

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
FAIPARI MÉRNÖKI KAR**

Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák
Doktori Iskola

VARGA GÁBOR

LAPSZERKEZET KIALAKULÁSA PAPÍRGÉPEN ÉS
KÜLÖNLEGES SZITÁKON, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ
ÁRNYALT VÍZJELES SZITÁKRA

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

SOPRON
2004

**LAPSZERKEZET KIALAKULÁSA PAPÍRGÉPEN ÉS
KÜLÖNLEGES SZITÁKON, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ
ÁRNYALT VÍZJELES SZITÁKRA**

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

Írta:
Varga Gábor

Készült a Nyugat-Magyarországi Egyetem
Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola
Rosttechnikai tudomány programja keretében

Témavezető: Dr. Edrélyi József D.Sc.

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton % -ot ért el,

Sopron,

.....
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló (Dr. Németh Károly) igen /nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr. Kovács István) igen /nem

(aláírás)

Harmadik bíráló (Dr. Horváth László) igen /nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....% - ot ért el


Sopron,

.....
a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....
Az EDT elnöke

Tartalom

| | |
|---|---------------------|
| 1. BEVEZETÉS | 4 |
| 2. IRODALMI RÉSZ..... | 7 |
| 2.1. A papírlap szerkezetének kialakulása, hidrodinamikai alapokon | 7 |
| 2.2. Vízjelkészítés kialakulása | 18 |
| 2.3. Vízjeltípusok | 19 |
|  2.4. Vízjelek alkalmazási területei | 22 |
| 2.5. Vízjelszerszámok készítése | 23 |
| 2.5.1. Kézi merítet sziták vízjelei | 23 |
| 2.5.2. Vízjel présszerszám készítése kézzel | 24 |
| 2.5.3. Vízjel présszerszám készítése géppel..... | 25 |
| 2.5.4. Vízjel présszerszám készítése számítógéppel | 27 |
| 2.5.5. Elektrotípus vízjel készítése | 29 |
| 2.6. Vízjeles sziták készítése..... | 31 |
| 2.6.1. Kézi merítésű sziták készítése | 31 |
| 2.6.2. Laboratóriumi lapképző szitája | 32 |
| 2.6.3. Egutór henger síkszitás gyártáshoz | 33 |
| 2.6.4. Expanziós szitabevonat hengersizítés gyártáshoz..... | 34 |
| 2.7. Vízjelek hamisítási lehetőségei, utánzásának módszerei | 36 |
| 2.8. A feldolgozott irodalom kritikája..... | 37 |
| 3. KÍSÉRLETI RÉSZ | 38 |
| 3.1. Kísérletekhez felhasznált eszközök | 39 |
| 3.1.1. Vízjelszerszámok | 39 |
| 3.1.2. A kísérlethez alkalmazott II. számú papírgép ismertetése | 40 |
| 3.2. A kísérletek során legyártott papírok vizsgálata | 41 |
| 3.3. A kísérletek kivitelezése | 42 |
| 4. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK és ÉRTÉKELÉSÜK | 48 |
| 4.1. A papírgépi kísérleti gyártás és eredményei | 48 |
| 4.2. A „segédvízjel” és hatása | 50 |
| 4.3. A bújtató szerszám alkalmazásával végzett kísérletek | 51 |
| 4.4. „Foltvízjelek” | 53 |
| 4.5. Gépi- és laboratóriumi lapképzett vízjelek | 56 |
| 5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA, TÉZISEK ... | 59 |
| 5.1. Összefoglalás | 59 |
| 5.2. Tézisek | 61 |
| 5.2.1. Első tézis | 61 |
| 5.2.2. Második tézis | 61 |
| 5.2.3. Harmadik tézis | 61 |
| 5.2.4. Negyedik tézis | 62 |
| 6. IRODALOMJEGYZÉK | 63 |
| 7. MELLÉKLETEK..... | 66 |
| Vízjel pozíciók a papírban | 67 |
| Vízjelkészítés számítógéppel..... | 68 |
| Minta-bankjegy alappapír, első típus..... | különálló melléklet |
| Minta-bankjegy alappapír, második típus | különálló melléklet |

1. BEVEZETÉS

Fejlődése során az emberiség sok mindent felhasználva örökítette meg a beszédet, gondolatot, amíg eljutott a papírig. Az írás csak akkor vált a kultúra széleskörű fejlesztőjévé, amikor a papír lett a hordozója.

A papír készítés fejlődésének történetében két kor különböztethető meg: a kézi papírkészítés, más néven papírmerítés és a gépi papírgyártás kora.

A papírkészítés fejlődési szakaszai:

- a kínai – kelet-ázsiai időszak, amely i.u. 105-751 közé tehető. E kornak jellemzője a közvetlenül felhasznált rosnövény alkalmazása, valamint a kézi erővel történő lapképzés, papírmerítés;
- az arab időszak 751-1276 közé helyezhető el. Jellemzően rongy nyersanyag használatával kézi erővel készítették a papírt. Ez az időszak alapozta meg a papírkészítés elterjedését Európában is;
- az európai elterjedés 1276 környékén kezdődött és nagyjából 1670-ig tartott. Jellemzője ezen időszaknak, hogy a rostosítás vízi erővel meghajtott zúzóművel történt, a lapképzés fémhuzalos, vízjeles merítősítával. Kezdetben kézi erővel, majd bizonyos mértékig gépesítve;
- nagy változás 1670-1799 közötti időszakban, amikor kialakították a rostosításra a hollandikat és már nagyobb papírmalmok épültek.

Forradalmi változást hozott a papírgyártó gép és a cellulózgyártási eljárások kialakulása az 1800-as évek közepén, végén.

Magyarországon az 1300-as években már alkalmazzák oklevelek készítésére a merített papírt. Ezt követően a papír elterjedése Magyarországon is rohamossá vált.

A nagyobb teljesítményű papírgyártó gépek alkalmazásával a papír olcsóbbá vált, így széleskörű alkalmazásuknak akadálya nem volt, azonban újabb igények merültek fel a papír minőségével, színével és speciális tulajdonságaival kapcsolatban. [1]

Mint láhattuk a vízjeles, merített papír már az 1300-as években megjelent, tehát lényegesen rövidebb a múltja, mint maga a papírkészítés, ám több mint 700 éves hagyományával nem csak kultúrtörténeti és történelmi szerepe jelentős, hanem jelenünk és reméljük jövőnk mindennapjainak kissé talán észrevétlen, de szerves részét képezi. Leggyakoribb képviselőjével az emberek többsége nagyon szívesen találkozik, persze nem a vízjel miatt, hanem annak hordozója a bankjegyek miatt.

A vízjelek fent említett prominens képviselőjén kívül számos formájával találkozhatunk. Jellegénél fogva igen észrevétlenül, a háttérbe húzódva kísér el bennünket. Ez a kissé elhanyagoltság nemcsak a napi életben, hanem szakmai körökben is jellemző, mely azt jelenti, hogy szinte nem, vagy csak nagyon ritka esetben találkozhatunk a vízjeles papírok készítésével, a vízjelek tulajdonságaival foglalkozó irodalommal. [2]

A vízjeles papírgyártás és a bennük alkalmazott vízjelek gyártástechnológiája nem változott olyan mértékben, nem ment végbe olyan mértékű fejlődés és fejlesztés az iparágon belül, mint más, innovatív technológiák esetében, ám az ilyen papírokat felhasználó nyomdák elvárásai folyamatosan nőttek és növekednek. [3] Ez mind az egyre újabb és újabb nyomdai megoldásnak, az alkalmazott gépeknek és festékeknek köszönhető. Ez indokolja a vízjelek és azok papírokból érvényesített hatásának jobb megismerésére való vágyat. [4]

Kutató munkám célja volt a hidrodinamikus eljárással kialakított papírlapszerkezet és a benne található vízjel keletkezésének korszerű módszereit vizsgálni, valamint elemezni és lehetőleg megoldani a vízjel által okozott nyomtathatósági problémákat, hiszen e vizsgálatok úgy a nemzetközi, mint a hazai irodalomban igen kis számban találhatóak. Ugyancsak célom volt a vízjel, mint a biztonsági és jelzett papírok egyik fontos azonosítási lehetőségének részletes áttekintése és kutatása.

2. IRODALMI RÉSZ

2.1. A papírlap szerkezetének kialakulása, hidrodinamikai alapokon

A papírlap kialakulása alapvetően többszörösen heterogén rendszerek szétválasztásán alapul. E műveletben polidiszperz heterogén rendszerek vesznek részt, melyek méretükben és fázisukban is egymástól lényegesen eltérőek. Azonban ezen rendszerekre is alkalmazhatóak a hidrodinamika általános szabályai és a polidiszperz rendszerek fluidumban való mozgására vonatkozó szabályok. [5]

A papírgépi szítán – különösen ha ez a szita vízjelet is tartalmaz, igen bonyolult szűrési folyamatok játszódnak le, melyekre a makro- és mikroturbulencia a lapszerkezet kialakulásakor igen jelentősen hat.

A papírgép felfutószekrényének kifutó csőrében a fluidum áramlása felfogható egy olyan áramlásnak, melynél a szuszpenzió áramlási irányára merőleges dimenziók és az áramlással párhuzamos kiterjedés jelentősen eltérnek egymástól. Míg a kifutócsőr résmérete a néhány millimétertől akár néhány centiméterig is terjedhet, addig a hagyományos papírgépi felfutószekrény szélessége akár 10-12 méter is lehet. Ilyen körülmények között az áramlási sebesség és a kialakuló mikroturbulencia döntően befolyásolja a lapszerkezet formációját. Ilyen extrém dimenzió eltérések speciális áramlási viszonyokat biztosítanak, melyet tovább bonyolít a szita viszonylag nagy sebessége és a rajta elhelyezkedő vízjelrajzolatok, mindezek a szita szűrési hatását megkülönböztetik az általában szűrésnek nevezett szétválasztási művelettől. [6]

A v szűrési sebesség [m/sec] a rostsuszpenzió kifutásának hidrodinamikai viszonyától, valamint a szita paramétereitől is függ. A szűrési sebességre felírható a következő egyenlet:

$$v = \frac{dV}{F \cdot d\tau}$$

ahol v a szűrési sebesség [m/sec], a dV a szűrlet térfogatváltozása [m^3], a F a papírgépi szita aktuális szűrőfelülete [m^2], a $d\tau$ az aktuális szűrési idő [sec].

A szűrési egyenletet differenciál egyenletté alakítva a következő összefüggést kapjuk.

$$\frac{dV}{F \cdot d\tau} = \frac{\Delta p}{\mu \cdot (R_i + R_{szb})}$$

ahol V a szűrlet térfogata [m^3], F a papírgépi szita aktuális felülete [m^2], τ a víztelenedési idő [sec], Δp a nyomáskülönbség a szita két oldalán [N/m^2], μ a szuszpenzió folyadékfázisának viszkozitása [Ns/m^2], R_i a kialakuló papírréteg szűrésiellenállása, R_{szb} szita szűrésiellenállása.

Az egyenlet speciális esete annak az általánosabb összefüggésnek, amely szerint a folyamat sebessége egyenesen arányos a hajtóerővel és fordítottan arányos az ellenállással. Az adott esetben a hajtóerő a nyomáskülönbség, az ellenállás pedig a kialakuló papírréteg ellenállásából (μR_i) és a szita ellenállásából (μR_{szb}) tevődik össze. Mindkét ellenállás sok változó bonyolult függvénye. A kialakuló papír lapszerkezet R_i ellenállása annál nagyobb, minél kisebb a lapszerkezet porozitása és minél nagyobb a felületét alkotó szilárd részecskék fajlagos felülete. Az R_i értékére hatással van a szilárd részecskék mérete és alakja. [6]

A lapszerkezet kialakulásának során a papír vastagságára és négyzetméter-tömegére döntően befolyást gyakorolnak a hidrodinamikai tényezők, a makro- és a mikroturbulencia, valamint a heterogén polidiszperz rendszer anyagi paraméterei, éppen ezért a négyzetméter-tömeg, a vastagság, a szilárdság, az opacitás, a papír optikai tulajdonságai, spektrális denzitása is döntően változnak.

Thalén és Wahren [7] reológiai vizsgálatai bebizonyították, hogy a nyíróerők és a lapszerkezet, valamint a rostkoncentráció között a következő összefüggés található:

$$\tau_B = \tau_0 (c - c_s)^k$$

ahol τ_0 és k rost függő paraméterek, c a szuszpenzió koncentrációja, a c_s üledék koncentrációja.

A flokkok kialakulása a lapszerkezetben Kerekes és Shell szerint [8] függ a rostok átlagos hosszúságától, ezek átmérőjétől és átlagos térfogati koncentrációjuktól.

$$N = \frac{2}{3} c_v \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

ahol L a rosthosszúság, d a rost vastagsága, c_v anyagfüggő paraméter

Ez az összefüggés (N faktor) utal a rostok közötti kapcsolat kialakulására, melynek döntő szerepe van a kialakítandó vízjel minőségére.

| | |
|-----------------------|----------------------|
| N flokkulálási faktor | Rostkapcsolat típusa |
| $N < 1$ | gyenge kapcsolat |
| $1 < N < 60$ | gyakori kapcsolat |
| $N > 60$ | folyamatos kapcsolat |

I. táblázat – Rostkapcsolatok különböző flokkulálási szinteken [8]

A papírlap formációja, azaz a pillanatnyi térfogattömeg változása határozza meg a rosteloszlást a lap síkjában és nagymértékben befolyásolja a legtöbb papírtulajdonságot, éppen ezért a formációt jellemző variációs koefficiens meghatározása fontos feladat. Különösen nagy hatással van a vízjel kialakulására a variációs koefficiens befolyásoló hidrodinamikai paraméterek sorának. A variációs koefficiens optikai módszerekkel béta-sugár transzmisszió (Ambertech meter) [9] meghatározásával, valamint béta-radiográfiával (STFI módszer) [10]. A papír formációjára jellemző F formációs szám a következő képlet alapján határozható meg.

Az F formációs szám a helyi négyzetméter-tömeg változás függvénye, mely a normál szórás $\sigma(w)$ és az átlagos négyzetméter-tömeg w_m hányadosa, melyet gyakran százalékos formában adnak meg.

$$F = \frac{\sigma(w)}{w_m}$$

Amennyiben a papírlap több azonos struktúrájú rétegből áll, a formációs szám annál alacsonyabb lesz, minél több rétegből áll a papírlap. Így nem helytálló különböző négyzetméter-tömegű papírok formációs számának összehasonlítása. Bár lehetséges az összehasonlítás egy normalizált formációs szám (F_{norm}) segítségével:

$$F_{norm} = F \sqrt{\frac{w_m}{w_n}}$$

ahol w_n a normalizált négyzetméter-tömeg, w_m a minta négyzetméter-tömeg.

A fenti egyenlet szerinti normalizálás azt feltételezi, hogy a különböző négyzetméter-tömegű papírok mindegyikében a rétegek rosteloszlása hasonló. Ez

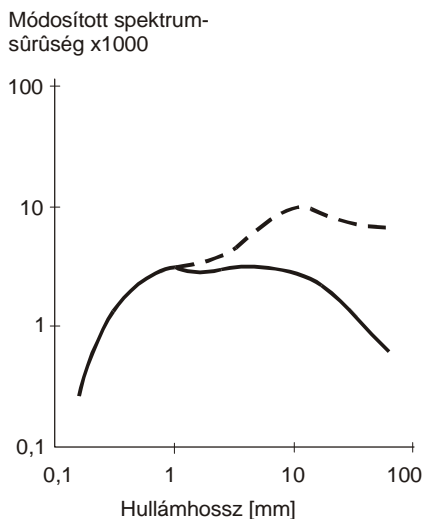
általában nem tekinthető igaznak, ha a négyzetméter-tömeget a papírgépen megváltoztatjuk. Állandó lapképzési koncentrációnál, pl. a teljes szerkezet gyakran javul a növekvő négyzetméter-tömeg esetében a víztelenedésnél fellépő további rétegek puffer hatására.

Az STFI módszernél általában 60 g/m^2 a leginkább használatos normalizált négyzetméter-tömeg.

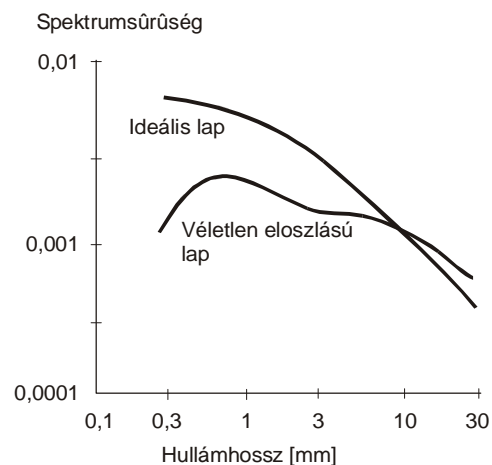
A lapképzés átfogóbb jellemzésére szolgálhat a hullámhossz energiaspektrum. Az energiaspektrum alatti terület megegyezik a tanulmányozott paraméterek változásával és a lapképzési spektrum alatti terület így egyenlő a formációs szám négyzetével F^2 .

Teljes lapképzési spektrumban található információ egyszerűsíthető különböző tartományokban elvégzett integrálásokkal. Az STFI módszerben egy kis- $0,3\text{-}3 \text{ mm}$ és egy nagy- $3\text{-}30\text{mm}$ tartomány használatos.

Az 1. ábra példa a módosított STFI formációs spektrumra. A formáció két különböző koncentrációnál van megadva. Az ábrán jól látható, hogy a nagy flokkulátumok előfordulása domináns a papírban a nagyobb koncentrációnál.



**1. ábra – Módosított STFI formációs spektrum [15]. Koncentrációk:
tömör vonal = 4 g/l
szaggatott vonal = 10 g/l**



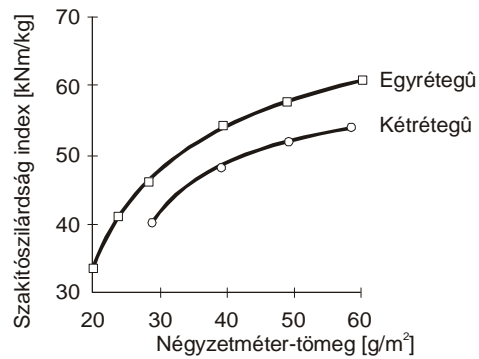
2. ábra – Formációs spektrum 60 g/m^2 négyzetméter-tömegű lapoknál [15]

Wrist szerint [11] rosteloszlás egy ideális lap esetében egyenletesebb lehet, mint egy véletlen eloszlású lapnál. Ennek oka a puffer hatás a víztelenedési folyamat során. Amennyiben egy lyuk található a szitán a víztelenedési folyamat során, a helyi víztelenedési ellenállás alacsony lesz és rostsuszpenzió többlet víztelenedés lép fel ezen a helyen. Ezért rosttöbblet lerakódás következik be, s az átlagos négyzetméter-tömeg kiegyenlítődik. Ezt később Norman és társai tanulmányozták [12], ahol összehasonlították a véletlen elrendezésű és a jó formációjú laboratóriumi lapok formációs spektrumát béta-radiológia segítségével. Az eredmények azt igazolták, hogy a valós lapok egyenletesebbek a véletlen formációjúaknál a kis- és közepes méretű fokkulátumok tartományában. Ez a víztelenedési folyamat puffer hatásának köszönhető. Annak érdekében, hogy ezt az effektust a lapformáció közben elkerüljük, a víztelenedési sebességnek rendkívül alacsonynak kell lennie, mely időt hagy a jelentős rost flokkulációnak rost-rost kölcsönhatások és lerakódások által. Egy hagyományos laboratóriumi lapképzőben a vízbe cukrot adagolva olyan mértékben, hogy a folyadék sűrűsége a rostokéval megegyező legyen, a viszkozitás jelentősen megnő. Így elérve a rendkívül lassú víztelenedést az puffer hatás elkerülhető. Ennek következtében lehetővé vált egy valós lap elkészítése véletlenszerű rosteloszlással. Az így kialakított lapok szilárdsága alacsonyabb volt, mint a normál laboratóriumi lapoknak, mely azt igazolja, hogy a puffer hatásnak van néhány pozitív hatása is a papír szilárdságára vonatkozóan.

A kialakuló pufferhatás miatt a formációs szám a lapszerkezet növelésével együtt nő. Ez standard koncentrációval készített laboratóriumi lapokon igazolódott [13]. Ebből az következik, hogy alapjában véve a síkszítás gépen készített papírok jobb formációs potenciállal rendelkeznek, mint egy ikerszítás gépen készült papír, s lehet, hogy jobbak a szilárdsági értékei is. Melynek oka az lehet, hogy az ikerszítás gépen két rétegből készül a papír, mindkettő a kész papír fele négyzetméter-tömegével. Így a puffer hatás alacsonyabb mindkét lap esetében, egyenletlenebb mindkét összetevő lap alapszerkezete.

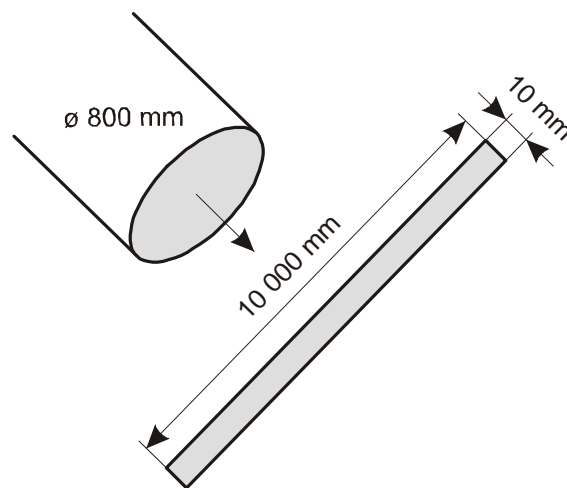
Standard koncentrációval készült egy- és kétrétegű laboratóriumi lapok vizsgálatából kiderül (3. ábra), hogy a szilárdsági potenciál a síkszítás lapoknál

nagyobb, mint az ikerszítás lapoké. A valóságban azonban több más szempontot is figyelembe kell venni.



3. ábra – Szilárdsági potenciál síkszítás- és ikerszítás lapok esetében [15]

A felfutószelektények fő feladata a szuszpenzió egyenletes elosztása a szítaszakasz teljes szélességében. Ez azt jelenti például, hogy az áramlást egy 800 mm-es csőből egy 10 mm vastag 10.000 mm széles kifolyócsőbe kell juttatni teljesen egyenletes áramlási sebességen, azonos áramlási iránnyal a teljes keresztmetszeten 4. ábra.



4. ábra – Tápláló cső és kifolyócső keresztmetszetei (nem méretarányos) [15]

| | |
|-----------------------|----|
| Újság papír | 8 |
| Finompapír | 15 |
| Hullám fedőrétegpapír | 25 |
| Zsákpapír | 50 |

II. táblázat – Szokásos résméreték ipari alkalmazásoknál [mm]

Az alábbiakban található egyenlet megadja a szükséges résméretet h [mm] egy papír gyártásához, ahol a megkívánt négyzetméter-tömeg w [g/m^2], c [g/l] koncentrációjú szuszpenzióból készítve:

$$w = R \cdot h \cdot c$$

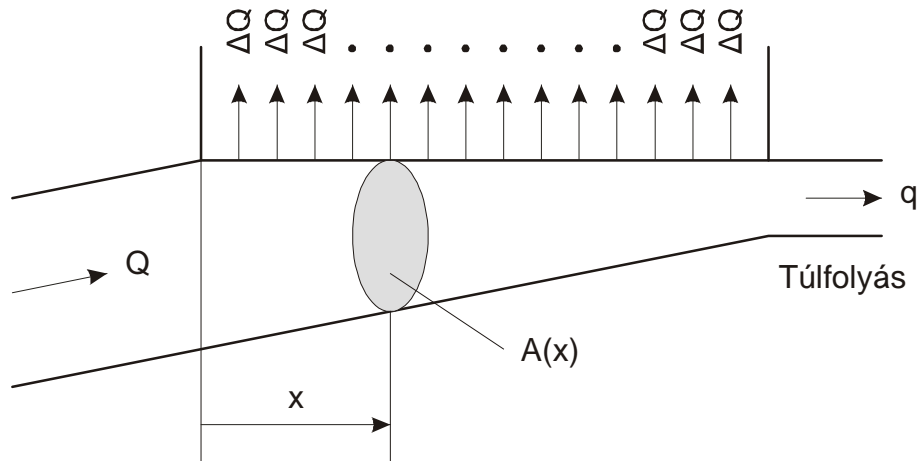
ahol R a retenciós tényező.

Az egyenlet feltételezi, hogy a kifolyási sebesség és a szita sebessége azonos.

A felfutószekrényben az áramlások változtatása a bejövő anyagcsőtől a kifolyócsőrig három fő lépésben történik meg:

- keresztirányú áramláselosztás, mely az első elosztást végzi a papírgép szélességében;
- nyomáscsökkentő elemek, melyek a keresztirányú áramlási profil kiegyenlítését végzik;
- felfutószekrény csőr végzi a szuszpenzió szitára történő egyenletes kijuttatását.

Egy modern keresztirányú elosztó általában egy kúpos fejből áll, mely a felfutó szekrény teljes keresztirányban elhúzódnó csatorna. Ebből a csatorna falán található lyukakon keresztül egyenletesen áramlik ki a szuszpenzió. Ld. 5. ábra.



5. ábra – Keresztirányú áramláelosztó Q betáplálással, ΔQ kifolyásokkal és q túlfolyással [15]

Amennyiben tökéletes felfutószekrényről beszélünk, akkor a szitaszakaszra juttatott anyagnak minden egyes lyukon megegyező ΔQ áramlásúnak kell lennie. Ez azt jelenti, hogy a statikus nyomás a keresztirányú elosztó csatornában egyenletes kell hogy legyen. Ezért a súrlódási nyomásvesztéséget kompenzálni kell megfelelő nyomásnöveléssel.

Ezt a nyomásnövekedést el lehet érni az áramlás sebességi energiájának statikus nyomássá alakításával, folyamatos áramlási sebesség csökkentéssel. Így a csatorna alapvetően, mint diffúzor funkcionál. A következő egyenlet a keresztmetszeti csatorna $u(x)$ hosszán leírja az áramlási sebességet:

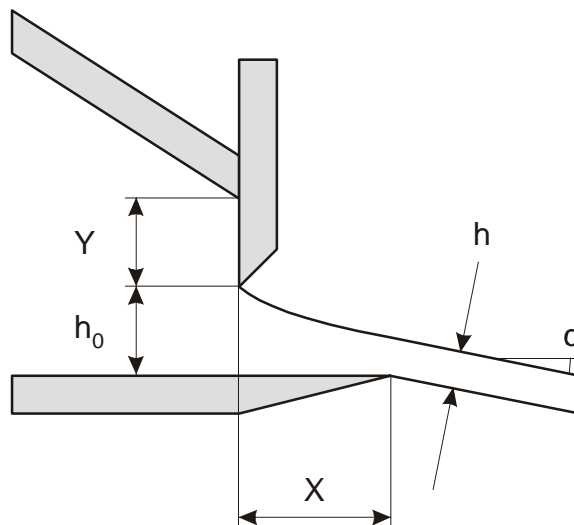
$$u(x) = \frac{Q - n(x) \cdot \Delta Q}{A(x)}$$

ahol: $n(x)$ a ΔQ kifolyások száma az x pozíció előtt, az $a(x)$ a csatorna keresztmetszete.

Az $A(x)$ keresztmetszet a csatornában úgy alakul, hogy adott Q bemeneti áramlás és q túlfolyás mellett a csatorna teljes hosszában a statikus nyomás

állandó. Más Q bemeneti áramlás esetén ezt a statikus nyomást nem lehet tartani. Amennyiben nyomásetérés van a bemenet és a kimenet között, akkor a q túlfolyással beállítható a megkívánt nyomáskülönbség. Kis nyomásingadozás a csatornán belül még ilyen esetben is maradhat.

Az egyes kifolyólyukak közötti távolságnak olyannak kell lennie, hogy két szomszédos lyuk között rostlerakódás ne jöhessen létre. Az ilyen rostlerakódás káros rostflokkok kialakulásához vezethet.



6. ábra – Kifolyás egy torlasztóléces felfutószekrényből [15]

A fúvóka szöge és a sebesség összefüggése fontos tényező. Ahogy korábban is említésre került a keverő fúvókában az áramlási elvárások: a sebesség és az áramlási irány konstansok a fúvóka teljes szélességében, azaz a papírgép szélességében. Ugyancsak a fúvóka konstans nyílású a teljes keresztmetszetben.

A 6. ábra azt mutatja, hogy hogyan alakul ki a szabad áramlás a felfutó szekrény kifutó részén. A kifutószekrény csőrének felső ajka egy rést hagy. Ennek alapvetően két funkciója van: ezzel lehet helyileg változtatni a csőr tulajdonságait, másodsorban ezzel lehet csökkenteni a kialakuló réteg vastagságát a csőrön átfolyó szuszpenzió lokális gyorsulásának szabályozásával. Mivel a

lapszerkezet vastagsága h érték, mindig kevesebb, mint az ajak geometriai nyílásmérete h_0 , ennek a két értéknek a hányadosa adja a fúvóka μ kontrakciós koefficiensét.

$$\mu = \frac{h}{h_0}$$

ahol h a lapszerkezet vastagsága, h_0 a kifolyócsőr nyílása.

A fúvóka u kifolyási sebessége megkapható a Bernoulli egyenlet egy speciális esetéből:

$$p + \frac{\rho}{2}u^2 + \rho \cdot g \cdot H_L + U = konst.$$

ahol p a nyomás, ρ a sűrűség, g a gravitációs gyorsulás, H_L a szint magasság és U az belső energia.

Ezek a tényezők döntően befolyásolják a helyileg kialakuló szuszpenzió mikroturbulenciáját, ezen keresztül befolyásolják a flokkok kialakulását, a kialakuló papírlap szerkezeti vastagságát, opacitását és egyenletességét. [14]

Nem tisztázott azonban, hogy a kontrakciós koefficiensnek, a kiáramló szuszpenzió sebességének milyen összefüggése van az olyan szitákkal, amelyeken vízjel-markírozás található. [15]

2.2. Vízjelkészítés kialakulása

A vízjelek és a vízjelkészítés nem tekint vissza olyan hosszú múltra, mint maga a papírkészítés. Elterjedése a papírgyártás európai meghonosodásával tehető egy időpontra. A kézzel készített papírokban ekkor találták fel egy véletlen során és kezdték el alkalmazni a vízjelet, az akkor már több mint 1000 éves múlttal rendelkező papírgyártásban. Valószínűsített szülőhelye a mai Olaszországban található Fabriano, ahol 1276-os felfedezése óta készítenek vízjeles papírokat. [1]

Kezdetben a vízjelek elsősorban a készítő papírmerítőt, illetve azt a kereskedelmi céget azonosították, amelyikhez a papírmalom tartozott. Már ebben a korai szakaszban is előfordult, hogy egyes sikeresebb papírkészítő termékeit, így vízjegyeit is hamisították. A hamisítások megakadályozása érdekében folyamatosan fejlődött a papírokban alkalmazott jelzések, ún. védelmi elemek száma és típusa. Ipari körülmények között sikszítás papírgépen vízjelet 1820 óta alkalmaznak. [28] Ekkor fejlesztették ki az egutőr vízjelhengert, mely lehetővé tette a vízjeles papírok folyamatos gyártását.

2.3. Vízjeltípusok

A vízjeleknek több típusa létezik, illetve az egyes típusok különböző módszerekkel készülhetnek. A készítés módja szerint megkülönböztetünk:

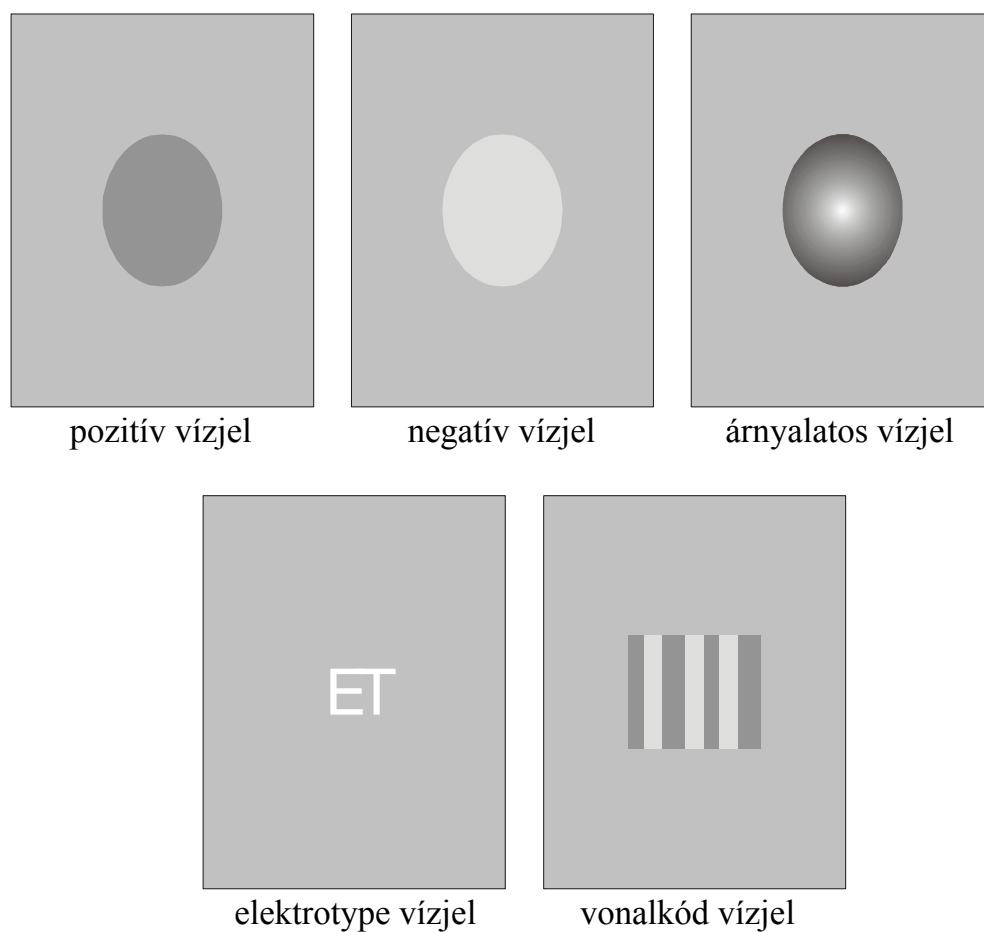
- kézzel merített vízjeles papírokat
- laboratóriumi lapképzett vízjeles papírokat
- síkszítán egutór hengerrel készített vízjeles papírokat és
- hengersizítán készített vízjeles papírokat.

Az első két módszer alapvetően abban különbözik a többitől, hogy itt a kész papírlapban a rostok elhelyezkedése közel teljesen véletlenszerű, nincs kitüntetett irányú rostorientáció, míg a másik két esetben egyértelműen meghatározhatóak a gyártási- és keresztirányok. Főként laboratóriumi lapképzőn készíthetőek kis mennyiségben vízjeles papírok, melyek szolgálhatnak mintaként is, de különleges esetekben kész, jelzett papírként is szolgálhatnak. Alapvető előnyük a gépi gyártású vízjelekkel szemben a speciális lapképzés és víztelenedés miatti nagyon részletes, éles rajzolatú vízjelminta visszaadó képesség.

A síkszítás és hengersizítés vízjelek között a vízjelek minősége az utóbbinál sokkal jobb. Az egyszerűbb síkszítás vízjelek könnyen hamisíthatók, míg a hengersizítés papírok, melynek gyártásához relatíve kevés gyár rendelkezik a megfelelő eszközökkel, nehezen utánozható, illetve hamisítható.

Papírgépen az alábbi típusú vízjelek alkalmazhatóak:

- pozitív és/vagy negatív vízjel,
- többtónusú (árnyalatos) vízjel,
- elektrotype vízjel,
- vonalkód vízjel.



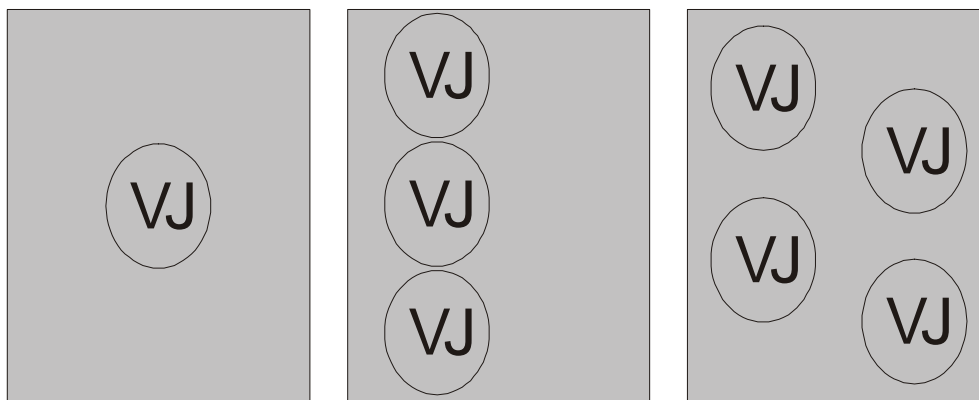
7. ábra – Vízjeltípusok

Az első típusba tartozó vízjelek készíthetők el a legkönnyebben és ezek azok melyek a legegyszerűbben utánozhatóak. A mai napig a legjobb védelmet a többtónusú vízjelek adják, hiszen itt a vízjel grafikájától függően igen bonyolult, így nehezen reprodukálható. Az elektrotype vízjel szemben az előzőekben tárgyaltakkal, melyek a papír formációjában is részt vevő, a vízjelet adó szitába vannak belepréselve, oly módon készül, hogy a negatív rajzolatot adó vonalas szerkezetet külön formából alakítják ki és a kész szitabevonatra rögzítik. A vonalkód vízjel egy speciális formája a pozitív-negatív vízjeleknek. Előnye, hogy a nyomtatott vonalkódhoz hasonlóan váltakozó sötét és világos, különböző vastagságú vonalakkal kialakított jelrendszer gépi azonosításra is alkalmas.

Elhelyezkedésük a papírban lehet:

- pozícionált,
- sorminta szerű (gyártás- és/vagy keresztirányban),
- szőnyegminta szerű.

A pozícionált és a sorminta vízjeleket, – melyet gyakran folyamatos vízjelnek is hívnak, – olyan helyre kell pozícionálni a dokumentumban, ahol nincs vagy csak nagyon kis mennyiségű nyomat van, így érhető el a legjobb hatás. A teljesen nyomtatás nélküli résznek az is az előnye, hogy a vízjel nem csak átvilágításnál látható, hanem részben felületi megvilágítás mellett is megjelenik rajzolata. Így jobban felhívja magára a figyelmet és ösztönzi a nyilvánosságot az átnézeti ellenőrzésre is. Szőnyegminta kiosztásnál teljesen felülnyomott dokumentumoknál a vízjel funkcionálhat részben nyilvánvaló és rejtett jelzésként is.



8. ábra – Vízjelek elhelyezkedése a papírban [36]

A vízjelek lehetséges elhelyezkedéséről bővebben a 7.1. fejezetben található információ.

2.4. Vízjelek alkalmazási területei

Kezdetben a vízjelek elsősorban a készítő papírmerítőt, illetve azt a kereskedelmi céget azonosították, amelyikhez a papírmalom tartozott. Már ebben a korai szakaszban is előfordult, hogy egyes sikeresebb papírkészítő termékeit, így vízjegyeit is hamisították. A hamisítások megakadályozása érdekében folyamatosan fejlődött a papírokból alkalmazott jelzések, ún. védelmi elemek száma és típusa. Ezeknek a kezdeti vízjegyekkel jelzett papíroknak köszönhető, hogy a sokszor rájuk nyomtatott vagy kézzel írt dokumentumoknak, melyeknek keletkezési idejét és helyét sok esetben a szakembereknek sikerült jól beazonosítani a vízjel ismert készítési helye és ideje alapján. [37]

Az 1820-as éveket követően a vízjeles papírokat már ipari méretekben készítették, már ekkor is előállítottak olyan dokumentumokat, melyek kizárólag egy és ugyanolyan vízjellel ellátott papírra készültek csak, ezzel is segítve a későbbi hitelesség megállapítását.

Vízjelekkel jelenleg leggyakrabban biztonsági papírokból találkozhatunk, melynek legismertebb és legjelentősebb képviselője a különböző típusú vízjelekkel ellátott bankjegy alappapírok. Más területen az elterjedtséget jelentősen gátló tényezőként játszik szerepet a vízjelszámok és a vízjeles papírok viszonylag magas előállítási költsége. Ez különösen a hengerszítás papírgéppel előállítható vízjelekre igaz. [22]

Egyéb vízjeles papírok között említést érdemelnek azok a kreatív papír kategóriába sorolt termékek, melyeknél a vízjel főleg esztétikai vagy marketing célokat szolgálnak. Ezek a leggyakrabban utánzott merített (bordás) -, illetve vonalas vízjellel készülnek. A kínálatban a levélpapírokat, borítékokat, de még kartonokat, stb. is találhatunk.

2.5. Vízjelszerszámok készítése

2.5.1. Kézi merítet sziták vízjelei

A kézzel merített papírok készítéséhez használt merítő szitákra a vonalas vízjeleket különböző vastagságú, vékony huzalokból alakítják ki, melyet a szitához vagy varrással, vagy forrasztással rögzítenek. A készíteni kívánt papírok négyzetméter-tömegétől függően ez 0,2-0,5 mm ármérőjű rézhuzal lehet, de egyes esetekben elérheti vagy meghaladhatja az $\varnothing 1$ mm-t is. A kívánt alakzatot hajtogatással kapják meg, s az illesztéseknél az alaktartás miatt forrasztották a huzalokat. Lényeges, hogy az így kapott alakzatok a kialakítás sajátossága miatt főleg bonyolultabb alakzatoknál nehezen reprodukálható ugyanolyan formában. Ezért az egyes vízjeleket jól meg lehet különböztetni, bármennyire is törekedtek az eredeti reprodukálására. [29]

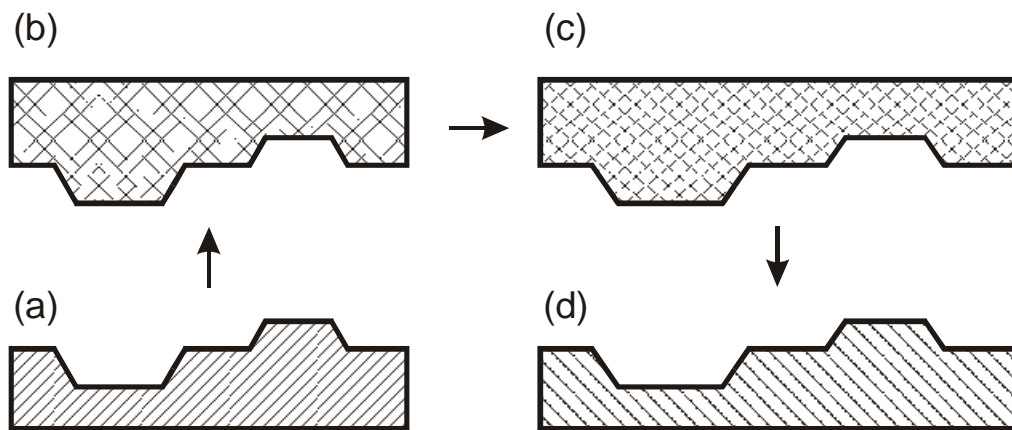
Abban az esetben, ha a vízjelet rosszul rögzítették a szitához, akkor is lehet az első vízjelek és a később gyártottak között a forma torzulása miatt eltérés, ám főleg olyan hibák keletkezhetnek ilyen esetekben, amikor a rajzolat egy-egy kisebb – kiálló – eleme letörik és utána hiányos képpel készülnek a papírok.

Már a kézzel merített papíroknál is alkalmazták a prészerszámmal a szitaszövetbe nyomott mintákat, mint vízjelformát, ám jelentőségük a gépi papírgyártásnál jelentkezett.

Fontos megjegyezni, hogy vízjelet nem csak a szitaszövetre rögzített mintázattal, illetve préseléssel lehet elérni, hanem maga a szita is hagy bizonyos nyomot, markírozást a papír felületén és – amennyiben a szita durva kialakítású – akkor az a papír átnézetében, mint vízjel jelentkezhet ez a hatás.

2.5.2. Vízjel présszerszám készítése kézzel

Kézzel készített présszerszám alatt az olyan vízjelszerszámokat értjük, melyek többtónusú, bonyolult felületi struktúrával rendelkeznek. Ennél a módszernél – 9. ábra – a mesterdarab viaszból készül el torzítatlan formában (a), majd erről szilikon öntőformával készül el az első másolat (b), amit utána a gyártani kívánt papír nyúlási és zsugorodási értékeivel torzítanak (c). A torzított formáról galvánfűrdőben készül el a présszerszám egyik oldala (d), majd erről választó réteg közbeiktatása után készül el a másik oldala a szerszámnak.



9. ábra – Vízjel présszerszám készítése viaszformával

(a) viasz forma, (b) szilikon gumi, (c) torzított szilikon gumi, (d) présszerszám

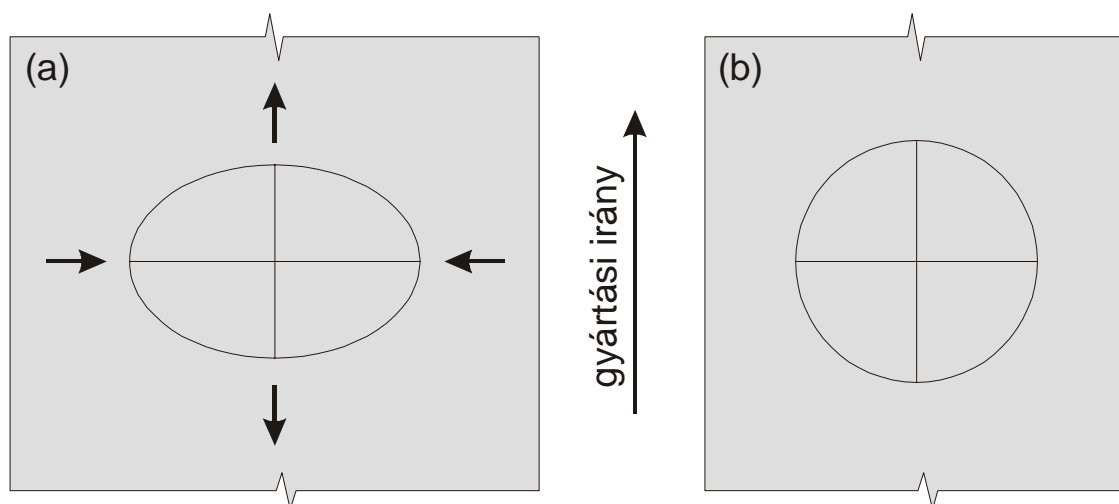
A két fél galvánforma hátoldalát ezután kiöntik és az így elkészült szerszám-párral a szítát a megfelelő pozíciókban lehet préselni.

Minden papírgépi vízjeles papír gyártása esetén torzított présszerszámra van szükség, hiszen a gyártás során a szárítás miatt a papírok kereszt irányban zsugorodnak, míg gyártás irányban a – főként a különböző egységek közötti feszítés-szabályozás miatt – megnyúlnak. A vízjeles papírok gyártásánál előforduló nyúlási és zsugorodási értékeket az III. táblázat tartalmazza.

| | |
|------------------------------|-----------|
| Keresztirányú zsugorodás [%] | 4,0 - 6,5 |
| Gyártási irányú nyúlás [%] | 3,0 - 4,5 |

III. táblázat – Nyúlási és zsugorodási átlagos értékek [34]

A 10. ábrán az (a) helyzetből kiinduló szélesebb papírpálya a nedves szakaszban még a torzított vízjelképet mutatja, míg a szárítószakasz utáni (b) állapotban a vízjel visszanyeri eredeti – a valóságnak megfelelő alakját, amely megegyezik a 9. ábra (a) állapotával.



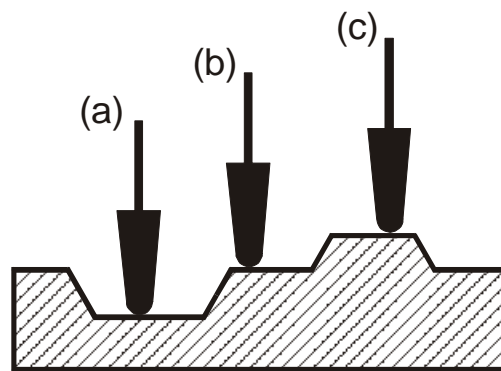
10. ábra – Vízjel ábra és papírpálya nyúlási és zsugorodási irányai

(a) papírpálya és vízjel a nedves szakaszban, (b) és szárítás után

2.5.3. Vízjel présszerszám készítése géppel

Gépi szerszámgyártás alatt a felsőmaróval készített olyan szerszámokat értjük, amelyek főleg egyszerűbb vízjelek készítéséhez használatosak. Ilyenek lehetnek a pozitív-negatív-, vonalkód- vagy akár az ablakos biztonsági szál bújtatására szolgáló szerszámok is. Legegyszerűbb esetben egy pantográf

felsőmaróval a megfelelő arányban felnagyított grafika alapján készíthető el a szerszám. Ilyenkor három lépésben kell a forgácsolást elvégezni a 11. ábrán látható (a), (b) és (c) síkokban, ahol (b) a szita alapsíkja, míg az (a) és (c) síkok attól függően, hogy melyik oldali szerszámról van szó, adják a vízjel pozitív- és negatív karakterét. [40]



11. ábra – Vízjel présszerszám készítése géppel

Mint a többi vízjelszerszám készítési módszernél, így itt is lényeges, hogy a síksítás gyártáshoz használatos egutór henger, vagy hengersizita bevonat készül e majd a szerszámmal, mivel a két eset különböző mélység-magasság értékeket kíván meg. Általánosságban elmondható, hogy a hengersizita bevonatokhoz készített szerszámoknál kisebb méretek használatosak, mint az egutór hengereknél. Ezeket az értékeket a IV. táblázat foglalja össze.

| | Mélység [mm] | Magasság [mm] |
|---------------------------|-----------------|------------------|
| Egutór hengereknél | 0,4 – 0,8 | 0,7 – 2,0 |
| Hengersizita bevonatoknál | 0,1 – 0,5 | 0,6 – 1,2 |

IV. táblázat – Présszerszámoknál alkalmazott mélység-magasság értékek [41]

2.5.4. Vízjel prösszerszám készítése számítógéppel

Számítógépen CAD szoftverrel a vízjelszerszámok felülete könnyen kialakítható, mivel ezek a legtöbbször valamilyen geometriai alakzatok, illetve például cégemblémák esetében annak alapján a felületmodell elkészíthető. Megfelelő program segítségével sok változtatás eszközölhető, legyen ez a mélység-magasság értékek módosítása, nyúlási-zsugorodási értékek szerinti különböző torzítások vagy a grafika apróbb finomítása, igazítása.

A problémát az egyébként is rendkívül időigényes kézi készítésű, többtónusú – főként portré – vízjelek számítógépes előállítását jelenti. Bár a legtöbb esetben itt is rendelkezésre állnak grafikák, ám annak módosítások nélküli vízjellé szerkesztése nagy valószínűséggel nem adja vissza a várt képet. Annak érdekében, hogy ugyanazt a vizuális hatást érezzük el vele, mint a kézi készítéssel, ugyanúgy karakterizálni kell a grafika egyes elemeit, a világos és sötét tónusokat megváltoztatva. [22]



12. ábra – Szent-Györgyi Albert

Ez sok szakértelmet és a vízjelek képvisztaadó képességének ismeretét igényli. Gyakorlatilag a számítógép egy másik, helyettesítő eszköz a készítő kezében a „régii” viaszmetzés szerszámái helyett.

Mivel kifejezetten erre a célra fejlesztett célszoftverek nem léteznek, ezért a különböző gyártók különböző programokkal próbálkoznak. Ez nagyon sok esetben természetesen nem is egy, hanem több különböző funkciót ellátó

alkalmazás. Ilyenek a bitmap-térképes képszerkesztő-, CAD-, CAM és egyéb speciális szoftverek. Több gyártó egyes elemeit ennek a folyamatnak saját maga készíti, fejleszti. Léteznek olyan célszoftverek, például ékszerkészítő/tervező CAD programok, melyek alkalmasak erre a feladatra, sőt némelyiküket már ilyen irányú támogatás nyújtására is elkezdték fejleszteni. Egy ilyen programmal készített néhány lépés képeit tartalmazza a 7.2. fejezet.

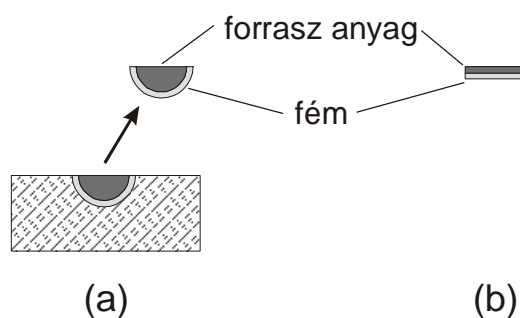
A negatív és pozitív vízjel számítógépes kialakításához jó segítséget nyújt Horváth L. és munkatársai közleménye [17], amely ugyan nem konkrétan papírgép alkalmazást ír le, de eredményei a vízjelkészítésben felhasználhatóak.

Ugyanez a szerző a számítógéppel segített vízjelkészítés alapelveihez ad hathatós segítséget, bár ez a kutatás sem konkrétan papíripari alkalmazásra készült. [18] és [16]

2.5.5. Elektrotipe vízjel készítése

Az elektrotipe vízjel nagyon hasonlít megjelenésében a kézi merítésű szitáknál tárgyalt drótból hajtogatott, forrasztott vízjelekre. Itt a több különböző módszer miatt az elérhető minőség, valamint a termelékenység azonban jelentősen megemelkedik. [30]

Az első, s talán legelterjedtebb módszer a galvanizálás [13. ábra - (a)], ekkor egy sima viasz lapban a kiképzett árkok vezetőképessé tétele után azt galvanizálják, s az így keletkezett héjszerkezetet forrasztóanyaggal töltik ki.



13. ábra – Elektrotipe készítése

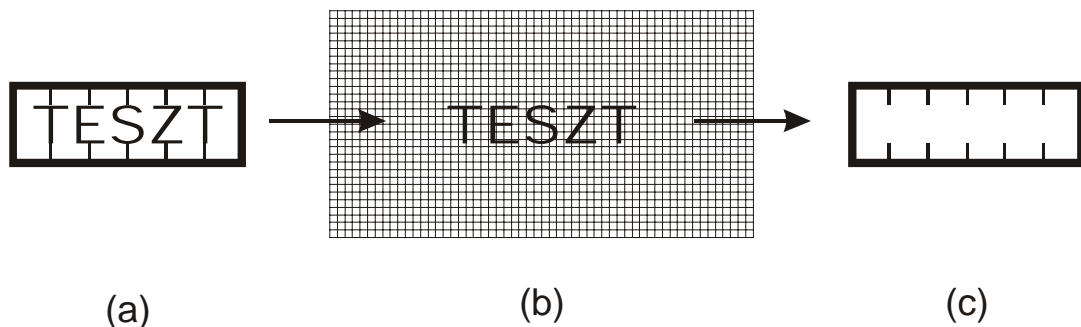
(a) galvanizálással, (b) marással/maratással

A második módszernél kész rézlapokból indul ki a gyártás, melyet fotómaratással vagy számítógép vezérelt felsőmaró segítségével alakítanak a megfelelő formára. Ezután minden egyes darab egyik oldalát vékony rétegben befuttatják a rögzítésre szolgáló forrasztóanyaggal.

A 13. ábra jó szemlélteti, hogy míg a fémréteg vastagsága közel egyforma mindkét esetben, addig a kialakítás miatt az (a) típus jóval vastagabb – meghaladhatja az 1 mm-t is –, mint a (b) módszer szerint készült (itt a maximális vastagság nem haladhatja meg a 0,15 mm-t).

Ebből a gyártási sajátosságból kifolyólag a galvanizálással készített elektrotypeokat leginkább egutór hengereken alkalmazzák, míg a marással/maratással készületeket hengerszita bevonatokhoz használják.

Az elektrotypeok esetében olyan alakzat készíthető el, mely galvanizálás, vagy maratás/marás után egy darabot alkot, azaz nem széteső alakzat. Széteső alakzat esetében a grafikát ennek megfelelően vagy több darabból, vagy keretbe foglalt, segédvonalakkal összetartott elemként készítik el (14. ábra), s a szitára történő rögzítés során a segédelemeket eltávolítják.



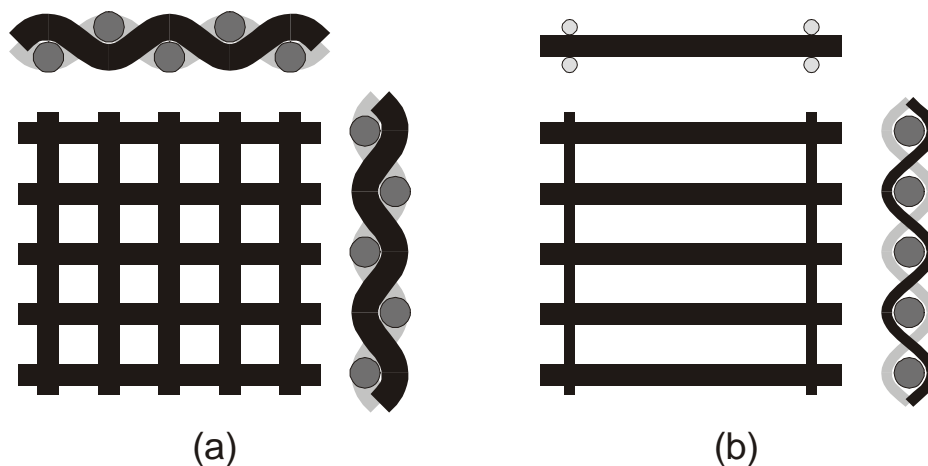
14. ábra – Elektrotype felforrasztása a szitára

(a) elektrotype illesztőkerettel, (b) a szitára rögzített jelek,
(c) a forrasztás után eltávolított rész

2.6. Vízjeles sziták készítése

2.6.1. Kézi merítésű sziták készítése

Amint arról már a 2.5.1. fejezet végén is szó volt, léteznek olyan speciális sziták, melyeknél kifejezetten előnyös, ha felületük olyan durva szövésű, hogy a lapképzés során a papírban vízjelhez hasonlóan lenyomatot hagynak. Ezek előállítása és eredete a fém szitával ellátott merítőkeretek készítéséig vezethető vissza. Ekkor még a szitabevonatokat kézzel készítették, s így sokszor a nagyobb papírmalmokban a merítőkeretek és ezzel együtt a szitakészítés is külön mesterségnek számított. A 15. ábrán látható két leggyakrabban alkalmazott szitaszövési mód az egyszerű vászonkötés és az úgynevezett merített papír szitaszövet.



15. ábra – Szitaszövetek kézi készítéssel
(a) egyszerű vászonkötés, (b) merített papír szitaszövet

Természetesen az ábrák nem méretarányosak – egymáshoz képest sem –, itt a cél annak szemléltetése volt, hogy a lánc- és vetülékhez az egyes esetekben hogyan alakítják ki a szita szövetszerkezetét. Az (a) esetben látható szitaszövet szinte nem látszik a papír felületén, átnézetben pedig nem okoz vízjelet, így a rá

forrasztott vonalas vízjelek egy homogén háttér előtt jelennek meg, míg a (b) esetben látható vízszintes szálak távolsága miatt az ilyen szita erős rajzolatot alakít ki a papírban. Ez akár a papír felületi rajzolatában is, de vízjelként mindenképpen megmarad a megszáritott papírban.

A kézi szitakészítés korában az előzőekben leírt szitatípus azért volt gyakoribb megoldás, mivel itt a lánchuzalok száma – az ábrán függőlegesen futó vonalak – kevesebb, mint egy vászonkötés esetében, így egyszerűbb volt elkészítése.

2.6.2. Laboratóriumi lapképző szitája

Vízjeles papírok szempontjából a laboratóriumi lapképzőhöz szükséges szita semmiben nem különbözik a hagyományos fémszitáktól, természetesen azzal változtatva, hogy itt a fémszitát megprésselik a vízjelszerszámmal és szükség esetén elektrotype jeleket is felforrasztanak rá.

Az alkalmazott sziták lánchuzala foszforbronzból, míg a hajlításnak, húzásnak és kopásnak kevésbé kitett vetülékhezál tombakból készül. [38] és [39] A sziták anyagának összetételét a V. táblázat tartalmazza, míg a VI. táblázat azokat a leggyakrabban használatos szitatípusokat mutatja be, melyek a vízjeles papírok gyártásához használatosak.

| Anyag | Lánchuzal (foszforbronz) [%] | Vetülékhezál (tombak) [%] |
|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Vörösréz | 92,5 – 93,5 | 80 |
| Ón | 6 – 7 | — |
| Foszfor | 0,3 – 0,4 | — |
| Cink | — | 20 |

V. táblázat – Fémsziták anyagösszetétele

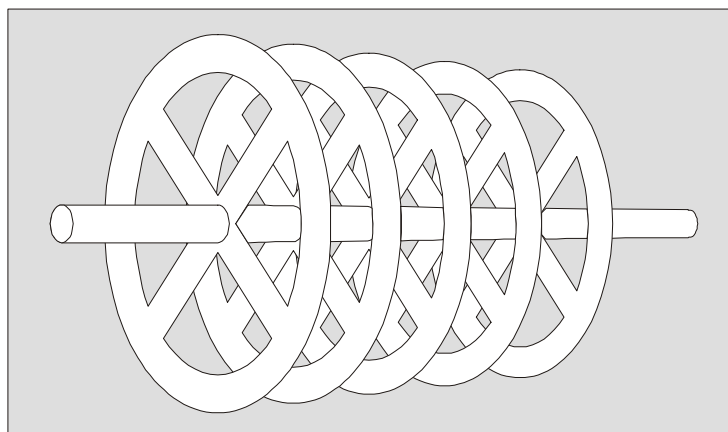
| Szita felhasználási helye | Lánchuzal [10 mm-re jutó huzalok száma] | Vetülékhuza [10 mm-re jutó huzalok száma] |
|---------------------------|---|---|
| Felső szita bevonat | 32 | 24 |
| Középső szitaréteg(ek) | 10 | 9 |
| Alsó-, vagy tartó szita | 7 | 7 |

VI. táblázat – Vízjeles papírok gyártásához használt fémsziták jellemzői [41]

2.6.3. Egutőr henger síkszítás gyártáshoz

Vízjeles papírok gyártásához jellemzően egyszerű egutőr testeket használnak (ld. 16. ábra), melyek az alacsony gyártási sebesség – 20-150 m/min – miatt a legtöbb esetben önálló meghajtással sem rendelkeznek. A hengerek átmérője a papírgép sebességétől és a vízjel mintázatától, kiosztásától függ. Általában 200-400 mm közé esik a leggyakrabban használt egutőr hengerek átmérője.

Az egutőr henger-testnek a palástjára a vízjel bonyolultságától és az igénybevétel nagyságától függően egy vagy két rétegű szitát rögzítenek. Vízjeles sziták esetében egyszer használatos bevonatokról beszélhetünk, mivel a sziták rögzítése forrasztással történik azok szélein, valamint a végtelenítésnél is, ahol a szita lánchuzalait egyenként egymáshoz forrasztják a tökéletes lapformáció, a forrasztási markírozás elkerülése érdekében.

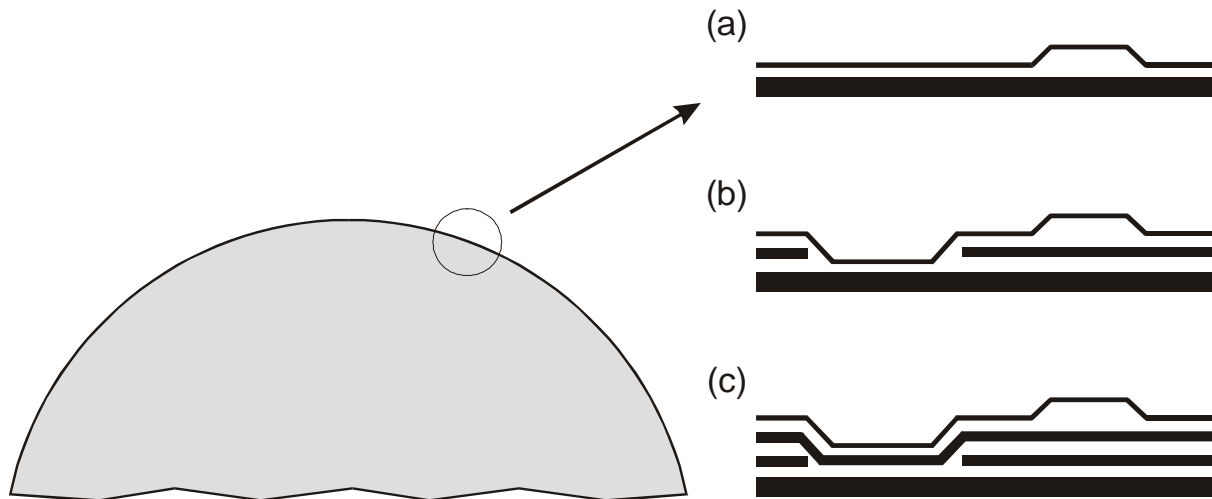


16. ábra – Egutór henger alaptestének felépítési vázlata

2.6.4. Expanziós szitabevonat hengersizítés gyártáshoz

Mint neve is mutatja, az ilyen szitákat és a rajtuk elhelyezkedő vízjeleket egy kifeszíthető, szűk határok között változtatható átmérőjű henger palástján rögzítik. Az expanziós testek átmérője jóval nagyobb, mint az egutór hengereké, hiszen itt ennek a testnek a szuszpenzióba merített részén megy végbe a lapképzési folyamat is. Viszonylag kis – 10-70 m/min – sebességűek, átmérőjük pedig 700-1500 mm között változhat. [34]

Az itt alkalmazott szitabevonatok többször is visszahelyezhetőek a szitatestre, majd a gyártások végeztével tárolhatóak, közben keletkezett kisebb hibáik kijavíthatóak. Ez azért lényeges, mivel az ilyen sziták mind az elkészítés munka- és eszközigénye szempontjából, mind azt alkalmazott technológia bonyolultságából adódóan is jóval komplikáltabbak, mint az egutór hengerek, így egy szitatest elkészítési költsége 10-15-szöröse is lehet az egutór hengerének.



17. ábra – Expanziós hengershita szitabevonat típusai

(a) két-, (b) három- és (c) négyrétegű bevonat

A szitabevonatok minimum kettő, maximum négy rétegből állnak (17. ábra). A legalsó mindig egy durva szita, mely a tartó és rögzítő igénybevételek miatt szükséges. Egy darabból áll, s végtelenítése megegyezik az egutór szitáknál leírtakkal. A legfelső szita minden esetben egy finom szövésű bevonat, mely tartalmazza a belepréselt vízjelmintákat és az esetleg ráforrasztott elektrotypeokat is. A két közbenső réteg egy vagy két azonos minőségű szitából állhat (ld. VI. táblázat), melyek alkalmazása és kialakítása függ a vízjelek típusától és azok mélység-magasság értékeitől.

Az egyes rétegeket a végtelenítés előtt pontforrasztással rögzítik egymáshoz, majd ezután az expanziós testen végtelenítik őket a felfeszítés előtt.

2.7. Vízjelek hamisítási lehetőségei, utánzásának módszerei

Mivel a vízjelek készítéséhez, illetve vízjeles papírok előállításához komoly szakmai felkészültség, és sok eszköz és berendezés szükséges, ezért kevés esettől eltekintve a vízjeleket nem a hagyományos úton próbálják meg a hamisítók reprodukálni.

Egy hamisító nem rendelkezik a papírgyártáshoz szükséges berendezésekkel, mivel ezek nehezen beszerezhetőek, illetve rendkívül költséges berendezések, ám nyomdai eszközökhöz és alapanyagokhoz annál könnyebben hozzájuthat. A hamisításnál a vízjelek azon tulajdonságát próbálják meg több-kevesebb sikerrel utánozni, hogy az a papír átnézetében világosabb és sötétebb részekre oszlik. Ezek a részek egy egyszerűbb felépítésű pozitív-negatív vízjelnél (ld. 7. ábra) viszonylag nagy, homogén foltokat jelentenek, melyek a papírtól világosabb és sötétebb alakzatokra oszthatóak. Ha ezeket külön-külön a papír opacitását befolyásoló – pl. szintelen lakkokkal vagy gyantákkal – a megfelelő helyen megnyomtatják, akkor az képes ezt a világos és sötét foltokból álló rendszert imitálni. Természetesen egy eredeti és utánzott vízjel egymás mellett feltűnően különbözik, ám a hamisítvány magában nézve egy felületes vizsgálat esetében megtévesztő lehet. [36]



(a)

(b)

18. ábra – Árnyalatos vízjelek utánzása

(a) eredeti vízjel grafikai megfelelője, (b) egy lehetséges utánzat imitációja

Árnyalatos vízjeleknél a sötét és világos részek már nem választhatóak el ilyen határozottan, így csak az eredeti alakzat nagyon durva utánzata készíthető el. Ilyet szemléltet a 18. ábra. Ezért lényeges a vízjelül szolgáló grafika helyes megválasztása, mert többek között ez biztosíthatja a hamisítás megnehezítését, így nem csak az esztétikai érték, valamint az ábrázolt alakzat valóság-hű visszaadása a fontos. [36]

2.8. A feldolgozott irodalom kritikája

Az irodalom feldolgozása során megállapítható volt, hogy a lapképzés hidrodinamikai és formációs kutatásaival foglalkozó munkák elvétve térnek ki csak a vízjeles szitákon kialakuló papírlap-szerkezet tulajdonságaira ható hidrodinamikai és különösen mikroturbulenciai összefüggéseire.

A vízjelkészítésre és a vízjeles sziták gyártására vonatkozó anyagok általában üzemi titkot képeznek és tudományos publikációban csak ritkán jelennek meg. E területen kénytelen voltam számos esetben saját előadásaimra hivatkozni.

A vízjel jelenléte a papírlap szerkezetében vastagsági, négyzetméter-tömegbeni és opacitási problémákat ad, amelyek a korszerű, nagy pontosságú, igen speciális nyomdai berendezéseken kifekvési, illesztési és felületnyomtatási problémákat is okoznak. Mindezekre az irodalom feldolgozása során nagyon kevés utalást találtam, s ezekben sem látható a probléma megoldása.

Ezért tartottam rendkívül fontosnak a lapszerkezet papírgépen történő kialakulásának vizsgálatát a különleges – vízjeles – szitákon üzemi körülmények között, remélve azt, hogy e területen a gyakorlat fejlesztése mellett tudományos eredményeket is elérhetek, ugyanakkor javaslatot tehetek a nagy pontosságú és nagy minőségi követelményeket igénylő nyomdatechnikai eljárásokhoz alkalmas vízjeles papírok gyártására.

3. KÍSÉRLETI RÉSZ

A kísérletek kivitelezésére Magyarország egyetlen sík- és hengerszítás üzemmódra is alkalmas kombinált papírgépével rendelkező társaságánál, a Diósgyőri Papírgyár Rt-nél került sor.

A Diósgyőri Papírgyár Rt. hazánk egyetlen biztonsági papírokat gyártó társasága. A gyár több, mint 220 éves múltra tekint vissza. 1782-ben alapították Diósgyőrben a papírmalmot, 1993 óta a Magyar Nemzeti Bank 100 %-os tulajdonában lévő Pénzjegynyomda Rt. gyakorolja a részvényesi jogokat, a tevékenységi felügyeletet a Nemzetbiztonsági Hivatal végzi.

Ezt követően valósult meg egy nagyszabású gépi beruházás, amely a korszerű biztonsági papírok gyártásának lehetőségét teremtette meg.

A II. számú papírgép (II. PG) 1997-es beüzemelése óta gyártja az új, hazai bankjegy alappapírokat, s egyéb más biztonsági papírokat. Az új papírgép tervezését és kivitelezését az olaszországi Cartiere Milliani Fabriano Spa. cég végezte.

A biztonsági papírok közül a társaság legfontosabb terméke a bankjegy alappapírok, okmányok (útlevél, anyakönyvi kivonatok, bizonyítványok), érték alappapírok (részvények, kötvények, vagyonjegyek, váltók, állampapírok, letéti jegyek, csekkek), jegy alappapírok (közlekedési vállalatok, kulturális és sportlétesítmények bérletei, étkezési jegyek), valamint a vízjeles nyomópapírok (cégemblémás vízjellel ellátott levélpapírok).

A társaság rendelkezik az EN ISO 9001:2000 és az EN ISO 14001:1996 minőség- és környezetirányítási rendszerekkel, valamint minősített NATO beszállító.

Mivel az elvégzendő kísérletek jelentős költséggel járnak, jelen dolgozat keretein belül elvégzett próbák egy, a Diósgyőri Papírgyár Rt. marketing céljait szolgáló próbagyártás keretén belül kerültek kivitelezésre. A próbagyártás során

minta-bankjegy alappapír készült el, melyen keresztül a gyár jelenlegi gyártási lehetőségeit és annak minőségét kívánja bemutatni.

A próbagyártásnál egy olyan minta-bankjegy előállítására volt a cél, mely megfelel a jelenleg ismert nemzetközi elvárásoknak, tartalmazza mindazokat a biztonsági elemeket, amelyek már szerepelnek meglévő bankjegyekben és olyanok bemutatása is cél volt, amelyek még nem, vagy ritkán használatosak, vagy még bankjegyekben nem is találhatóak meg.

A papír alapanyaga gyapotcellulóz, a papírban alkalmazott biztonsági elemek pedig a következők:

- többtónusú portré vízjel,
- elektrotype vízjel,
- beágyazott biztonsági szál,
- bújtatott, vagy ablakos biztonsági szál,
- hologram fólia,
- színjel (különleges festék),
- szabad szemmel és UV fényben látható jelzőrostok,
- egyéb különleges jelzőanyagok.

3.1. Kísérletekhez felhasznált eszközök

3.1.1. Vízjelszerszámok

A kísérleti gyártáshoz három rétegű szitabevonattal rendelkező expanziós bevonatot állítottunk elő terveim alapján. Az expanziós bevonat elkészítéséhez szükséges vízjeltípusokat az VII. táblázat foglalja össze.

| Megnevezés | Alkalmazott szerszám típusa | Megjegyzés |
|-------------------|------------------------------------|------------------------------|
| portré vízjel | árnyalatos présszerszám | — |
| vonalkód vízjel | pozitív-negatív présszerszám | — |
| vonalas vízjel | elektrotype | — |
| bújtatás | pozitív-negatív présszerszám | bújtatott biztonsági szálhoz |
| kísérleti vízjel | pozitív présszerszám | |

VII. táblázat – Az alkalmazott vízjelek és típusuk

A árnyalatos vízjelszerszámokat hagyományos viaszmetéses módszerrel (portré) és számítógéppel vezérelt felsőmarós (vonalkód-, bújtató szerszámok), valamint fotómaratással (elektrotype) készítettem.

3.1.2. A kísérlethez alkalmazott II. számú papírgép ismertetése

A kísérleti gyártást II. számú papírgépen végeztem el, amely sík- és hengersizítés üzemmódra is alkalmas. A papírgép 1000 mm széles, ám síkszítés üzemmódban 1110 mm gépszéles papír is legyártható rajta. Gyártási sebessége általában 20 és 50 m/min közé esik.

Kísérletem során gyártott papír a papír minősége és az alkalmazott biztonsági elemek miatt 25 m/min sebességgel készült.

A papírgép vázlatos felépítése a következő hengersizítés üzemmódnál: hengersizítés kád, három préhengerből álló kombinált prés, szárítoszakasz, merülőfürdő, enyvezőprés, lebegtető szárító, utószárító, kondicionáló, két lágykalander, feltekereselő. A papírgép hossza mintegy 50 méter és két mérőhíddal rendelkezik, egyik a szárítoszakasz után helyezkedik el, míg a másik a feltekereselő előtt található. Ezeken a mérőhidakon a kialakított papírlap következő tulajdonságai mérhetőek folyamatosan: négyzetméter-tömeg, nedvességtartalom, vastagság, hamutartalom.

A fentieken kívül a papírgép rendelkezik még egy speciálisan a vízjeles papírok pozíciójának figyelésére és szabályzására kialakított mérő-beavatkozó rendszerrel is.

3.2. A kísérletek során legyártott papírok vizsgálata

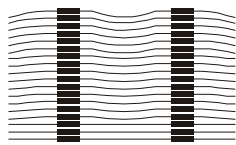
A kísérlet során legyártott papírokat klimatizálás után a következő szabványoknak megfelelően, laboratóriumi körülmények között vizsgáltam be:

| Megnevezés | Szabvány | Mértékegység |
|--|----------------|-------------------|
| Dörzsállóság, átlag (Taber, 100 ford./500 g) | DIN 53109 | mg |
| Fehérség (R457) | ISO 2470 | % |
| Fehérség (Technidyne) | MSZ 5384-72 | % |
| Feltépődési szilárdság (Dennison) | MSZ 5597 | A |
| Felületi szívóképesség Cobb ₆₀ | MSZ ISO 535 | g/m ² |
| Hamutartalom | MSZ ISO 2144 | % |
| Hideg vizes kivonatos pH | MSZ 335-78 | - |
| Kettőshajtogatás (Frank), átlag | MSZ 5362-85 | db |
| Kettőshajtogatási szám (Shopper), átlag | MSZ 5632 | db |
| Mérettűrés | MSZ ISO 593 | mm |
| Nedves méretváltozás, keresztirány | MSZ ISO 5635 | % |
| Nedvességtartalom | MSZ ISO 287 | % |
| Négyzetmétertömeg | MSZ ISO 536 | g/m ² |
| Opacitás | ISO 2471 | % |
| Opacitás (Technidyne) | MSZ 5645-76 | % |
| Porozitás (Bendsten) | MSZ ISO 5636-3 | ml/perc |
| Relatív nedves szakítószilárdság, átlag | MSZ 8220-81 | % |
| Repesztönyomás száraz/nedves | ISO 2758-1983 | kPa |
| Simaság (Bekk) | MSZ 8204-84 | s |
| Simaság (Bendsten) Szo/Fo | MSZ ISO 8791/2 | ml/perc |
| Szakadási hossz, közepes | MSZ ISO 1924-1 | km |
| Szakítóerő Gyi/Ki | MSZ ISO 1924-1 | N |
| Szakítószilárdság, közepes | MSZ ISO 1924-1 | kN/m |
| Szennyeződés | MSZ ISO 8227 | db/m ² |
| Tépőszilárdság (Elmendorf) Gyi/Ki | MSZ ISO 1974 | mN |
| Töltőanyagtartalom | MSZ ISO 2144 | % |
| Vastagság | MSZ ISO 534 | mikron |

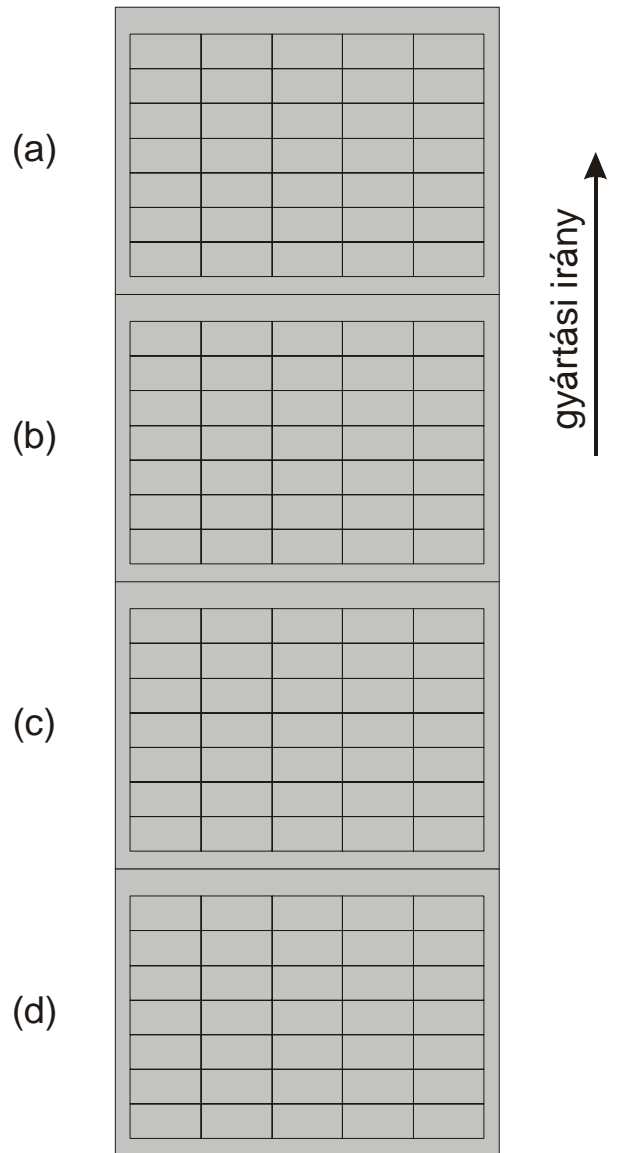
VIII. táblázat – A kísérlet során használt mérési módszerek

3.3. A kísérletek kivitelezése

A nyomatok és a papírban található vízjelek és egyéb elemek pontos illeszkedése miatt biztosítani kell, hogy az egyes íveken az elemek mindig ugyanoda essenek. Ez a gyártás végén az ívek pozicionált felvágása után olyan rakatokat eredményez, melyeken az íveket egyre magasabbra rakva egyre egyenetlenebb kifekvésűek a bennük levő vízjelek és biztonsági elemek a papírlap vastagságától eltérő vastagsága miatt. (19. ábra). Az ilyen rakatok mind a csomagolásnál, mind a szállításnál problémát okoznak, ám a legnagyobb gondot a nyomtatáskor okozzák, mivel a nagy precizitású ívfogó adagoló nem képes minden esetben pontosan felvenni őket a hullámosságuk miatt.



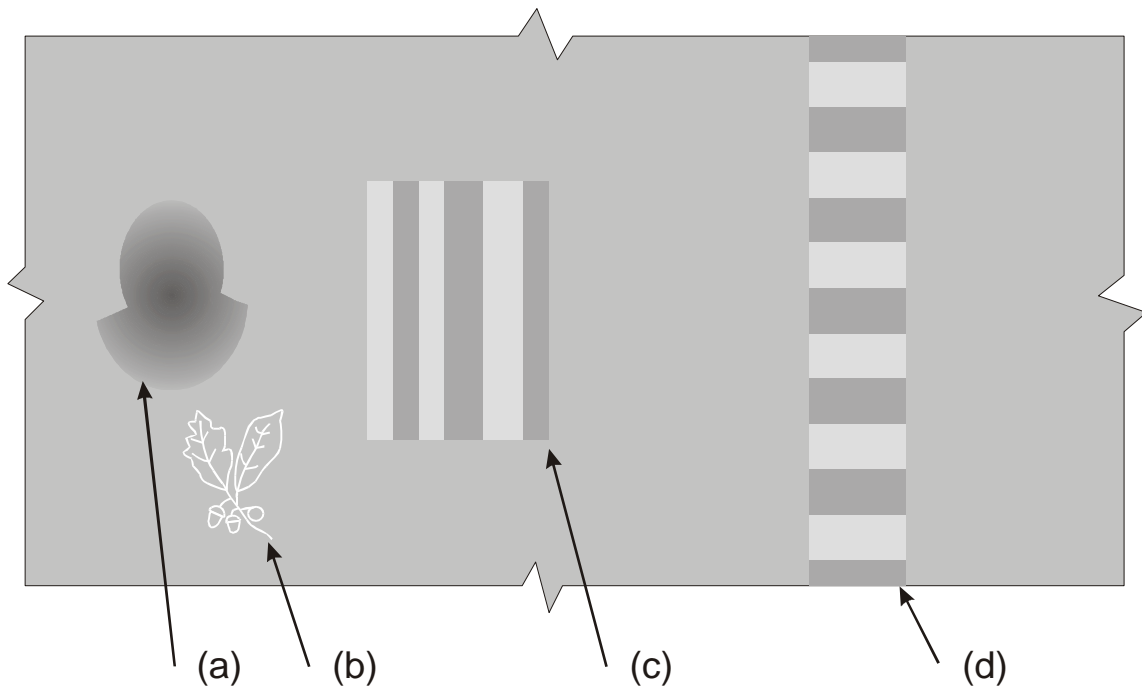
19. ábra – Ívek síkkifekvése



20. ábra – A bevonat kiosztása

Mivel egy hengersizita bevonaton annak méreténél fogva egyszerre több ív is elhelyezkedhet (20. ábra), ezért lehetőség van bizonyos változtatásokra. Kööttséget ad, hogy a legtöbb papírban elhelyezendő elem pozíciója és tulajdonságai meghatározottak. Így nem változtathatóak a többtónusú-, a pozitív-

negatív- és az elektrotype vízjelek, ám a bújtatást okozó szerszám – mivel annak a vízjelképe nem fontos – bizonyos keretek között megváltozatható, illetve további – az általam kidolgozott – „segédvízjel” használatára is lehetőség nyílik, ha azok nem változtatják meg, nem rontják a papír eredeti funkcióit.



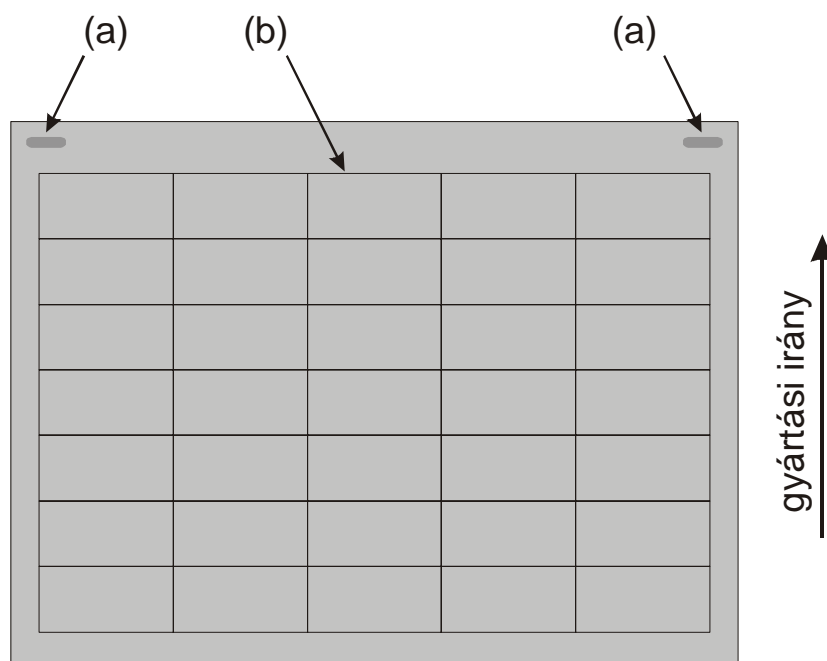
21. ábra – Vízjelek kiosztása a papírban

(a) portré-, (b) elektrotype-, (c) vonalkód-, (d) bújtató vízjel

Az első ilyen változtatás a hullámosság kiküszöbölésére használt, általam kidolgozott „segédvízjel”, amelyet pantográfval, sablon segítségével készítettem.

Ennek a szerszámnak az a célja, hogy gyártás után a vízjelek által a papírban keletkezett vastagságbeli eltéréseket kiegyenlítse, s a papírok síkkifejvését javítsa.

A 21. ábra az egyes vízjelek egymáshoz viszonyított elhelyezkedését mutatja a papírban, a 22. ábra pedig a kísérleti „segédvízjel” pozícióját, valamint az egyes címletek kiosztását mutatja be egy minta-bankjegy alappapír íven belül.



22. ábra – „Segédvízjelek” a papírban

(a) pozitív „segédvívjel”, (b) címletek

Az általam javasolt másik ilyen változtatás a bújató szerszám létráinak eltolása gyártási irányban az egymást követő íveken. A 20. ábrán az (a) és (c), valamint a (b) és (d) íveken a létra pozitív és negatív hullámaint olyan módon kell a szitába préselni, hogy az így készített íveket egymásra helyezve azok vékonyabb és vastagabb részeinek hullámai kioltásuk egymás hatását. Természetesen a gyártás során a feldolgozáskor elkerülhetetlen, hogy a két ívtípus kissé összekeveredjen, s esetleg több egyforma is egymásra kerüljön. Nyomdai visszajelzések alapján a 19. ábrán látható legfelső hullám maximum 20 mm lehet. A pozitív „segédvívjel” mélység értéke megegyezik az árnyalatos vízjelben található legmélyebb pontéval ($m = +0,5 \text{ mm}$).

A próbagyártásnál javasoltam egy olyan vízjelcsoport létrehozását is, ahol az egyes „foltvívjelek” $30 \times 30 \text{ mm}$ méretű, pozitív-, illetve negatív présszerszámmal különböző mélységben, illetve magasságban készültek. Ennek a célja a vízjelek papírvastagságra gyakorolt hatása, amely nemcsak a fent említett

módon a papírok síkkifekvését ronthatja (vastagság növekedés), hanem a megfelelő nyomatminőség elérését is meggátolhatja (elvékonyodás). Ez utóbbi akkor léphet fel, ha a nyomatok a negatív vízjelekre is rákerülnek, ahol a papír az átlagosnál vékonyabb, ami foltosodást, nem megfelelő festékátadást okozhat.

Az előzőekben meghatározott kísérletekhez szükséges több, különböző négyzetméter-tömegű papír elkészítése, azonos, vagy közel azonos hidrodinamikai rosttechnológiai viszonyok között, s azok alapvastagságának és a vízjelek okozta vastagságtéréseknek a vizsgálata.

A „foltvízjelek” mélység/magasság értékeit a IX. táblázat foglalja össze.

| Típus | Megjelenés a papírban | Méret [mm] | | | | | |
|----------------|-----------------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | |
| Pozitív vízjel | sötét folt | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | |
| Negatív vízjel | világos folt | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 |

IX. táblázat – „Foltvízjelek” mélység/magasság értékei

A „foltvízjeleket” a gyártó szita középső harmadába préseltük, a lapképzési egyenetlenségek kiküszöbölése miatt. Mivel a kísérletekhez keskeny pályájú papírgépet alkalmaztam, a préselés helyét elsősorban nem a papír keresztirányú lapképződési eltérésekből adódó négyzetméter-tömeg változás kiküszöbölése indokolta, hanem a papír enyhe lágykalanderes simítása és a simítás miatti esetleges keresztirányú vastagsági eltérések kiküszöbölése indokolja alapvetően.

A kísérleti papírban a „foltvízjelek” középen helyezkednek el egymástól 30 mm távolságra 3 oszlopban, így a papírvastagsági értékeket a papír mindkét vízjel nélküli szélén, valamint a „foltvízjeleken” is mértem.

Sok esetben jelent problémát, hogy egy új vízjelet a megrendelőnek kész állapotában – a biztonsági papírban – kell bemutatni. Ez a gyakorlatban több

problémát is okozhat. Egyik ilyen a már említett szitabevonat, amelynek elkészítése sok időbe telik, valamint igen költséges. A másik akadály a gyártásprogramozás, hiszen a papírgépen futó termék gyártását ilyen esetben meg kellene szakítani egy rövid próbagyártás miatt, melynek anyag- és energiaköltsége ugyancsak jelentős.

Mindezeket figyelembe véve, valamint azt a tényt, hogy sok esetben a vízjelek szubjektív megítélése miatt a vevő esetleg kérheti a szerszám formájának módosítását, amely az új vízjel kialakítása után újabb próbagyártást követelne meg, ezért a leggyorsabb és legtakarékosabb megoldásnak a hagyományos laboratóriumi lapképzőn készült mintákat tekinthetjük.

A laboratóriumi lapképzőn készült minták hátránya, hogy ezek a lapok és az ugyanazzal a szerszámmal megprésett, gépi lapképzés eredménye jelentősen eltér a kapott vízjelek minőségének összehasonlításánál.

Annak érdekében, hogy a gépi és laboratóriumi körülmények között készült minták összehasonlíthatóak legyenek, szükséges egy-egy sorozat készítése különböző négyzetméter-tömegű lapokból, ugyanazzal a vízjelszerszámmal présett szitákkal mind a papírgépen, mind a laboratóriumi lapképzőn. Mivel a lapképzőn készített papíroknál a vízjelek általában halványabban jelennek meg, ezért a papírgépen 70-100 g/m²-ig 5 g/m²-es lépésekben készítettem papírokat melyekhez a laboratóriumi lapok 80-130 g/m² tartományban ugyanilyen lépésekkel készültek. A két sorozatot szemrevételezéssel összehasonlítva megállapítható, melyik laboratóriumi minta felel meg az egyes papírgépi papíroknak, melyek egy időben, ugyanabból az alapanyagból készültek.

A kísérlethez felhasznált cellulózrost alapanyag 100% gyapotcellulóz volt. Az anyag-előkészítés és az alkalmazott segédanyagok, valamint a gyártástechnológia a Diósgyőri Papírgyár Rt. ilyen típusú papírok gyártásához kidolgozott legújabb technológiája szerint történt.

A kísérleti gyártás indításakor a speciálisan elkészített hengersizita bevonat alkalmazásával – amely tartalmazta a portré vízjelet, az elektrotypeot, a vonalkód- és a bújtató szerszám vízjelét – készültek el a különböző

négyzetméter-tömegű papírok, kivéve azt az egyet, ahol a marketing célokat szolgáló elemeket is a papírba helyezték. Ebben az egy esetben volt a gyártás relatíve hosszabb, míg a többi esetben csak annyi papír készült, amennyi ahhoz volt szükséges, hogy a vízjelek pozíciója az előzetes vízjelkiosztásnak megfeleljen, a nyúlás-zsugor értékek állandóak legyenek a kívánt négyzetméter-tömegeknél. Ekkor 20 méternyi pályaszéles mintát vettem ki a gyártásból, amelyből a szabványnak megfelelően minden paraméter mérése megtörtént.

4. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK és ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. A papírgépi kísérleti gyártás és eredményei

A kísérleti gyártás során a 2. számú papírgépen 2001-ben 7 papírt, 2002-ben 8 papírt gyártottam le azonos gépsebességgel, azonos hidrodinamikai feltételekkel és azonos rostanyag összetételben.

A legyártott kísérleti papír alaptulajdonságait klimatikus körülmények között, a szabványoknak megfelelően vizsgáltam.

E vizsgálatok összefoglaló eredményeit a következő két táblázat tartalmazza.

| Paraméterek | | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. |
|----------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Négyzetméter-tömeg | g/m ² | 85,6 | 86,0 | 86,3 | 89,4 | 92,5 | 94,3 | 100,0 |
| Vastagság | µm | 97,6 | 94,4 | 106,2 | 100,2 | 113,6 | 108,8 | 118,4 |
| Simaság (Bekk) | sec | 20/21 | 32/42 | 16/11 | 14/11 | 10/13 | 15/14 | 14/13 |
| Porozitás (Bendtsen) | sec | 3,9 | 2,4 | 4,5 | 4,3 | 4,0 | 3,8 | 3,5 |
| Nedves méretváltozás (Ki.) | % | 2,6 | 2,7 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | 2,5 |
| Szakító erő (Gyi/Ki.) | N | 138/65 | 128/58 | 141/60 | 135/57 | 174/82 | 151/62 | 168/85 |
| Relatív nedves szakadás | % | 40,31 | 41,00 | 35,12 | 42,35 | 44,25 | 28,53 | 41,88 |
| Tépőszilárdság (Gyi.) | mN | 706 | 583 | 706 | 637 | 680 | 863 | 739 |
| Tépőszilárdság (Ki.) | mN | 863 | 752 | 889 | 811 | 837 | 1072 | 955 |
| Kettős hajtogatás (Gyi.) | db | 2430 | 2596 | 4592 | 6208 | 4535 | 3938 | 5160 |
| Kettős hajtogatás (Ki.) | db | 2050 | 1821 | 2605 | 3418 | 3597 | 2244 | 3105 |
| Hamutartalom | % | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| Fehérség | % | 82,30 | 81,30 | 83,10 | 82,82 | 82,54 | 82,62 | 82,65 |
| Opacitás | % | 91,90 | 91,60 | 86,71 | 89,24 | 88,18 | 89,82 | 89,58 |

X. táblázat – A 2001-ben legyártott papírok vizsgálati adatai

| Paraméterek | | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. |
|--------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Négyzetméter-tömeg | g/m ² | 84,4 | 84,8 | 85,6 | 86,1 | 86,6 | 86,6 | 87,0 | 109,5 |
| Vastagság | µm | 96,3 | 97,2 | 97,0 | 100,2 | 105,0 | 93,0 | 96,8 | 119,7 |
| Simaság (Bekk) | sec | 23/13 | 25/33 | 18/17 | 14/11 | 10/13 | 24/20 | 18/16 | 28/26 |
| Porozitás (Bendtsen) | sec | 2,2 | 2,8 | 2,4 | 4,3 | 3,1 | 2,2 | 2,2 | 2,3 |
| Nedves méretvált. (Ki.) | % | 3,3 | 2,7 | 2,9 | 2,6 | 3,3 | 3,0 | 2,9 | 3,9 |
| Szakító erő (Gyi/Ki.) | N | 117/56 | 144/57 | 134/57 | 150/68 | 114/54 | 130/56 | 132/62 | 105/55 |
| Relatív nedves szakadás | % | 35,75 | 35,80 | 34,90 | 40,20 | 32,40 | 30,90 | 37,20 | 35,55 |
| Tépőszilárdság (Gyi.) | mN | 761 | 619 | 706 | 641 | 871 | 863 | 739 | 867 |
| Tépőszilárdság (Ki.) | mN | 923 | 710 | 856 | 841 | 1071 | 1072 | 955 | 1023 |
| Kettős hajtogatás (Gyi.) | db | 3400 | 2524 | 2900 | 3400 | 3400 | 3050 | 3150 | 4543 |
| Kettős hajtogatás (Ki.) | db | 2700 | 2103 | 3450 | 2562 | 2550 | 3950 | 3850 | 3545 |
| Hamutartalom | % | 3,0 | 2,6 | 3,0 | 2,0 | 3,5 | 2,5 | 2,5 | 12,7 |
| Fehérség | % | 80,66 | 84,60 | 79,60 | 81,08 | 81,70 | 79,55 | 79,70 | 85,60 |
| Opacitás | % | 92,27 | 89,40 | 91,80 | 90,14 | 92,50 | 91,50 | 91,60 | 91,50 |

XI. táblázat – A 2002-ben legyártott papírok vizsgálati adatai

A táblázatok eredményei azt mutatják, hogy a különböző négyzetméter-tömegű papírok esetében sem volt konzekvensen megfigyelhető a négyzetméter-tömeg és a papír vastagságának elvárható és arányos összefüggése. Ez azzal magyarázható, hogy bármennyire is pontos papírgyártás-technológiai, hidrodinamikai és rosttechnológiai azonosságot kívánunk biztosítani, az ennek eredményeként kialakított lapszerkezet csak tendenciájában tekinthető egymáshoz hasonlóknak.

Ez a tény, tehát a lapformáció szórása különösen, vízjeles papíroknál komoly differenciát okozhat a lapok kifekvésében és az igen nagy precizitású nyomdagépeken történő felhasználásában.

A vízjeles papírok felhasználhatóságát az általam kidolgozott különböző eljárásokkal („segédvízjel”, bújtatószerszám eltolás, „foltvízjelek”) kívántam alkalmassá tenni a nyomdagépi felhasználásra, s ezeknek az eljárásoknak a hatását vizsgáltam a következőkben.

4.2. A „segédvízjel” és hatása

A „segédvízjel” hatását a felvágott ívekre a gyártási költségek minimálisra szorítása érdekében csak a nagyobb mennyiségben előállított négyzetméter-tömegű íveknél volt lehetőségem vizsgálni, mivel a többi tartományban csak kis mennyiségű papírt állítottunk elő, melynél a „segédvízjel” hatása nem lett volna kimutatható.

A kísérleti papír áttekerése/szélezése után a papírt a hengerszítán elhelyezett negatív, ún. markerjelek [32] segítségével pozícionáltan vágtam fel, majd ezt követően egy levegős rázóasztalon a két bázisoldalhoz képest szögletbe helyeztem. Az így kapott rakat 5000 ív kísérleti papírt tartalmazott. A rakat magassága megközelítette a 800 mm-t, mely a nyomdai feldolgozás során egyszerre a nyomógépbe helyezett ívek mennyiségével közel azonos érték, így a kapott rakatot jellemzőnek tekinthetjük a vizsgált probléma szempontjából.

Mivel a „segédvízjelek” csak az ív felső két sarkán helyezkednek el a 22. ábra szerinti kiosztásban, így a sarkok eredeti lehajlása (alsó sarkok) és a „segédvízjellel” módosított értékek is lemérhetőek ugyanazon a rakaton.

A méréseim eredményeit a XII. táblázat tartalmazza.

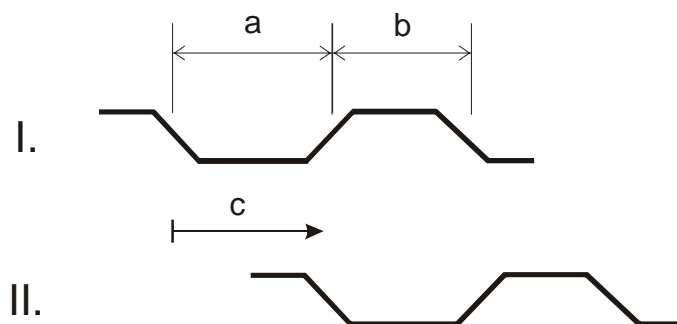
| Belógás | Kezelői oldal [mm] | Hajtás oldal [mm] |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Felső sarkok „segédvízjellel” | 3,0 | 2,0 |
| Alsó sarkok | 18,0 | 22,0 |

XII. táblázat – Rakat sarkainak belógása

Az értékeket a rakatra átlósan helyezett fémvonalzó és az rakat sarkainak megterhelés nélküli távolsága adja. A felső oldal mentén máshol sem érte el a belógás mértéke az 5 mm-t, mely annak köszönhető, hogy a papírban alkalmazott vízjelek keresztirányban egyenletesen voltak megtalálhatóak. Abban az esetben, ha ez nem így alakult volna, akkor – más papírokon tapasztaltak alapján – kijelenthető, hogy ott is jelentkezett volna jelentősebb belógás „segédvízjel” alkalmazása nélkül, ami jelentősen gátolta volna a precíziós nyomtatási technológiában történő alkalmazást.

4.3. A bújtató szerszám alkalmazásával végzett kísérletek

Bújtott biztonsági szíjat tartalmazó papíroknál az ívek felvágása után a rakatoknál hullámosodást okoz a bújtató (létra) vízjel. Ezekben a sávokban a hullámosodás mértéke csökkenthető olyan módon, hogy a létra vízjelet a hengersizita bevonaton az egymást követő íveken eltolva préseljük fel. Ezt szemlélteti a 23. ábra. Ha a páratlan számú íveknél (I.) a szerszám eltolásának mértéke gyártási irányban 0 mm, akkor a páros számú íveknél (II.) az ívek ugyanazon referencia pontjától mérve az eltolás mértéke a létra egy pozitív és egy negatív vízjelet adó elemének hossza osztva kettővel $\{c=(a+b)/2\}$ kell legyen.



23. ábra – Bújtató szerszám eltolásának mértéke az egyes íveken

(a) pozitív vízjelrész hossza, (b) negatív vízjelrész hossza, (c) az eltolás nagysága

A bújtató szerszám alkalmazásával ugyancsak az előző fejezetben tárgyalt kész rakat síkfekvését vizsgáltam. Mivel egy ívben négy bújtatott és négy beágyazott szál található, tehát kereszt irányban négy szelvény helyezkedik el egy íven, s mivel a szitabevonatnál az egyes vízjelszerszámokkal külön-külön préselnek meg minden elemet, lehetőség nyílik arra, hogy az egyik ilyen pálya esetében a létrát ne toljuk el az egymást követő íveknél a hengersizita kerülete mentén. Ha a létra szelvényei egymáson helyezkednek el, akkor a hagyományos hullámosodás bekövetkezik, a létra eltolásával viszont a hullámosság csökken. A kísérleti íveket nyomtatásra használtuk fel, ezért az esetleges problémák elkerülése érdekében a két belső pálya esetében alkalmaztam a hagyományos, míg a szélső pályák esetében az eltolt létrás megoldást. Ebben az esetben tudtam vizsgálni a két típus egymáshoz viszonyított, hullámosságot okozó hatását.

Vizsgálati eredményeim a XIII. táblázatban találhatóak.

| Mérési pozíció | Belógás [mm] | | | |
|----------------|--------------|-----|-----|-----|
| | A | B | C | D |
| 1. | 5,0 | 0,0 | 0,0 | 6,0 |
| 2. | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 |
| 3. | 3,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 |
| 4. | 5,0 | 0,0 | 0,0 | 3,0 |
| 5. | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 5,0 |
| 6. | 6,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 |

XIII. táblázat – Bújtató szerszám okozta hullámosság

Mint a táblázatból megállapítható, a rakat közepén és szélein futó bújtató szerszámokra keresztirányba ráhelyezett fémvonalzónál belógást nem tudtam mérni. A XIII. táblázatban a belógásokat az egyes pályáknál mm-ben a következők szerint kapjuk:

- A – kezelői oldali külső pálya (eltolt létra),
- B – kezelői oldali belső pálya (változatlan),
- C – hajtás oldali belső pálya (változatlan),
- D – hajtás oldali külső pálya (eltolt létra).

Megállapítható, hogy a belógásokat az eltolt létrasorral préselt bújtató szerszámoknál tudtam mérni, ami a feltételezésem szerinti statisztikai javulást igazolja a rakat íveinek síkkifejében.

Természetesen kis belógásokat tapasztaltam az egyéb vízjeleknél, illetve a vízjel nélküli területeken is. Megkíséreltem a rakat keresztirányú keménységének mérését tekercskeménység mérővel, illetve terheléssel, hogy olyan objektív vizsgálati módszert dolgozzak ki, amivel a keresztirányú profil pontosan mérhető, de az itt kapott eredmények nem voltak egyértelműen definiálhatóak.

4.4. „Foltvízjelek”

A „foltvízjelek” esetében az egyes íveket minden elkészített négyzetméter-tömegű mintájánál vizsgáltam a papír vastagságát, majd azokat összesített táblázatban külön-külön csoportosítva az alábbiakban foglaltam össze. Méréseim esetében a két, illetve három foltot tartalmazó csíkoknál azok kezelői- és hajtás oldalán a vízjel nélküli területen mért vastagságok között nem mutatkozott szignifikáns eltérés, ezért az alábbi táblázatokban csak egy, átlagolt, vízjel nélküli területen mért papírvastagságot tüntettem fel (K jelzésű érték a táblázatokban).

| | | | | | | |
|------------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|
| Pozitív vízjel mérete [mm] | K | +0,1 | +0,2 | +0,3 | +0,4 | +0,5 |
| Papír vastagsága [μm] | 82,7 | 88,2 | 93,3 | 96,1 | 100,9 | 106,4 |
| Negatív vízjel mérete [mm] | -0,2 | -0,4 | -0,6 | -0,8 | -1,0 | -1,2 |
| Papír vastagsága [μm] | 77,1 | 74,3 | 70,8 | 63,5 | 62,2 | 59,4 |

XIV. táblázat – 70 g/m² négyzetméter-tömegnél mért vastagsági értékek

| | | | | | | |
|------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Pozitív vízjel mérete [mm] | K | +0,1 | +0,2 | +0,3 | +0,4 | +0,5 |
| Papír vastagsága [μm] | 87,1 | 91,7 | 95,4 | 102,2 | 107,3 | 110,5 |
| Negatív vízjel mérete [mm] | -0,2 | -0,4 | -0,6 | -0,8 | -1,0 | -1,2 |
| Papír vastagsága [μm] | 82,8 | 76,0 | 73,3 | 71,5 | 65,7 | 63,9 |

XV. táblázat – 75 g/m² négyzetméter-tömegnél mért vastagsági értékek

| | | | | | | |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Pozitív vízjel mérete [mm] | K | +0,1 | +0,2 | +0,3 | +0,4 | +0,5 |
| Papír vastagsága [μm] | 92,9 | 95,5 | 100,2 | 106,3 | 113,4 | 116,5 |
| Negatív vízjel mérete [mm] | -0,2 | -0,4 | -0,6 | -0,8 | -1,0 | -1,2 |
| Papír vastagsága [μm] | 87,2 | 84,7 | 76,3 | 77,3 | 71,2 | 68,6 |

XVI. táblázat – 80 g/m² négyzetméter-tömegnél mért vastagsági értékek

| | | | | | | |
|------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pozitív vízjel mérete [mm] | K | +0,1 | +0,2 | +0,3 | +0,4 | +0,5 |
| Papír vastagsága [μm] | 97,9 | 103,3 | 106,4 | 112,5 | 115,8 | 125,0 |
| Negatív vízjel mérete [mm] | -0,2 | -0,4 | -0,6 | -0,8 | -1,0 | -1,2 |
| Papír vastagsága [μm] | 95,4 | 87,9 | 83,6 | 82,5 | 76,2 | 74,4 |

XVII. táblázat – 85 g/m² négyzetméter-tömegnél mért vastagsági értékek

| | | | | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pozitív vízjel mérete [mm] | K | +0,1 | +0,2 | +0,3 | +0,4 | +0,5 |
| Papír vastagsága [μm] | 104,6 | 110,1 | 114,3 | 119,8 | 123,2 | 127,1 |
| Negatív vízjel mérete [mm] | -0,2 | -0,4 | -0,6 | -0,8 | -1,0 | -1,2 |
| Papír vastagsága [μm] | 98,5 | 95,6 | 90,2 | 87,7 | 82,3 | 77,3 |

XVIII. táblázat – 90 g/m² négyzetméter-tömegnél mért vastagsági értékek

| | | | | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pozitív vízjel mérete [mm] | K | +0,1 | +0,2 | +0,3 | +0,4 | +0,5 |
| Papír vastagsága [μm] | 111,8 | 117,6 | 120,7 | 126,5 | 130,3 | 134,5 |
| Negatív vízjel mérete [mm] | -0,2 | -0,4 | -0,6 | -0,8 | -1,0 | -1,2 |
| Papír vastagsága [μm] | 104,1 | 102,6 | 96,8 | 94,5 | 90,9 | 85,4 |

XIX. táblázat – 95 g/m² négyzetméter-tömegnél mért vastagsági értékek

| | | | | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pozitív vízjel mérete [mm] | K | +0,1 | +0,2 | +0,3 | +0,4 | +0,5 |
| Papír vastagsága [μm] | 116,9 | 123,9 | 126,5 | 132,6 | 135,1 | 142,2 |
| Negatív vízjel mérete [mm] | -0,2 | -0,4 | -0,6 | -0,8 | -1,0 | -1,2 |
| Papír vastagsága [μm] | 112,5 | 108,8 | 106,2 | 100,6 | 97,0 | 93,4 |

XX. táblázat – 100 g/m² négyzetméter-tömegnél mért vastagsági értékek

A táblázatokból kitűnik, hogy a pozitív vízjelnél a vastagság eltérés a papír vízjel nélküli részéhez képest kisebb szerszámmélységnél is jelentősebb, mint a negatív vízjel okozta elvékonyodások, amelyeket nagyobb mélységű szerszámokkal készítettem. Ennek alapvető oka a nedves préselésnél, szárításnál és legfőképpen a kalandereknél végbemenő lapszerkezet tömörödés. A negatív vízjeleknél a vékonyabb papír kevésbé tömörödik, míg a pozitív vízjeleknél jelentős tömörödés figyelhető meg, amely a foltok erős kifényesedésében is jelentkezik. Ez a jelenség árnyalatos vízjeleknél még markánsabban is megfigyelhető, bár ott az egy vízjelen belüli hirtelen mélység- és magasság változások miatt ez csak nagyon kis területeken jelentkezik. A „foltvízjelek” jelentős méretei miatt a pozitív típusúaknál az erős kifényesedés a teljes felületen megfigyelhető. A jelenség szabad szemmel is jól látható, ám mikroszkóp alatt pontosan megfigyelhető és összehasonlítható a gépsima papír és a pozitív „foltvízjelek” felületi különbsége.

A szitába különböző mélység/magassági értékekkel préselt vízjelszerszámok hatása több négyzetméter-tömegű papír vizsgálata esetén az alábbi volumenitási tartományokat adta a legmélyebb és a legmagasabb présszerszámok esetén.

| Négyzetméter-tömeg [g/m²] | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Min. volumenitás [g/cm³] | 0,65 | 0,67 | 0,68 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| Alap volumenitás [g/cm³] | 0,85 | 0,86 | 0,87 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 |
| Max. volumenitás [g/cm³] | 1,23 | 1,21 | 1,19 | 1,18 | 1,14 | 1,10 | 1,08 |

XXI. táblázat – „Foltvízjelek” volumenitása

A „foltvízjeleknek” a papír volumenítésára gyakorolt hatását a XXI. táblázat tartalmazza. Alap volumenitás alatt a papír vízjel nélküli részén mért négyzetméter-tömeg és vastagság hányadosát értjük, míg a minimális- és

maximális volumenitás alatt a négyzetméter-tömeg és legmagasabb pozitív- és legmélyebb negatív vízjelnél mért vastagság hányadosát értjük.

A táblázat adatai alapján megállapítható, hogy bár a pozitív vízjelek maximális magassága (+0,5 mm) csak fele akkora volt mint a negatív vízjelek maximális mélysége (-1,2 mm), a volumenitásban mégis az első esetben volt nagyobb a változás az alap értékhez képest. Megállapítható, hogy a többtónusú vízjeleket tartalmazó papírok nyomtatásánál tapasztalható rossz festékátadási, s így gyenge nyomatminőséget produkáló negatív vízjelek fölötti területnél nem feltétlenül az a probléma, hogy a nyomóforma a papír elvékonyodása miatt nem érintkezik megfelelően annak felületével, s így még a nyomóerő jelentős növelése mellett sem érhető el kielégítő nyomatminőség, hanem a gondot a papírlap lazább szerkezete miatt ezeken a helyeken fellépő rugalmas alakváltozásból adódó torzulások is okozhatják.

4.5. Gépi- és laboratóriumi lapképzett vízjelek

A II. számú papírgépen készített különböző négyzetméter-tömegű papírok mindegyikéből egy-egy jellemző minőségű portré vízjelet vágtam ki, melyeket egy karton hátoldalára helyeztem az előre kivágott 40×50 mm-es ablakba. Mindegyik mellett található volt egy másik azonos méretű ablak is, ahova a laboratóriumi lapképzőn készült portré vízjeleket lehetett behelyezni. Így átvilágító asztalon azonos körülmények között a gépi minták összehasonlíthatóvá váltak a velük azonos laboratóriumi mintákkal.

A XXII. táblázat megmutatja, hogy az egyes sorozatok között milyen összefüggés volt megállapítható. A kapott értékekből kitűnik, hogy a gépen

gyártott vízjelminőség eléréséhez ugyanazon anyagból mintegy 15-20 g/m²-el nagyobb négyzetméter-tömegű laboratóriumban előállított papírra van szükségünk.

| Papírgépi minta [g/m²] | Laboratóriumi minta [g/m²] |
|--|--|
| 70 | – |
| 75 | 85 |
| 80 | 95 |
| 85 | 100 |
| 90 | 120 |
| 95 | 130 |
| 100 | – |

XXII. táblázat – Vízjelek vizuális egyezősége

Mivel a vízjel képét, annak megjelenését több változó is befolyásolhatja, így annak kiderítése érdekében, hogy ezek között milyen összefüggés vonható, több paramétert megvizsgáltam. A lapok azonos őrlésfokú és rosthosszúságú alapanyagból készültek. A különböző lapképzési eljárások miatt viszont a rost és töltőanyag retenció jelentősen eltérhet, ezért a lapok hamutartalmát és opacitását mértem meg.

| Laboratóriumi minta [g/m²] | Hamutartalom [%] | Opacitás [%] |
|--|-----------------------------|-------------------------|
| 80 | 2,8 | 87,12 |
| 85 | 2,7 | 87,76 |
| 90 | 2,8 | 88,55 |
| 95 | 2,8 | 90,15 |
| 100 | 2,7 | 90,88 |
| 105 | 2,9 | 90,18 |
| 110 | 2,7 | 91,73 |
| 115 | 2,9 | 92,10 |
| 120 | 2,9 | 92,21 |
| 125 | 3,0 | 92,88 |
| 130 | 3,0 | 93,47 |

**XXIII. táblázat – Laboratóriumi minták mérési
eredményei**

A XXIII. és XXIV. táblázat összefoglalja a mért értékeket, melyekből kitűnik, hogy az opacitás értékekben nincs jelentős eltérés a laboratóriumi és papírgépi lapok XXII. táblázatban összeegyeztetett értékei között, míg a hamutartalom a papírgépi minták esetében kissé magasabb, mint a laboratóriumi körülmények között előállítottak esetében mért értékek.

| Papírgépi minta [g/m²] | Hamutartalom [%] | Opacitás [%] |
|--|-----------------------------|-------------------------|
| 70 | 3,1 | 85,53 |
| 75 | 3,0 | 86,71 |
| 80 | 3,2 | 88,18 |
| 85 | 3,2 | 89,24 |
| 90 | 3,1 | 90,10 |
| 95 | 3,4 | 91,20 |
| 100 | 3,0 | 91,60 |

XXIV. táblázat – Papírgépi minták mérési eredményei

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA, TÉZISEK

5.1. Összefoglalás

Mint az az irodalom feldolgozása során megállapítható volt, a lapképzés hidrodinamikai és formációs kutatásaival foglalkozó munkák elvéve térnek ki a vízjeles szitákon a papírlap-szerkezet tulajdonságaira ható hidrodinamikai és különösen mikroturbulenciai összefüggéseire.

Hasonlóképpen a vízjel készítésére és a vízjeles sziták gyártására vonatkozó ismeretek üzemi titkot képeznek és tudományos publikációban igen ritkán jelennek meg.

Ezért tartottam rendkívül fontosnak a lapszerkezet papírgépen történő kialakulásának vizsgálatát a vízjeles szitákon üzemi körülmények között.

Kutató munkám során a Diósgyőri Papírgyár Rt-nél a II. számú papírgépen üzemi kísérleteket végeztem egy olyan minta-bankjegy alappapír előállítására, amely megfelel a jelenleg ismert nemzetközi elvárásoknak és tartalmazza mindazokat a biztonsági elemeket, amelyek már szerepelnek meglévő bankjegyekben és tartalmazza azokat a biztonsági elemeket is, amelyek még nem, vagy igen ritkán használatosak.

A kísérleteim során előállított papír alapanyaga nagy tisztaságú gyapotcellulóz volt, a papírban alkalmazott biztonsági elemek a következők voltak:

- többtónusú portré vízjel,
- elektrotype vízjel,
- beágyazott biztonsági szál,
- bújtatott, vagy ablakos biztonsági szál,

- hologram fólia,
- színjel (különleges festék),
- szabad szemmel és UV fényben látható jelzőrostok,
- egyéb különleges jelzőanyagok.

A kísérletekhez vízjel szerszámokat állítottam elő az előző felsorolásoknak megfelelően.

A lapképést végző hengersizita-test az általam kidolgozott „segédvízjel”, a „bújtatószerszám eltolás”, valamint „foltvízjelek” kipróbálására is sikeresen alkalmazható volt.

A kísérletek alatt jelentős mennyiségű papírt állítottam elő üzemi körülmények között, majd ezt követően a papír szabványos bevizsgálása után nyomdai felhasználásra és különböző speciális vizsgálatok elvégzésére kiszereztem a kísérleti papírt.

A „segédvízjel” és a „bújtatószerszám eltolás” segítségével kompenzálni lehetett a vízjeles papírok rakatolásánál bekövetkező rakathullámosodást, ami a precíz nyomdagépeken a vízjeles papírok felhasználását jelentősen gátolja.

A „foltvízjelek” alkalmazása igazolta, hogy az a negatív vízjeleknél a papír kevésbé tömörödik kalanderezés (simítás) során, míg a pozitív vízjeleknél jelentős tömörödés figyelhető meg, mely a papír kifényesedésében is megjelenik. Ez a hatás árnyalatos vízjeleknél még markánsabban megfigyelhető. A jelenség nyomdatechnikai szempontból káros hatású. Ezért javaslatot teszek munkámban a maximálisan alkalmazandó magassági és mélységi értékekre pozitív és negatív vízjelek esetében. Munkám eredményeként az e területen jelentkező nyomtatási problémák kiküszöbölhetőek.

5.2. Tézisek

5.2.1. Első tézis

Megállapítottam, hogy azokban az esetekben, amikor vízjeles papíroknál fontos az ívek síkkifekvése, jó feldolgozhatósága, melyet a pozitív vízjelek okozta vastagsági eltérések befolyásolhatnak, „segédvízjelek” alkalmazására van szükség. Ezeket az ugyancsak pozitív vízjeleket az íveken olyan módon kell elhelyezni, hogy azok kiegyenlítsék az egyéb vízjelek okozta hullámosodást annak az élnek a mentén, amelyik a nyomdagépek ívfogóival elsőként találkozik.

Vizsgálataim azt bizonyítják, hogy az éllel párhuzamosan az ív szélétől 10-15 mm távolságban kell elhelyezni a célszerűen 5×15 mm méretű „segédvízjeleket”.

5.2.2. Második tézis

Vizsgálataim azt bizonyítják, hogy a bújtatott biztonsági szálát tartalmazó papíroknál az ívek felvágása után a rakatoknál hullámosodást okoz a bújtató (létra) vízjel. Ezekben a sávokban a hullámosodás mértéke csökkenthető olyan módon, hogy a létra vízjelet a hengersizita bevonaton az egymást követő íveken eltolva préseljük fel.

5.2.3. Harmadik tézis

Kísérleteim alapján megállapítható volt, hogy bár a pozitív vízjelek maximális magassága (+0,5 mm) csak fele akkora, mint a negatív vízjelek maximális mélysége (-1,2 mm), a volumenítésben mégis az első esetben volt nagyobb a változás az alap értékhez képest. Megállapítható, hogy a többtónusú

vízjeleket tartalmazó papírok nyomtatásánál tapasztalható rossz festékátadási, s így gyenge nyomatminőséget produkáló negatív vízjelek fölötti területnél nem feltétlenül az a probléma, hogy a nyomóforma a papír elvékonyodása miatt nem érintkezik megfelelően annak felületével, s így még a nyomóerő jelentős növelése mellett sem érhető el kielégítő nyomatminőség, hanem a gondot a papírlap lazább szerkezete miatt ezeken a helyeken fellépő rugalmas alakváltozásokból adódó torzulások is okozhatják.

Az általam kidolgozott „foltvízjelek” hatásának vizsgálatával igazoltam, hogy a simítás során bekövetkező kifényesedést a maximális volumenitási érték, azaz a legmagasabb pozitív vízjel okozza.

5.2.4. Negyedik tézis

Vizsgálataim azt bizonyítják, hogy laboratóriumi lapképzési körülmények között azonos alapanyagok és segédanyagok használata esetén 15-20 g/m²-rel nagyobb négyzetméter-tömegű lapot kell készíteni, ahhoz hogy az tökéletesen felhasználható legyen a papírgépen készített vízjeles papír modellezéséhez.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Vámos György: Papíripari kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, 1980, 1260.p.
- [2] Boniface, Arthur: Watermark papermaking at Eastern Fine Papers, Tappi Journal, 83, Jan 2000, 53-56.p.
- [3] Keferstein, Claus P. – Marxer, Michel: Egyedi vízjeles papírok gyártásának optimalizációs lehetőségei, Wochenblatt für Papierfabrikation, 130. 11/12. sz., 2002. jún. 15. 826, 828, 830, 832-833.p.
- [4] Portals security paper with improved print runnability, Paper Technology, 42, Dec 2001, 11.p.
- [5] Levics V.G.: Fizikai-kémiai hidrodinamika, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1958, 448.p.
- [6] Kaszatkin A. G.: Alapműveletek gépek és készülékek a vegyiparban, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976, 775.p.
- [7] Thalén, N. and Wahren, D.: Svensk Papperstid. 75(20):807, 1972
- [8] Kerekes, R. and Schell, C.: J. Pulp Paper. Sci. 18(1):32, 1992
- [9] Ambertech, Beta formation tester, Ambertech OY, Espoo, Finland, 1990
- [10] Johansson, P. A. and Norman, B.: Methods for evaluating formation, print unevenness and gloss variations developed at STFI, Tappi 1996 Process and Product Quality Conference Proceedings, Tappi Press, Atlanta, 140.p.
- [11] Wrist, P.: Dynamics of sheet formation on the fourdrinier machine , 1961 2nd Fundamental Research Symposium Notes, Technical Section of the British Paper and Board Makers Association, London, Vol. 2., 839.p.
- [12] Haglund, L., Norman, B., Wahren, D.: Svensk Papperstid. 77(10):362, 1974
- [13] Norman, B., Sjödin, U., Alm, B., Björklund, K., Nilsson, F., Pfister, J-L.: The effects of localised dewatering on paper formation, 1995, International Paper Physics Conference Proceedings, CPPA, Montreal, 55.p.
- [14] Kerekes, R. and Koller, E.: Tappi 64(4):104, 1981
- [15] Paulapuro, H.: Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End, Fapet OY, Finland, 2000
- [16] L. Horváth, I., J. Rudas, Jozef K. Tar and H. M. Amin Shamsudin, “Integrated Associative Modeling of Parts and Their Machining Process by Features,” in

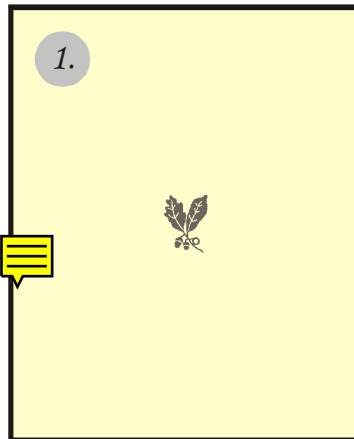
- Proc. of the Robotics and Mechatronics Congress, 5th International Conference on Mechatronics Technology, Singapore, ISBN 981-04-4170-3, 2001, 316-321.p.
- [17] L. Horváth, I. J. Rudas and C. Couto, "Integrationration of Human Intent Model Descriptions in Product Models", in Digital Enterprise - New Challenges Life-Cycle Approach in Management and Production,,: Kluwer Academic Publishers, 2001, 1-12.p.
- [18] L. Horváth and I. J. Rudas: "Virtual technology based associative integration of modeling of mechanical parts", Journal of Advanced Computational Intelligence, vol. 5, No. 5, 2001., 269-278.p.
- [19] Chris H. Williams: European Markets for Security Printing – Strategic Forecasts and Technology Trends to 2004, Pira International Ltd., 2000, 312.p.
- [20] Dr. Gara Miklós: Nyomdaipari enciklopédia, Műszaki Könyvkiadó, 1977, 751.p.
- [21] 1st International Conference – Security Printing in Russia/CIS and Central/Eastern Europe, Pyrabelisk Ltd., 30-31th January 2001.
- [22] ArtCAM 2D Professional CNC Routing and Engraving made easy by Delcam plc., DelCam Corporation, Issue 1.0, Released 24-10-2001, 180.p.
- [23] XIX International Security Printers’ Conference & VIII Exhibition, Intergraf, Montreux, 14-16 May 2003
- [24] PISEC 99 – The First World Product & Image Security Convention, Tarsus Conferences Ltd., Barcelona, Spain, 14-16 June 1999
- [25] PISEC 2000 – The Second World Product & Image Security Convention, Tarsus Conferences Ltd., Lisbon, Portugal, 3-5 April 2000
- [26] How they made security paper in Sweeden, Paper, 192, 6 Aug 1979, 130-134.p.
- [27] Recycling security papers, Paper, 195, 20 April 1981, 5.p.
- [28] The dandy roll and its future, Worlds Paper Trade Review, 176, 12 Aug 1971, 231-233.p.
- [29] Improvement in or relating to dandy and watermark rolls, The Paper Maker, 156, July 1968, 46-47.p.
- [30] Jackie Cox: Coating paper helps to keep confidentialities confidential, American Papermaker, 53, Febr 1990, 40.p.
- [31] Coating process helps deter bank-note counterfeiting, Paper, Film and Foil Converter, 66., March 1992, 42-43.p.
- [32] Mark Lockie: Preparing for a secure future on paper, Pulp & Paper International, 39, 28-29 Sept 1997, 31.p.

- [33] Anti-theft security sizing? Pulp & Paper Canada, 102, Oct 2001, 12-13.p.
- [34] Wolfgang Neuss: Small and sophisticated – production lines for banknotes and security papers, Twogether, 15, Febr 2003, 59-60.p.
- [35] Pluhár János: Okmánypapír minőségének javítása, Szakdolgozat, BME, 1987, 46.p.
- [36] Varga Gábor: Jelzett papírok és azok vizsgálata, Doktori szigorlat, Írásbeli dolgozat, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Faipari Mérnöki Kar, Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola, 2003, 18.p.
- [37] Varró Géza: Papíripari Szakgyűjtemény Diósgyőrben, Diósgyőri Papírgyár Rt., 1982, 61.p.
- [38] Paper Machine felts and fabrics. Albany, Albany International Corp., 1976., IX. 179.p., <http://www.albint.com>
- [39] Filztuchfabrik Rodewisch GmbH, <http://www.filztuch.de>
- [40] Stáhl Endre: Nyomóforma készítés, Műszaki Könyvkiadó, 1985, 313.p.
- [41] A Diósgyőri Papírgyár Rt. belső szabályzata
- [42] Dr. Hernádi Sándor: Papíripari anyagvizsgálat, Műszaki Könyvkiadó, 1980, 327.p.

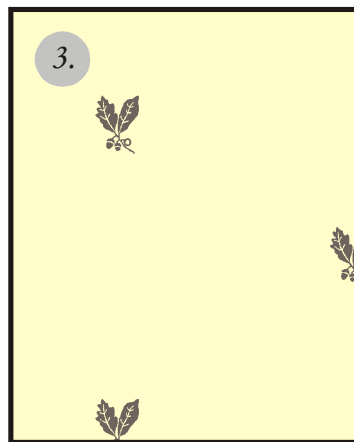
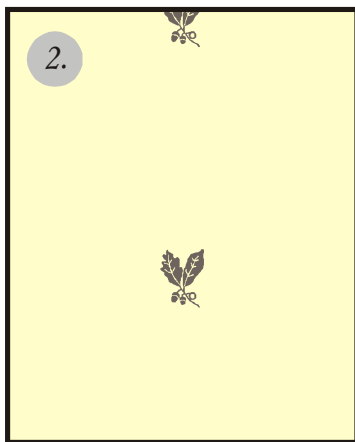
7. MELLÉKLETEK

7.1. Vízjel pozíciók a papírban

1. Pozicionált
2. Folyamatos vágású
3. Lépcsős elrendezésű
4. Folyamatos sáv
5. Szőnyeg vízjel

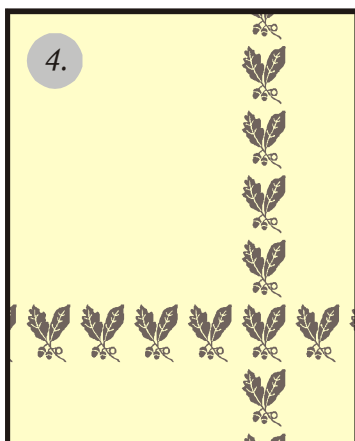


1. A vízjelek elhelyezése a szítán pozicionáltan történik, így a jelek az íveken előre meghatározott helyen jelennek meg, általában egy A4 méretű ív közepén.



2. Ez a kialakítás biztosítja a vízjelek keresztirányú pozicionálását az íveken, de gyártásirányban véletlenszerű a megjelenésük. Általában meghatározott számú vízjel jelenik meg egy íven (pl. egy teljes jel az A4-es papíron)

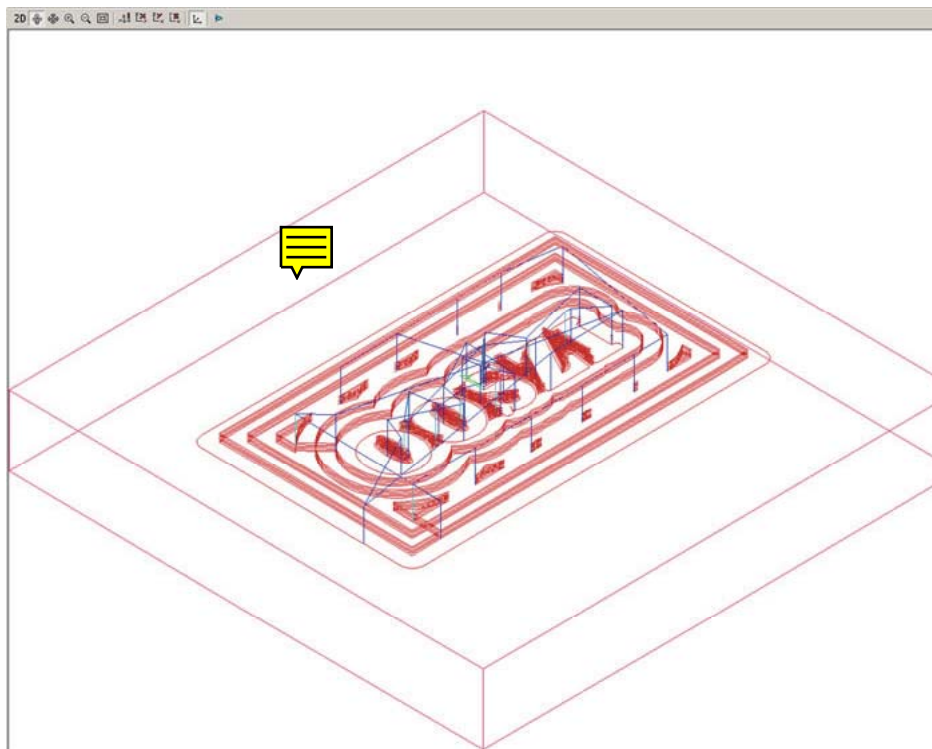
3. Ebben az elrendezésben egy teljes vízjel, illetve részvízjelek jelenhetnek meg a végleges méretűre vágott íven. Az elrendezés lehet sűrűbb, illetve ritkább.



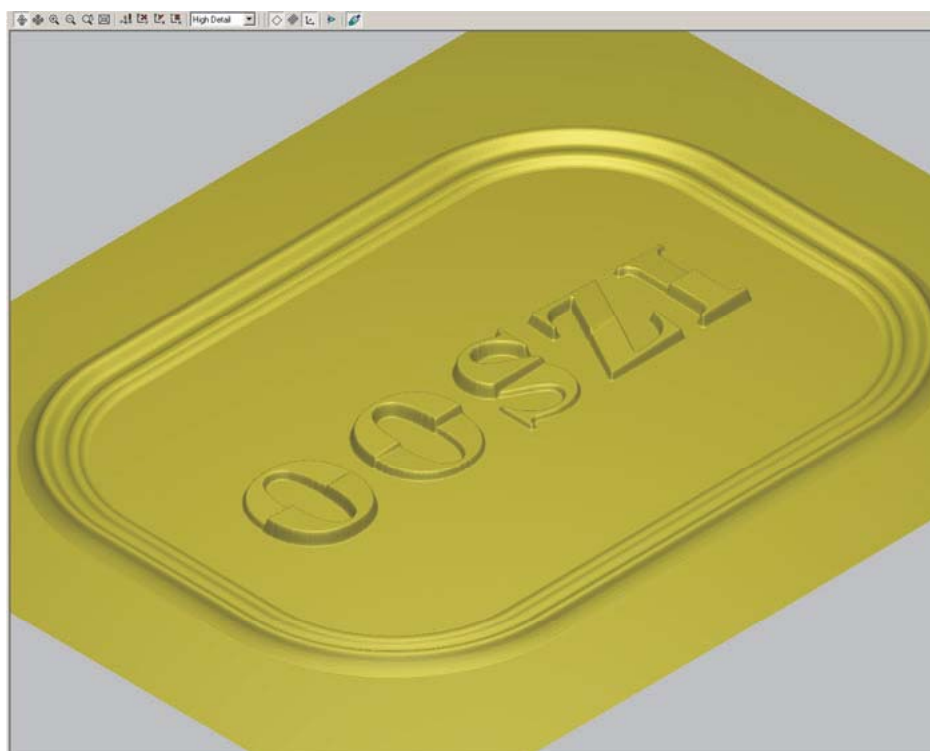
4. Folyamatos sáv alakítható ki a vízjelekből, mely vonalként kereszt-, vagy gyártásirányban is megjelenhet a papírban.

5. Ez a kialakítás a papír teljes felületén egymáshoz közel elhelyezkedő vízjeleket biztosít.

7.2. Vízjelkészítés számítógéppel



Szerszám pálya ábrázolása a felsőmaró géphez



A kész szerszám 3 dimenziós képe