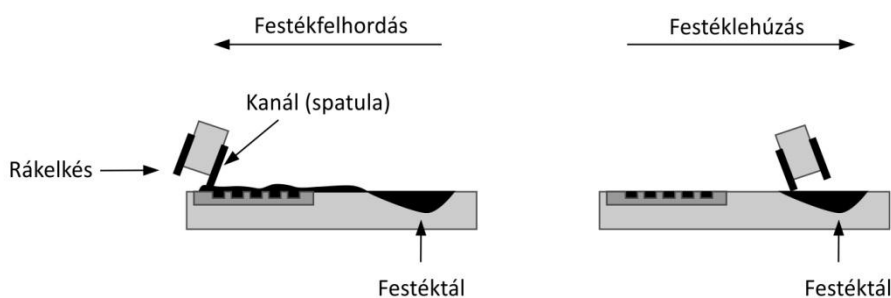
### **9.5.2 Tampon nyomógépek festékező rendszerei**

A tamponnyomógépek festékező rendszereinek biztosítani kell a nyomóforma teljes festékezését, a festék eltávolítását a nemnyomóelemek területeiről (pl. a nyomóforma rákezelésével) mielőtt a nyomó tampon érintkezik a nyomóformával, és kiemeli a nyomdafestéket a nyomóelemekből. A tamponnyomó gépek festékező rendszereinek kétféle típusa ismert: nyitott és zárt (pl. zárt) festékező rendszer.

### **9.5.3 Nyitott festék rendszerek**

A nyitott festékező rendszer jellemzője a nyomóforma tartó egység, nyitott festéktartállyal (9.9. ábra). A nyomdafesték átadását a nyomóformáról a nyomathordozóra több lépésben végzik el. Először, a nyomóformát feltöltik nyomdafestékkel a kanállal (spatula); másodsor,

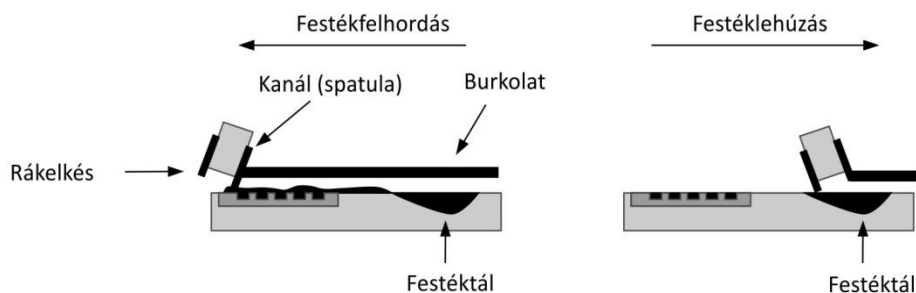
a nyomóforma nemnyomóelemeinek területeit a rákelés letörli, így a festék, csak a nyomóelemekben marad; és harmadszor, a tampon kiemeli a nyomdafestéket a nyomóformából; negyedszer a tampon átadja a festéket a nyomathordozóra.



9.9. ábra. Nyitott festékező rendszer.

A nyitott festékező rendszer fő hátránya az oldószer párologása a nyomdafestékből, amely az egészségre ártalmas. Ezen túlmenően az oldószer párologása változásokat okoz a nyomdafesték viszkozitálásában is, amelyet később újra be kell állítani annak érdekében, hogy megőrizzék a festék minőségét, valamint a nyomtatási minőséget is.

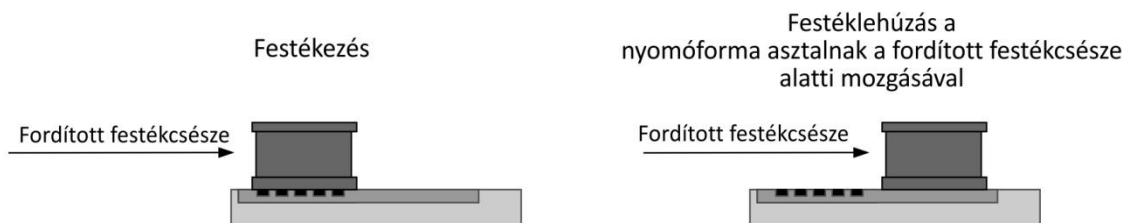
A nyitott festékező rendszer kismértékű módosításával, azaz részleges befedésével (9.10. ábra), az oldószer párologását csökkenteni lehet. Ugyanakkor a nyitott festékező rendszer nagyon rugalmas, és nagyobb képek nyomtatására is használni lehet.



9.10. ábra. Módosított, részlegesen lefedett, nyitott festék rendszer.

#### 9.5.4 Zárt festékező rendszer

A zárt festékező rendszert az 1980-as években vezették be, és a fő előnye, hogy a nyomdafestékből az oldószer elpárologására korlátozottan van lehetőség. Ebben a rendszerben nyomdafesték be van zárva egy fordított csészébe (9.11. ábra).



9.11. ábra. Zárt festék rendszer.

Hasonlóan a nyitott festékező rendszerhez, több lépésre van szükség a nyomtatási eredmény elérése érdekében. Először is fordított festékcészét, a nyomóforma fölött pozícionálják, így a nyomóforma festékezése megtörténik. Másodsor, a nyomóforma elmozdul és a fordított festékcészete pereme letisztítja a nyomdafestéket a nemnyomóelemek területéről. Harmadsor, a nyomóforma visszamosog, az újra festékezéshez, miközben a tampon átadja a festéket a nyomathordozóra.

A festékezés minősége és a nyomóforma letörlése érdekében a fordított festékcészét szilárdan rögzíteni kell a nyomóforma felületre és a festék anyagának elég keményen kell tartani a prem felületi élet hosszú ideig. A fordított festékcészének a nyomóformához rögzítésére két módszer áll rendelkezésre: egy régebbi mechanikai és egy újabb, ahol egy mágneses kapcsolat tartja lenyomva a mechanizmust. A mechanikus mechanizmust még mindig használják a nagy sebességű gépeken, míg a mágneses leszorító mechanizmus kisebb termelékenységű gépeknél használatos, így ez egyszerűbbé teszi a gépek megtervezését.

A fordított festékcészete anyaga lehet tömör fém, tömör fém acél szalag érintkező felülettel (amit lehet cserélni kopás esetén) vagy kerámia érintkező felület csatlakozik a fém csészéhez. A fordított festékező csészete, kerámia érintkező felülettel, a legdrágább megoldás, de megfelelően alkalmazható fotopolimer nyomóformákhoz.

A zárt festékező rendszer fő hátránya, hogy a nyomatképnek (nyomóelemeknek) el kell férnie a fordított festékcészete átmérőn belül, és hogy a nyomóformának kétszer akkora kell lennie, mint a festékező csészete, mivel a nyomdafestéknek el kell férnie mellette, amikor a tampon átviszi a nyomdafestéket a nyomóformától.

## **9.6 A tampon nyomógépek kiegészítő egységei**

A tampon nyomdagépek teljesítményének javítása érdekében különböző kiegészítőkkel szolgáltatnak a gyártók. A leggyakoribb tartozékok a tampon tisztító kellékek, a nyomdafesték szivattyúk, az oldószer adagolók, a statikus eliminátorok, a kiegészítők kép felismeréshez, és így tovább. A nyomógépek egy vagy akár több tartozékot is tartalmazhatnak egyidőben.

Egyik tampon tisztító tartozék az öntapadós szalag, tartóra szerelve. Időről időre a tampon rányomják az öntapadós szalagra, hogy megtisztítsák a felületet a visszamaradt festéktől. A nyitott festékező rendszerek fő problémája az oldószer elpárolgása a nyomdafestékből, amely változásokat okozhat a tulajdonságaiban. A párolgás csökkentése érdekében, a nyomógép felszerelhető nyomdafesték szivattyúval is, amely a festéket a zárt tartályban tartja, és folyamatosan szivattyúzza nyomtatás közben. Az oldószer adagolók lehetővé teszik a tamponnyomó festékek viszkozitásának szabályozását is. Az adagoló fel van szerelve idő szabályozóval is, amely lehetővé teszi, az oldószer adagolását a nyomdafestékhez. A tamponok alapanyaga – szilikon gumi – kiváló szigetelő, és mivel az generálni tud statikus elektromosságot a nyomtatási felületen, az később átadódik a tamponnak. Ezáltal a statikus eliminátorokat előnyben részesítik a nyomógépeken. A kép felismerőket az automatikus nagy sebességű folyamatban használják, hogy érzékelje és figyelmeztesse a gépkezelőt, a kisebb nyomtatási hibákról, mint a regiszter problémák és a színek változása.

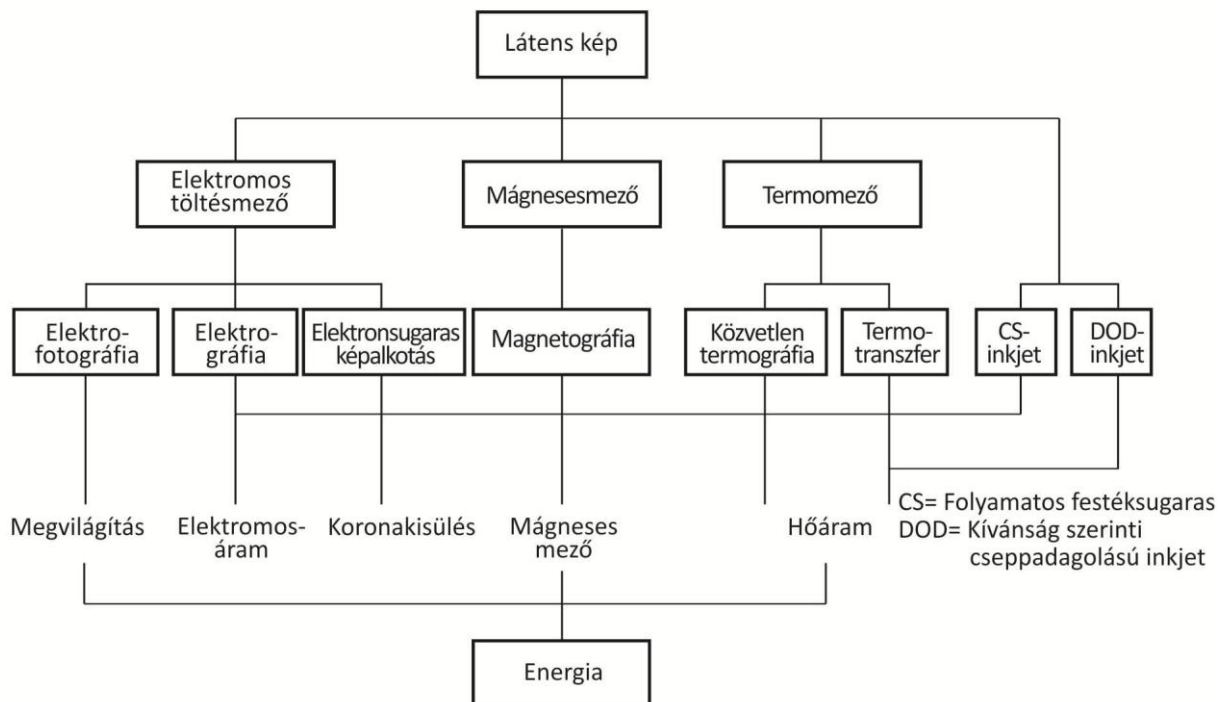
**Irodalom:**

- Anon. (2008). Pad-printing ink for PP. *Plastics Technology*, 11, 38.
- Anon. (2012). *The pad printing book*. Schaffhausen: microPrint LC GmbH.
- Kiddell, P. (2009). Understanding the pad in pad printing. [Online] <http://www.comecfrance.com/articoli/7.pdf>.
- Kiddell, P. (2015a). A basic overview of the pad printing process. [Online] Pad Print Machinery of Vermont. <http://www.epsvt.com/support/generalIssue.cfm?issID/415>.
- Kipphan, H. (Ed.). (2001). *Handbook of print media* (1st ed.). Heidelberg: Springer.
- Korochkina, T. (2008). Experimental and numerical investigation into nonlinear deformation of silicone rubber pads during ink transfer process. *Polimer Testing*, 27, 778-791.
- Marking and Machine Components. (2015). Dixon Engineering and Sales Co. [Online] <http://www.dixoneng.com>.
- Pröll, K. G. (2015). Pad printing theory and practice. [Online] <http://www.proell.de>.
- PSD Consulting. (n.d.). *Pad printing manual*. Barnsley: PDS Consulting.
- Urbas, R., Stankovic, Elesini, U., Cigula, T., Mahopvic, Poljacek, S. (2016): *Pad Printing - Printing on Polimers. Fundamentals and Applications*. Ed. Izdebska, J. and Sabu, T. Oxford: William Andrew. str. 263-280

## 10. Digitális nyomtatás

Digitális nyomtatáshoz tartoznak a legújabb nyomtatási technikák. Jellemzője, hogy, a számítógépben digitális adatok formájában tárolt adatokból történik a nyomtatás a nyomathordozóra. Ellentétben a hagyományos nyomtatási technikákkal, teljes egészében kizárja a nyomóforma használatát és előállítását nyomtatás előtt. Nagy előnye, hogy lehetővé teszi a nyomtatást egyedi jellemzőkkel, például személyre szabott módon.

A digitális nyomtatás fajtái az 10.1. ábrán láthatók. A nyomtatási rendszereket megkülönböztetjük az alapján, hogy festéket vagy tónert alkalmaznak a nyomtatásnál. A technológiától függően, szilárd és folyékony tónert, és különböző típusú festékpátronokat használnak. Lehetőség van a nyomatok azonnali feldolgozására a nyomtatás után. A megfelelő technológia, valamint megfelelő tóner vagy festék kiválasztásával szívóképes és nem szívóképes nyomathordozók is nyomtathatók. A műanyag nyomathordozókra elsősorban inkjet, de elektrofotográfiai és termográfiai technológiákkal is lehet nyomtatni. Egy PIRA előrejelzés szerint, a flexibilis csomagolóanyagok digitális nyomtatása növekedni fog az következő években.



10.1. ábra. A digitális technikák csoportosítása.

A festéksugaras nyomtatásnál kis viszkozitású, folyékony festéket használnak. A festék típusától függően, a következő nyomtatási módokat különböztethetjük meg: latex, oldószeres (szerves oldószer, enyhe oldószer, „ecosolvent” – környezetbarát oldószer), pigment tartalmú, színezék tartalmú és UV (ultraibolya). Az adott festékátadási módjától függően az festéksugaras technológia lehet: folyamatos (CI) és kívánság szerinti cseppadagolású (DOD). A festéksugaras nyomtatás lehetővé teszi a nyomathordozók széles skálájának nyomtatását a papírtól, a fémen és üvegen keresztül a műanyagokig. A nyomtatási folyamatot a festék tulajdonságai határozzák meg, különösen a viszkozitás és a felületi feszültség.

Műanyagok nyomtatása elsősorban UV és szerves oldószeres technológiákkal történik. A műanyagok esetében, a felület szabad energiájának legalább  $35 \text{ mJ/m}^2$ -nek kell lennie.

Az elektrofotográfia (más néven xerográfia) eredetileg a fénymásolók és a lézernyomatók technológiája volt. Egy általánosan használt tóneres rendszer. További tóneres rendszerek még: ion depozíciós (ionográfia), elektrosztatikus, mágneses (magnetográfia) és elektrográfiás (elektrografía).

Az elektrofotográfia magába foglalja a negatív töltés eltávolítását sugárzás hatására a fotofélvezető dob felületéről, majd tónerrel történő bevonását. A negatív töltésű tóner befedi a dob felületét azokon a helyeken, ahonnan a töltést eltávolították, így létrehozva a reprodukálható képet. A tónerkép ezután átadásra kerül a pozitív töltésű nyomathordozóra. A felhordott tóner rögzítése hő, vagy hő és nyomás hatására történik meg. A fotofélvezető dob megtisztítása a visszamaradt tónertől, majd negatív töltéssel való ellátása az utolsó lépés. Ez a folyamat ismétlődik, a következő nyomtatási lépések során. A nyomtatás elsősorban papírra történik, de lehetséges film és műanyag címke nyomtatása is.

A termotranszfer nyomtatásnak kétféle változata van: speciális nyomathordozó közvetlen nyomtatása, amely megengedi a kép egyszerű átadását az alkalmas nyomathordozóra, és a festékszalag segítségével történő nyomtatás. Az első nyomtatási módszer ma termoszublimációs módszerként, egyfajta indirekt (közvetett) nyomtatásként ismerjük. A nyomtatás egy speciális papírra termotranszfer nyomtatással történik, ink-jet nyomtatót használva ezekhez az alkalmazásokhoz megfelelő festékekkel. Ezután a nyomatkép átadása a nyomtatott speciális papír hordozóról nagy hőmérsékletű sajtóban történik. Ezt a technikát elsősorban textíliák, polimer anyagok (pl. zászlók, textil szalagok) nyomtatására használják. A másik módszer a közvetlen nyomtatás. A színezék a festékszalagról hő hatására adódik át a nyomathordozóra. Ezt a módszert címkék nyomtatására alkalmazzák, beleértve a műanyagból készült címkéket is.

### **10.1 Inkjet nyomtatás**

A festéksugaras (inkjet) nyomtatás egy érintkezésmentes módszer, amely a kívánt mennyiségű festéket közvetlenül a számítógépen tervezett képinformáció (digitális adatok) alapján egy nyomathordozó kijelölt területeire juttatja a festéktartályból csepp-generálással, minimális emberi részvétellel. Nincs korlátozás a nyomathordozó típusát tekintve. A hordozó lehet flexibilis vagy merev. Egyre inkább tekinthető költséghatékony és rugalmas módszernek, a funkcionális mikro- és nano-gyártás részére. A festéksugaras nyomtatási technológia minden előnye ellenére a fűvóka eltömődés mindig is jelentős probléma volt, mivel a nyomdafestékek oldhatatlan mikro-, vagy nanorészecskéket tartalmaznak, amelyek összeállnak és leülepednek a nyomtatás során. A festéksugaras nyomtatás hátránya a komplex száradási viselkedés is, az egyenletes nyomtatott festékfilm elérése érdekében. Ezért az inkjet festékek előállításuk gyakran nagy kihívást jelent a kutatók részére.

## 10.2 Az inkjet nyomtatás alapjai

Bár a technikát, ami a folyadékáramból, egy nyíláson keresztül egységes cseppeket hoz létre 1833-ban Savart mutatta be, és matematikailag Lord Rayleigh és Weber magyarázták, a festéksugaras nyomtatási technológia hosszú évekig csak kutatás alatt áll, és a technológia a fogyasztói piacon csak a késő 1980-as években jelent meg.

1948-ban az első festéksugaras nyomtatót Siemens Elema mutatta be Svédországban. Lord Rayleigh elvét dolgozta fel, amelyben egy folyadékáramot bontanak cseppekre. Az 1960-as évek elején, Sweet a Stanford Egyetemről felfedezte, hogy nyomáshullám alkalmazásával, a festékáramot egyforma méretű és alakú cseppekre lehet bontani. Az 1970-es években az IBM egy hatalmas fejlesztési programot indított, hogy adaptálja a folyamatos festéksugaras technológiát a nyomtatóihoz. Az 1970-es évek végén jelent meg az első „drop-on-demand” (DOD), igény szerinti festéksugaras nyomtatás. A 10.1. táblázat a festéksugaras nyomtatás jellemzőit, a követelményeket és a kihívásokat mutatja be.

10.1. táblázat. A festéksugaras nyomtatás jellemzői, követelmények és kihívások

Inkjet nyomtatás	
Jellemzők	Nem szükséges maszk
	Additív technológia
	Változtatható festékfilm vastagság
	Magas anyag hatékonyság
	Különböző nyomtatási sebsségek
	Kevés selejt
Követelmények	Nyomtatható oldószer
	A festékek fizikai tulajdonságai
	Festék viszkozitás
	Festék felületi feszültsége
	Festék pH-ja
	Szemcseméret
	Oldódási tulajdonságok
	A nyomathordozó típusa
Kihívások	Fuvóka eltömődés
	Nedvesítési viselkedés
	Festékfilm egyenletessége

Számos drop-on-demand festéksugaras rendszert találtak fel, dolgoztak ki, és állítottak elő kereskedelmi forgalmazásra az 1970-es és 1980-as években, főleg az Epson, a Hewlett-Packard (HP), és a Canon cégek.

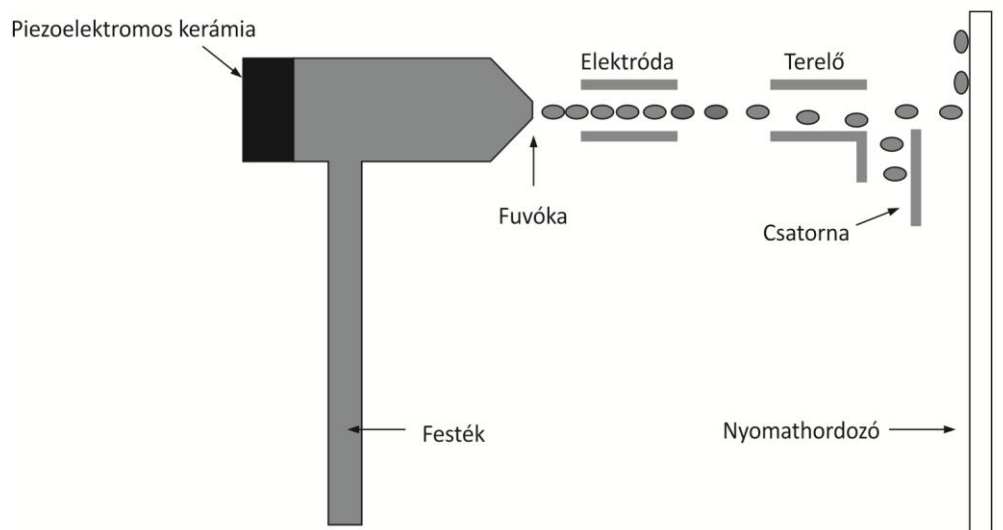
Világviszonylatban, a fogyasztói piacon, négy gyártó értékesíti a legtöbb festéksugaras nyomtatót: a Canon, a HP, az Epson és a Lexmark (1991-ben vált ki az IBM-ből). Festéksugaras nyomtatásnál, a nyomatok minősége nagymértékben függ a megfelelően megválasztott nyomdafestéktől, a nyomtatófejtől és a nyomathordozótól.

Kutatók megpróbálták létrehozni szabályozott festékáramlást a nyomtatófejből a nyomathordozóra, és ugyanakkor megakadályozni, hogy a nyomtatófej eltömődjön a beszáradt festéktől.

A végső kihívás pedig az volt, hogy megfizethető festéksugaras nyomtatókat fejlesszenek ki, amelyek megbízhatóan kiváló minőségű nyomtatásokat készítenek. A cseppek kilövellésének módjától függően a festéksugaras nyomtatási technológiák csoportjai: a folyamatos festéksugaras (CIJ) és az igény szerinti (DOD) festéksugaras rendszerek.

### 10.3 Folyamatos festéksugaras rendszerek

A folyamatos festéksugaras (CIJ) nyomtatás fejlesztése az 1960-as évek közepén kezdődött Sweet által, a Stanford Egyetemen. CIJ nyomtatásnál a folyadékot egy fúvókán keresztül vezetik, amely kilöveli az egyenletesen elosztott és azonos méretű cseppek folyamatos áramát magas frekvencián, rezgő piezo kristályok segítségével. A CIJ nyomtatást ezért széles körben használják a nagy sebességű grafikai alkalmazásnál, mint például ipari dátum (adat) kódolás, számozás, jelölés és címkézés. Mivel a CIJ nyomtatás nagy átmérőjű (körülbelül 40  $\mu\text{m}$ ) cseppeket hoz létre, ezért a nyomtatási felbontás viszonylag alacsony. A nyomtatásnál illékony oldószeres festékeket használnak, gyors a száradás és a megfelelő tapadás sokféle nyomathordozón. Másrészt ez a képesség a technológiát, rendetlen (piszkos) és nem igazán környezetbarát technológiává teszi. A CIJ nyomtatásnál, a cseppeket elektromosan fetöltik, majd áthaladnak egy eltérítő mezőn, amely meghatározza a cseppek helyét a nyomathordozón (10.2. ábra).



10.2. ábra. Folyamatos inkjet nyomtatófej sematikus ábrája.

A nyomtatáshoz nem szükséges (fel nem használt) cseppeket összegyűjtik, eltérítik és újrafelhasználják. A CIJ rendszereket a cseppek eltérítésének módszere szerint fel lehet osztani egy sugaras (bináris) és több sugaras (multiple) rendszerekre.

A bináris rendszerben a feltöltött cseppeket közvetlenül a nyomathordozó felületére lövellik, miközben a fel nem töltött cseppeket újra visszavezetik a nyomtatási rendszerbe. A multiple



rendszerekben a cseppeket feltöltik és eltérítik a nyomathordozó felületére különböző szinteken (több sugárban). A fel nem töltött cseppeket visszafordítják egy csatornába, hogy újra visszakerüljenek a körforgásba.

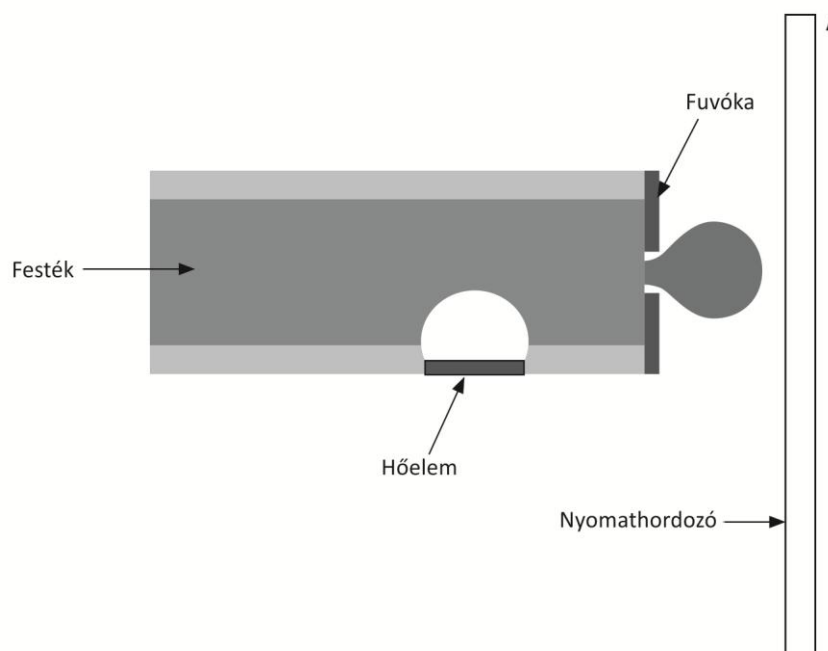
Az 1966-ban bemutatott Hertz CIJ nyomtatási módszernél, a sűrűség (nyomdafesték/pixel) változtatható. Egy másik Microdot néven ismert CIJ nyomtatási módszernél különböző átmérőjű cseppeket állítanak elő, de csak a kisebb cseppeket töltik fel szelektíven, és terelik a nyomathordozóra.

#### 10.4. Kívánság szerinti cseppadagolású festéksugaras nyomtatási rendszerek

A kívánság szerinti cseppadagolású (Drop on Demand, DOD) festéksugaras nyomtatót Siemens találta fel 1977-ben. Az ilyen típusú inkjet nyomtatási rendszerben a cseppek kilövellése a fúvókából nyomás impulzus létrehozásával csak akkor történik meg, ha az szükséges. A nyomás impulzus generálásának módja szerint a DOD inkjet nyomtatók négy fő típusra oszthatók: termo, piezoelektromos, elektrosztatikus, és akusztikus. A DOD festéksugaras nyomtatók legfontosabb előnye, hogy a funkcionális anyagok közvetlenül nyomtathatók a nagy pontosság és a kis cseppméret miatt.

##### 10.4.1. Festéksugaras termo nyomtatás

A festéksugaras termo nyomtatási technológiánál a cseppeket néhány ezredmásodperc alatt hozzák létre rezisztív (ellenállás) elem fűtésével a festékkamrában. A rezisztív elem hőmérséklete gyorsan emelkedik 300-400 °C-ra, hogy elpárologjon a folyadék, létrehozva egy buborékot, amely kirepíti a festéket a fúvókából (10.3. ábra). Amikor a csepp kilövellése megtörténik a fúvókából, vákuum keletkezik a festékkamrában, amelynek hatására a festék újra visszatöltődik a kamrába, és a folyamat létrehozhatja a következő cseppeket. A festéksugaras termo nyomtató nyomtatófeje nem drága, és kisméretű cseppeket képes létrehozni.



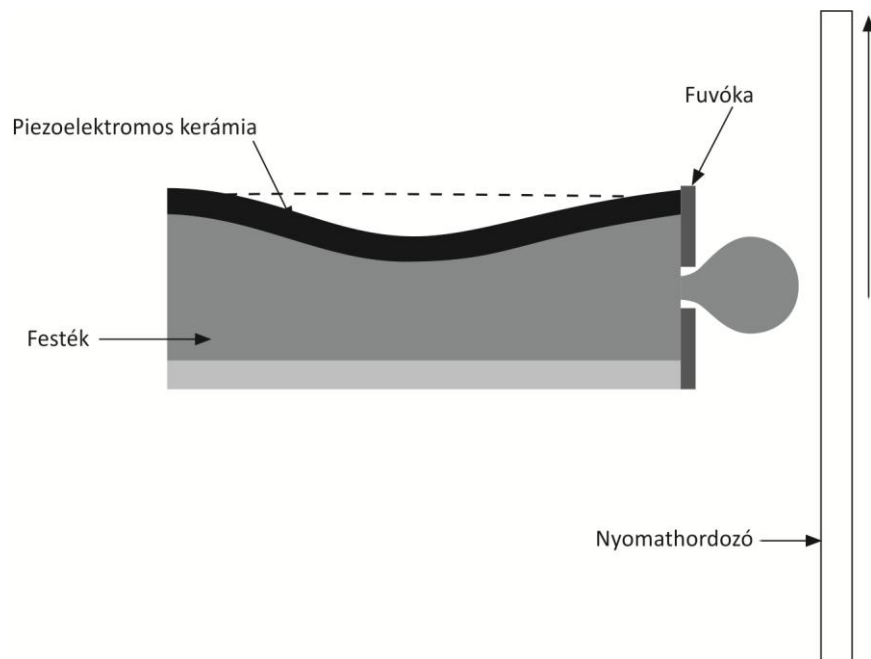
10.3. ábra. Festéksugaras termo nyomtatófej működési elve.

Ezeknél a nyomtatónál korlátot jelent a festékösszetételben a folyadék felhasználás. A folyadék nem csak párologni képes (vizes oldat), de ki is kell bírnia ultra magas hőmérsékletet is. Mivel a folyadék károsodhat magas hőmérsékleten, a termo festéksugaras nyomtatók nem megfelelő választás lehet a polimerek nyomtatásához.

A festéksugaras termo nyomtatófej kétféle lehet, az egyik a „tető-shooter”, ahol egy nyílás található a fűtőelem tetején, a másik az oldal-shooter, ahol a fűtőelemen a nyílás oldalt helyezkedik el. A HewlettePackard, a Lexmark és az Olivetti cégek a nyomtatófejek tető-shooter kiképzését használják, míg az oldal-shooter dizájnt a Canon és a Xerox valósítja meg a nyomtatófejeknél.

#### 10.4.2 Piezoelektromos festéksugaras nyomtatás

A piezoelektromos inkjet technológia a festékcseppekkel piezo-kerámia torzítása hatására lövelli ki a fűvókán keresztül, amely akkor jelentkezik, amikor az elektromosan feltöltött (10.4. ábra). A piezo-kerámia külső felületét vezetőképes bevonattal látják el, ami biztosítja az elektromos kapcsolatot. A festékcseppek méretét a piezo-kerámia alakváltozásához szükséges feszültség, az impulzus időtartama és a fűvóka átmérője szabályozza. Nincs korlátja a festék a piezoelektromos festéksugaras technológiánál, a nyomtatófejek pedig hosszú élettartamúak, azonban a nyomtatófejek és a kiegészítő hardver költségesek.



10.4. ábra. Piezoelektromos inkjet nyomtatófej

A piezoelektromos elemek deformációjától függően, a piezoelektromos festéksugaras nyomtatási technológiát négy fő csoportba lehet sorolni; íves (bend) (Tektroni, Epson, Biofluidix nyomófejek), toló (push) (Hitachi, Dataproducts, Epson, Biofluidix nyomófejek), nyíró (shear) (Tektronix, Sharp, Xaar nyomófejek), és préselő (squeeze) (Microdrop, Microfab nyomófejek). Polimerek, oldatok, szuszpenziók és bio-anyagok nyomtathatók mind a négy csoportban. Mivel a piezoelektromos festéksugaras nyomtatókban a festékben lévő

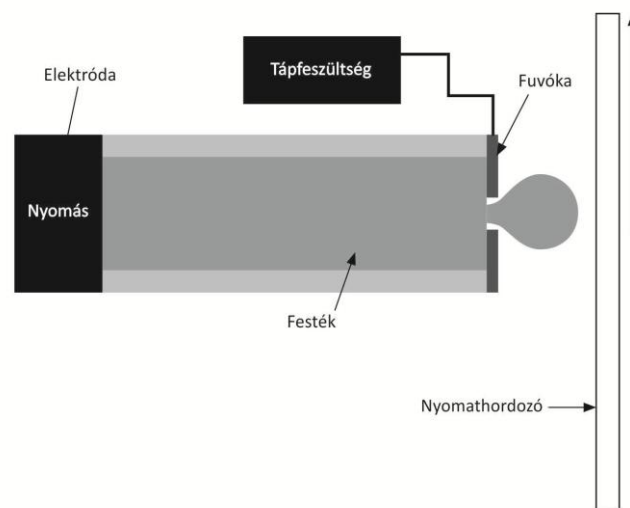
folyadéknak nincs korlátja, az egyes piezoelektromos festéksugaras nyomtatókat a kutatás és fejlesztésben használják, mint például a MicroFab, Dimatix, és Microdrop cégek.

Mind a négy módra jellemző:

1. szabályozható a cseppek sebessége, mérete és alakja a fűvókákhoz alkalmazott feszültség hullámformájának változtatásával;
2. a cseppek eloszlása is szabályozható, a nyomtatófej fűvókáinak elfordításával egy vonal mentén;
3. a csepp kialakulása és hatása megfigyelhető a videó kamerával;
4. a nyomtatófejek hőállóak.

### 10.4.3 Elektrosztatikus festéksugaras nyomtatás

A piezoelektromos rendszerekben nehéz kisebb méretű cseppeket létrehozni, mint a fűvóka mérete. A probléma leküzdéséhez az elektrosztatikus festéksugaras módszert fejlesztették ki. Ennél a festéksugaras módszernél a festék kilövellése a fűvókán keresztül elektrosztatikus erők hatására történik, amelyet egy elektróda és a fűvóka között alkalmaznak, hogy vonzzák a festékben lévő szabad töltéseket a felületre, majd ezután a feltöltött folyadék elválk az inkjet fejtől finom cseppek formájában (10.5. ábra). Az elektrosztatikus inkjet nyomtatás nemcsak finom képes kilövellni cseppeket egy egyszerű szerkezetben, de nagyobb viszkozitású festékekkel is képes nyomtatni. Ezzel a módszerrel a cseppek mérete nem szabályozható a fűvóka átmérőjével, és ezért ez a módszer nagyobb felbontást eredményez, mint a piezoelektromos festéksugaras nyomtatás. Azonban jelenleg csak néhány gyártó, mint a TTP és Seiko Epson alkalmaz elektrosztatikus festéksugaras módszert kereskedelmi alkalmazásoknál.

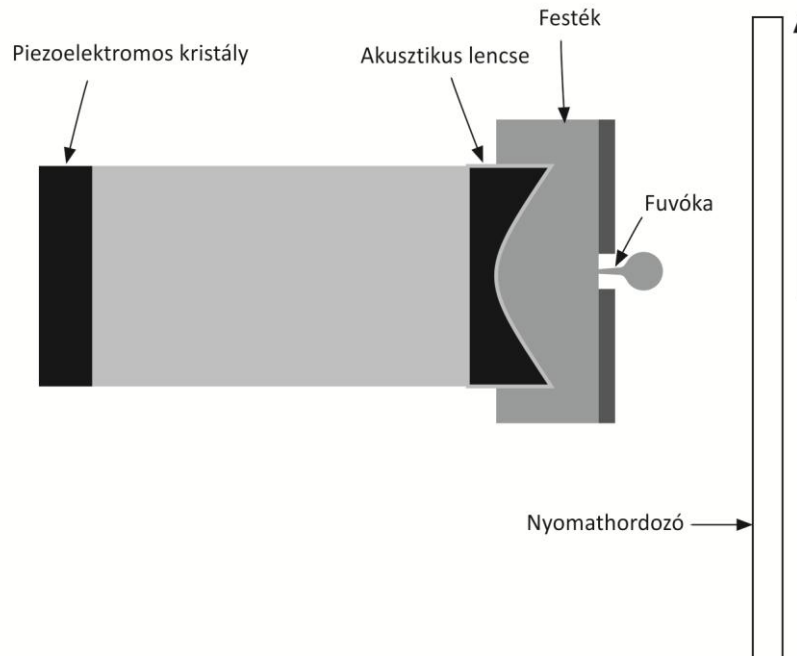


10.5. ábra. Elektrosztatikus festéksugaras nyomtatófej sematikus ábrája.

### 10.4.4 Akusztikus festéksugaras nyomtatás

Az akusztikus inkjet nyomtatási technológia egy nemrég kifejlesztett technika, néhány kereskedelmi alkalmazásban használják csak. Ezzel a módszerrel akusztikus energia hatására jönnek létre a cseppek, amelyben az ultrahang sugár fókuszálása egy akusztikus objektívvel történik a folyadék felületére, amely létrehozza ezután a festékcseppet (10.6. ábra).

Ezzel a módszerrel nem csak a nyomtatófej fűvókákat védik meg az eltömődéstől, de a kilőtt csepp méretek is dinamikusan változtathatók a folyadék-jeladó távolság változtatásával, annak érdekében, hogy változzon a fókusz átmérője a folyadék felszínén. Ezt a technológiát már alkalmazzák ragasztóréteg felvitelére is.



10.6. ábra. Akusztikus festéksugaras nyomtatófej sematikus ábrája.

### 10.5 A festéksugaras nyomtatás nyomdafestékei

A festéksugaras technológiák festékei speciális tulajdonságokkal rendelkeznek. Az inkjet festék legfontosabb jellemzője a rugalmasság, a festék nem tömítheti el a festéksugaras nyomtató fűvókáit. A festéket továbbá széles hőmérséklet tartomány 5-45 °C között kell változtatni. A festéksugaras technológia fejlesztésével, a trend napjainkban a kisebb fűvókák irányába mutat, amelyekkel nagyobb felbontású képeket lehet nyomtatni. Ez a festékekkel szemben is további követelményeket támaszt.

Az irodai nyomtatók festékei elsősorban vízben oldódó színezékekkel készülnek. A színezék alapú festékek ragyogó színekkel és kiváló kontraszttal rendelkeznek. Sokkal gazdaságosabbak, mint a pigment alapú festékek és széles reprodukálható színtartományt (color gamut) adnak. A színezék alapú festékek azonban az idő múlásával hajlamosak fakulásra. A festéksugaras nyomtatók pigment alapú festékei gyorsan száradnak. A száradási idő durván 100-szor rövidebb, mint amennyi a színezék alapú festékek száradásához szükséges. Száradás után a festéksugaras festékfilm réteg körülbelül 0.5 µm vastag lesz. A rétegvastagság a cseppek méretétől és a festéksugaras festék szárazanyag tartalmától függ. A folyékony inkjet festékek száradási mechanizmusa párolgáson és beívódáson alapul. A pigmentált festékeket többnyire high-end (nagy teljesítményű) nyomtatókban használják. Ezek a festékek stabilak és hosszú ideig eltarthatók, megfelelőek kültéri alkalmazásokhoz is, mivel ellenállóak a fakulással szemben.

Az inkjet festékek viszkozitása nagyon alacsony, 2 és 20 cP (sentipoise) közöttiek. A nyírási ráta változása ellenére, az inkjet festékek többsége newtoni folyadéknak minősíthető.

A festékek viszkozitását megfelelően be kell állítani. Nagyon alacsony viszkozitású festékek általában hajlamosak a gyors terülésre festékszáradás előtt.

A legjobb nyomtatási eredmény érdekében a cseppnek minél szabályosabb gömb alakúnak kell lennie, ami megköveteli a festék felületi feszültségének 22-45 mN/m közötti beállítását. Oldószeres festékek esetén a legmegfelelőbb felületi feszültség 25 és 30 mN/m között van. A vizes készítmények felületi feszültsége jellemzően magasabb.

A nyomtatott kép minősége erősen kapcsolódik a nyomathordozó jellemzőihez és az alkalmazott festékhez. Az inkjet festékek hajlamosak a kivérzésre szívóképes nyomathordozón és elkenődhetnek porózus anyagokon. A vizes festékek pH-értéke egy másik nagyon fontos jellemző. Az inkjet festékek gyanta alkotója gyakran oldhatatlan, ha a pH-érték nagyon alacsony, ami jellegzetes akkor, amikor akril-gyantát használnak. Biztonsági okokból, folyamatos és piezo festéksugaras nyomtatókban oldószeres festékek használhatók. A vizes pigmentált festékeket a folyamatos, a termo és a piezo festéksugaras nyomtatókban használják. A pigment részecskeméretének sokkal kisebbnek kell lennie, mint a festéksugaras nyomtatófej fúvóka nyílása. Kisebb pigment részecskék esetén kiváló színerősség érhető el. A festékekben a pigmenteknek csomóképződésmentesnek kell lenniük. Az oldószeres festékeknel gyakran alkalmaznak több oldószerből álló keveréket. Nem szokatlan, hogy több mint nyolc féle oldószert használnak az inkjet festékekben.

*10.2. táblázat. Általános inkjet festék formula*

<b>Alkotóelem</b>	<b>Mennyiség</b>	<b>Funkció</b>
Víz	50-90%	Hordozó anyag
Pigment/színezék	1-15%	Szín
Társ-oldószer/ nedvesítő	5-50%	Tisztán tartja a fúvókákat. A festékhordozó javítja a filmképzést
Felületaktív anyag	0.1-2%	Fokozza a festék nedveítési tulajdonságait
Gyanta	0.2-10%	Növeli a nyomat stabilitását. Előnyös a nyomatfényességre
Csíra- és gombaölő	0.02-0.4%	Szabályozza a mikroorganizmusok növekedését.
Puffer	0.05-1%	pH beállító
Korróziógátló	0.01-1%	Meggátolja a korróziót.
Összes	100%	

Minden egyes digitális festéket a nyomtatófej dizájnra tekintettel formulázzák. Egy tipikus vizes festéksugaras festék formula (recept) fő összetevői például a polimer, a pigment vagy a színezék, a víz (mint oldószer a vizes festékek esetében), és különböző adalékanyagok a festék típusától függően, és attól függően, hogy folyamatos vagy igény szerinti cseppadagolású a formula. Az általános vizes inkjet festék összetevőit és funkcióit a 10.2. táblázat mutatja be.

Az UV sugárzásra keményedő festékek alkalmasak a digitális nyomtatás minden formájánál. Az festéksugaras UV festékek nagy előnye, hogy nincs fűvóka eltömődés, gyors a száradás és alacsony a pontnövekedés. Nem keletkezik szerves illóanyag (VOC), lehetővé teszi a gyors átfutási időt, mert a festék azonnal megkeményedik az ultraibolya (UV) sugárzás hatására, nem kell várakozni az oldószer elpárologására. A megkeményedett festékfilm magas fényű és ellenáll a vegyi anyagoknak és a nedvességnek. Az UV inkjet festékek a nyomathordozók székes skálájának nyomtatásához használhatók, még bevonat nélküli (uncoated) porózus anyagok és az üveg esetében is. A legnagyobb sebesség érhető el, akár 1400 ft/perc (430 m/min).

Az UV festékek sokkal élénkebb színt adnak, nagyobb a színtartományuk és élesebbek a képrészletek, mint az oldószeres vagy vizes festékek esetében, azonnal megkeményedésnek nyomtatás után. Kiváló választás a csomagóanyagok és címkék nyomtatásához és a termotranszfer nyomtatás helyettesítésére. Az új generációs fotoiniciátoroknak, vagy fotokeményedésű felületaktív anyagoknak, kompatibilisek a vízzel. Több mint egy funkció csoporttal rendelkeznek, amelyek kezdeményezik a (amfoter) szabad gyökök képződését, és úgy működnek, mint a felületaktív anyagok, mert lipofil és hidrofil csoportokat tartalmaznak, amelyek sokkal nagyobb molekulásúlyúak, mint a hagyományos fotoiniciátorok. Az UV festékekhez nem csomósodó és alacsony viszkozitású pigmentek szükségesek, hogy a megfelelő legyen a festék kilövellése.

A szuperszéles formátumú nyomtatókkal bevont nélküli tekercses nyomathordozóra és üveglapokra is nyomtatni lehet. Használják PoP (point-of-purchase) kijelzők, lentikuláris jelek, grafikák, kültéri táblák, bannerek és diszpléjek nyomtatására. A síkágys UV inkjet nyomtatók egyre népszerűbbek a szitanyomó üzemekben kis példányszámokhoz, meghagyva a szitanyomtatási sorokat a nagyobb példányszámok részére. Merev nyomathordozók is nyomtathatók.

Az UV festéksugaras nyomtatók is hasznosak csomagolóanyagok vagy címkék nyomtatásához kis példányszámoknál. Közvetlenül nyomtatnak a nyomathordozóra; kiküszöbölnek számos utómegmunkálási (kötészeti) műveletet, csökkentve a költségeket és az átfutási időt, és növelve a termelékenységet. Az UV sugárzásra keményedő inkjet technológia alkalmas fűtött piezo fejekhez, de ez magasabb hőmérsékleten stabil festékeket követel meg.

A festéksugaras nyomtató típusától függően, a festékeknek megfelelő tulajdonságokkal kell rendelkezniük, hogy megbízhatóan és következetesen kilövellhetők legyenek a fűvókából. A festékek fizikai tulajdonságai, mint a viszkozitás és a felületi feszültség jelentős hatást gyakorolnak a cseppméretre, a csepp sebességére, a szatellit alakzatra, a cseppek morfológiai hatására, és végül a polimer festéksugaras nyomtatott festékfilm morfológiájára. A festékek nedvesedési viselkedése a nyomathordozón fontos tényező a nyomtatott festékfilm morfológiájára, amelyet a nyomtatott cseppnek a nyomathordozón mért peremszögével

fejezhetünk ki. Stabil inkjet festékek a szemcseméret, a diszperziós (zetapotential) habzás, a mikrobiális növekedés, és a pH szabályozását igényelik. Másrészt, a polimer szerkezete, a molekulatömeg és a polimer koncentrációja, és a festék összetételben felhasznált oldószer is olyan fontos tényezők, amelyek befolyásolják, a polimer festéksugaras nyomtatott festékfilm morfológiáját.

Az inkjet festékek kialakításához figyelembe kell venni a sikeres kilövellést és cseppformálást, a nedvesítő és száradási viselkedést a nyomathordozón és a funkcionális teljesítményt, amely nagy kihívást jelent az egységes festékfilm kialakításában a száradás során.

### **10.5.1 Viszkozitás**

A festékek newtoni vagy nem newtoni folyadékokként viselkednek. A legtöbb inkjet festéknél newtoni viselkedés tapasztalható, a viszkozitás állandó az alkalmazott nyírási arányszámmal. Néhány polimer festéksugaras festékben a polimer oldat lehet nemnewtoni viselkedésű is, amelyben a viszkozitás a nyírási arányszám tartományban változik.

A nemnewtoni festék úgy viselkedik, mint egy ritkuló folyadék, amelyben a viszkozitás a megnövekedett nyírási aránnyal csökken. A nyírási arány a fűvókákban nagyon magas, összehasonlítva a csővezetékekben és a nyomtatófej keskeny csatornájában lévővel. A festéket ezért megfelelően kell elkészíteni, hogy jól áramoljon a festékellátó rendszerben és megfelelően kilövelljen a fűvókákból. A festék viszkozitása hatással van a csepp alakjára, a csepp terülésére és a végső nyomtatott formára. A nagy festék viszkozitás hosszú uszály (farok) kialakulásához vezet a cseppek feje mögött. A farok hossza arányos a viszkozitással.

A fő cseppekből a nagyon hosszú farok lehetővé teszi különálló cseppekké, amelyet szatellit formációként ismerünk. A szatellit formációban a cseppek mérete eltér a különböző pályákon a nyomathordozóig és ez nem megfelelő nyomtatási felbontást eredményez. A viszkozitás növekedése a csepp létrehozásához szükséges meghajtó feszültség növekedéséhez vezet. Ezért nem csak a festék viszkozitása, de a nyomtató nem megfelelő feszültsége is felelős lehet a szatellit formáció kialakulásáért. A festék viszkozitására, ezen kívül hatással lehet a festék hőmérséklete a festéksugaras nyomtatás során.

Végezetül, a polimer festékeket kellően hígítani kell megfelelő molekulasúlyra, mivel bizonyos polimer koncentráción és molekulatömegén túl, a kapilláris erők nem tudják leválasztani a szálakat, és a kilőtt csepp visszatérhet a fűvókába. Ez a viselkedés valószínűleg a rugalmas igénybevételnek köszönhető, amelyet a fűvókában lévő rugalmas áramlás eredményez. Egyes esetekben, a festékek alacsony viszkozitásúak, ekkor a viszkozitást növelni lehet magasabb viszkozitású oldószer vagy valamilyen polimer adalékanyag hozzáadásával.

### **10.5.2. Felületi feszültség**

A felületi feszültség fontos tényező, a szabályos gömb alakú cseppek formálásában, a festék kilövése során a szívófejből, és a csepp becsapódására a nyomathordozó felületére. Ha túl alacsony a festék felületi feszültsége, elterül a fűvóka lemezen, és befedi a fűvókát. Másrészt, ha a festék felületi feszültsége túl magas, a hajtó feszültség a fűvókában nem lesz elegendő ahhoz, hogy meghaladja a felületi feszültséget és kilövellje a cseppet.

A felületi feszültség csökkentése különleges kihívást jelent a festékekgyártók részére. Néhány oldószer, mint az aceton és az alkohol kisebb felületi feszültséggel rendelkezik, amelyek jól használhatók társ-oldószerekként a vizes festékekben, hogy csökkentsék a festékek felületi feszültségét.

A legmegbízhatóbb felületi feszültség csökkentési eszköz a nagyon kis mennyiségű adalék, jóval a kritikus micella-koncentrációja alatt és nem-ionos felületaktív anyagok. A legjobb csepp kialakítás és a festék felületi nedvesedése érdekében, fontos a felületaktív anyag megfelelő kiválasztása. A megfelelő felületaktív anyag kiválasztása érdekében, gondosan figyelembe kell venni a felületaktív anyagok kémiaiáját - mint a központi csoport, a molekulatömeg és a felületaktív anyag töltése – amely befolyásolhatja a diffúzió mértékét az oldószeren keresztül.

### **10.5.3. Részecskeméret**

Az egyik a legkritikusabb tulajdonsága a polimer festéksugaras festékeknek a részecskeméret, a szerves részecskék vagy a polimer kolloidok.

Minden lebegő részecskének a festéksugaras festékekben egy kritikus méret alatt kell lennie, hogy kilövellhető legyen, és ne tömődjön el a nyomtatófej fúvókáiban. Piezoelektromos nyomtatónál egy jó ökölszabály, hogy a maximális részecske mérete 1%-a legyen a fúvóka átmérőjének. Nagyobb részecskékkel a fúvókák eldugulása elkerülhetetlenül megtörténik, és szükségessé válik a nyomtatófej kicserélése és a folyamat megszakítása. Elméletileg lehetséges nyomtatni nagyobb részecskékkel nagyobb átmérőjű fúvókák alkalmazásával, de abban az esetben nagyobb cseppek fognak létrejönni, amely nemkívánatos lehet a nagy felbontású nyomtatásnál. Ezért nem csak a részecskeméret, de a részecske eloszlás stabilitása is fontos, amelyet a szuszpenzióban kémiai vagy elektrosztatikus kezeléssel érnek el. A festék pH-ja is fontos szerepet játszik a diszperzió stabilitásában. A megfelelő pH beállításával el lehet kerülni nem csak a részecske felhalmozódását, hanem a nyomtatófej és a festékpatron károsodását, ami a fúvóka eltömődéséhez vezethet.

### **10.5.4. Oldódási tulajdonságok**

A polimer inkjet festékekben, az oldódással kapcsolatos tulajdonságok nagyon fontos tényezők, mint az oldószer típusa, a polimer koncentráció, a polimer molekulatömege és szerkezete, amelyek befolyásolják a nyomtatott oldat reológiai tulajdonságait. Az oldószer rendszer a festék homogenitásáért felel, a polimer festék jó nedvesedőképességéért a nyomathordozón vagy a korábbi nyomtatott rétegen, és a nyomtatott festékfilm megfelelő száradásért. Ezért a polimer festékeknel használt oldószer vagy oldószer keverék természete, a száradási folyamat jellemzői, és a hőkezelési hőmérséklet, jelentős hatással vannak a nyomtatott festékfilm morfológiájára.

Jelenleg, a legjobb oldószerek a szerves polimerek részére a toluol, a xilol, a tetrahidronaptalén (THN), klórbenzol vagy diklór-benzol, amelyek azonban egészségügyi és környezetvédelmi kérdéseket vetnek fel a tömegtermelés során. Az agresszív oldószerek használata, mint például a toluol/tetrahidrofurán (THF) keverékek, vagy a tömény savas vagy lúgos oldószerek használata károsíthatja a nyomtató berendezést is, és ezért el kell kerülni a használatukat. Ezek következménye, hogy az egyik fő téma a festéksugaras nyomtatási



technológia fejlődésében az olyan alternatív környezetbarát oldószerek megtalálása, amelyek biztosítják a megfelelő festékfilm morfológiát.

A száradás idejét az oldószer forráspontja és az alkalmazott feldolgozási technika határozza meg. A festéksugaras nyomtatási technika hosszabb festékfilm száradási időt igényelhet.

Néhány esetben, magas forráspontú, magasabb dipólus nyomatékú, vagy alacsony nyomású társ-oldószert (mint a dimetil-szulfoxid (DMSO), a tetrahidrofurán (THF), N-metil-pyrrolidon (NMP), anionos felületaktív anyagok, és bizonyos sóoldatok), kell hozzá adni a festékösszetételhez, a nyomtatott PEDOT: PSS filmek vezetőképességi tulajdonságainak javítása érdekében.

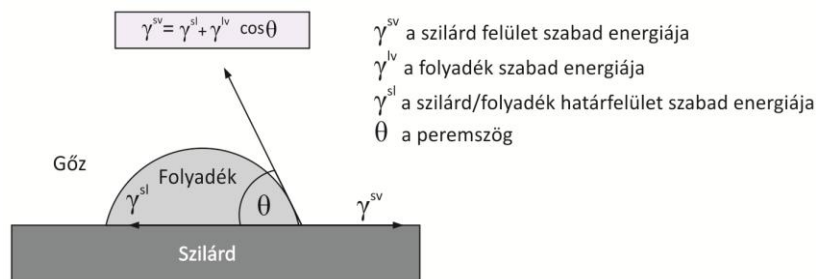
Kutatók kimutatták, hogy miután a hozzáadott társ-oldószereknek csak kis forráspont különbsége van a fő oldószertől, ez okozza, hogy a nyomtatott anyag túl gyorsan szárad, és ez egyetlen festékfilmet eredményez. Másrészt, ha magasabb forráspontú társ-oldószert használnak, abban az esetben nyomtatott festékfilm jobb minőség figyelhető meg. Ezért a forráspont különbség a fő oldószer és a társ-oldószer között, döntő hatással van festékfilm képződés minőségére. A legkedvezőbb forráspont eltérés 90-100 °C.

Az oldószer rendszerek hatással vannak a polimer szerkezetére. A nyomtatott festékfilm morfológia a peremszöggel magyarázható, amelyet a nyomathordozón lévő polimer oldat és a polimer lánc közötti kölcsönhatás hoz létre. Ezért a polimer festéksugaras nyomtatásnál, az optimális festékfilm képződés biztosításához, a fő oldószert, a társ- oldószert, valamint a fő és társ-oldószer arányt gondosan kell kiválasztani.

A polimer koncentráció a festék összetételben, nem csak a végső festékfilm vastagságot befolyásolja, hanem a nyomtatott film homogenitását is. Kutatók tanulmányozták a polimer koncentráció hatását a különböző oldószer rendszerekre. Az egyes alkalmazásokban, mint az OLED és OPV, a polimer nyomtatott film vastagsága nagyon fontos, és 100-200 nm között kell lennie.

## 10.6 A festékcsepp viselkedése a nyomathordozón

A Young-féle egyenlet szerint (10.7. ábra), amint a festékcsepp kapcsolatba lép a nyomathordozóval, a festék nedvesedőképessége határozza meg a kapcsolatot a nyomathordozó felületi energiája és a festék felületi feszültsége között. Ezért a festékcsepp kiváló területe érdekében a nyomathordozón, jó nedvesítési viselkedés vagy alacsony festék peremszög szükséges, amelyet akkor érünk el, ha a festék felületi feszültsége kisebb, mint a nyomathordozó felületi energiája.



10.7. ábra. Sematikus ábra egy festékcseppről szilárd nyomathordozón, a felület szabad energiájával és peremszöggel, a Young egyenlettel leírva.

Ezen túlmenően a nyomathordozó típusa (porózus vagy át nem eresztő) meghatározza a végső nyomtatott jellemzőket mivel a cseppképződés szempontjából, a különböző anyagok eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek. Porózus nyomathordozóknál, a festék penetráció mértékét, a pórusok mérete (mikro vagy nano), a pórus falak felületi energiája, valamint a pórusok szerkezete határozza meg. A nyomathordozó jellege – mint hidrofób, hidrofil, termikus vezetőképesség – és a nyomathordozó hőmérséklete, befolyással van a festékcsepp viselkedésére a nyomathordozón. Amikor a festékcsepp a nyomathordozóra csapódik, deformálódik és megszárad. A deformálódás morfológiája attól függ, hogy milyen a festékcseppek sebessége, a nyomtató feszültség hullámformája és a nyomathordozó jellege.

Kölső behatásra, a csepp átmérője nő, ami többszöröse lesz az eredeti átmérőnek és deformálódik (torzul) a formája vastag szélekkel és vékony középponttal.

Ha a festék illóanyag tartalmú és alacsony forráspontú oldószereket tartalmaz, mint pl. illékony szerves oldószerek, gyorsan szárad a becsapódás után. Más szavakkal, amikor az oldószer a szélén gyorsan elpárolog, a felületi feszültség a szélén nő, és a felületi feszültség gradiens a nyomtatott vonal mentén az anyag passzív áramlásához vezet. A kapilláris áramlás is migrálja az oldószert, és nem lesz oldott anyag a csepp közepén. Ez a kifejezés a coffeeing („kávégýűrű”) hatás, vagy Marangoni áramlás, amelyek fontos tényezőként vesznek figyelembe véve.

A párolgási arány a csepp szélén csökkenthető, ha a fő oldószert egy magasabb forráspontú társ-oldószer(ek) hordozóval összekeverik, hogy a „kávégýűrű” hatás csökkenjen. Tehát a cseppek szabályozása hatással van a nyomathordozón való viselkedésre, amely a különböző paraméterek bonyolult kölcsönhatását mutatja, mint például a folyadék tulajdonságai, a nyomathordozó tulajdonságai, a forráspont és az oldószer rendszerek illékonyasága és a feszültség hullámformája.

### **10.7 Polimerek az inkjet festékfilm képzésben**

Jelenleg a polimer festékek egy érdekes téma, a potenciális alkalmazásuknak köszönhetően a flexibilis elektronikák, mint nyomtatott ultra-csip elektronikák, smart kártyák, rádiófrekvenciás azonosító (RFID) címkék, szerves vékony-film (thin-film) tranzistorok (TFTs), bio-csipek, szerves (light-emitting) fény-kibocsátó diódák (OLED) és szerves fotovoltaiikus technológia (OPVs) területeken. Ezekben az alkalmazásokban a polimerek funkcionális jellemzői, mint például a vezetőképesség, félvezetőképesség, elektro-fénysűrűség és elektron begyűjtés (electron harvesting) a fő kérdések.

Polimer kötőanyagok is használhatók a festékek összetételében, a festéktapadás érdekében olyan nyomathordozókhoz, mint az üveg, vagy fém, vagy karcálló és kémiai ellenálló képességű nyomtatott festékfilm készítése érdekében. A közönséges polimereket kötőanyagként használják, mint a vinil-klorid/vinil-acetát kopolimerek, akril-gyanta és poliketonek gyanták.

parylene

### **10.8 Polimerek, mint inkjet nyomathordozók**

Különböző polimereket, mint például a polietilén-tereftalát (PET), a polietilén naftalát (PEN) és polivinidilén fluorid (PVDF) használni lehet flexibilis nyomathordozóként az inkjet

nyomtatási technológiában. Ezeknek a hajlékony nyomathordozóknak mindegyike különböző rugalmassággal, molekulatömeggel, munka hőmérséklettel, karcállósággal, kristályos jelleggel, kémiai ellenállással, átláthatósággal, gáz és a nedvesség áteresztő képességgel és dielektromos tulajdonságokkal rendelkeznek, amelyek meghatározzák az alkalmazásuk módját.

Néhány papír nyomathordozó esetén, lehetséges egy speciális vékony bevonat réteg a végső nyomtatott képek minőségének javítása érdekében. A bevonat rétegek a mikropórusos és duzzadóképes bevonatok csoportjába sorolhatók. Szervetlen részecskéket és polimer kötőanyagokat használnak a mikropórusos bevonatban.

A polimereket, amelyek megduzzadnak, és abszorbeálják a festéket, mint a zselatin, a polivinil-alkohol (PVA), a polivinil-pyrrolidont (PVP) és a cellulóz származékok, duzzadó bevonatokban használják. Más polimereket, mint a poliészter, polietilén, polipropilén, és polivinil, a szublimációs nyomtatásnál és a termo transzfer nyomtatásnál alkalmazzák, amelyek ruházatok, jelek és bannerek, mobiltelefon burkolatok, plakettek, kávé bögrék, és egyéb szublimáció-barát felületek díszítésére szolgálnak.

### **10.9 Az inkjet nyomtatás jövője**

A festéksugaras nyomtatás folyamatosan fejlődő technológia, amely lehetővé teszi kis mennyiségű festékek továbbítását a nyomathordozó egy adott helyére. Alkalmazási területei közé tartozik különböző grafikák, nyomtatott elektronikák nyomtatása, mint áramkörök, napelemek, a PLED és RFID nyomtatása nagy pontossággal. A technológia megtalálható még a biológia területén is, például a DNS-mikro sorok vagy az összejt nyomtatás. Számos alkalmazás teljes mértékben kereskedelmi forgalomban van, bár néhány ezek közül kutatás és a fejlesztés alatt áll még. Vannak bizonyos korlátai a festéksugaras nyomtatásnak – mint például a nyomtatási sebesség és a költséghatékonyság kérdése, egészségügyi és környezetvédelmi vonatkozások, a nyomtatott festékfilm egyenletessége és folyadékilövellő képessége –, és ezek leküzdése további jövőbeni lehetőségeket jelent ennek ma már vezető digitális technológiának.

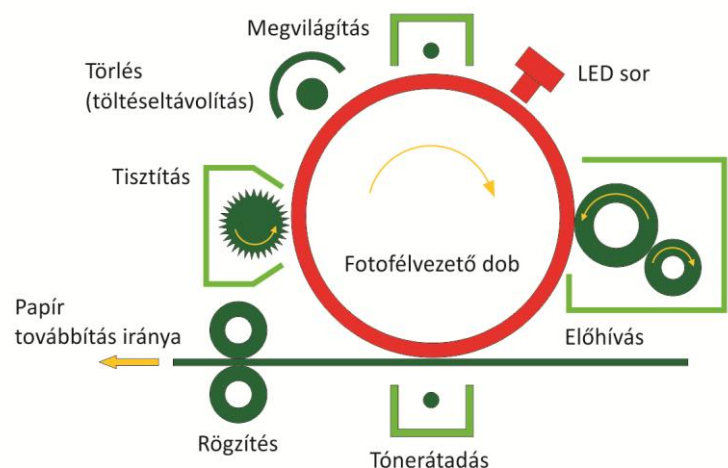
### **10.10. Elektrofotográfiai nyomtatás**

Az elektrofotográfia (más néven xerográfia) egy összetett folyamat, általánosan faxok és másolók, valamint digitális nyomtatók és ipari digitális nyomógépek használják az alapvetet. Egy olyan képalkotási technológia, amely digitális fájlokat alkalmaz és fotoreceptort, fényforrást, elektrosztatikus alapelveket és tónert használ a nyomatok előállítására. Mielőtt ezt a folyamatot használták digitális nyomtatás részére, széles körben fénymásolóknál, ahol egy lámpa világította meg a másolt oldalt, és azután egy sor tükör tükrözte az oldalt közvetlenül egy dob felületére. Digitális fénymásolók helyettesítették a közvetlen fény útját egy érzékelővel, amely átalakítja az analóg képet digitális információvá, majd a lézer, vagy egy LED-sor felírja a képet a dombra.

Számos digitális nyomtató ma ugyanazon a platformon alapul, mint a digitális fénymásolók. A technológia már látott számos javításon esett át az évek során, de a elektrofotográfiai folyamat lényegét tekintve viszonylag változatlan maradt.

Az elektrofotográfiai nyomtatás folyamata a következő alapvető lépésből áll:

- a fotofélvezető teljes felületének elektrosztatikus feltöltése (1),
- a fotofélvezető felületének képi megvilágítása, látens kép kialakulása (2),
- a látens kép előhívása tónerrel (3),
- a tónerkép átadása a fotofélvezetőről a nyomathordozóra (4),
- és a tónerkép rögzítése a nyomathordozón (5),
- és végül a fotofélvezető felületének a tisztítása és felújítása újrafelhasználásra (6) (10.8. ábra).



10.8. ábra. Az elektrofotográfiai nyomtatás folyamatának lépései.

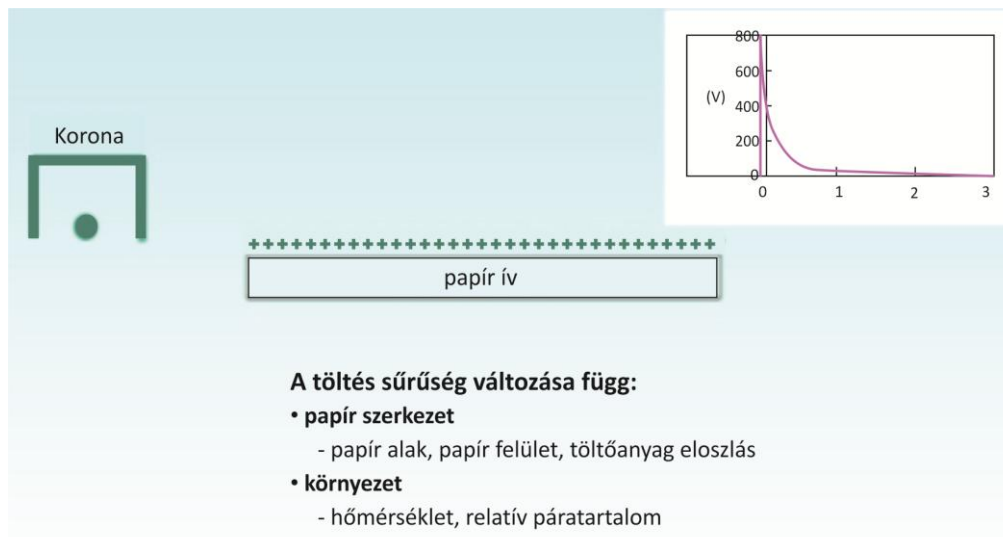
### 10.10.1. Elektromos feltöltés koronakezeléssel

A folyamat első lépése a fotofélvezető felületének elektromos töltéssel való ellátása, vagy más szóval fényérzékenyítése. A képi megvilágítás előtt ugyanis szükséges egy homogén elektromos mező létrehozása a fotofélvezető felületén. Ezt a homogén töltéseloszlást a fotofélvezető felszínén abszorpciós ionizált gáz molekulák segítségével hozzák létre, egy elektromos korona berendezésben (10.9. ábra).

A koronakisülés során a közvetlen környezetben lévő gáz ionizálódik, elektromosan vezetővé válik, ún. „hideg plazma” jön létre; a távolabbi gáz eredeti állapotában marad. Ez a sugárzás annak köszönhető, hogy elektromos lebomlás ionizálja a környezetet. Koronakisülő berendezés általában egy zárt fémvázban felfűzött vékony szál(ak)ból áll, amely egyik oldalán nyitott. Az izzószálak ki vannak téve több ezer volt feszültségnek. Az izzószálak körüli intenzív elektromos mező a levegő molekulák ionizálását okozza és feltölti az ionokat, amelyek polaritása függ a fotofélvezető felületre vezetett nagy feszültségtől. Az ilyen berendezésekben alkalmazott izzószálak 50 µm átmérőjűek és általában wolframból készülnek. A tipikus korona berendezés vagy másnéven korotron, 3-8 korona szálát tartalmaz, 5 és 10 kV feszültség közötti állítási lehetőséggel, 6 kV névleges feszültséggel. Az izzószálakat körülbelül 0.5 cm-re helyezik el a fotofélvezető felületétől.

A polaritás számos tényezőtől függ, beleértve a fotofélvezető anyagának kiválasztását, a dielektromos erősségét pozitív vagy negatív feszültségnél és a feltöltött toner részecskék polaritását, amelyet az elektrosztatikus kép előhívása során használnak. A fotofélvezető felületén fontos töltéseloszlás egyenletessége, az előhívott nem egyenletes kép elkerülése érdekében. A kibocsátás egyenletessége megfelelő, pozitív korona szálak esetén, de nagyon rossz negatív szálaknál. Egy szkorotron berendezést fejlesztettek ki, ami megoldja a fotofélvezető egyenletes negatív feszültséggel történő feltöltésének problémáját. A szkorotron egy sor korona szálból áll egy nagyobb átmérőjű (250  $\mu\text{m}$ ) szálakat tartalmazó hálóval és sokkal alacsonyabb feszültséggel (500-1000 V) a korona és a fotofélvezető felület között. Az izzószál háló torzul egy, a fotofélvezető részére megkívánt feszültség közelében.

Ha a fotofélvezető felületének feszültsége a háló feszültség fölé nő, a töltés megszűnik, és az aktuális ionszabályozás megtörténik. Ez a töltési eljárás fény nélkül zajlik, ezért a neve sötét feszültség.

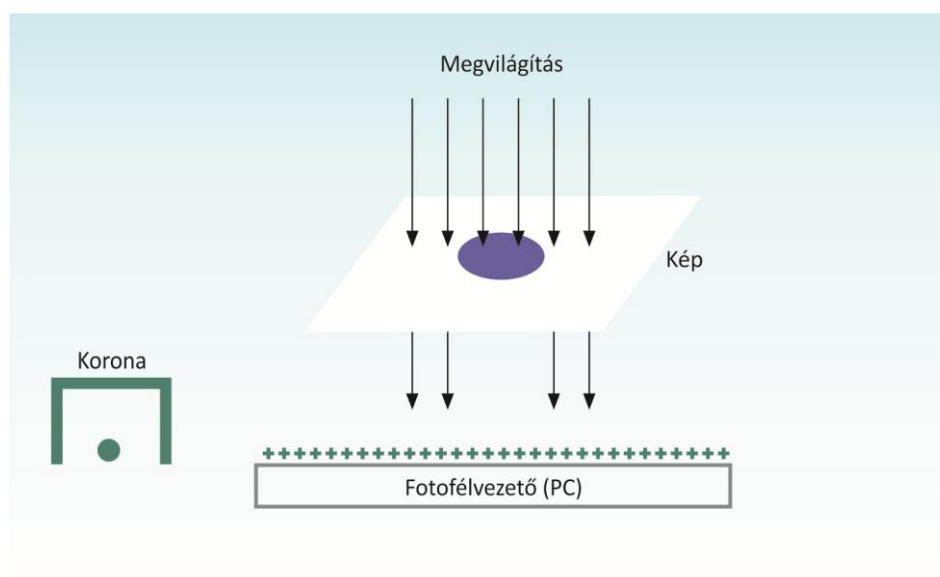


10.9. ábra. Koronakisütés

### 10.10.2. A fotofélvezető felületének megvilágítása

Az egyik kulcselem az elektrofotográfiai folyamatban a fotofélvezető (vagy fotoreceptor). A fotofélvezetőknek a különleges tulajdonsága, hogy megvilágítás hatására vezetővé válnak és sötétben pedig szigetelővé. Ezek a tulajdonságok szükségesek az elektrofotográfiai folyamathoz.

A fotofélvezető egy egységes felületi feszültség potenciállal rendelkezik. A következő lépés a kép levilágítása a fotofélvezető felületre. Ekkor, a fotofélvezető képi területei megvilágíthatatlanok és feltöltöttek maradnak, míg azok a területek, amelyek nem kaptak sugárzást, semlegesé válnak. A semleges területeken a töltést elvezették a fotokonduktor felületéről a földelt fémre. Egy elektrosztatikus látens kép jön létre, amit ezután elő lehet hívni (10.10. ábra).



10.10. ábra. Kép létrehozása a fotofélvezetőn

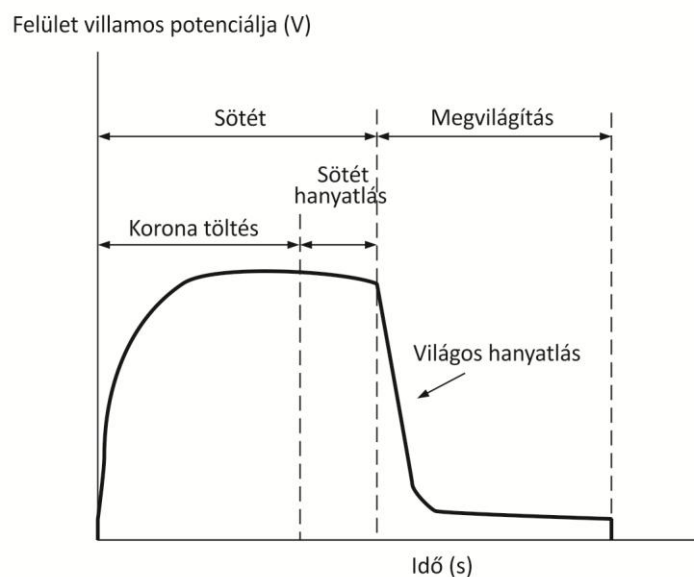
Az alap felületet bevonó tipikus fotofélvezető réteg általában 10-50  $\mu\text{m}$ . A korábbi fotoreceptorok szelén bevonatú metallizált dobok voltak. Ma ezek alumínium bevonatú poliészter (Mylar) hengerek vagy varrat nélküli hevederek.

Az elektrofotográfiai folyamatban használt fotofélvezetők, néhány alapvető tulajdonsággal rendelkeznek. A fotofélvezető elektromos vezetőképességének a sötétben jó szigetelőnek kell lennie. A jó szigetelő tulajdonságok fontosak, azért, hogy a töltéskép hosszú ideig megmaradjon, az előhívási folyamat megvalósításához. Az anyagnak elektromosan vezetővé kell válnia sugárzás hatására. Ily módon egy elektrosztatikus kép alakul ki a felületen vagy optikai, vagy lézeres eszközök hatására.

A fotofélvezetőnek meglehetősen erősnek kell lennie és képesnek lennie a folyamatos töltésre, kisütésre fényenergia által, tisztításra, és újratöltésre a sötétben. Az amorf szelén anyagot a robusztussága miatt használják. A fotofélvezetők sötétek is a velük kapcsolatban lévő áram miatt. Ez azt jelenti, hogy még akkor is fel van töltve a fotofélvezető, és árnyékolt fény bármilyen forrástól, van még szivárgási folyó áram (10.11. ábra). Sötét áram folyik a termikus tevékenységnek köszönhetően a fotofélvezető anyagban.

Ha a hanyatlás mértéke túl magas, a felületi feszültség potenciál csökkenni fog, és ez a kép kontrasztjának csökkenését eredményezi és a háttér felesleges festéket.

Az irodai másoló és sokszorosító gépek lencsék és tükrök segítségével képesek a megvilágításra és látens kép megformálására a feltöltött fotofélvezetőn. Néhány nyomtató szkenneli a dokumentumot szinkronizálva a fotofélvezetővel. Más típusú nyomtatók villanó (flash) lámpákat és optikákat használnak, amely fókuszálja a képet a fotofélvezetőre. Az ipari nyomtatók lézereket és IEd-sorokat használnak a kép kialakulására. A sugárzó energiaforrások különbözőek lehetnek.



10.11. ábra. A fotofélvezető hanyatlási ideje.

### 10.10.3 A látens kép előhívása

A megvilágítás hatására a fotofélvezető felületén egy elektrosztatikus látens kép jön létre, amely készen áll az előhívásra. A kép láthatóvá tétele érdekében, feltöltött tónér részecskéket juttatnak a fotofélvezető felületére (10.12. ábra). Két technikát használnak az elektrosztatikus kép előhívására, folyékony tóneres (liquid ink development, LID) és száraz tóneres előhívást, amely leggyakrabban. A száraz előhívásnál egy-komponensű és két-komponensű előhívó rendszerek ismertek. Az egy-komponensű rendszer elnevezés csak a tónerre utal, míg a két-komponensű utal a hordozóra és a tónerre is.

A xerografikus tónerek egy része készül sztirol és akril kopolimerekből, egy kis mennyiségű feketeszen pigment hozzáadásával. Az anyagot egészen apró részecskékké őrlik, amelyek méret tartománya 5-30  $\mu\text{m}$ . Ezeket a tónér szemcséket dörzselektromosság módszerével töltik elektromosan fel.

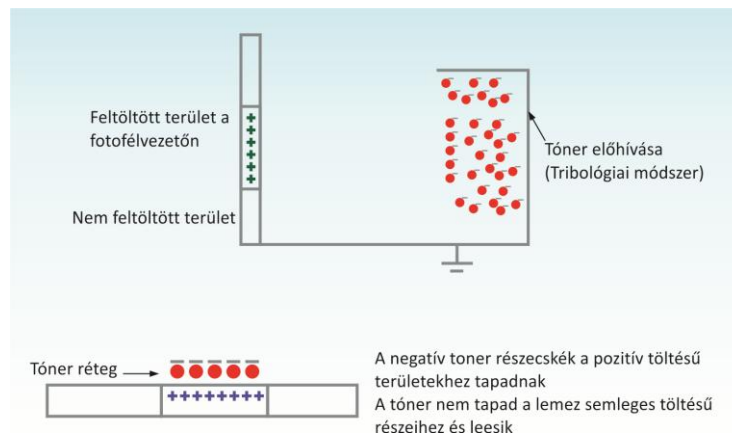
A két-komponensű előhívókban a feltöltött szigetelő tónér részecskéket vonzzák a nagyobb mágneses hordozó részecskék (70-300  $\mu\text{m}$ ), így szállíthatókká válnak.

A mágneses hordozó rendelkezik egy vékony dielektromos héjjal, hogy visszatartsa a tónér részecske összetapadását.

Amikor a tónér részecskék kémiai vagy mechanikai úton maradandóan összetapadnak, az elektromos tulajdonságaik változnak, aminek eredményezve a kép romlása lesz. A pozitív elektromos mezők területei vonzzák a negatív töltésű tónert, és fordítva, a negatív mezők taszítják a negatív tónert. Amikor a tónér kötődött a hordozóhoz, fontos, hogy a toner-hordozó kötés legyen megszakítva. Ily módon a tónér részecskék szabadon mozoghatnak a fotofélvezető képi területeinek hatása alatt. Ha rendelkezésre áll elegendő erő megtörni a kötetést, a tónér átvándorol az ellentétes polaritású fotofélvezető felületére. A hordozó, az ilyen rendszerekben újrahasználható, míg a tónér kimerül. A kimerülés miatt, friss tónér hozzáadása szükséges a következő tónér koncentráció fenntartásához. A hordozó gyöngyök folyamatos újfelhasználása károsítja azokat.

A probléma, hogy a gravitáció amely hatására az előhívó mix a látens kép fölé zuhan az előhívó rendszerben, csökkenti a hordozó áramot és képtelen hogy megtartsa a hordozókat. Ezt a problémát kiküszöbölték, azáltal hogy a hordozót kivették a mágneses anyagból, és húzza azokat távol a fotofélvezetőtől mágnesekkel. Ez a mágneses kefe, amely lehetővé teszi a nagy sebességű előhívást.

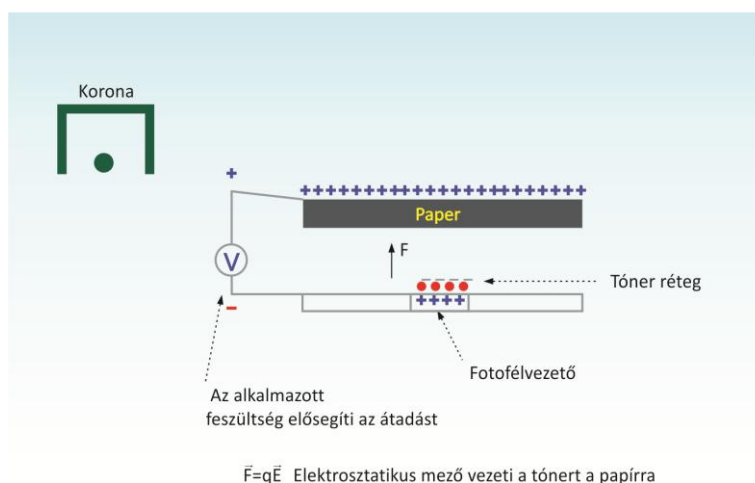
Folyékony előhívásnál elektromosan feltöltött részecskéket használnak folyékony dielektromos közegben. Ez a folyamat lassabb, mint a száraz előhívási technikák. A tónér szemcsék a folyékony előhívókban sokkal kisebbek, mint a száraz előhívókban és ezért képes nagyobb felbontás eléréséhez. Folyékony festék előhívókat más problémák sújtják, mint például a dielektromos anyag környezeti hatásai.



10.12. ábra. Kép előhívása a fotofélvezető felületén

#### 10.10.4 Képátadás a nyomathordozóra

Az előhívott látens kép, készen áll, hogy átadásra kerüljön a nyomathordozóra (10.13. ábra). A nyomathordozót korona egység segítségével kapcsolatba hozzák a fotofélvezetővel hogy a tónér sikeresen átadódjon. A korona egység vonzó elektromos mezőt hoz létre. Ha a nyomtató pozitív tónert használ, akkor negatív korona egységet kell használni. A vonzást létrehozó elektromos mező nélkül a tónér a fotofélvezetőn marad (10.14. ábra).

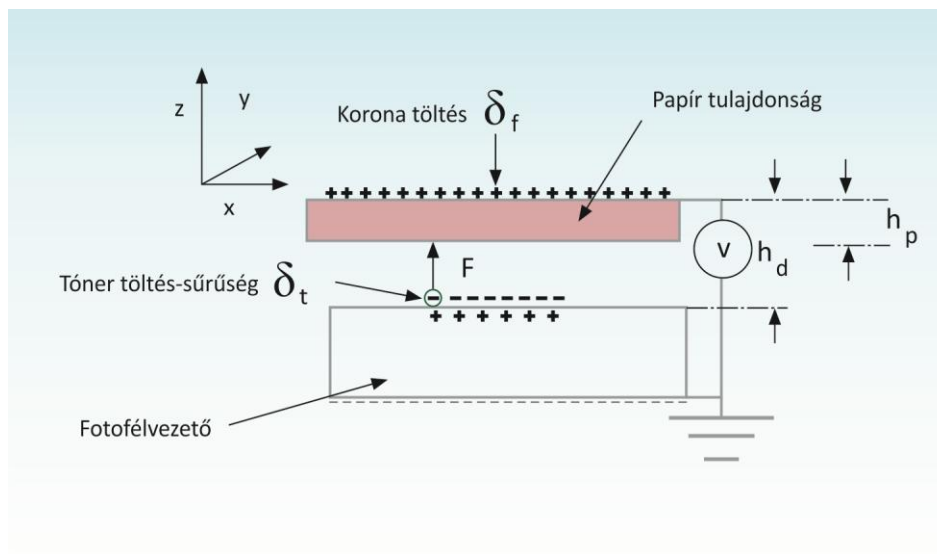


10.13. ábra. Tónér átadása a papírra



A tónerek fejlesztésének egy irányzata a közvetlen tónérátadás fémre, szigetelő filmekre és papírra.

Mivel általában a papír a fő nyomathordozó, ezért célszerű megérteni a fizikai tulajdonságait amelyek hatnak az elektromos töltésre és az ionizált gáz áramlására a papír rostokon keresztül. A képátvitel mázolatlan papírra általában 80-90%-os hatékony. A száraz papír meg tudja tartani az elektromos töltést a rost mátrixban másodpercig. Emiatt vannak problémák a papírkezeléssel. Egyik technika, amely javítja ezt a problémát a korona eszköz kisütésének alkalmazása, amely semlegesíti a papírt. Egyéb szempontok, amit meg kell fontolni, a papír nedvességtartalma és vastagsága. Úgy tűnik, hogy a nehezebb papírok általában javítják az átadás hatékonyságát.



10.14. ábra. A tónérátadás fizikája.

### 10.10.5 A tónerkép rögzítése

Miután a kép a papírra átkerült, azt állandósítani (fixálni) kell. Mielőtt ez a lépés megtörténik, a tonerkép alakult kissé lazán kötődik a papírhoz, és könnyen el lehet kenni vagy le lehet törölni. Az egyik módszer, a kép állandósításának biztosítására, a hőre lágyuló toner rögzítése a papírostokhoz hő és nyomás alkalmazásával. Más technikák közé tartozik a csak nyomással rögzítés és az oldószeres rögzítés. Az oldószeres rögzítés esetén, a berendezést fel kell szerelni oldószer visszanyerő berendezéssel az újrahasznosítás céljából. Ellentétben a hő és nyomással való rögzítéssel, a csak nyomással rögzítés egyszerű, és nem igényel melegítési időt. Ez a módszer mángorolja a papírt, és ami még fontosabb, nem működik jól mindenféle papír esetén. A technika kemény acél görgőket alkalmaz egymással szemben, kompressziós rugókkal. A papírt ávezetik a két görgő között, és rögzítik a tónerképet. A legtöbb nagy sebességű fixálás meleg nyomóhengeres rögzítéssel történik. Általában hosszú a felmelegítési idő ezzel a módszerrel, 5-10 perc. A görgőket fűtik belül, általában egy wolfram quartz lámpával. Tipikus rögzítési hőmérséklet körülbelül 130-180 °C .

Termikus rögzítés henger nyomás nélkül megtörténhet sugárzó energia alkalmazásával. A módszer lehetséges előnye, hogy ez egy érintkezésmentes módszer. Sajnos annak köszönhetően, hogy a legtöbb papír visszatükrözi a beeső sugárzási energia 70-80 %-át, a termikus rögzítés henger nyomás nélkül nem megfelelőnek bizonyul.

A fixálási folyamatban három szempontot kell figyelembe venni. Az első, hogy a tónerrészecskéknek össze kell olvadni. Az egybolvadt tónernak ezután terülnie kell, és végül be kell hatolnia a papír rostjaiba. Az olvadási hőmérséklet, amelyenél a tónér el kezd puhulni, és folyni, 60 -70 °C között van a nyomás-hőmérséklet fixálóban. Az amorf anyagok egy figyelemre méltó tulajdonsága az a képesség, hogy rugalmas szilárból viszkoelasztikussá, majd gumivá, végül folyadék állapotba változik.

#### **10.10.6 Tisztítás és helyreállítás**

A tónért nem mindig sikeresen teljes egészében átadni a papírra. Néhány tónerrészecske a fotofélvezető felületén marad. A hátramaradt részecskék általában kisebb méretűek, mint az átadott részecskék. Ennek az oka, hogy a nagyobb részecskék hajlamosak megakadályozni a kisebb részecskék átadását. Más szavakkal a papír érintkezésbe kerül a nagyobb részecskékkel az átvitel során, hátrahagyva a kisebbeket, amelyek soha nem érintkeznek. Ezeket a részecskéket a fotofélvezetőről el kell távolítani, mert zavarja a korona feltöltést, és a kép megvilágítását. Az ilyen részecskék eltávolítására a lehúzó pengéket vagy a forgó keféket használnak. A tisztítási folyamat magában foglalja a törölő lámpát és a korona egységet is. A korona egységnek ilyenkor a polaritása ellentétes a fő korona feltöltő egységével. A törölő lámpa eltávolítja a látens elektrosztatikus képet és a korona készülék semlegesíti a felszíni töltéseket. Normál használat alatt a fotofélvezető várhatóan, több mint 1 millió képet készít mielőtt a minősége romlana az elfogadható minőség alá.

#### **10.10.7. Fotoreceptor**

A fotoreceptort gyakran nevezik fotofélvezető dobnak, vagy dobnak. Ez egy henger, bevonva olyan anyaggal, amely vezetővé válik megvilágítás hatására.

A sugárzás nem ért területek van egy magas ellenálló képességgel rendelkeznek, ami lehetővé teszi az ezeken a területeken megtartani az elektrosztatikus töltést, amely a folyamathoz szükséges.

#### **10.10.8 Sugárforrás**

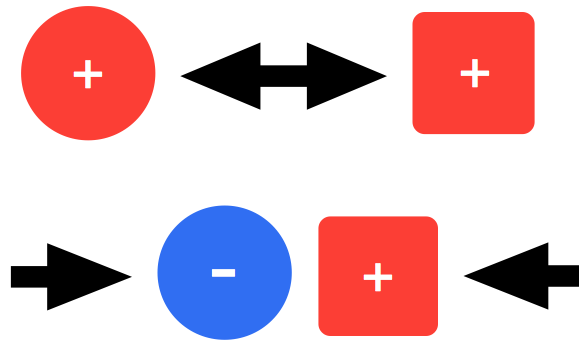
A digitális nyomtatás által használt sugárforrások közé tartozik a LED sorok, vagy gyakrabban a lézerek. A függőleges üregű felületsugárzó lézer (VCSEL, vertical cavity surface emitting laser) egy speciális típusú lézer, amelyet a piacon legújabb digitális nyomdagépekben használnak. A VCSEL sor pozícionálni képes a sugarát nagy pontossággal (címezhetőség) a tökéletesen éles kép, a felbontás és a kép elhelyezése érdekében. Ez teszi kiválóan alkalmassá a digitális nyomdagépekhez.

#### **10.10.9 Elektrosztatikus alapelvek**

Az elektrofotográfia megértéséhez, elsőként meg kell érteni néhány elektrosztatikus alapelveket. Amikor bizonyos anyagok érintkeznek, majd elkülönülnek egymástól, ezek az anyagok

képesek elektromosan feltöltődni. Ezeket az anyagokat egymáshoz dörzsölve, növelhető ez a hatás. Ezt hívják dörzs-elektromos (triboelectric) hatásnak. A statikus elektromosság beépül a ruhákba, a szárítóban vagy egy léggömb dörzsölésével a hajadhoz, ezek példák a dörzselektromos hatásra. A töltések lehetnek pozitív vagy negatív polaritásúak. Azonos töltések taszítják, míg ellenkező töltések vonzzák egymást, ugyanúgy, mint mágnesek polaritások (10.15. ábra).

Ezek a tulajdonságok állnak a technológia lényegében, és vannak hasznosítva szinte minden szakaszában a digitális képalkotó eljárásnak.



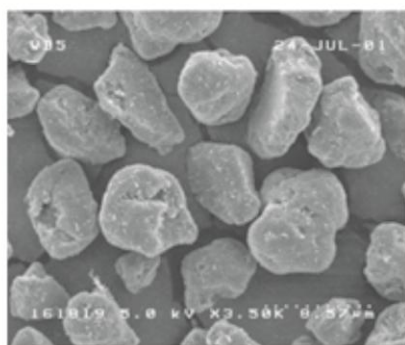
10.15. ábra. Azonos töltések taszítják, míg ellenkező töltések vonzzák egymást

### 10.11 Tóner alapok

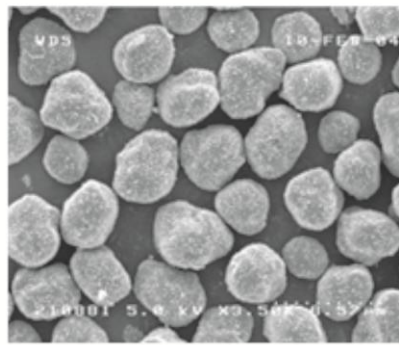
Az elektrofotográfiai (vagy xerográfiai) folyamatban használt tóner, egy nagyon finom, száraz por anyag. Ez elsősorban gyantából áll és pigmentet, viaszt és a folyamatot erősítő adalékanyagokat tartalmaz. A xerografia kifejezés, valójában, a görög xeros, "száraz" származik és gráfia, "írás" szavakból származik, tükrözve, hogy inkább tónert, mint festéket használatának ebben a képalkotó folyamatban. És a tóner szemcsék elektromosan feltöltődnek, amikor keveri vagy felrázza (megmozgatja) a dörzselektromos hatás.

A tóner összetétel nem csak hozzájárul, képalkotó jellemzőihez, hanem ahhoz a képességéhez, hogy fenntartsa és szabályozza a feltöltése tulajdonságait. A tóner alakja is egy tényező a feltöltési képességében. Elektromos töltés az, ami lehetővé teszi, hogy a tóner pontosan manipulált (kezelt) a folyamat során.

Kétféle alapvető tóner előállítási típus van, őrléssel és kémiai (10.16. ábra). Az őrlött tónert használták korábban általánosan digitális nyomtatókban, és gyártották egymást követő összetett keveréssel és őrlési lépésekkel, a kívánt konzisztencia és méret eléréséig. Az eredményül kapott tónerpor részecskék szabálytalan méretűek és alakúak, és jellemzően átlagosan 6,2-10,2  $\mu\text{m}$  méretűek. Az őrlött tóner jó eredményeket nyújt, akár 600 dpi felbontásig; azonban egy következetes méret és alak, a kisebb szemcseméret mellett szükséges a jobb élesség és részletgazdagság eléréséhez, nagyobb felbontással.



Hagyományos porlasztású tónér



EA-HG tónér

### 10.16. ábra. A tónergyártás két alaptípusa

Kémiai tónereket később mutatták be, hogy felszámolják azokat a korlátozásokat, és általánosan használatosak ma. Minden gyártónak megvan a saját folyamata, ennek a fajta tónér típusnak a létrehozásához és egyedi elnevezések is. Xerox EA-tónér, Ricoh PXP tónér és a Konica Minolta Simitri tónér jól példázzák a kémiai tónereket. Ahogy a neve is sugallja, a kémiai tónereket létrehozzák építési vagy 'növekedési' folyamaton keresztül a részecskét kémiai folyamat révén. Ez a folyamat lehetővé teszi, az tónér részecske alakjának és méretének a pontos szabályozását (5  $\mu\text{m}$  alatt, esetenként,) eredményezve magasabb képességet és a felbontó képességeket. A felbontás lehetséges 1200 dpi és 2400 dpi között lehetséges, nagyrészt köszönhetően ennek a fajta tónérnek a használatával. Egyéb előnyei közé tartozik a sokkal alacsonyabb energiafogyasztás, a gyártási folyamatban és a nyomtatási folyamatban is, valamint a szűkebb részecske méret és töltés eloszlás.

A száraz tónereknek két fajtája van: egy-komponensű és két-komponensű. Mind a mágneses vas- vagy vas-oxid részecskék "tartják" a feltöltött tonert mágneses görgön. Egykomponensű tonereknél egyesítik a mágneses anyagot, a tónér részecske kompozícióban, ahol köszönhetően tónér komponensek rendelkeznek mágneses anyaggal, amely össze van keverve a tónérrel, de külön összetevőként. Ezt a keveréket nevezik előhívónak.

Az „ElectroInk”, egyfajta egyedi tónér, amelyet a HP Indigo digitális nyomdagépeken használnak. A festék paszta formájú, és kevert a nyomtatóban képalkotó olajjal, egy könnyű ásványolaj desztillátummal.

Ez a fajta tónér folyékony tónérnek minősül, mivel a részecskék lebegnek a folyékony képalkotó olajban, de még mindig az electrofotográfiai folyamban használják, mint a képalkotáshoz. Egyik legfontosabb előnye, ennek fajta tónérnek, a szemcseméret. Az ElectroInk tónér részecskék 1-2  $\mu\text{m}$ -esek, lényegesen kisebbek, mint a legkisebb száraz tónér részecskék. Ennél a méretnél, a száraz tónér a levegőbe emelkedne és lenne nagyon nehéz szabályozni. A tónér és az olaj szuszpenzióval, nagyobb felbontást, egyenletes fényességet, éles kép széleket és a nagyon vékony képrétegeket lehet elérni. Egy kép vékony réteg lehetővé teszi, hogy a tónér alkalmazkodjon nyomathordozó felületéhez, egy egységes megjelenést hozzon létre a nyomóelemek és a nemnyomóelemek között. Az ilyen típusú tónereknek a hátránya azonban, hogy a nyomathordozókat kezelni kell annak érdekében, hogy a tónér megfelelően megtapadjon. A nyomathordozók rendelkezésre állnak kifejezetten a HP

Indigo digitális nyomdagépeken való használatra, de általában ezek drágábbak, vagy nem összeegyeztethetők más nyomtatási módszerekkel. Néhány Indigo nyomógép is fel van szerelve előkezelő állomással, amely kiterjeszti a nyomathordozók kompatibilitását széles körben, és felülmúlja a digitális nyomtatás más formáit.

### **Irodalom:**

Buehner, W., Hill, J., Williams, T., & Woods, J. (1977). Application of ink jet technology to a word processing output printer. *IBM Journal of Research and Development*, 21, 2-9.

Calvert, P. (2001). Inkjet printing for materials and devices. *Chemistry of Materials*, 13, 3299-3305.

Capek, I. (2006). *Nanocomposite structures and dispersions*. Elsevier.

Dong, H., Carr, W. W., & Morris, J. F. (2006). Visualization of drop-on-demand inkjet: drop formation and deposition. *Review of Scientific Instruments*, 77, 085101.

Fridkin, V. M. (1972): *The Physics of The Electrophotographic Process*, The Focal Press, New York,

Hellmuth, H. C., & Sven-Inge, S. (1968). Ink jet recorder. 3416153.

Heston, S. (2002). CIJ and experimental setup schematics. University of Pittsburgh.

Karsa, D. R. (2003). *Surfactants in polymers, coatings, inks and adhesives*. Manchester, UK: Blackwell.

Kyser, E. L., & Sears, S. B. (1976). Method and apparatus for recording with writing fluids and drop projection means therefore. 3946398.

Pesko C. A., Pellow B., Padula E. (2009): *Recession Realities: The Year for Digital Efficiency and Effectiveness*. Strategic Assessment. InfoTrends.

Schulz, P., Endrédy, I. (2005): *Angol-magyar nyomdaipari értelmező szótár*. Mérnök és Nyomdász Kft, Budapest,.

Schulz, P., Endrédy, I., Szilágyi, T. 2011: *Digitális nyomdatechnikák*. Mérnök és Nyomdász Kft., Budapest

Virtanen, J., Virkki, J., Ukkonen, L., & Syd, L. (2012). Inkjet-printed UHF RFID tags on renewable materials.

Williams, Edgar M. (1984): *The Physics and Technology of Xerographic Processes*, John Wiley and Sons, New York.

## 11. A nyomtatási mechanizmusokról

Ez a fejezet a Nyomdaipari technológiai ismeretek II. jegyzet nyomtatási jelenségeket elemző fejezetének a kiegészítése. Abban megtalálhatják a nyomtatás során lezajló jelenségek elméleti elemzését, a legördülés folyamatának kvantitatív vizsgálatát.

Itt a festékátvitel és a papírtovábbítás egyes folyamatainak vizsgálatát végezzük el.

### 11.1. Festékátviteli jelenségek

Ahhoz, hogy megtörténjen a festékátvitel, a festéknek és a papírnak érintkeznie kell egymással. Az átvitel második feltétele a tapadáshoz kapcsolódik. Ökölszabály szerint a tapadáshoz a festék felületi energiájának kevesebbnek kell lennie, mint a papír felületi energiájának. A valós helyzet ennél összetettebb, és ahhoz figyelembe kell venni a felületi energia természetét és az átviteli eset dinamikáját. Az érintkezés és a tapadás megnő, amint a papír belép a hengerek érintkezési sávjába, és növekvő nyomás hat rá. E nyomás hatására a festék beivódik a papír porózus szerkezetébe. Ez elsősorban az érintkezési sáv közepén következik be, ahol a nyomása a legnagyobb. Az érintkezési sáv kimenő oldalán a festékfilm széthasad.

A hengerek közötti résben végbemenő jelenségek modellezhetők a Walker-Fetsko festékátviteli egyenlettel, melyet az 5. fejezetben már tárgyaltunk. A modell a tömör felületi nyomtatás során átvitt festék átlagos mennyiségét ( $y$ ) viszonyítja a lemezen rendelkezésre álló átlagos mennyiséghez ( $x$ ):

$$y = A[bB + f(x - bB)] \quad (1)$$

Mivel a modell átlagértékeket vesz figyelembe, ez egy makroszintű modell. A modell egységnyi papírfelületre jutó mennyiségekkel való megfogalmazása [ $x$ , ( $gm^{-2}$ )] helyett használható a festékfilm vastagsága [ $h$ , ( $\mu m$ )] is. Az összefüggés a következő:

$$x[gm^{-2}] = \rho[kgdm^{-3}]h[\mu m] \quad (2)$$

ahol  $\rho$  a festék sűrűsége. Mivel  $\rho$  általában körül-belül  $1 kg/dm^3$ , az  $x$  érték  $gm^2$ -ben és a vastagság  $\mu m$ -ben numerikusan közel állnak egymáshoz.

A modellben az  $A$  fejezi ki a relatív érintkezési felületet (0-1). A tömör nyomtatott felületen a festéknek a lefedetlen szálak fehér foltjai nélkül kell beborítania a papírt: A egyenlő egy. Mikroszinten előfordulnak lefedetlen területek az egyenetlenség miatt. A festékfilm vastagságának növelésével a papír felületén lévő lefedetlen pontok közelítőleg a következő egyenletnek megfelelő módon tűnnek el:

$$A = 1 - e^{-kx} \quad (3)$$

ahol  $k$  az egyenetlenségi paraméter.

Más szóval a festékfilm vastagságának növelésével a papír és a festék közötti érintkezés javul. Minél jobb a papír nyomtatási egyenetlensége, annál kisebb lesz a nyomtatáshoz szükséges festékvastagság. Meg kell jegyezni, hogy az átviteli modell paramétereit sebességfüggők.

A  $b$  rögzítési paraméter és a  $B$  rögzítési függvény adják meg a papír szerkezetébe való beivódást a modellben:

$$B = 1 - e^{-x/b} \quad (4)$$

A penetráció növekszik, ahogy az  $x$  növekszik a papír rögzítési kapacitása felé haladva a  $b$  [ $\text{gm}^{-2}$ ] által leírt adott nyomtatási körülmények között. A kapacitás a papír és a festék egy interaktív tulajdonsága. Emellett az a nyomtatás sebességétől és a hengerrés nyomásától is függ. Nagyobb sebességek mellett kevesebb az idő a penetrációra, így a rögzítési kapacitás kisebbnek tűnik. A festékpigmentek a pórusok kapilláris nyomásának befolyására a hengerrés után nem jutnak mélyebbre a papír szerkezetében. A festék illékony összetevői, például az oldószer beivódhat, ha nem vonja ki azokat hatékonyan az elpárolgás. A pórusok kapilláris felszívása egy felületi energiájú erőhatás. Előfordulhat, hogy az oldószerek magukba szívják a festék kötőanyagát. Ennek elkerülése érdekében a kötőanyagoknak kapcsolódniuk kell a pigmentrészekhez.

A nem beivódott festékátvitel mennyiségének  $f$  hányada kerül át a papírra hasadással. Az átvitt festék és a rendelkezésre álló festék aránya (az  $f_{tot}$  átviteli együttható) emellett az  $x$  függvényében felírva le tudja írni a festékátvitel nagyságát is:

$$f_{tot} = \frac{\text{a papírra átvitt festék}}{\text{a lemezen lévő festék mennyisége}} \quad (5)$$

Általában  $f_{tot}$  ott éri el a tartomány maximális értékét, ahol a rögzítés szabályozza a festékátvitelt. Egyenletes felületeken az átviteli együttható értéke 0,5-höz közeli. Az egyenetlenség növekedésével az együttható értéke csökken. A papír porózussága fordított irányban befolyásolja.

A többszínű nyomtatás esetében a 2-4 nyomtatási hengerrésben a festéknek a már korábban kinyomtatott rétegekhez kell tapadnia. A termodinamikai megközelítéssel összhangban ez azt jelenti, hogy a festékek felületi energiájának a nyomtatás sorrendjében kell csökkennie. A fentebbiekben említett egyéb tényezők miatt meghatároztak egy kísérleti mennyiséget, a festék tapadókéességét. Ez előrejelzi a festékek felülnyomhatóságát. A tapadókéesség az adott festékfilm hasadásnak való ellenállása. A felülnyomás pillanatában egy alulnyomott festékréteg tapadókéessége szintjének nagyobbak kell lennie, mint a felülnyomott festékének, hogy az utóbbi rétegben hasadás mehessen végbe.

A felülnyomás során történő festékátvitel mértéke ugyanezen festék az alulnyomott papírra való átviteléhez képest az úgynevezett visszaemelés. A visszaemelés 100%-os, ha nincs különbség a két átviteli mód között. A visszaemelés értéke nulla, ha semennyi festék nem kerül át egy korábban nyomtatott felületre. A visszaemelés mérése lehet denzitometriás vagy kolorimetriás.

A visszaemelés olyan nyomtatás esetén nem jelent problémát, mely során a festékrétegek az egyes nyomtatási hengerrések között megszáradnak, mint például a mélynyomtatásnál. Ez az eset az úgynevezett „nedves-szárazra” („wet-on-dry”) nyomtatás. Ofszetnyomtatás esetén az is problémát okozhat, ha az átviteli feltételek „nedves-nedvesre” („wet-on-wet”) típusúak. Ez különösen akkor igaz, ha a hengerrésekben zajló folyamatok között eltelő időköz rövid. Az időközre kihat a nyomdagép felépítése és a nyomtatási sebesség. Nedves-nedvesre (wet-on-

wet) nyomtatás esetén előfordulhat, hogy némi, az előző nyomtatóegységekben a papírra átvitt festék visszakerül a következő nyomtatóegység gumilepedőjére, amit áthordásnak neveznek.

A visszaemelési problémák hozzájárulhatnak a színterjedelem, azaz a visszaadott színek tartományának csökkenéséhez. A papír bármely adott pontjára nyomtatott színek száma és a visszaemelési problémák is csökkennek színvisszavétel alkalmazása esetén. Ez a színek egyes vagy minden szürkekomponensének feketére való cseréjét jelenti. Emellett a festék beivódása is befolyásolja a színterjedelmet: a beivódás hatására kisebb lesz a festék optikai hatásfoka.

Áttetsző festékek használata esetén a leginkább ezeket a festéket kell először kinyomtatni, mert így fogja a legkisebb mértékben megzavarni a színeképzést. A legkevésbé fontos és a legfontosabb szín pozícióját illetően a vélemények nagy mértékben eltérőek. A sárga a legkevésbé fontos, a fekete pedig a legfontosabb szín. A jó visszaemelés melletti érv a fekete elsőként és a sárga utolsóként való nyomtatását részesíti előnyben. Az élesség melletti érv a fekete utolsóként való nyomtatását részesíti előnyben.

## 11.2. Papírtekercek mechanikája

A nyomdaiparban az utóbbi időben általános trend a papírtekercek átmérőjének folyamatos növekedése. Az átmérő növekedése azt jelenti, hogy a papírpálya hosszabb, ami növeli az egyes tekercekhez tartozó üzemidőt a nyomdagépben, és megnöveli az időközöket a tekerccserék között. Ez egy kívánatos fejlesztés, mivel a tekerccserék kritikus fontosságúak a szalagok feszültségének impulzusszerű változásai által okozott szalagszakadások elkerüléséhez.

A tekercsen lévő papír mennyisége és a hengerméretnek erre gyakorolt hatása az alábbiakban határozható meg.

Az  $S$  papírszalag hossza a következő:

$$s = 2\pi R_0 + 2\pi(R_0 + d) + \dots + 2\pi(R_0 + nd) = (n + 1)2\pi R_0 + 2\pi d(1 + 2 + \dots + n) \quad (6)$$

ahol az utóbbi kifejezés egy számtani sorozat. A sorozatot összegként felírva a következő eredményt kapjuk:

$$s = (n + 1)2\pi R_0 + 2\pi dn(n + 1)/2 \quad (7)$$

ahol  $R$  a tekercs sugara,

$R_0$  a henger sugara, és

$d$  a papír vastagsága (újságpapír esetében  $\approx 50 \mu\text{m}$ ).

Feltételezzük, hogy az  $R$  jelentősen nagyobb, mint az  $R_0$ ,

$$s = \pi R^2/d \quad (8)$$

Az  $s$  általában 10...20 km közötti.

A nyomdagép a tekercshez tartozó üzemidejét, a  $t_{reel}$  értéket a szalag hossza és a nyomtatási sebesség,  $v$  közötti összefüggés határozza meg:

$$t_{reel} = \pi R^2/(dv) \quad (9).$$



A tekercs fordulatszámát a lineáris sebesség és a tekercs kerülete közötti összefüggés határozza meg:

$$\omega = v/2\pi R(t) \quad (10)$$

Ez a tekercs felhasználásával és a méretének csökkenésével növekszik. A papírgyártás csévélési lépései során a szalag irányában szakítófeszültség, a papírtekercs sugarának irányában pedig nyomófeszültség keletkezik. Mindkettőt szándékosan alakítják ki.

A szakítófeszültségnek a szalag teljes hosszában és a tekercs keresztmetszetében egységesnek kell lennie annak lehetővé tételéhez, hogy a papírt egyenletesen lehessen a nyomdagépbe végigvinni a tekercsről való letekercseléskor. A nyomófeszültségnek a tekercs felületén, a hengeren és a rétegek között elegendő nagyságúnak kell lennie ahhoz, hogy megakadályozza a papír elcsúszását letekercselés közben.

### 11.3. A papírtovábbítás lemezése

A tekercsnyomtatás esetén a papírt egy tekercsállványra rögzített tekercsről táplálják a nyomdagépbe; a tekercstartón „csapágyak” tartják a tekercset, melyek lehetővé teszik, hogy az a nyomdagépének megfelelő tempóban forogjon. A „csapágyak” a henger két végére illesztett tokmányokat kiegészítő kúpokból állnak (kisebb tekercsnyomó gépek esetében előfordulhat, hogy egy tengelyt illesztenek a hengerbe). A tekercsváltó állvány további feladatai közé tartozik a tekercs felgyorsítása és fékezése, a szalag kezdeti feszültségének szabályozása, illetve a keresztirányú regiszter előzetes beállítása. A tekercstartók lehetnek különálló többtekercses állványok, vagy a nyomtatóegységbe integrált egytekercses állványok, egymásra illesztett különálló kéttekercses állványok (mint például a „Butler” típusú tekercsváltók heat-set ofszetnyomó gépek esetében), illetve két- vagy háromtekercses tekercstartó csillagok.

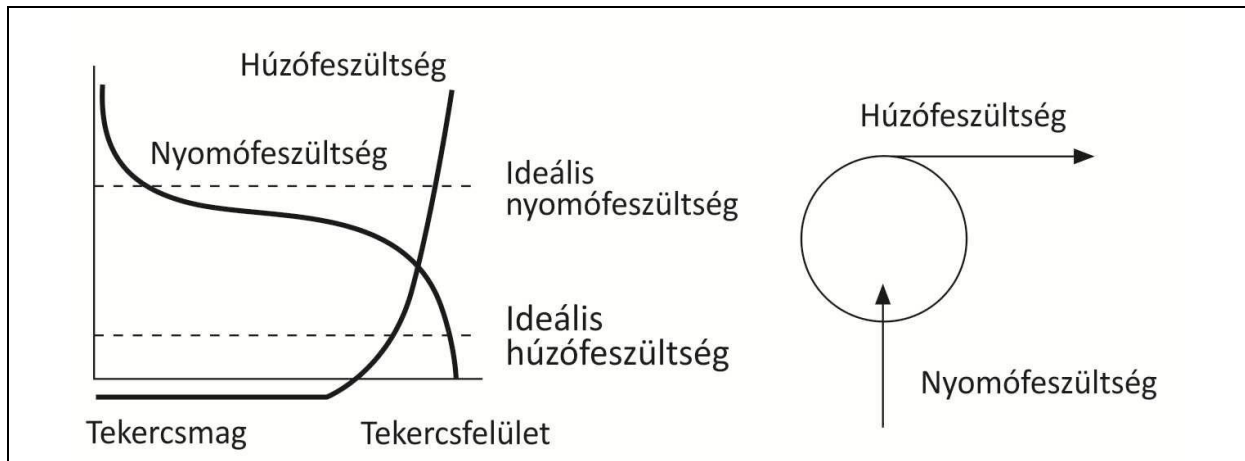
A tekercsek működésének irányításában központi szerepe van a tekercsek fékezésének. A tekercsek fékezése a következőkre használható:

- vészleállítás (tengelyfék),
- sebességszabályozás (külső fék; fékbetétek),
- szalagfeszültség előidézése (tengelyfék vagy külső fék).

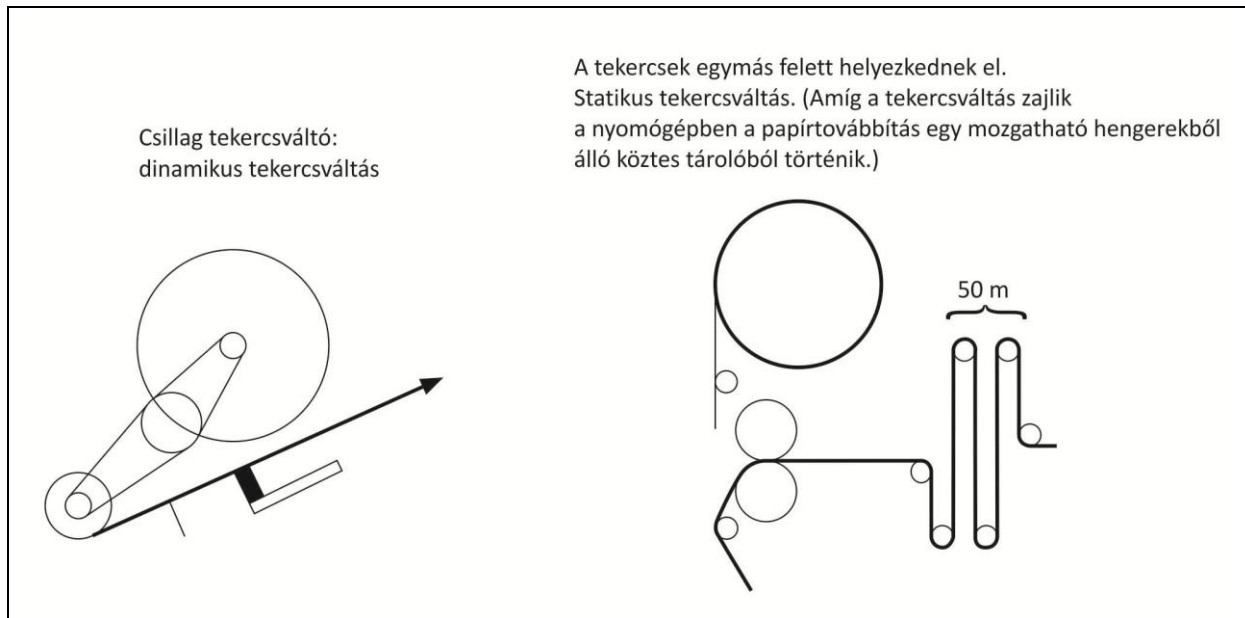
A tekercstartó használata során fékezéssel megadható a szalag feszültségének kezdeti értéke. A tekercs-cserékkel kapcsolatban végrehajtott szalagfékezések minimálisra csökkentése érdekében a szalag feszültségének kicsinek kell lennie a tekercstartón. A papírpálya feszültségének szabályozóköre a legegyszerűbb konstrukciókban általában használt módon egy lengőhengerből és egy tengelyfékből áll, de az, hogy alacsony legyen a pálya feszültsége, nem teljesül. Ugyanakkor, ha a szabályozás kétfázisú kialakítású, mely a tekercstartóból és egy különálló behúzó egységből áll, az alacsony pályafeszültség elérhető (11.1. ábra), mivel a tekercstartó használatával fenntartható az alacsony mértékű feszítés és a feszítés a behúzó egységben a nyomtatáshoz szükséges szintre emelhető.

Amennyiben a tekercscsere automatikus, az nem szakítja meg a nyomtatást. A tekercscsere a következő két irányelv egyikének megfelelően valósítható meg (11.2. ábra):

- dinamikus tekercscsere (automatikus tekercsragasztó) (újságy nyomó és mélynyomó gépek),
- statikus tekercscsere (heat-set ofszetnyomó gépek).



11.1. ábra Feszültségek a letekeresés során a papírtekercsben



11.2. ábra Dinamikus és statikus tekercsváltás

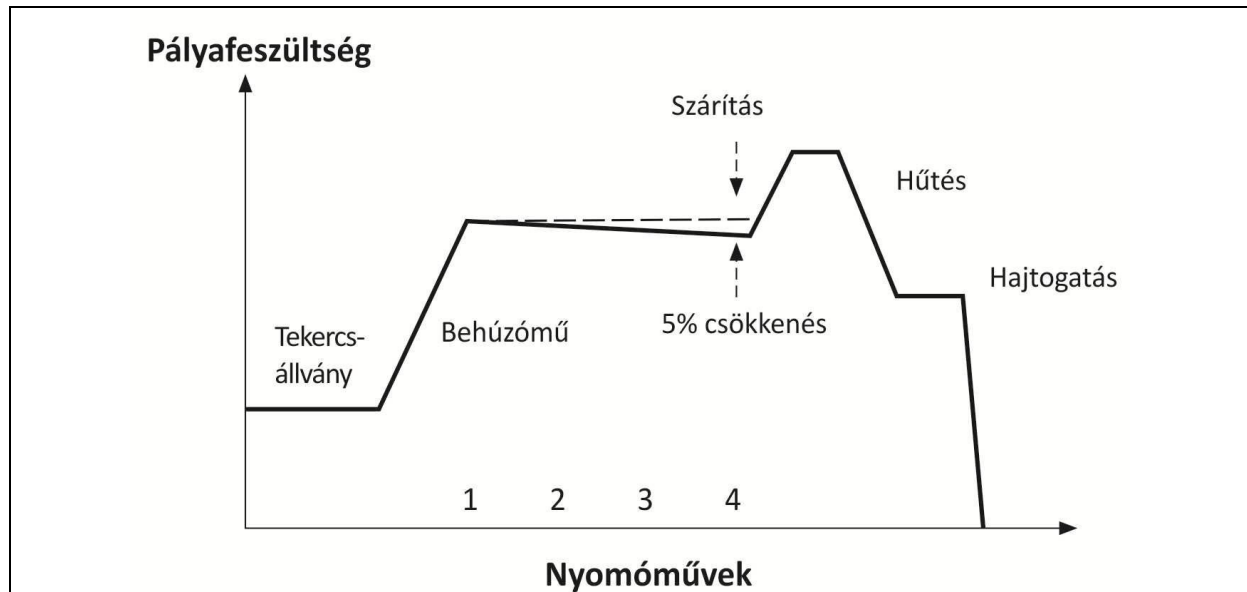
Dinamikus tekerccsere során a tekercek a nyomtatási sebességgel forognak a tekerccsere pillanatában. Statikus tekerccsere során a tekercek állnak, egyáltalán nem forognak.

A nyomdagépben szükséges a pálya feszítése, azért hogy a papírpályát végig lehessen vezetni a nyomdagépen a súrlódás által kiváltott ellenállás ellenére is, illetve a papír stabil haladásának biztosítására (regiszter, nincsenek gyűrődések, nincs rezgés). Akkor keletkezik súrlódás, amikor a papír – például - vezetőrudak felületével érintkezik, illetve amikor hengerek érintkezési sávjában halad át. A papírpálya feszültségéhez kapcsolódó problémák részben megegyeznek azokkal, amelyek más, papírszalagok kezelését magukba foglaló folyamatok, mint például a visszatekeresés és a simítás során jelentkeznek. Eltérés, hogy a nyomtatás során nagyobbak a helyigények.

A színes nyomtatás esetében a színregiszter miatt nagyobb a pálya feszültsége, mint az egyszínű nyomtatás esetében. Az újságnyomó gépek esetében a szalag feszültsége körül-belül

300 N/m, a heat-set ofszetnyomtatás esetében 600-800 N/m, a mélynyomás esetében pedig a mérések alapján némileg kisebb, mint 500 N/m.

A nyomdagép pályafeszítő profilja általában a 11.3. ábrán láthatóhoz hasonló. A szalag feszültsége a nyomtatási hengerrésekben a betápláló eszközt követően a súrlódás hatása miatt csökken (kivéve, ha külön szabályozva van). A szárítás a rugalmassági együttható értékének növekedéséhez, és ennek hatásán keresztül a szalag feszültségének növekedéséhez vezet.



11.3. ábra Egy heat-set tekercsofszet nyomógép jellemző pályafeszültség profilja

A pályafeszültség két különböző módon jön létre a tekercs fékezése (tengelyfék vagy külső fék használata) következtében

$$T = F/w \quad (11)$$

ahol  $T$  a szalagfeszültség,  
 $F$  a fékezés, és  
 $w$  a szalag hossza.

Az egyenlet akkor igaz külső fék esetén, ha nem vesszük figyelembe a súrlódás hatását.

A papírpálya fékezése a vezető hengerrésben:

$$F + \mu T/r = Tw \quad (12)$$

ahol  $\mu$  a hengerrésben jelentkező súrlódás együtthatója,  
 $F$  a fékezőerő, és  
 $r$  a henger sugara.

A pálya gyorsítása két hengerrés között

$$T_2 = T_1 + E(v_2 - v_1)/v_1 \quad (12)$$

ahol  $T_1$  a pálya feszültsége az első hengerrés előtt,

$T_2$  a szalag feszültsége az első hengerrés után,

$v_1$  a sebesség az első hengerrésben,

$v_2$  a sebesség a második hengerrésben (lásd a szalag a nyomdagépen való áthaladásának tárgyalását).

A pályabehúzási feszültség:

$$T = F/(2w) \quad (13)$$

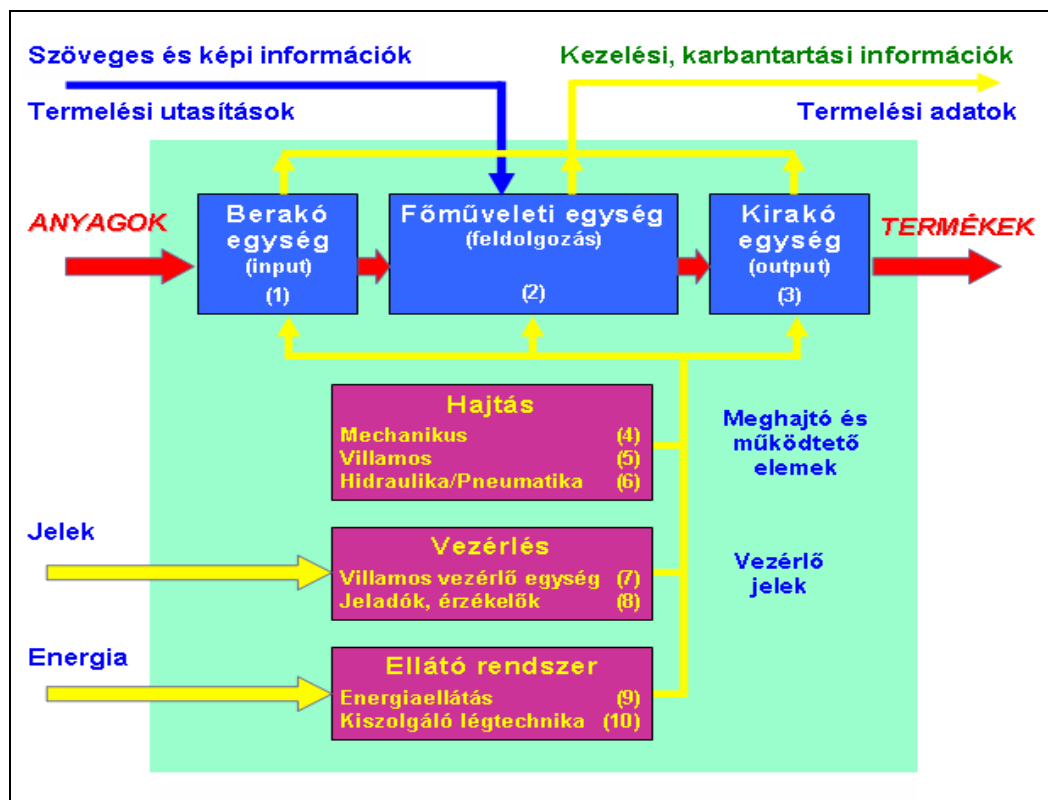
ahol  $F$  a behúzási erő.

## 12. Nyomdagépek üzemeltetése és karbantartása

A nyomdatermékek piaca alapvetően kínálati piaccá változott a 21. század elejére. Ez termék előállítók számára a piac által diktált árakat folyamatos árnyomást jelent. Ebből csak a termelési költségek folyamatos lefaragása lehet a kiút. Ezért jelent egyre nagyobb kihívást és igényel fokozottabb figyelmet a technológiai berendezések hatékony üzemének a biztosítása. A nyomdák ezért is kényszerülnek egyre nagyobb gondot fordítani a berendezések karbantartásának gazdaságos szervezésére. Ez a fejezet az ehhez szükséges ismeretekre fókuszál.

### 12.1. Nyomdagépek karbantartási szemléletű működési modellje

Az egyes nyomdagépek közötti, esetleges nagy különbségek ellenére, alapvetően közös jellemzőik alapján, egységes szemlélettel kívánom értékelni és tárgyalni őket. Az egyik fő ok, amiért a szintetizálásra törekszünk, az a karbantartói gyakorlatban gyökerezik. A nyomdák jellemzően kis létszámú karbantartói szervezetettel látják el a feladatokat. Kevés a lehetőség tehát a specializációra és a karbantartási szemlélet és gyakorlat parcellázására. A szerkezetében és technológiai feladatában sokszor igen különböző berendezéseknek a nyomdai alkalmazások miatt számtalan olyan közös vonásuk is van üzemeltetési és karbantartási szempontból egyaránt, ami lehetővé teszi az egységes szemléletet.



12.1. ábra A nyomdagépek karbantartási szemléletű modellje

Ennek érdekében fogalmazható meg az a 12.1. ábrán bemutatott egyszerű modell, amely jól tükrözi a nyomdagépek általános felépítését, magába foglalva azt a felosztást és részletezést, amelyekre majd karbantartási, karbantartás-szervezési sajátosságok elemzésénél szükség lesz.

A mai nyomdagépek technológiai egységei két alapvető egymással mellérendelt fontossági viszonyban lévő műveletet egyesítenek. A megmunkálendő anyagot (jellemzően papír) nagy pontossággal továbbító mozgatósi folyamatra épül a terméken általában információs jellegű alakításokat végző főművelet. Ezért olyan fontos eleme a nyomdagépeknek a ki és a berakó egység. Ezekkel az elemek biztosítják egyben géprendszerek építésének a lehetőségét is. Illetve, ha a nagyobb rendszereket elemeikre bontjuk, mindig eljutunk a modellen kék színnel jelölt hármasszinthez. A hajtás, a vezérlés és az ellátás egységei szerkezeti kialakításukat, bonyolultságukat és különösen karbantartási igényüket tekintve is a technológiai egységekkel azonos igényeket támasztanak.

### **12.2. A nyomdagépek karbantartási sajátosságai**

A nyomdaipari gépeken a feldolgozási folyamatok, valamint az azok tárgyát jelentő anyagok és termékek hasonlósága sok közös meghibásodási, javítási és karbantartási sajátosságot eredményez, amelyeket az irányítási és szervezési munka során szem előtt kell tartani. Emiatt részletesebb elemezzük azokat a hibaforrásokat és károsodási folyamatokat, amelyekkel a nyomdagépek üzemeltetése során meg kell küzdeni. A Függelék 4.9. *Összefoglaló elemzésében* főleg azokat a meghibásodási ok és okozat összefüggéseket mutatjuk be, amelyek gyakran visszatérő problémákat okoznak és elhárításuk, megelőzésük jellegzetes szervezési intézkedéseket igényel.

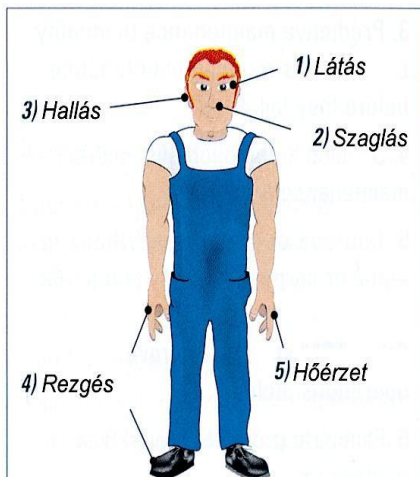
### **12.3. Újszerű preventív szemlélet**

A gyorsuló versenykörnyezet megköveteli, hogy egyre gyorsabban és hatékonyabban dolgozzunk a legjobb ipari gyakorlat, technikák és technológiák alkalmazásával.

#### *Prediktív megközelítés*

Az angolszász szakirodalomból terjedt el ez a kifejezés és szemléletmód, amely az állapotfigyelésen alapuló, megelőző stratégia valamennyi lehetséges (egyszerűbb és bonyolultabb) megoldásának az összefoglalását és összefogását jelenti [3, 169].

Ma egyértelmű tendencia a (magyar) nyomdaiparban, hogy az állapotfigyelést, mint megelőző eszközt, egyre szélesebb körben használják. Előnye, hogy bármikor kezdhető, lépésekben bevezethető és nem igényel nagy gyártói támogatást. A modern nyomdagépek jó alanyok ennek ehhez. Ezt a prevenciót hamar meghálálják az eddigi alkalmazások tanulságai szerint. Ennek okán az alkalmazási kérdéseket - a hivatkozások miatt is - jobban részletezem.



Az ember beépített állapotfigyelő rendszerével hallja, látja vagy kiszagolhatja a kisebb változásokat. A gépkezelő és karbantartó személyzet érzékszerveit ki kell képezni arra, hogy figyelemmel kísérjék a nyomdagép üzemi állapotát.



A digitális technológiával támogatott állapotfigyelés során a hibajelenségek még tüneteik megjelenése előtt észlelhetők.

12-2. ábra  
Az állapotfigyelés lehetőségei

Az emberek a legfontosabb karbantartási eszközök, akik természetből fogva el vannak látva beépített érzékelőkkel. Ha helyesen képzik ki őket, akkor képesek azonosítani a műszaki állapotok rosszabbodását a berendezés üzemi állapotában. Természetesen problémák észlelése nehezebb olyan berendezéseknél, ahol zajvédő elemek és burkolatok vannak. Így bizonyos hang tüneteket nehéz meghallani egy üzemelő nyomdagép mellett. A dolgozók hatékonyabbak lesznek, ha alkalmas figyelő eszközök állnak a rendelkezésükre.

Az állapotfigyelő eszközök használatával az alábbiakra kell figyelemmel lenni.

Először egy vagy két nyomdagépet válasszunk ki a kulcsfontosságú mérési, állapotfigyelési feladatok elvégzésére. A munkatársak dolgozzanak velük körülbelül egy évig, amíg a hasznosságuk kimutatható és jól igazolható. (Túl sok gépet egyszerre bevezetni, gyakran helytelen használathoz és be nem váltott elvárásokhoz vezet).

Az eszközök helyes használatát megfelelő és folyamatos képzéssel kell támogatni Rendszeres kalibrálás szükséges.

A rendszeresen használt eszközök leolvasott értékeit mindig rögzíteni kell valamilyen adatformátumban.

A rendszeres állapot-felügyelet segít a hibák korai észlelésében, amikor a javító intézkedés ideje és költsége még a legkisebb. Első lépés megállapítani az alkatrész karakterisztikák rendes üzemi szintjét és a rendellenes állapot észlelése és a hiba bekövetkezése közötti időt.

A kulcstényezők:

- Észlelés: A változás kezdete és az aktív leromlás között .
- Diagnózis: Típus, súlyosság és hely?
- Döntés: Mit kell csinálni és mikor?

Az állapotfigyelési módszerek közé tartoznak:

- teljesítmény adatok (KPIs - Key Performance Indicators) figyelése
- csapágy- és rezgésmérés,
- energia felhasználás mérése,
- kenőanyag és kopási törmelék figyelése és elemzése,
- vizuális és érzékszervi ellenőrzés ,  
(beleértve a termográfias és az infravöröst hőmérséklet mérést).

Az állapotfigyelés digitális eszközeinek az ára és költsége jelentősen csökkent. Ma már nem jelent nagy terhet a beszerzésük. A legtöbbjük alap kivételben lehetővé teszi a mérések rögzítését és az adatok bevitelét egy számítógépes rendszerbe, hogy leegyszerűsíthető legyen a tendencia elemzés.

#### Adatgyűjtés és elemzés

Akkor van értelme az adatok gyűjtésének, csak ha azokat elemzik, felhasználják a tervezésnél és megosztják minden érintett személlyel, beleértve a nyomdagépek kezelőit is. A legtöbb állapotfigyelő eszköz képes arra, hogy adatokat továbbítson digitális alakban, ami lehetővé teszi, hogy trendbe állítsák, egy oszcilloszkópon elemezzék vagy hangként tárolják. Ezeknek az adatoknak bármelyikét ezután Interneten el lehet küldeni, ha szakértő segítsége szükséges a probléma megoldásához.

Hatalmas potenciális lehetőségek származnak egy integrált adatbázisból, ahol ultrahang, rezgés és hőmérséklet adatokat tárolnak együtt, azokra kölcsönösen hivatkozni lehet. Lehetővé teszi a tendencia-elemzést, segít megtervezni a jövőt illető intézkedéseket, és visszacsatolást ad a vezetésnek és a dolgozóknak.

Az állapotfigyelés – elsősorban műszeres – feladatai bizonyos tekintetben többletterhet jelentenek a karbantartás dolgozói és irányítása számára. Ma már azonban szolgáltatásként is elvégezhetőek ezek a feladatok, talán még szakszerűbben, ahogy több nyomda él is ezzel a lehetőséggel.

#### Proaktív megközelítés

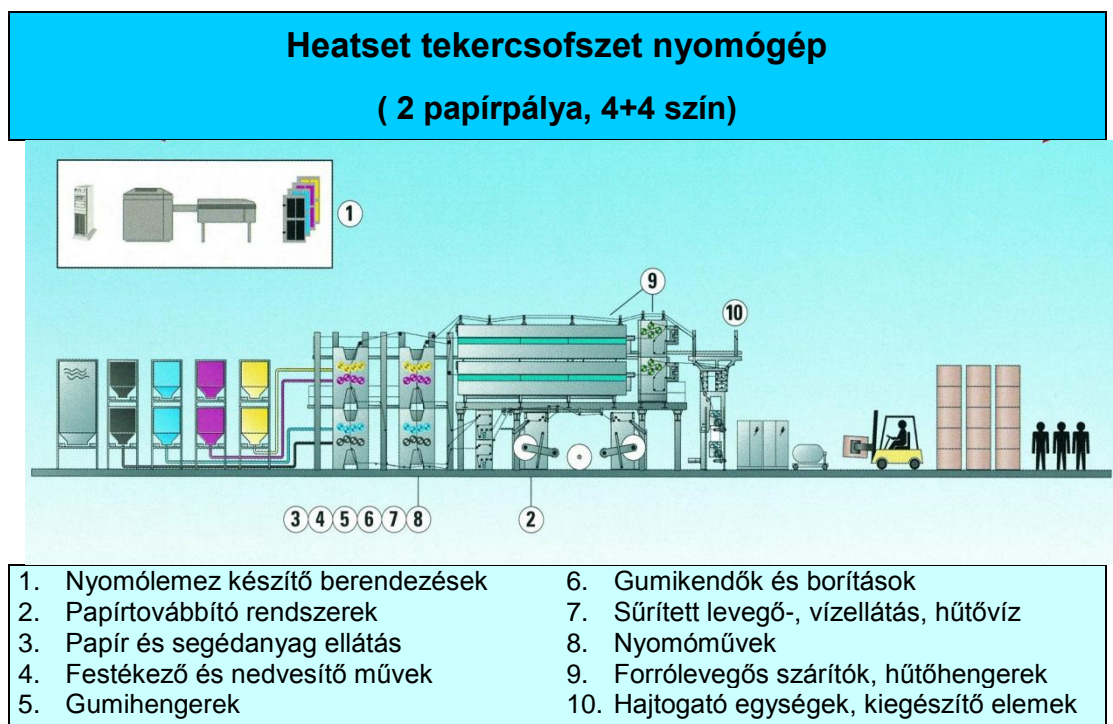
Gyakran használt kifejezés ma a szakirodalomban, az előrelátóan megelőző karbantartási szemlélet alkalmazására. A nyomdaipari karbantartási publikációk [28, 220, 260] különösen gyakran hivatkoznak erre az elnevezésre, de inkább, mint szemléletmódot értelmezik, mintegy a TPM előszobájának tekintve, megbízhatóság orientált karbantartási tevékenységeket előtérbe helyezve

Ennek a szemléletmódnak a bemutatására példát választottam. A nyomdaiparban kulcs gépnek tekintett berendezés típusra, a heatset tekercsofszet nyomógépekre dolgoztam ki egy megbízhatósági szemléletű karbantartási rendszert, mint modellt és példát. Ez a rendkívül nagy értékű és nagy teljesítményű nyomógéptípus jelentette a legmeghatározóbb fejlesztéseket Magyarországon a közelmúltban. Ezekben a gépeken állítják elő a színes áruházi katalógusokat, termékismertetőket és a színes magazinokat. Várhatóan még sokáig jelentenek meghatározó karbantartási feladatot.



Proaktív megközelítésmódnak és megbízhatósági szemléletnek megfelelően választották meg, alakították ki a „karbantartási tevékenységeket”. Ez a módszer a **3C** (Clean – tisztít, Check – ellenőriz, Calibrate – beállít) elve szerint építi fel a megelőző karbantartási feladatokat. Az általános, az egész gépre vonatkozó gondozási és karbantartási tevékenységek előírásai mellett szerepelnek azok a hatások is, amik az el nem végzett feladatok következményeként fellépnek: a gép termelési sebességének kényszerű csökkentése, leállítás, a biztonság csökkenése, minőségi problémák.

A következő oldalon található 5-4. ábra alapján a heatset tekercsofszet nyomógép 10 olyan gépegységét és technológiai folyamatát határoztam meg, amelyek a proaktív karbantartása meghatározó befolyással segíti a gép műszaki állapotának a megőrzését.



12.3. ábra Heatset tekercsofszet nyomógép megbízhatósági szemléletű megelőző karbantartásának szempontjából kritikus elemei és egységei

A nyomdagépre vonatkozóan hét kezelési és gondozási tevékenységcsoportot különíthető el és határozható meg, amelyek proaktív szemlélettel megfogalmazott feladatait a Függelék táblázatainak tevékenységi lapjaiban rögzíthető. Ezek a megelőző tevékenységek, meghatározóak a gép hibátlan működése érdekében.

Az 12.4. ábra táblázatában foglaltuk össze a heatset tekercsofszet nyomógépekre vonatkozó általános 3C feladatokat. Ugyanez a táblázat tartalmazza a feladatok időtervét és a végrehajtással megelőzhető következményeket is. A meghibásodások miatt le kell-e lassítani, esetleg megállítani a gépet, illetve a megelőzési feladat a biztonságra vagy a minőségre van-e hatással. E következmények rögzített ismeretében tudatosabb, proaktív szemléletű munkavégzés várható.

A részletes megbízhatósági szemléletű preventív gondozási és karbantartási feladatokat (3C) tartalmazó táblázatok, a Függelék 2. táblázataiban található. A teljes körű feladat-

meghatározáshoz a kapcsolódó tevékenységi lapok elkészítése is szükséges. Ahhoz azonban a nyomógép konkrét típusának ismerete is kell. De így is kiváló sorvezető ez a mintapélda valamennyi ilyen jellegű nyomógép megbízhatósági szemléletű karbantartási feladatainak kidolgozásához.

	napok		hónapok				Lassul	Leáll	Bizt.	Minőség
	1	7	1	3	6	12				
<b>Általános ellenőrzés és tisztítás</b>										
Emelvények, lépcsők és fedlapok	X									+
Papírhulladék eltávolítása, portalanítás	X						+	+		+
Fizikai vizsgálat, szemrevételezés, hangok, szagok	X									
Tekercsre hulló víz, olaj, festékcseppek	X							+		○
Jelölések és jelzőlámpák tisztítása	X									+
Érzékelők tisztítása	X							+		
Megfelelő oldószerek használata							+	+	+	○
<b>Kenés és mechanikus hajtás</b>										
Tervszerű olajozás/zsírozás								+		
Olajszintek ellenőrzése és szűrők cseréje	X							+		
Lánchajtás				X			+			
Csigák, áttételek				X			+			
Szíjak			X				+			
Fogaskerekek és csapágyak						X				○
Hengerek és csövek tisztítása		X								○
<b>Motorok és elektromos rendszer</b>										
Hűtőlevegő csatornák átjárhatóságának biztosítása	X						+	+		
Motorok és elektromos szekrények szűrőinek tisztítása	X						+	+		
Csatlakozók váltása és kefék cseréje						X				
Motorok felügyelete	X							+		
Motorok utasítás szerinti karbantartása								+		
PLC telepeinek cseréje						X		+		

Gyakoriság
  Hatás, okozott probléma (lassulás, leállás, biztonság, minőség)

A fenti példa általános, mindig hagyatkozzon a gyártó által javasolt műveletekre és időközökre!

12.4. ábra Heat-set tekercsofszet nyomógépek megbízhatósági szemléletű általános jellegű, megelőző, tisztítási ellenőrzési és beállítási feladatai

## 12.4. A nyomdagépek üzemeltetése során fellépő leggyakoribb hibák és károsodási folyamatok

A nyomdaipari gépeken a feldolgozási folyamatok, valamint az azok tárgyát jelentő anyagok és termékek hasonlósága sok közös meghibásodási, javítási és karbantartási sajátosságot eredményez, amelyeket az irányítási és szervezési munka során szem előtt kell tartani. Emiatt szükséges összegezni - a részletesebb elemzés igénye nélkül is - azokat a hibaforrásokat és károsodási folyamatokat, amikkel a nyomdagépek üzemeltetése során meg kell küzdeni. Elsősorban azokat kiemelve, amelyek gyakran visszatérő problémákat okoznak és elhárításuk, megelőzésük jellegzetes szervezési intézkedéseket igényel.

### 12.4.1. Az illeszkedés problémái

A ma nyomdagépeiben a nyomathordozók, az ívek, a könyvtetek, egyéb félkész- vagy késztermékek igen gyorsan haladnak az egyes megmunkálási pontok között. A leggyorsabb telefonkönyv nyomtató rendszerekben a papír 15 m/s sebességgel száguld. Mivel a technológiai folyamatok tárgya többnyire papír vagy karton alap-anyagú - tehát a legkevésbé sem merev tárgyak - az ilyen nagy sebességgel történő anyagtovábbítás elég összetett és

bonyolult technikai megoldásokat igényel. Ráadásul a nyomtatás, a kötészetű továbbfeldolgozás vagy a csomagolástechnikai megmunkálások mindegyike nagy pontosságot is igénylő művelet. A nyomdaipari gépekben a legtöbb meghibásodás (az összes 40 %-a) ezekben az egységekben fordul elő és minden esetben – valamilyen - illeszkedési problémaként jelentkezik. Nehezen ítélné meg, hogy technológiai beállítási hiányosság vagy valódi meghibásodás az igazi ok. Különösen a nyomtatásban, nehezen azonosítható kis kopások, szennyeződések, rendellenességek már zavarokat okoznak. A gyakorlat azt mutatja, hogy igen sok a hezitálás az ilyen problémák fölött, ami egyben sok feszültség forrása is a termelési és a karbantartási szervezet között. Nagyon fontos ezt a problémarendszert kiemelten kezelni. Ezen a területen csak a technológia alapos ismeretében lehet eredményes a hibafelderítés, -elhárítás és a felújítás egyaránt. A karbantartó személyzetben kifejezetten nyomdász végzettségű vagy felkészültségű szakemberek alkalmazása sokat segít ezen a helyzeten. A klasszikus gépészeti vagy villamos alapszakmájú karbantartók ilyen irányú, kiegészítő képzése vagy tapasztalatszerzése elkerülhetetlen. Bizonyára nem véletlen az, hogy a használt nyomdagépek kereskedelmének és felújításának a nyugat-európai piacon nagyon sok, az eredetileg nyomdász végzettségű, sikeres vállalkozó. [93, 136]

#### **12.4.2. Gyorsan kopó alkatrészek**

Részben az anyagtovábbítás és az illeszkedés tárgyköréhez kapcsolódik ez a karbantartási probléma is. Az említett feladatokat ellátó gépelemek, főleg azok, amelyek a papírral érintkeznek, annak agresszív koptató hatása miatt, nagyon gyorsan kopnak. Még a fém alkatrészek is, pedig a többség a működés kívánalmainak megfelelően lágyabb anyagból készült.(szívókorongok, továbbító- és húzógörgők, festékező és nedvesítő hengerek, stb.) A technológia gyakran a papír-féleségenkénti cserét is megkívánja. A gyakori csere, alkatrészek felújítása, az újról való gondoskodás többségében a karbantartó szervezetet terheli. Sok esetben a váratlan meghibásodások közé sorolják ezt, holott itt egész másról van szó.

Hasonló jellegű feladat a kötészetű berendezések vágókéseinek, frézelő-tárcsáinak, körkéseinek és más megmunkáló szerszámainak cseréje, felújítása és a beszerzése.

Mindkét esetben a legfontosabb, hogy elvileg is válasszuk el ezt a dolgot a karbantartás egyéb folyamataitól. Ha szakmai felkészültség okán a feladat maga a karbantartó személyzetre hárul is, a munkaerő-felhasználás és költségráfordítás szempontjait tekintve ez mindenképpen a termelési folyamat részének tekintendő.

#### **12.4.3. Kenési problémák**

Az ismert - számos szakkönyvben részletesen is tárgyalt - általános jelenségeken túl, egyetlen sajátosságot célszerű kiemelni ebben a tárgykörben. Ez a kenőanyagok problémája. A magyar nyomdaipar berendezései mind külföldi gyártótól származnak. Az ott készült berendezésekre, a saját körülményeiknek megfelelően, a legkülönbözőbb szempontok szerint adják meg a szükséges kenő-anyagokat, ami aztán a berendezések sokfélesége miatt, egy adott nyomdában igen nagyszámú lehet. Az Alföldi Nyomdában, egy időszakban 62-féle kenőanyag alkalmazását írták elő a kenési utasítások. Természetesen ennek a kivitelezése egyrészt a megvalósítás határait súrolja, másrészt pazarlás az anyaggal, az idővel és az emberi

türelemmel egyaránt. Szakcégek, szaktanácsadók segítségével jelentősen csökkenthető a kenőanyagok félesége. Az említett példában 14-féle kenőanyag is elégnek bizonyult a kenési feladatok teljesítéséhez.

Az, közhelyként hangzik, hogy a meghibásodások megelőzésének az egyik kulcsa a kenési előírások betartása. Mégis a nyomdákban mára már mindenütt megszűntek az ilyen feladatokat ellátó kenőbrigádok. A gépeket üzemeltető szakembergárda vette át a gépápolási feladatokat, így ezt is. Ebből az is következik hogy - a jellemző szervezeti felépítések szerint - a kenési feladatok kikerültek a karbantartás irányítás hatásköréből. Arra azonban mindenképpen ügyelni kell, hogy a látókörében mindenképpen benne maradjon.

#### **12.4.4. Korróziós hibák**

A nyomdaipari technológiákban nagyon sok helyen alkalmaznak vizet és sok más korróziót okozó folyadékot és vegyszert. Az ofset nyomtatási technológiában a nedvesítő víz követelményszerűen savas (ph. érték: 5,5) hatású. A kötészeti és feldolgozási technológiákban a ragasztók szinte minden típusa használatos. A nyomdagépek emiatt ki vannak téve a korróziós meghibásodások minden formájának. Ezek gyakori előfordulásával kell számolni. [58, 224]

#### **12.4. 5. Érzékelők, jeladók zavarai**

A nyomdagépekbe, a már említett nagy termelési sebességek és az összetett rendszerek együttműködésének biztosítására nagyszámú vezérlő- és szabályzóker kerül beépítésre. A korróziós hatások és papír kipurzából adódó szennyeződések megteszik "jótékony" hatásukat. Nagyon gyakoriak az érzékelők és a jeladók zavarai. Sokszor percek alatt - esetleg egy letörléssel is - elhárítható hibák okoznak számottevő termelésekieséseket, a hibafelderítéshez szükséges hosszú idő miatt. A gyártók is tudják ezt. Ezért a legújabb berendezéseik vezérlései már tájékoztató információkkal segítenek a hibakeresésben a kijelző panelen, vagy képernyőn. Megjelentek már olyan nyomdaipari berendezések is, amelyekhez beépített eseménynaplók és szakértő szoftverek tartoznak. Ez utóbbiaknak egyik jellegzetes alkalmazási, kiépítési módja, hogy a vizsgált berendezéshez a kiépített modemmel ellátott telefonvezetéken vagy az Interneten keresztül csatlakozik a szerviz számítógépe az időszakos és a hibaelhárító javítások előkészítése érdekében.

### A heatset tekercsofszet nyomógépekre vonatkozó „3C” megbízhatósági szemléletű karbantartási tevékenységek

#### Tisztítás, ellenőrzés és kalibrálás

**Tisztítás:** Távolítsa el a lerakódott port és szennyeződést, ami növeli a kopást, eltömi a tápvezetékeket és csökkenti a motorok és elektromos szekrények hűtését.

Csak ott használjon sűrített levegőt tisztításra, ahol az külön ajánlott, mivel annak nagy nyomása károsíthatja az érzékeny alkatrészeket, és a felkavart törmeléket nem távolítja el. Használjon ipari porszívót. Használja a megfelelő anyagokat és oldószereket (lásd alább). Takarítson fel mindenféle folyadékot a földről és a lépcsőkről, hogy elkerülje az elcsúszásból és leesésből származó sérülések nagy kockázatát. A kenéssel egyidejűleg elvégzett tisztítással elkerülheti, hogy fölös kenőanyag maradjon az alkatrészeken.

**Érzékelők:** Naponta tisztítson meg minden nyomdai gyártósor érzékelőt, hogy elkerülje a működési hibákat és nyomógép leállásokat. A lencsákat és prizmákat száraz antisztatikus ruhával tisztítsa meg. Alapos tisztításhoz használjon egy alkoholba áztatott puha ruhát, de ne használjon olyan szerves vagy szénhidrogén oldószereket, amelyek károsíthatják a cellákat.

**Oldószerek:** Az egészségügyi, biztonsági és környezetvédelmi törvényhozás (lásd a 16 621 és 52 521 DIN szabványokat) olyan tisztítószerekhez vezetett, amelyeknek magasabb a lobbanáspontjuk és alacsonyabb a VOC (illékony szerves vegyületek) tartalmuk. Ezek a lemosók kevésbé agresszívek, „olajosabbak”, gyakran vízzel elegyedők és helyes adagolást igényelnek. Ezért bizonyos változtatásokat kell tenni a tisztítási módszereken. Ne „áztassa” a tisztító ruhákat nagy mennyiségű kevésbé párologó VOC lemosóval, különben túl sok oldószert fog felvinni a hengerre vagy nyomókendőre. A fölösleg, mint olajfilm ott marad, és problémákat okoz, amikor újraindítja a nyomógépet. Az oldószervíz emulziók cseppjei a fém felületeken korróziót okozhatnak.

**Szorosság ellenőrzése:** Egy laza alkatrész rendellenes rezgéseket okozhat, és végül eltörhet vagy leválhat. A legrosszabb esetben ezek beleeshetnek a gép egy másik részébe, súlyos károsodás lehetőségét hordozva magában

**Helyes kalibrálás és beállítások:** Ezzel elkerülhető sok krónikus kisebb nyomógép leállítás, javítja a nyomtatás minőségét, az egyengetés hatékonyságát, és csökkenti a hulladékot. Kulcsfontosságú területek: pályafeszítés, nyomóerők (beleértve a helyes lemez – nyomókendő összenyomást), festékvályú és festécsúszkák, henger beállítások és durométer, nedvesítés kémia. Jegyezze fel az alapbeállításokat és ellenőrizze azokat rendszeresen. Rögzítse mindegyik nyomómű legjobb üzemi állapotát, és tegye könnyen hozzáférhetővé.

### A heatset tekercsofszet nyomógépekre vonatkozó „3C” megbízhatósági szemléletű karbantartási tevékenységek (folytatás)

Kenés és gépi meghajtások
<p>Az alkatrészek kopását súrlódás, korrózió és közvetlen fém-fém érintkezés okozza. A helyes kenés csökkenti a kopást, és megakadályozza a meghibásodásokat. A túlzott és az elégtelen kenés nagy fenyegetést jelent az alkatrészek élettartamára és a tömítésekre nézve.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alkalmazzon szisztematikus kenési ütemtervet (világosan megadott felelőségekkel) csak az ajánlott kenőanyagot használva (a helyettesítők lehet, hogy nem elégítik ki valamennyi specifikációt).</li> <li>• Gondoskodjon róla, hogy a zsírfecskendők és olajozók a megfelelő típusúak legyenek, megfelelően működjenek, és hogy a kenőanyag tiszta legyen. Vegye figyelembe a kenési pontok szinkódolását, és a hozzájuk tartozó zsírfecskendőket és olajozókat.</li> </ul> <p><b>Olajszűrők és cserék:</b> Alkalmazzon a szállító ütemezését. Az olajat és a szűrőt együtt cserélje.</p> <p><b>Automatikus kenési rendszerek:</b> Ezeknél fennáll a veszélye annak, hogy elfeledkeznek róluk, és időszakos ellátást igényelnek.</p> <p><b>Olaj analízis:</b> A rendszeres olaj analízis megmutatja a zárt körű kenési rendszerek állapotát. A mintákat közvetlenül a nyomógép leállása után kell venni, melyeket rendszerint egy speciális laboratórium elemez.</p> <p><b>Láncok:</b> Nagyszámú mechanikai alkatrésszel és kapcsolódással rendelkeznek, amelyek gyakori kenést és tisztítást igényelnek a meghibásodás elkerülése érdekében.</p> <p><b>Tárcsák:</b> Rendszeresen tisztítsa, kenje ezeket és ellenőrizze az egyenesbe állításukat. Ellenőrizze, hogy a falak simák és profiljuk négyzetes legyen.</p> <p><b>Szíjak:</b> Rendszeresen vizsgálja meg ezeket kopásra, repedésre és feszítésre nézve. Az alulfeszítés csökkenti az energiaátadást, és a túlfeszítés károsíthatja a hajtómotorokat. A szíj cseréjekor lazítsa meg a feszítést, hogy elkerülje a megnyúlást, illetve károsodást. Ellenőrizze az egyenesbe állítást, és használjon szíjfeszítés vizsgálat a tárcsa kopás csökkentéséhez és a szíj élettartamának növeléséhez. Sohase használjon kenőanyagot a szíjakon, és mindig az előírt szíjtípust használja.</p> <p><b>Áttételek:</b> A karbantartás a típustól és használatától függ. Kövesse a gyártók ajánlásait.</p> <p><b>Csapágyak:</b> Mindegyik csapágy típusnak megvan a maga specifikus kenési profilja és csak az ajánlott kenőanyagokat szabad használni beütemezett időközönként.</p> <p><b>Vezető görgők:</b> Rendszeresen ellenőrizze, hogy párhuzamosak-e, az érintkezési vonal beállítások helyesek-e és a csapágyak szabadon forognak-e.</p>

**A heatset tekercsofszet nyomógépekre vonatkozó „3C” megbízhatósági szemléletű karbantartási tevékenységek (folytatás)****Motorok és elektromos alkatrészek**

A hosszú motor (és szivattyú) élettartam kulcsa a helyes tisztítás és karbantartás. A működési hibáknak akár 80 %-át a kosz és por szennyezés okozza, ami mint szigetelő hat és lezárja a légbeszívó nyílásokat, ezáltal túlzottan magas hőmérsékleteket okoz.

- Gyakran tisztítsa a légbeszívó nyílásokat, lehetőleg porszívóval. Rendszeresen tisztítsa vagy cserélje a szűrő szöveteket.
- Naponta ellenőrizze a motorokat, hogy nincsen-e szokatlan zaj vagy hő. Mérje meg az ultrahang, rezgés, csapágy hőmérséklet és az energiafelvétel alapszinteket, bármilyen eltérés károsodást jelez.
- Fordítsa el az áramszedőket és cserélje a keféket 5 000 – 15 000 óránként az állapotuk szerint.
- A képzett dolgozók szigorúan tartsák be az ajánlott karbantartási ütemterveket.

**Elektromos szekrények:** A helyes tisztítás (az áramot lekapcsolva!) megakadályozza a túlmelegedést és meghosszabbítja az alkatrész élettartamát. Vegye ki a szűrőket tisztításhoz és cserélje ki, ha szükséges. Porszívózza ki a port (sohase használjon sűrített levegőt) és tisztítsa meg a reléket egy olyan érintkező tisztítóval, amely nem károsítja a műanyagot. Ellenőrizze, hogy a csatlakozások szorosak-e, mivel a nyomógép rezgései kilazíthatják ezeket.

**PLC tartalék telepek:** Egy kimerült elem a program elvesztéséhez vezethet. 1 – 2 évente cserélje, követve a szállító utasításait.

**A heatset tekercsofszet nyomógépekre vonatkozó „3C” megbízhatósági szemléletű karbantartási tevékenységek (folytatás)****Sűrített levegő**

A sűrített levegő gyakran tartalmaz vízkövet, rozsdát és más szennyeződések, amelyek nyomás alatt megnagyobbítják a meglévő szivárgásokat, és újakat hoznak létre. Ennek kompenzálására a levegőnyomást gyakran megnövelik, ami a problémát csak fokozza. Általában a levegő akár 10 – 25 %-a is elvész, ami drága energia költséget képvisel. A szivárgások nem láthatók és szagtalanok, és a sípoló hangjuk gyakran elvész a háttérzajban. Használjon egy ultrahang egységet a levegőszivárgások helyének megkereséséhez és a javításhoz.

Naponta ellenőrizze az olajsinteket, nyissa ki és engedje le a víz kondenz szelepeket, és hallgassa meg, hogy nincsenek-e rendellenes zajok vagy rezgések. Hetente ellenőrizze a levegőnyomást és a szennyezés jelzőt, ha be van építve, tisztítsa meg vagy cserélje ki a levegőszűrőket (a szűrők alkalmasak a belépő levegőből mind a nedvesség mind az olaj gőzök eltávolítására), ellenőrizze a biztonsági és túlnyomáscsökkentő szelepeket. Havonta ellenőrizze a kompresszort és a tömlőket azivárgásra, cserélje ki az olajat és vizsgálja meg a szennyezettségét, ellenőrizze a rozsdát és korróziót, jegyezze fel a zajszintet.



**A heatset tekercsofszet nyomógépekre vonatkozó „3C” megbízhatósági szemléletű karbantartási tevékenységek (folytatás)**

Víz
<p>A víz minősége jelentős hatással van a nyomtatási folyamat számos részére és a karbantartási követelményekre. Ezek skálája a nedvesítő oldat hatékonyságától a lemezek, nyomókendők és hengerek elhasználódásáig, baktériumok szaporodásáig, korrózióig, a csövekben, hűtött hengerekben és nyomóhengerekben a vízkő kialakulásáig (korrozív sók) terjed, ami csökkenti az energia átadást. A víz egy bonyolult folyadék nagyon változó összetétellel, ami a helytől és időtől függően változik. A legjobb gyakorlat az, ha rendszeresen analizálják a hálózati víz alkalmasságát a nyomtatáshoz minden telephelyen. Ahol vízkezelésre van szükség (lágytítás, sómentesítés, fordított ozmózis), határozza meg, milyen adalékanyagok szükségesek egy nyomtatáshoz kiegyensúlyozott víz biztosításához (4,8 – 5,3 pH tartomány Európában / 3,5 - 4,0 pH tartomány az USA-ban).</p> <p>A nedvesítő oldathoz a víz egyéb adalékanyagokat követel meg, hogy a pH értékét stabilizálják ahhoz, hogy jó nyomtatási és egyéb kritikus jellemzőket biztosítsanak. A puffer rendszer adalékanyagok meggátolják a berendezés korrózióját, csökkentik a baktériumok szaporodását és az alkalikus szennyezéseket. Bár a vezetőképességnek nincs hatása a nyomtatásra, a magas koncentrációk a nyomógép korrózióját okozhatják &lt; 1500 mS fölött. A fordított ozmózisból származó extrém tiszta víz nagyon agresszív a fémmel szemben és adalékanyagokra van szükség ahhoz, hogy keményítsék-semlegesítsék, mielőtt elhagyja a műanyag tároló tartályát.</p> <p>A baktérium szaporodás képes korlátozni a nedvesítő víz áramlását (különösen permetező fúvókákon keresztül), csökkenteni az adagoló oldat pH értékét, és jelentős mértékben lerontani a nyomtatási folyamatot. Az adagoló oldatok biocidet tartalmaznak, hogy elpusztítsák a legtöbb algát. Ahhoz, hogy hatékonyak legyenek, az oldat koncentrációját a gyártó által megadott tűrési határokon belül kell tartani. Rendszeresen ellenőrizze a koncentrációt. Ha a probléma súlyos, szükségessé válhat az, hogy leengedjék a rendszert, és jól átmosás egy speciális oldattal (További információkért lásd „Ofszet nedvesítés adagoló oldat alapjai”, kiadta a Sun Chemical, Hartmann).</p>

**A heatset tekercsofszet nyomógépekre vonatkozó „3C” megbízhatósági szemléletű karbantartási tevékenységek (folytatás)****Anyagok kiválasztása és megóvása**

**Ellenőrizze, mielőtt változtat:** Bármilyen fogyóanyag megváltoztatása egy stabil folyamatban megzavarhatja a nyomógép kémiai egyensúlyát. Egyszerre csak egy fogyó elemet változtasson. Bármilyen változtatás előtt ellenőrizze a nyomókendők, henger gumi, festék, adagolóoldat és oldószer kémiai kompatibilitását.

**Ellenőrizze a bejövő anyagokat:** Győződjön meg a csomagolás épségéről, és hogy a szállítmány megfelel-e a rendelt specifikációnak. Használjon digitális fényképezőgépet bármilyen károsodás rögzítéséhez.

**Ellenőrizze a készletet:** Minden anyagot „először beérkező – először kivitt” alapon kell használni, hogy elkerüljék az idő folyamán bekövetkező romlást, csökkentsék a károsodás kockázatát és jobban kihasználják a működő tőkét.

**A rossz tárolási körülmények** növelik az anyagok károsodásának és romlásának, valamint a nem tervezett nyomógépleállításoknak a kockázatát. Minden fogyóanyagot 20 – 25 °C (68 – 77 °F) és 50 – 55 % relatív nedvesség környezeti tartományban kell tárolni (és használni), hogy fenntartsák a méret stabilitást, minimálisra csökkentsék a sztatikus feltöltődést, és elkerüljék az idő előtti előregedést. A legtöbb fogyóanyag romlik, ha villanymotorok, készülékek vagy kapcsolószekrények közelében tárolják, amelyek ózont termelnek. A tároló helyeknek portól, huzattól mentesnek kell lenni, és meg kell felelni minden biztonsági, tűzvédelmi és egyéb rendelkezésnek.

**A heatset tekercsofszet nyomógépekre vonatkozó „3C” megbízhatósági szemléletű karbantartási tevékenységek (folytatás)**

Helyes tárolás
<p><b>Papír:</b> A tekercseket tartsa becsomagolva, amíg azokat elő nem készítik összeragasztásra. Száraz, tiszta és vízszintes padlón tárolja, amelynek hőmérséklete a géptereméhez hasonló. A tekercseket rekeszekben kell összerakni, a végükön, egyenes sorokban, ugyanabban a letekereselési irányban. Védje a külső tekercseket védőkkel és hagyjon elegendő munkaterületet a mozgatáshoz.</p>
<p><b>Ragasztó fülek és szalagok:</b> Hagyja a csomagolásban, amíg nem használja. A tapadási tulajdonságaikat erősen befolyásolják a túlzott hőmérséklet- és páratartalom változások.</p>
<p><b>Festék:</b> Rossz hővezető, és lassan alkalmazkodik a hőmérsékletváltozásokhoz. 18 °C (64 °F) alatt a festék viszkozitása emelkedik, szivattyúzási nehézségeket okozva, 30 °C (86 °C) fölött a viszkozitás lecsökken, folyási problémákat okozva.</p>
<p><b>Lemezek:</b> A csomagolásukban tárolja addig, amíg nincs rájuk szükség, hogy minimalizálja a sztatikus feltöltődést és méretbeli instabilitást.</p>
<p><b>Nyomókendők:</b> Csomagolja ki a feltekereselt nyomókendőket és ellenőrizze, hogy a vastagságuk megfelelő-e, és a rudak párhuzamosak-e. Ideális esetben vízszintesen kell ezeket tárolni, hogy megakadályozzák a nyomtatási irány ellenében való beállást, ami a felszerelésüket nehezebbé teszi. Fontos, hogy semmit se tartsanak rajtuk, mivel deformálódhatnak. A nyomókendőket munkafelület a munkafelülethez és szövet a szövethez rakják egymásra, maximum 14 nyomókendőt egy oszlopba, hogy elkerüljék az alsók károsodását. Ha nem lehetséges vízszintesen tárolni a nyomókendőket, akkor feltekereselve függőlegesen a szállító csövekben is lehet tartani. A feltekereselt nyomókendőket sohasem szabad vízszintesen tárolni, mivel ez deformálja azokat. A nyomókendő halmazokat forgatni kell, hogy elkerüljék azt, hogy bármelyik nyomókendőt 6 hónapnál tovább tárolják. A karmantyúkat függőlegesen kell tárolni a szállító dobozukban.</p>

## A heatset tekercsofszet nyomógépek rendszerkomponenseinek megbízhatósági szemléletű karbantartási feladatai

### (1) Prepress, nyomólemezzel készítő berendezések

Pre-Press és nyomólemezek	napok		hónapok				Lassul	Leáll	Bizt.	Minőség
	1	7	1	3	6	12				
<b>Hagyományos:</b> ráma vákuum-ellenőrzése			X					+		○
<b>CTP:</b> Lemezlevilágító kalibrációjának ellenőrzése			X					+		○
Lemez levilágított minőségének ellenőrzése	X							+		○
Lemezlevilágító karbantartása:		X						+		○
- Hengerek ellenőrzése, tisztítása	X							+		○
- Légszűrők ellenőrzése, tisztítása		X						+		○
<b>Nyomólemezzel előállítás</b>										
Lemezlyukasztó tömbök ellenőrzése és tisztítása		X						+		○
Lemezhajlító ellenőrzése		X						+	+	○
Vegyszerek minőségének ellenőrzése	X							+		○
Vegyszeres edények ellenőrzése	X							+		○
Hívó folyadék cseréje		X	X							○
Rögzítő folyadék (finisher) ellenőrzése	X							+		○
Hívógép hengereinek tisztítása	X							+		○
Hívógép szűrőinek cseréje		X	X					+		○
Hívógép hűtőjének ellenőrzése		X						+		○
Száritó ellenőrzése			X					+	+	○

Gyakoriság
  Hatás, okozott probléma (lassulás, leállás, biztonság, minőség)

A fenti példa általános, mindig hagyatkozzon a gyártó által javasolt műveletekre és időközökre!

### (2) Papírtovábbító rendszerek, papírpálya elemei, szabályzás

Papírtovábbító rendszerek	napok		hónapok				Lassul	Leáll	Bizt.	Minőség	Perc
	1	7	1	3	6	12					
<b>Tekercset szállító gépek befogó karjai</b>	X						+	+	+		< 5
- minden rendszerkomponens											
Érzékelők ellenőrzése, tisztítása	X							+			< 5
Minden henger ellenőrzése, tisztítása		X						+	+		< 15
Motorok és szűrők ellenőrzése			X					+	+		< 30
Kenések utasítás szerinti elvégzése				X				+	+		< 30
Tekercsemelő láncok ellenőrzése, tisztítása		X							+		< 30
Fék: pneumatikus rendszer és fékbetétek ellenőrzése		X						+	+	○	< 30
Fék: elektronika ellenőrzése, szabályzása					X			+		○	< 60
Hajtószíjak tisztítása, ellenőrzése			X					+			< 30
Hajtószíjak cseréje						X		+			< 60
Jeladó szíjak ellenőrzése			X					+			< 30
Kiegyenlítő szíjak ellenőrzése			X					+			< 15
Dobok ellenőrzése			X					+	+	+	< 15
Dobok kenése					X			+	+	+	< 30
Légfúvó hengerek ellenőrzése		X						+	+	+	< 15
<b>Tekercsváltó: váltóhenger/kefe ellenőrzése, tisztítása</b>		X						+	+		< 15
Kefe és henger beállításának ellenőrzése			X					+		○	< 15
<b>Állóhelyzet: pályakiegyenlítő működésének ellenőrzése</b>		X						+	+		< 15
Pályakiegyenlítő légnomásának ellenőrzése		X						+	+		< 15
<b>Behúzó és szélszabályzó</b>											
Ívfogó henger beállításának ellenőrzése			X							○	< 30
Hengerek együttfutásának ellenőrzése				X				+		○	< 30
Szinkronszíjak ellenőrzése				X				+		○	< 30
<b>Pályafogó berendezés (ha alkalmazták)</b>											
Fúvókák tisztítása			X						+	+	< 15
Beállítási értékek ellenőrzése						X			+	+	< 30

Gyakoriság
  Hatás, okozott probléma (lassulás, leállás, biztonság, minőség, időigény)

A fenti példa általános, mindig hagyatkozzon a gyártó által javasolt műveletekre és időközökre!

## A heatset tekercsofszet nyomógépek rendszerkomponenseinek megbízhatósági szemléletű karbantartási feladatai (folytatás)

### (3) Alapanyag(papír) és segédanyag ellátás

Anyagok tárolási körülményei	napok		hónapok				Lassul	Leáll	Bizt.	Minőség
	1	7	1	3	6	12				
Papír								+		
Illesztőcímkék és szalagok								+		
Festékek								+		
Nyomókendők									+	
Hengerek								+		
Nyomólemezek								+		
Oldószerek							+			
Optimális tárolási és felhasználási körülmények							+			
A tárolás és felhasználás optimális körülményei:						Hőmérséklet: 20-25 C Relatív páratartalom: 50-55%				

### (4) Festékező és nedvesítő művek

Festékezés, nedvesítés	napok		hónapok				Lassul	Leáll	Bizt.	Minőség
	1	7	1	3	6	12				
Festékellátás (pumpák és csövek)			X				+			○
Festékellátás (szűrők)		X			X					○
Nedvesítőmű, tartály	X									○
Nedvesítőmű tisztítása, szűrők cseréje		X					+	+		○
Nedvesítő folyadék frissítése, cseréje		X	X				+	+		○
Évente rendszeres felülvizsgálat						X	+	+		○
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #d3d3d3; border: 1px solid black;"></span> Gyakoriság <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #808080; border: 1px solid black;"></span> Hatás, okozott probléma (lassulás, leállás, biztonság, minőség)										
A fenti példa általános, mindig hagyatkozzon a gyártó által javasolt műveletekre és időközökre!										

### (5) Gumihengerek (festékező, nedvesítő)

Festékező és nedvesítő hengerek	napok		hónapok				Lassul	Leáll	Bizt.	Minőség
	1	7	1	3	6	12				
Hengerek felületének és keménységének vizsgálata				X						○
Hengerek beállításainak ellenőrzése			X							○
Hengerek tisztítása	X									○
Hengerek vízkömentesítése		X								○
Hengerek alapos tisztítása		X								○
Csapágycsere ellenőrzése				X				+		○
Csapágycsere, csapágycsere ellenőrzése						X		+		○
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #d3d3d3; border: 1px solid black;"></span> Gyakoriság <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #808080; border: 1px solid black;"></span> Hatás, okozott probléma (lassulás, leállás, biztonság, minőség)										
A fenti példa általános, mindig hagyatkozzon a gyártó által javasolt műveletekre és időközökre!										

### (6) Gumikendők és borítások

Nyomókendők	napok		hónapok				Lassul	Leáll	Bizt.	Minőség	Perc
	1	7	1	3	6	12					
Munkák után a nyomókendő tisztítása, alapos vizsgálata	X							+		○	< 5
Megfelelő tisztító vegyszerek használata										○	
Nyomóműben a nyomókendő alapakolásának ellenőrzése			X							○	< 5
Nyomókendő cseréje, ügyelve a megfelelő alapakolásra				X					+	○	
Nyomókendő megfelelő feszessége									+	○	
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #d3d3d3; border: 1px solid black;"></span> Gyakoriság <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #808080; border: 1px solid black;"></span> Hatás, okozott probléma (lassulás, leállás, biztonság, minőség, időigény)											
A fenti példa általános, mindig hagyatkozzon a gyártó által javasolt műveletekre és időközökre!											

## A heatset tekercsofszet nyomógépek rendszerkomponenseinek megbízhatósági szemléletű karbantartási feladatai (folytatás)

### (7) Sűrített levegő- és vízellátás, hűtővíz kiszolgálás

Folyadékok	napok		hónapok				Lassul	Leáll	Bizt.	Minőség
	1	7	1	3	6	12				
<b>Sűrített levegő:</b> olajsint ellenőrzése	X							+		
Víz lefolyó szelep átöblítése	X							+		
Szűrők tisztítása, cseréje		X						+		
Leeresztő és biztonsági szelepek ellenőrzése		X							+	
Szennyeződés jelző ellenőrzése		X						+		
Nyomásértékek ellenőrzése		X						+		
Tömlők és kompresszor szivárgásának ellenőrzése			X				+			
Olajcsere és szennyeződés vizsgálat			X				+			
Rozsda és korrózió vizsgálat			X				+			
Zajszint felmérés			X				+			
<b>Víz:</b> bejövő víz minőségének ellenőrzése		X								○
<b>Hűtőrendszerek:</b> vízszűrők tisztítása		X						+		○
Rendszernyomás és szivárgások ellenőrzése	X						+		+	
Keringetőegységek ellenőrzése			X							○
Üzemi hőfokok ellenőrzése		X					+			○
Rendszer feltöltése, utántöltése					X			+		○
Hűtő felületének tisztítása				X			+		+	○
Teljes rendszer-karbantartás						X	+	+	+	○

Gyakoriság    
 Hatás, okozott probléma (lassulás, leállás, biztonság, minőség)

A fenti példa általános, mindig hagyatkozzon a gyártó által javasolt műveletekre és időközökre!

### (8) Nyomóművek

Nyomómű	napok		hónapok				Lassul	Leáll	Bizt.	Minőség	Perc
	1	7	1	3	6	12					
<b>Tisztítási műveletek</b>	X	X						+		○	
Minden érzékelő megtisztítása	X							+		○	< 5
Húzóörgők és szélszabályzók tisztítása		X								○	< 5
Biztonsági felszerelések ellenőrzése, tisztítása			X						+	○	< 60
<b>Nyomókendő:</b> Vizsgálat és tisztítás	X									○	< 5
Nyomókendő állapotának és feszességének vizsgálata		X								○	< 30
<b>Festékező hengerek: Vizsgálat és tisztítás</b>	X									○	< 30
<b>Festékvályú, festékkés és felhordóhenger</b>			X							○	< 60
Hengermosó berendezés tisztítása		X								○	< 5
Hengermosó él kopásának ellenőrzése			X							○	< 60
Festékszint érzékelőinek tisztítása		X						+		○	< 5
Finger guard (reteszvédő?) Hézag ellenőrzése, tisztítása		X							+	○	< 30
<b>Nyomómű nedvesítő rendszere</b>	X									○	
<b>Lemezhenger és nyomókendő henger tisztítása</b>		X								○	< 10
Lemez befogópofáinak ellenőrzése, tisztítása		X							+	○	< 10
Futógyűrűk tisztítása, kenés ellenőrzése	X									○	< 30
Futógyűrűk előfeszítésének ellenőrzése					X					○	< 60
Hajtóműben a szivárgások ellenőrzése			X					+		○	< 10
Nyomómű fékberendezésének karbantartása						X			+	○	< 30
<b>Olaj áramlásmérő ellenőrzése</b>	X							+		○	< 5
Olajozó rendszer és olajsint vizsgálata		X						+		○	< 15
Olajozó rendszer szivárgásának ellenőrzése			X					+		○	< 60
Utasítás szerinti zsírozás				X						○	< 60
Hajtómotorok tisztítása				X				+		○	< 60
Olajszűrők cseréje						X		+		○	< 60

Gyakoriság    
 Hatás, okozott probléma (lassulás, leállás, biztonság, minőség, időigény)

A fenti példa általános, mindig hagyatkozzon a gyártó által javasolt műveletekre és időközökre!

## A heatset tekercofszet nyomógépek rendszerkomponenseinek megbízhatósági szemléletű karbantartási feladatai (folytatás)

### (9) Forrólevegős nyomatszárítók, hűtőhenger-állványok

Forrólevegős szárító berendezés	napok		hónapok				Lassul	Leáll	Bizt.	Minőség	Perc
	1	7	1	3	6	12					
Légkompresszor szűrő(i)	X							+			< 15
Szárító, gázellátás: szivárgás ellenőrzése				X				+	+		< 15
Szűrő tisztítása						X		+			< 30
Égőfej: lángcsóva mérése				X				+	+		< 15
Lángór ellenőrzése					X			+	+		< 30
Gyújtógyertya cseréje						X		+			< 30
UV érzékelő elem cseréje						X		+	+		< 30
Elektromos szekrények ellenőrzése, tisztítása	X							+	+		< 30
Vezérlések:optikai lángmérő			X					+		○	< 30
Nyomáskapcsolók ellenőrzése						X		+	+		< 60
Hőkapcsoló cseréje						X		+	+	○	< 60
Visszafogatás (?): átáramlás ellenőrzése				X				+			< 60
Övfeszesség ellenőrzése				X				+	+	○	< 60
Csapágyak kenése			X					+			< 30
Motorok kenése				X				+			< 30
Fűvókák kitisztítása			X					+		○	< 30
Papírhulladék eltávolítása, szűrők cseréje		X						+	+	○	< 30
Integrált oxidáló: Szerviz és ellenőrzés						X		+	+		
Hűtőhengerek felületének tisztítása	X	X								○	
Hajtómű ellenőrzése			X					+			
Hengerek kopásának és sérülésének ellenőrzése					X					○	
Nyomóhenger ellenőrzése, pneumatika beállítása			X							○	
Hengerek belső skálájának eltávolítása				X		X				○	

Gyakoriság
  Hatás, okozott probléma (lassulás, leállás, biztonság, minőség, időigény)

A fenti példa általános, mindig hagyatkozzon a gyártó által javasolt műveletekre és időközökre!

### (10) Hajtogató egységek

Hajtogató	napok		hónapok				Lassul	Leáll	Bizt.	Minőség	Perc
	1	7	1	3	6	12					
Mechanikus részek tisztítása	X							+		○	< 10
Érzékelők megtisztítása	X							+			< 5
Vágóhengerek késének és eltömődésének ellenőrzése	X									○	< 5
Szakítóegység ellenőrzése		X						+		○	< 5
Szállítószalagok tisztítása		X								○	< 10
Olajozórendszer olajsztintjének ellenőrzése		X						+			< 5
Hajtogató csípőhenger keféinek ellenőrzése			X							○	< 5
Hajtogató szíjainak ellenőrzése			X							○	< 30
Kirakó szíjainak ellenőrzése			X							○	< 5
Biztonsági berendezések ellenőrzése			X						+		< 30
Kirakó kerék és léptetőkerék ellenőrzése				X				+			< 30
Hajtogató illeszték méretének beállítása				X						○	< 30
Léptető hajtósíj ellenőrzése				X				+			< 30
Tárcsafékek ellenőrzése				X				+	+		< 5

Gyakoriság
  Hatás, okozott probléma (lassulás, leállás, biztonság, minőség, időigény)

A fenti példa általános, mindig hagyatkozzon a gyártó által javasolt műveletekre és időközökre!

## A heatset tekercsofszet nyomógépek rendszerkomponenseinek megbízhatósági szemléletű karbantartási feladatai (folytatás)

### (11/a) Oszlopozók (postpress)

Oszlopozó	napok		hónapok				Lassul	Leáll	Bizt.	Minőség	Perc
	1	7	1	3	6	12					
Selejt papírvék eltávolítása	X						+	+			< 5
Gép és érzékelők általános ellenőrzése		X					+	+	+		< 25
Szíjak tisztítása, kopott szíjak cseréje		X						+			< 60
Levegőrendszer tömítettségének ellenőrzése			X				+	+			< 5
Láncok és fogaskerekek ellenőrzése			X				+	+			< 5
Légszűrők tisztítása	X							+			< 15
Pneumatikus szűrő cseréje		X									< 10
Gép terv szerinti kenése											
- rázóréz csapágycsere			X					+			< 20
- rudak csapágycsere			X					+			< 30
- vezérmű csapágycsere					X			+			< 30
- fogaskerékház olajsintjének ellenőrzése			X					+			< 60

Gyakoriság
  Hatás, okozott probléma (lassulás, leállás, biztonság, minőség, időigény)

A fenti példa általános, mindig hagyatkozzon a gyártó által javasolt műveletekre és időközökre!

### (11/b) Nyomattároló magazinok (postpress)

Nyomattároló rendszerek	napok		hónapok				Lassul	Leáll	Bizt.	Minőség	Perc
	1	7	1	3	6	12					
Papírselejt eltávolítása	X						+	+			< 5
Gép és érzékelők vizsgálat, tisztítása		X					+	+	+		< 25
Szíjak ellenőrzése, tisztítása, kopottak cseréje		X					+	+			< 10
Sűrített levegős rendszer tömítettségének ellenőrzése			X				+	+			< 5
Láncok és fogaskerekek ellenőrzése			X				+	+			< 5
Vezérlőfülke szűrőinek tisztítása, cseréje			X					+			< 5
Vezérlőfülke ablakának és ventilátorainak tisztítása					X			+			< 5
Terv szerinti kenés											
- kiűtő egység				X			+	+			< 10
- ajtósinék és ösztöke hajtórész					X		+	+			< 25
- kiemelőkarak és csapágycsere			X					+			< 5
Kiemelőkarak ellenőrzése	X						+	+			< 5
Tekercsállvány jelzőszalagjának tisztítása						X		+			< 5
Tekercsállvány illesztékeinek zsírozása						X		+			< 5

Gyakoriság
  Hatás, okozott probléma (lassulás, leállás, biztonság, minőség, időigény)

A fenti példa általános, mindig hagyatkozzon a gyártó által javasolt műveletekre és időközökre!



### 13.3. táblázat

#### Számítógéppel támogatható karbantartás-irányítási feladatok

Karbantartás-irányítási funkciók	Részfeladatok
1. NYILVÁNTARTÁS	<ul style="list-style-type: none"><li>berendezés azonosítók</li><li>állásidő okok</li><li>működési és állásidők</li><li>karbantartási költségek</li><li>felhasznált anyagok és azok készletállománya</li><li>karbantartási művelettervek és leírások nyilvántartási és lekérdezési rendszerének kialakítása</li></ul>
2. FOLYAMATELEMZÉS	<ul style="list-style-type: none"><li>kritikus hiba okok</li><li>kritikus hibahelyek</li><li>kritikus költségforrás kimutatása és elemzése</li></ul>
3. TERVEZÉS	<ul style="list-style-type: none"><li>tervszerű karbantartási munkák (kis-, közép- és nagyjavítás) időbeli, költségbeli, eszközoldali és munkaerő-oldali ütemezése (pl. hálótervezéssel)</li><li>optimális karbantartási ciklusrend kialakítása</li><li>termelő berendezések és folyamatok üzemképesség-számítása, kapacitás- és költségtervezése</li><li>üzemeltetési megbízhatóság számítása</li><li>tartalékalkatrész-szükséglet meghatározása</li><li>elhasználódási prognózisok készítése</li><li>állóeszközcseré optimalis időpontjának meghatározása</li></ul>
4. ELLENŐRZÉS	<ul style="list-style-type: none"><li>tervszerű karbantartási munkák előrehaladásának ellenőrzése</li><li>tartalékalkatrész-állomány (készlet) nyomonkövetése</li></ul>
5. FOLYAMATIRÁNYÍTÁS	<ul style="list-style-type: none"><li>diagnosztikai adatok tárolása, feldolgozása, folyamat-felügyelet (állapotfigyelés, hibák előre jelzése, riasztás)</li><li>állapotfüggő karbantartási folyamat irányítása (diagnosztikai mérőkészülékek és beavatkozó szervek működésének vezérlése)</li></ul>
6. ADMINISZTRÁCIÓ, ÜGYVITEL	<ul style="list-style-type: none"><li>munkalapok kiállítása</li><li>anyagrendelés</li><li>költség- és anyagelszámolás</li></ul>