

Alufólia hengermű új elméleti alapokon



Pelcz Antal ¹

1. Az alumíniumfólia

Az alumínium fólia meghatározott tisztaságú alapanyagból gyártott, vékony, hengerelt termék. Vastagságát az egyes országok szabványai eltérően határozzák meg. 0,007..0,099mm között fóliáról, míg 0,1..0,3 mm vastagságban fóliaszalagról vagy vékonyszalagról beszélünk. A 0,02 mm-nél vékonyabb fólia mechanikai tulajdonságai – főképpen a szakítószilárdsága – a vizsgálandó darabban lévő helyi feszültségkoncentráció, apró hibahelyek, repedések és lyukacsosság miatt nagyon szóródnak. Ezen túlmenően lényeges eltérés tapasztalható a hengerlési iránnyal párhuzamos és arra merőleges próbákon. A gyártási szélesség az adott hengerlő berendezés műszaki színvonalától függően változik, zömmel 800-1500 közé esik. A fejlett alumíniumiparral rendelkező országok alumínium-félgyártmány termelésének kb. 10%-a fólia.

Hengerléskor a hengerlendő fém két ellentétesen forgó henger között halad keresztül, miközben a keresztmetszete csökken, hossza növekszik. A hengerlés hőmérséklete alapján megkülönböztünk meleghengerlést és hideghengerlést.

2. Az alumínium hengerlése során keletkező hibák

A hengerlési hibák az alapanyagok minőségének és a hengerlési eljárás következtében alakulnak ki, hengerállványok nem küszöbölik ki teljesen a hibákat, csak elfogadható határok közé szorították az azok mértékét, melyek a hengerállványok fejlődésének egész vertikumában fellelhető. A jelenleg használatos hengerállványok nem küszöbölik ki teljesen a hibákat, csak egy elfogadható határok közé szorították a mértékét.

Tulajdonképpen a hibák kiküszöbölésére irányuló igény indukálta a hengerállványok fejlődését.

¹ ügyvezető igazgató, DR-PAck II Kft.

Anyaghibákból eredő hibák:

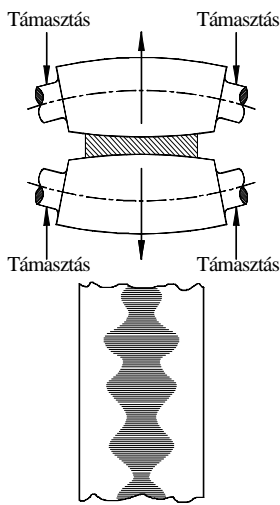
Lyukacsosság, porózusság: Anyaghiba, mely származhat az alapanyag szennyeződésétől, a hengerek kopásából adódó fémszemcséktől vagy a légtér a szilárd szennyeződéseitől. A hiba rontja a termék technológiai tulajdonságait, mint például a szakítószilárdságot, nyúlást, légáteresztő képességet, növeli a szakadás veszélyét a hengerlés közben.

Foltos felület: Szintén anyagtechnológiai hiba, mely származhat a nem megfelelő kenőanyag használata miatt. Ennek következtében lágyításkor ráézés, elszíneződés, homályos felület keletkezik.

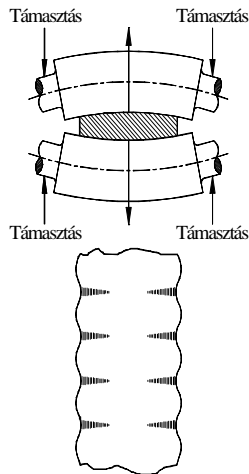
Nem egyenletes termék: Konstruktív problémára visszavezethető hiba, ami akkor fordul elő, amikor a henger kihajlik. Az egyik lehetséges ok, hogy a támasztó henger túldomborított, ekkor az anyag két széle vastagabb, a közepe pedig vékonyabb, így a közepén behullámosodik (**1. ábra**). A támasztó henger kihajlásának másik lehetséges oka, hogy aluldomborított, ekkor az anyag közepe vastagabb, a két széle pedig vékonyabb, így a széle hullámosodik be (**2. ábra**).

3. A hengerállvány fejlesztések rövid összefoglalása

A hengerlés kialakulásának történetében először a duó hengerállványok jelentek meg, melyeknél több hibaforrás is adódott. A legjelentősebb termékhiba a hengerek kihajlása miatti terméktorzulás. Ezt a hibát kiküszöbölendő próbálkozások közül elsőnek a kvartó hengerállvány megjelenését tekinthetjük, aminél a munkahengert megtámasztották egy támasztóhengerrel. Ezzel a megoldással a duó hengerállványnál jelentkező hibák közül csak a kihajlás függőleges irányú komponense által okozott hibát csökkentették. A hengerlési hibák megszüntetésére tett további próbálkozások során ezután a fejlesztők két irányban indultak el. Az egyik esetben a támasztóhenger bombirozását oldották meg



1. ábra: Közepén



2. ábra: A két szélén

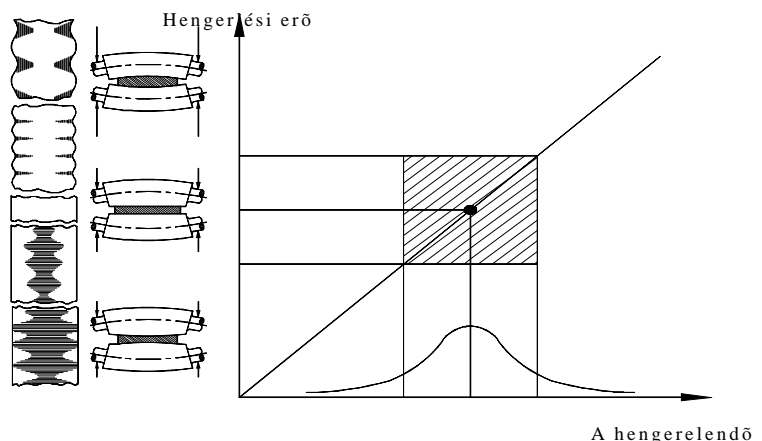
hullámos termék

(DSR Mills hengerállvány), míg a másik esetben a munkahenger elmozdulását minimalizálták (több-hengeres hengerállványok). A jelenleg használatos hengerállványok ezeket a megoldásokat követik, és bár a hibák nem tűntek el, mértékük leredukálódott. A jelenlegi konstrukciókból adódóan a hibát szinte lehetetlen úgy megszüntetni, hogy a egy univerzális hengerállványt kapjunk. Mivel a hengereket a végeiken támasztjuk meg, itt ébrednek a reakcióerők, a terhelést a hengerlés viszont a hengerek középső részén okozza. Ezért a henger mindenképpen hajlított tartóként viselkedik, és a keresztmet-szetétől függően kihajlik. A kihajlás úgy szüntethető meg, ha a reakcióerő abban a keresztmetszetben ébred, ahol a terhelés is hat (3. ábra).

4. Hengerművek összehasonlítása

A 4. ábra egy hagyományos és az 5. ábra az általunk kifejlesztett hengermű működését szemlélteti a hengerlendő anyag jellemzői-nek és a hengerlési erő függvényében. Mindkét esetben az anyagon egyenlő mértékű alakítást tételezünk fel.

4. ábra: A hagyományos technológia értékelése



Az anyag jellemzőit (szilárdság, sűrűség, összetétel, forma,...) összesítve adottnak kell tekintenünk. Az ismeretlensége ab-ban nyilvánul meg, hogy az anyag különböző pontjain más és más, akár egy tekercsen belül jelentősen változó.

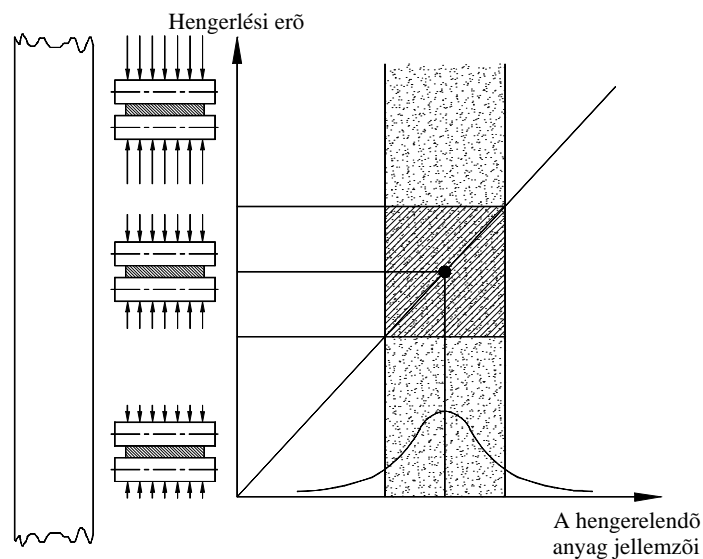
Az Y tengely mellett a munkahengerek, az adott erő hatására kialakuló geometriai alakváltozásait jelenítettük meg. Középre került az az állapot, amikor a hengerek párhuzamos helyzetbe kerülnek a rá ható erők következtében

3. ábra:
Egyenletes termék

Az anyagjellemzők összessége meghatároz egy anyagállapotot,

amihez be kell állítani a hengerléshez szükséges erőt és a bombirozottság mértékét. Ennek alapján meghatározhatunk egy munkapontot, melyet a 4. ábrán szürke ponttal jelöltünk. A munkapont az egyetlen pont, ahol a hengermű tökéletesen párhuzamos terméket állít elő.

A gyakorlatban azonban az anyag jellemzői nem írhatók le egyetlen ponttal, a hengerlés folyamán állandóan változnak, normális eloszlást követnek egy részük a tűréshatáron belül helyezkedik el. A változó anyagjellemzők meghatároznak egy-egy hengerlési erőt, mivel azonban a hengerek bombirozottsága nem változik ennek arányában, a végtermék hol a közepén, hol a szélén hullámosodik be, csak rövid átmeneti szakaszon lesz párhuzamos. Tehát kialakul egy tartomány, ahol a hengermű működik, melyet az ábrán vonalkázottan jelöltünk meg. A tartomány egyetlen pontjában tökéletes a hengerlés, míg a többi pontban a termék minősége kisebb-nagyobb csorbát szenved.



5. ábra: A technológiánk értékelése

A hengerműünk esetében, ugyanazon feltételezések mellett szintén kialakul egy munkapont és a hengermű működésére jellemző tartomány, melyet az **5. ábrán** szürkével jelöltünk meg. Viszont az anyag jellemzőinek változásától függetlenül, a nem bombirozott hengereknek köszönhetően a végtermék párhuzamos lesz. Az anyag jellemzőinek változására való érzéketlenség mellett további előny, hogy bármekkora hengerlési erőt alkalmazunk a termék nem veszíti el a párhuzamosságát, csak a szűrés mértéke lesz más. Az így kialakult sávot az ábrán vonalkézással jelöltük meg.

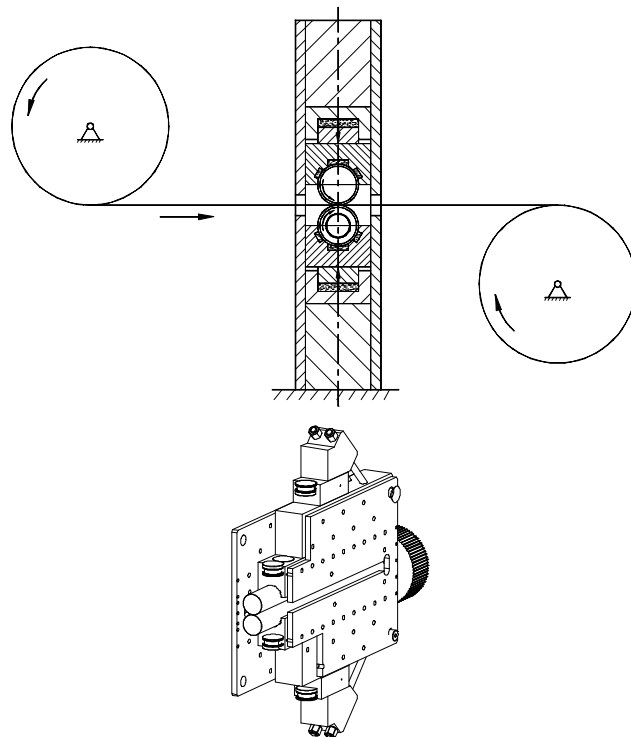
Tehát technológiánk alkalmazása esetén az anyagjellemző-változást le nem követő hengerlési erőváltoztatáskor sem szenved csorbát az anyag párhuzamossága. A beállítás változtatására való kényszer megszűnik, biztonságosabbá válik a rendszer.

A **6. ábra** a hengerállványunkat különböző nézetben szemlélteti. A megoldásban a támasztó hengert kiváltja egy, a munkahenger teljes hosszában működő hidrosztatikus és hidrodinamikus csapágyazás. Az alakításhoz szükséges erőt a csapágytökén keresztül biztosítjuk.

Az elmélet gyakorlati tesztelésére építettünk egy prototípust, mely alkalmas a jelenlegi gyakorlatban használatos 900 mm széles előtermék, azaz 350 mikron vastag fólia hengerlésére. A jelenlegi gyakorlatban 5-6 szűrésben érnek el a 8-10 mikronos késztermékig. Ez azt jelenti, hogy

minden alkalommal kb. a felére csökken a fólia vastagsága.

Kísérleteink során sikerült elérni a jelenlegi gyakorlati értékeket, azaz lépésenként a felére csökkenteni a vastagságot, mindemellett hullámosodás nem jelentkezett sem a fólia szélén sem a közepén. Kísérleti eredményeinkre alapozva megállapíthatjuk, hogy az elméletünk a gyakorlatban is működik.



6. ábra: A kifejlesztett hengerállvány