

A hullámpapírlemez papírkomponensei tulajdonságának hatása a lemez élszilárdságára

2. rész

Zsoldos Benő

A hpl-t alkotó papírkomponensek nyomóerővel szembeni ellenállása

Kézenfekvő volt az a gondolat, hogy ha a hpl nyomással szembeni ellenállását akarjuk megállapítani, akkor a lemezt alkotó alappapírok nyomóerővel szembeni ellenállását kell megmérnünk. Az alappapírok nyomással szembeni ellenállását különböző módon próbálták meghatározni. Az első ilyen mérési eljárás az volt, amikor az élére állított egyenes papírt nyomták meg és mérték azt az erőt, amely a papír megroppantásához volt szükséges (**LCT**).

Fejlettebb metodika volt az **RCT**, vagy más néven gyűrűs nyomószilárdság-vizsgálat, amikor az élére állított és gyűrű alakúra hajlított próbatestnek a maximális nyomóerővel szemben kifejtett ellenállását mérték.

Az LCT és az RCT vizsgálat hátránya, hogy a nyomás hatására a vizsgált próbatest élei elhajlanak, betörnek, másrészt különösen a kis ($100\text{--}150\text{ g/m}^2$) tömegű papírok esetében a próbatest a nyomóerő hatására elhajlik, kihalasodik, emiatt nem az összenomással szembeni ellenállást mérjük.

A **CCT** vizsgálat egy laboratóriumi hullámosító berendezéssel meghullámosított $150\times 12,7$ mm méretű próbadarabnak az élére merőlegesen ható nyomóerővel szembeni ellenállását jelenti, amit a próbatest torlópréssbe helyezésével mérnek. Ez a vizsgálat az RCT -vel szemben a fenti hibákkal kevésbé rendelkezik.

Az **SCT** vizsgálat lényege, hogy a próbatestet befogó két pofa közötti távolság $0,7\text{ mm}$, és az egyik befogó pofa a másikhoz közelítve nyomja össze a két befogó közötti papírt. A rendkívül kis mintahossz miatt a papír összenyomásával szembeni valódi ellenállását mérjük.

Ez a vizsgálat kiküszöböli az eddigi eljárások hibáit, ezért a világon széles körben

elterjedt. Erre utal, hogy számos ország szabványosította a módszert: SCAN – P 46, ISO 9895, DIN 54518, TAPPI T 826, MSZ ISO 9895, APPITA/AS 1301.450, BS 7325.

Az új vizsgálati módszer elfogadásával és bevezetésével azonban szükség volt arra, hogy a korábban használt eljárások (RCT, CCT) eredményeit át lehessen számolni SCT értékre. Összefüggéseket dolgoztak ki a különböző vizsgálati eredmények átszámíthatósága érdekében, de ezek használatára csak korlátozottan kerülhetett sor, mivel az átszámítás helyessége függ a használt vizsgálati eszközök mérési pontosságától. Ezen túl a nagy mértékben eltérő fizikai tulajdonságokkal rendelkező papírféleségek nagy száma miatt egy adott összefüggés minden termékféleségre nem alkalmas. Néhány, a gyakorlatban használatos átszámítási összefüggés a következő:

$$CCT=1,2 RCT+0,34$$

A lineáris összefüggés kifejezi, hogy a CCT 20%-kal nagyobb értékű, mint az RCT. Az alábbi egyenlettel definiált

$$SCT_{cd}=1,45 RCT+0,6$$

összefüggésből látható az is, hogy a keresztirányú SCT 45%-kal nagyobb az RCT-nél. Az SCT-RCT korrelációja $r=0,95$.

Az elmondottakból kitűnik, hogy a doboz anyagát képező hullámlemez nyomással szembeni ellenállását (ECT értékét) a lemezt alkotó alappapírok nyomással szembeni ellenállásának mérése útján meghatározhatjuk. A megfelelő SCT értékű alappapír megválasztásával tehát olyan hpl készíthető, amelynek a nyomóerővel szembeni ellenállása biztosíték lehet a lemezből készült doboz jó terhelhetőségére.

A hpl nyomóerővel szembeni ellenállását befolyásoló tényezők

A lemez nyomóerővel szembeni ellenállása döntően a papír kompresszibilitásától függ, de ezen kívül még számos más tényező befolyásolja a nagyságát, amelyek közül néhány legfontosabbat megemlítünk.

A lemez ECT értékét döntően az alábbi tényezők határozzák meg:

- 1 Az alappapírok SCT értéke
- 2 A hpl hullám épsége
- 3 Ragasztó erő nagysága a rétegek között

Jelen tanulmány az 1. fejezet tárgykörével foglalkozik.

1. Az alappapír SCT értéke

A lemezt alkotó papírok SCT értékeinek összege nem azonos a lemez nyomással szembeni ellenállásával, noha ezt várnánk. Az igaz azonban, hogy a legnagyobb mértékben az SCT nagyságától függ. Vizsgáljuk meg először, hogy az SCT nagyságát döntően mely papírtulajdonságok határozzák meg.

A papír nyomással szembeni ellenállása döntően két tényezőtől függ:

- a rostanyag minőségi tulajdonságaitól és
- a papír rétegződéssel szembeni ellenállásától.

A papír rétegződési hajlama annál nagyobb, minél kisebb a rétegeket összetartó kohéziós erő (Co.) Ennek megfelelően a kompresszibilitás két legfontosabb paramétere

- a papír merevsége (R)
- rétegződéssel szembeni ellenállás, azaz a kohéziós erő (Co).

Ezen két paraméter és az SCT közötti matematikai összefüggés a következő

$$SCT = 3,99 R^{0,43} \times Co^{0,82} \quad (1)$$

Ennek az összefüggésnek a helyességét igazolja, hogy az SCT_M és SCT_{SZ} értékek közötti korreláció $r^2 = 0,90$.

Ha a fenti egyenletet kiegészítjük a papír szerkezetét jellemző porozitással (ϵ) ill. a lap-

szerkezet tömörségével (1- ϵ) értékkel, az alábbi összefüggést kapjuk:

$$SCT = k \times R^{1/3} Co^{2/3} (1-\epsilon)^{0,87} \quad (2)$$

Vegyük észre a térfogattömeg exp. 0,87-tel kifejezett jelentőségét.

A fenti egyenlet alkalmas a papír kompressziós ellenállásának leírására.

1.1 Az SCT függése a papír g/m² tömegétől

Az SCT érték nagyságát a legnagyobb mértékben a papír g/m² tömege befolyásolja. Nézzünk erre néhány példát.

a./ A **Rieger** gyártású alappapír-féleségek SCT értéke jelentősen nem tér el egymástól. A mázolt és a fehér TL papír SCT értéke azonosan $\approx 15\%$ mértékben nagyobb, mint a márvány ill. a fehér srenc papíré (1. ábra). A mázolt és a fehér TL papír SCT indexe azt jelzi, hogy a többi papírral ellentétben a nagyobb SCT a papír anyagi minőségében történt változtatás következménye (2. ábra). A fehér srenc és a márvány papír között nincs olyan anyagi/szerkezeti minőségkülönbség, amely az SCT értéket befolyásolná. Ugyanez mondható el a fehér TL és a mázolt papír-párra is. Ezen két papírra azonban anyagi minőségi ill. papírszerkezeti differenciát jelez az SCT 15-17%-os változása. A két-két papír SCT-t érintő strukturális különbségét mutatja az SCT indexre vonatkozó kisebb korreláció ($R^2 = 0,85$), noha diszkrét adatokra a korreláció számítása nem értelmezhető.

b./ A **Hamburger** papírfajták szerinti SCT értékei jól elkülöníthetőek és a g/m² változásával lineárisan változnak. Az SCT g/m² függése a bemutatott 3 papírféleségnél $R^2 = 1$ korrelációjú, ami azt mutatja, hogy az SCT index számítása útján határozták meg a névleges g/m² értékekhez hozzárendelt SCT célértéket. Azt azonban jól látni az ábrából, hogy egy adott papírfajtán belül az SCT növekedését kizárólag a g/m² növekedésével kívánják elérni (3. ábra). Az SCT index jól mutatja az egyes papírfajták közötti belső, a papír anyagában és annak előkészítésében bekövetkező papírszerkezeti változásokat. Ennek megfelelően az SCT index nagyság szerinti sorrendje:

AuL 3 < AuL 2 < Au kraft

c./ A **Nettingsdorfer** gyári barna karafpapír SCT értéke a g/m² növelésével lineárisan nő. Az SCT és a g/m² összefüggés korrelációja

R²=0,98 (4. ábra). Meglepő az SCT index alakulása. Az eddig bemutatott papíroknál az index lineárisan változik a g-tömeggel. A Netti kraft esetében a g/m²-től függően 1,9-2,1 között változik (5. ábra). A legkedvezőbb 2,1 indexet a 300 g/m² papír produkálja, míg a legkisebb 1,9 indexet a 140 és 150 g/m² papír. Ez azt jelenti, hogy a 300 g/m² papír SCT értéke nemcsak a négyzetméter tömeg növekedésének a hatása, hanem a papír anyagi tulajdonságaiban történt változásé is. Ez a papír ugyanis a 2,1 index helyett 330 g/m² esetében adná az 1,9 indexet, vagy akkor, ha az SCT=6,3 helyett csak 5,7 kN/m lenne.

A bemutatott példa rávilágít arra, hogy az SCT ajánlatok megítélésakor az SCT indexek összehasonlítása szükséges. Ha ugyanis azonos SCT értéket két papírajánlat úgy garantál, hogy az egyik ajánlat ugyanazt az SCT értéket nagyobb négyzetmétertömeggel éri el, akkor valószínűleg több papírsúlyt kell megfizetni ugyanazért az SCT értékért. A hullámlamezgyártó számára az kedvező, ha minél kisebb négyzetmétertömeg minél nagyobb SCT értéket biztosít. Az SCT számítása ezért is célszerű.

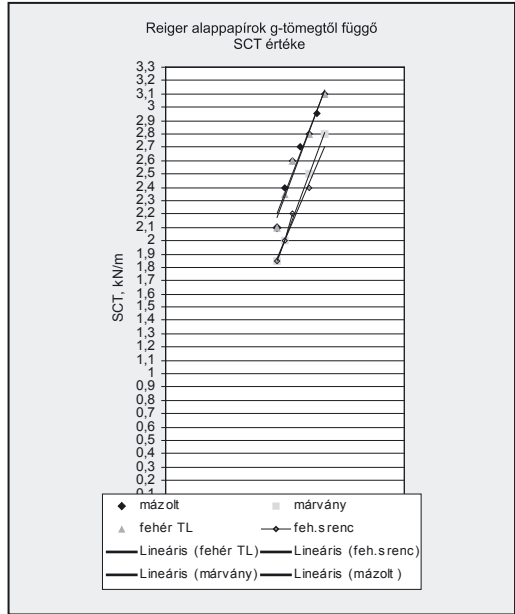
A bemutatott modell papírok SCT indexeit szemlélteti a 6. ábra. Vegyük észre a különböző papírfajták SCT index szintjét és a papírok g/m² szerinti változását. Legnagyobb az Au K 140 ill. 150 g/m² papír SCT indexe, legkisebb az R márvány papíré.

Az SCT index változása a papír g/m² tömegtől jelzi a papír anyagában és/vagy szerkezetében történt módosítást, ilyen pl.: R TL 150, R feh sr 160, Netti K 250.

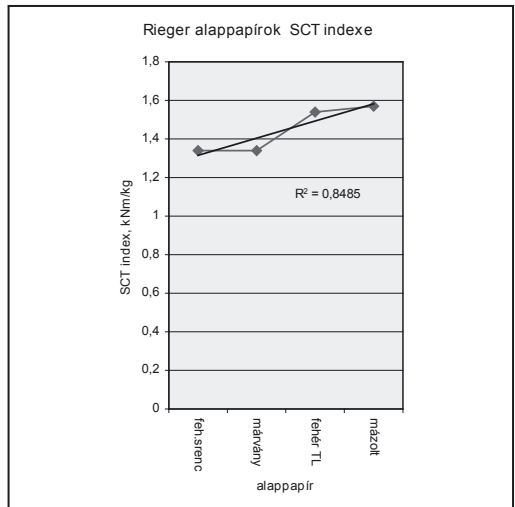
1.2 Az SCT függése a papír térfogattömegétől

A nagyobb térfogattömeg a papír több minőségi jellemzőjét javítja, beleértve az SCT értéket is.

Ha növelik a papír térfogattömegét (g/cm³), akkor a papír merevsége javulni fog, mivel a rostok közötti kötések száma megnő. A térfogattömeg növelésével az SCT₀₀ lineárisan nő. Matematikailag ezt fejezi ki a (2) egyenlet.



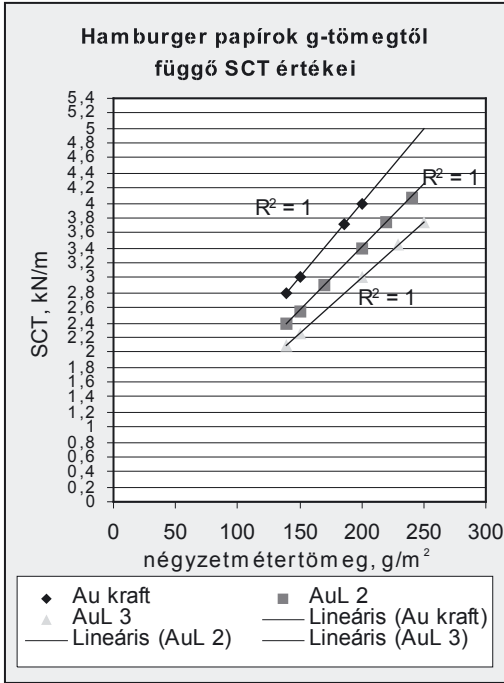
1. ábra



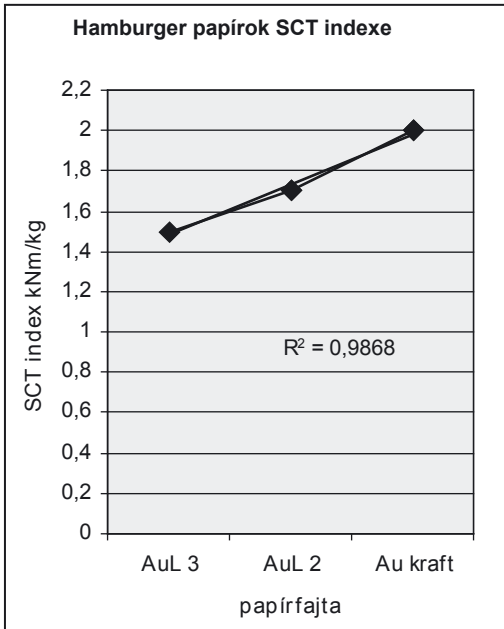
2. ábra

1.2.1 Az SCT legkisebb ill. legnagyobb értéke

Felmerülhet a kérdés, hogy a papírok SCT értéke milyen határok között változik. Erre pontos válasz nem adható, de a hpl gyártáshoz általában használt papírok SCT értékét tekintve, az alábbi SCT határok húzhatók meg:



3. ábra



4. ábra

Fedőréteg: 1,4kN/m srenc 5,4 kN/m barna kraft
 Hullámréteg: 1,0 wellenstoff 3,4 HZ fluting

Ha az SCT minimum ill. maximum értékekkel számoljuk egy 3 rétegű lemez ECT értékét, úgy a következőket kapjuk:

$$ECT_{MIN}=3,3 \text{ kN/m} \quad ECT_{MAX}=12 \text{ kN/m}$$

A hullámentermégyári hpl választékok közül a legkisebb ill. a legnagyobb ECT értékű lemez a következő:

$$ECT_{MIN}=4,5 \text{ kN/m (10C)} \quad ECT_{MAX}=10,8 \text{ kN/m}$$

A hpl alappapírok SCT értéke szerinti megválasztása tehát a lemez ECT értékének fenti min-max határai között változhat.

1.3 Az alappapírok SCT értékének ingadozása

1.3.1 Az SCT értékek szórása

Az ECT érték nagyságát befolyásolja az alappapírok SCT értékének ingadozása. Ennek illusztrálására vegyünk egy példát:

Az alappapírok SCT érték ingadozása átlagosan V=7%. Ha a 22C választék mind a három rétegének SCT értéke 7%-kal kisebb:

$$ECT_{min}=0,45(2,14+1,82+1,466 \times 1,72)+2,1=5,0 \text{ kN/m}$$

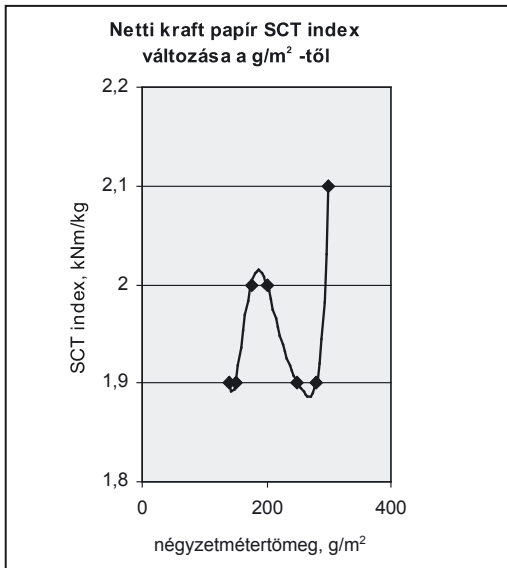
A részletes számítás mellőzésével, ha a három réteg SCT értéke 7%-kal nagyobb:

$$ECT_{max}=5,4 \text{ kN/m}$$

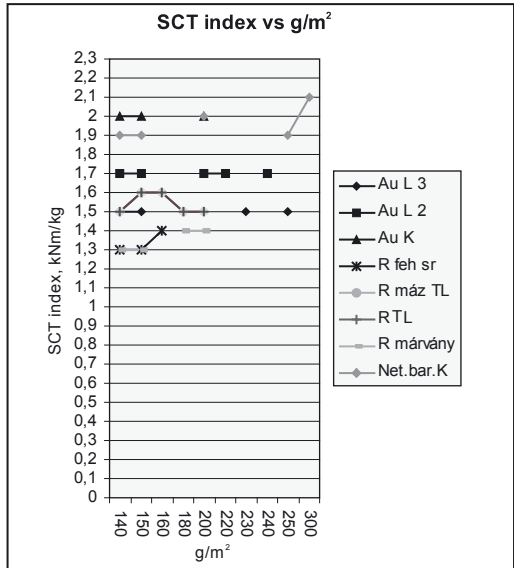
A példa szerint a 3 réteg egyirányú (max. ill. min.) legnagyobb mértékű ingadozása az ECT érték max. ±8%-os eltérését okozhatja. Ilyen eset azonban a legritkábban fordul elő.

1.3.2 Az alappapír-beszállító által tanúsított SCT_{MIN} hatása

Az alappapír beszállítók általában az SCT célértéket (SCT_{CÉL}) és a legkisebb SCT-t (SCT_{MIN}) tanúsítják. Ha a szállított papír eléri az SCT_{MIN} értéket, úgy a minőséget ebből a szempontból teljesítettnek tekintik. Nézzük meg, hogy egy papírbeszállító (N) szerződés



5. ábra



6. ábra

szerinti teljesítése a hpl ECT értékére milyen hatással van:

SCT_{CÉL} (fedő) értékkel számolva ⇒ a 24C hpl ECT=7,6 kN/m

SCT_{MIN} (fedő) értékkel számolva ⇒ ECT=6,8 kN/m

Vegyük észre, hogy a beszállító SCT_{MIN} szinten történő teljesítése az ECT 11%-os csökkenését eredményezte. Erre azért szükséges figyelni, mert a konstruktor rendszerint az SCT_{CÉL} értékkel számolva tervez.

1.3.3 Az SCT változása a papírtekerics szélességében

A papírtekerics szélességében mérve – a SCT_{CD} a tekerics közepén mért SCT értékkel szemben – a széleken mért SCT általában 15-25%-kal kisebb. Ez az u.n. banán effektus a nedves papírpálya zsugorodásának a következménye a szárító szakaszban. Vegyünk egy példát az SCT tekerics szélességbeni változásának hatására:

SCT a tekerics szélein: 3+3=6 próbatest mérésének átlaga: 1,4 kN/m

SCT a tekerics középső régiójában: 6 db mérés átlaga: 1,9 kN/m

12 SCT eredmény átlaga 1,65 kN/m

SCT célérték: 1,9 kN/m

SCT ATH (célérték – 10%)=1,7 kN/m.

Ez azt jelenti, hogy a tekerics közepéből származó hpl a tervezett ECT értéket kielégíti, de a tekerics széleiből készült hpl ECT értéke, ha mind a két fedőréteg azonos hpl választékból készül, a következő:

SCT középről ⇒ ECT=5,5 kN/m

SCT szélről ⇒ ECT =5,0 kN/m

Az SCT okozta ECT csökkenés mértéke 10%.

Összefoglalva az eddig elmondottakat megállapítható, hogy a hpl nyomóerővel szembeni ellenállását döntően az alkotó papírok SCT értéke határozza meg. Az SCT a papír merevségtől, térfogattömegétől, de még inkább a rostok közötti kohéziós erőtlől függ /1, 2/.. Értékét nagymértékben befolyásolja a papír g/m² tömege. A beszállító SCT_{MIN} teljesítése a célérték helyett az ECT több mint 10%-os csökkenését okozza. Hasonló mértékű ECT csökkenést eredményez a tekerics szélein mért kisebb SCT.