

PÁLINKÁS SÁNDOR

## Hengerelt szalagok lencsésességének mérése egyedileg fejlesztett mérőeszkővel\*

**A síkfekvés és a hengerelt szalag profiljának szabályozása a hengerlés folyamán jelenleg is sok problémát vet fel az iparban. A hideghengerléssel előállított szalag síkfekvése szorosan összefügg a hengerlés folyamán kialakuló hengerréssel. A kiszámolt hengerrései paramétereiket össze kell vetni a hengerrései kísérletek során kapott eredményekkel. Létezik egy határ, ahol a lemez szélessége mentén a szálhosszúság nem állandó, de a lemez síkfekvő. Ennek kimutatására a szerző egy mérőeszkőzt fejlesztett ki, amely egyelőre kísérleti körülmények között megoldást nyújthat az adott problémára.**

### Bevezetés

Egy belső feszültségektől mentes termék hideghengerlésének feltétele az, hogy a szalagszélesség mentén a fajlagos alakváltozás azonos legyen. A hengerrés alakjának tehát szűrésről szűrésre teljesíteni kell a szélesség irányú alakváltozás szűrésenkénti egyenlőségének követelményét. A hengerrés alakját a köszörült alapdomborításon kívül a hengerrései erőből, mint megoszló terhelésből származó kihajlás (mechanikai terhelés) és a hengertest egyenlőtlen felmelegedéséből származó hődomborítás (hőterhelés) együttesen szabja meg [1]. A hengerelni kívánt alapanyag szempontjából kielégítendő feltétel (1) az, hogy a befutó lencsésége ( $\delta h_{be}$ ) és a szélessége mentén állandó nyújtási tényező ( $\lambda$ ) határozza meg a kifutó lencsésességét ( $\delta h_{ki}$ ).

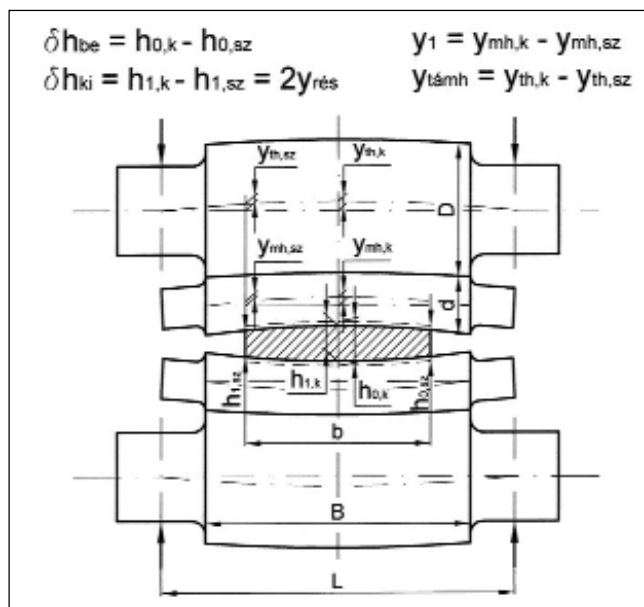
$$\delta h_{ki} = \frac{\delta h_{be}}{\lambda} \quad (1)$$

A terhelés alatt lévő hengerrés alakját befolyásoló tényezők a következők:

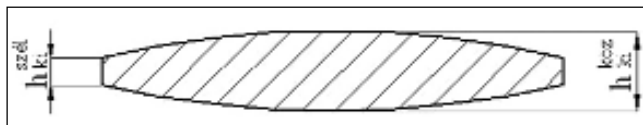
- Köszörült alapdomborítás;
- A hengerrései rendszer rugalmas alakváltozása;
- A mechanikai résalak szabályozása;
- A hengerrés hő okozta alakváltozása (hődomborítás);
- Zónahűtés.

A hengerrései alakját befolyásoló tényezők közül a hengerrései rendszer rugalmas alakváltozását és a hengerrései hő okozta alakváltozását nem tudjuk befolyásolni. Viszont ezeknek a hatását kompenzálni tudjuk a köszö-

rült alapdomborítással, a nagy időállandójú zónahűtéssel, valamint a kis időállandójú mechanikai résalak szabályozással (hengerhajlítás, hengereltolás, CVC technológia stb.). A terhelt hengerrései alakját befolyásoló tényezők eredőjeként kialakul egy hengerrései alak (1. ábra), ha ez a kialakult hengerrései alak nem egyezik meg azzal, amit az alapanyag kíván, akkor belső feszültség vagy hullám alakul ki.



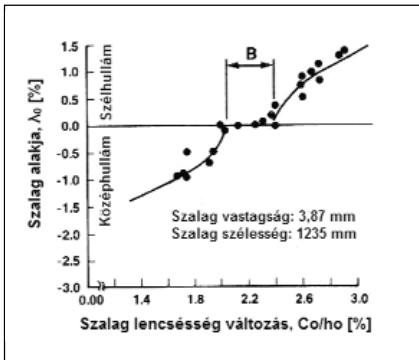
1. ábra. A hengerrés változása [4]



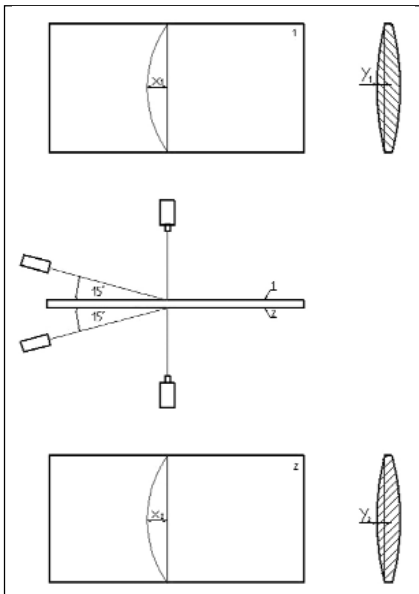
2. ábra. Az ideális lencsésesség elvi ábrája

**Pálinkás Sándor** 2006-ban gépészmérnökként végzett a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki Karán, Minőségbiztosítási szakirányon, majd 2009-ben okleveles anyagmérnök diplomát szerzett a Műszaki Anyagtudományi Kar Anyagvizsgálat ágazatán, Hőkezelő és Képlékenyalakító szakirányon. 2009 szeptemberétől nappali tagozatos PhD-hallgató a Miskolci Egyetem Kerpely Antal Doktori Iskolában. A doktori témája Alumínium ötvözetek hideghengerlései technológiájának optimalizálása, jelenleg egy új módszert fejleszt ki a hengerelt keskenyszalag profiljának mérésére.

\* Előadásként hangzott el a 2012. február 16–17-én Miskolcon megrendezett XIV. Képlékenyalakítási Konferencián. A kifejlesztett módszer nem csak acél, hanem egyéb fémek hengerlésére is érvényes.



■ 3. ábra. Síkfekvési holtáv diagram [3]



■ 4. ábra. A mérőeszköz elvi vázlata

### A lencséség értelmezése

A hideghengerlési technológiával előállított szalagok ideális mértani alakja a párhuzamos síklapokkal határolt hasáb. A valóságos alak az ideálistól, a gyártás műszaki és technológiai feltételeitől függően többé-kevésbé eltér. Ezt az eltérést lencséségnek nevezzük. A kifutó szalag lencséségét

a 2. ábra jelölése alapján a (2) képlet szerint számolhatjuk.

$$\delta h_{ki} = h_{ki}^{\text{köz}} - h_{ki}^{\text{szél}} \quad (2)$$

### A síkfekvési holtáv

A síkfekvés elvi feltételét (1. képlet) üzemi körülmények között kielégíteni nem lehet. Ez azonban nem jelenti azt, hogy síkfekvő szalagot hengerelni sem lehet. A szalag geometriai méreteitől függően képes elviselni bizonyos mértékű egyenlőtlen alakváltozást anélkül, hogy rajta hullámok képződnének.

Az egyenlőtlen alakváltozás hatására a szalagban hosszirányú húzó- és nyomófeszültségek ébrednek, melyek arányosak az egyenlőtlen alakváltozás mértékével. A hullám ott alakul ki, ahol ezek a feszültségek egy – a szalag méreteire jellemző – értéket meghaladnak. A kritikus nyomófeszültséghez hozzárendelhető egy kritikus alakváltozási tényező. A szalag lencséségének megváltozása szintén annak a következménye, hogy a szalag szélessége mentén a nyújtási tényező különböző. A lencséség megváltozásának azt a tartományát, amin belül a szalag nem válik hullámossá, síkfekvési holtávnak (flatness dead band) nevezték el, ez a 3. ábrán a B-jelölt szakasz, ha a szalag lencséségének megváltozása nem esik bele ebbe a tartományba, akkor az középhullámot vagy szélhullámot okoz. Minden adott ötvözetű és méretű szalagra meghatározható egy határ diagram, a 3. ábrán látható diagram alacsony karbontartalmú acélra vonatkozik és Yoshiaki Takashima [2] készítette el.

### A saját fejlesztésű mérési módszer

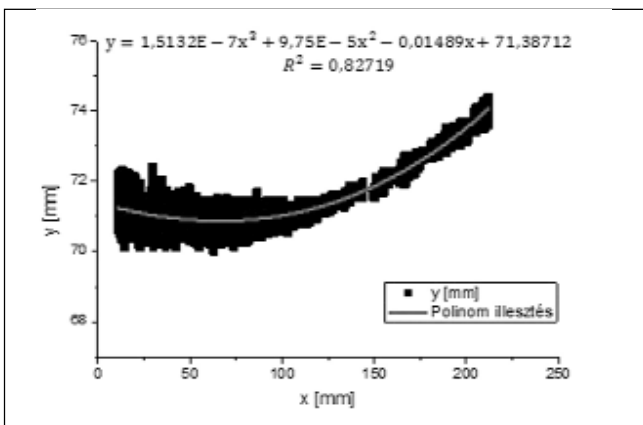
Kidolgoztam egy mérési módszert [5], amely alkalmas a hengerelt lemezek lencséségének mérésére, ezáltal alumínium esetén is meg lehet határozni a síkfekvési holtáv diagramot.

A mérés elve a 4. ábrán látható, a lényege, hogy a vizsgálandó lemez mindkét oldalára 15°-os szögből lézervonalat vetítek, majd a lézervonalat mind a két oldalon a lemezre merőlegesen egy-egy 12 megapixel felbontású fényképezőgép segítségével detektálom.

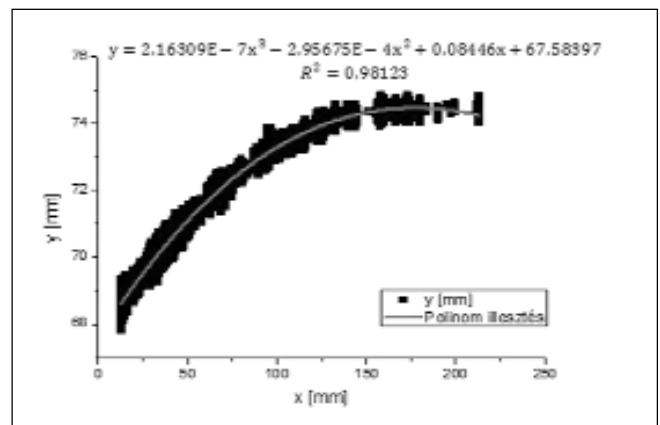
### A mérés folyamata, kiértékelés

A méréshez 1 mm névleges vastagságú, 200 mm széles AIMg3 anyagminőségű hidegen hengerelt lemezt használtam, a vizsgálat során készült fényképeket egy speciálisan erre a célra kifejlesztett képelemző szoftver segítségével elemeztem, amely a lézervonal képpontjainak koordinátáit egy adatfájlba menti, ezután a lemez két oldaláról elmentett képpontokat a korábban meghatározott váltószám (1 mm = 17 képpont) segítségével átszámoltam milliméterbe, majd x-y koordinátarendszerben ábrázoltam. A kapott pontsorozatra mindkét esetben harmadfokú polinomot illeszttem (5. és 6. ábra).

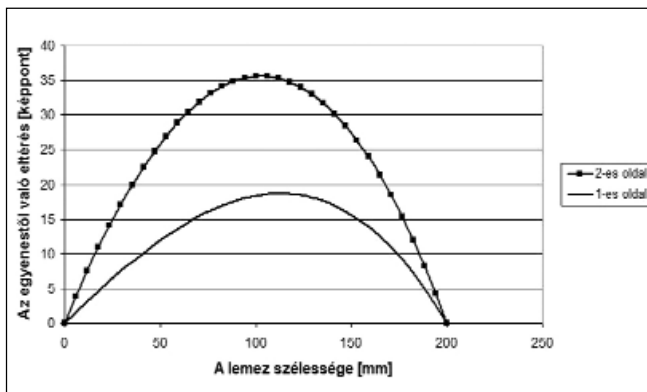
Az 5. és 6. ábrából jól látszik, hogy a lemez két oldalának görbülete ellentétes, ez azért van, mert hengerlés folyamán a lemez a belső feszültségek miatt keresztirányban meggömbült. Ahhoz, hogy a két oldal görbességének különbségét meg tudjam határozni, az 1-es oldal mérési ered-



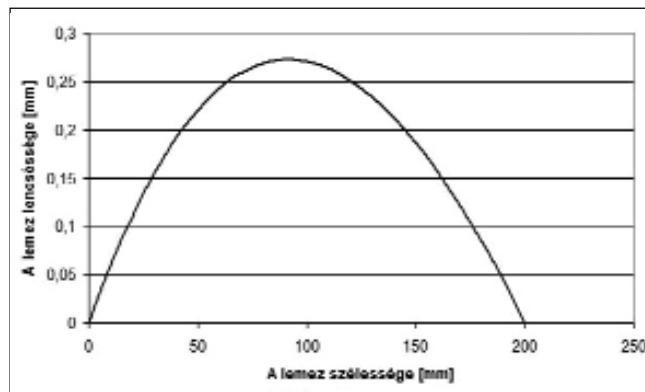
■ 5. ábra. Az 1-es oldalra illesztett görbe



■ 6. ábra. A 2-es oldalra illesztett görbe



■ 7. ábra. A program által meghatározott görbületek



■ 8. ábra. A program által meghatározott lencséség

ményeit ellentétes előjellel láttam el. Majd az 1-es oldal görbéjének végpontjait a 2-es oldal végpontjaihoz illesztettem. A számításokat Microsoft Excel segítségével végeztem, és a kapott eredményeket diagramban ábrázoltam (7. és 8. ábra).

### Összefoglalás

A cikk első részében bemutatam a terhelt hengerrés alakját befolyásoló tényezőket, valamint ezt felhasználva magyarázatot adtam a síkfekvési hibák kialakulására. A következő részben a lencséséget és a síkfekvési holt sávot értelmeztem. Az általam fejlesztett mérési módszer segítségével kidolgoztam egy vizsgálati módszert a hengerelt lemezek lencséségének vizsgálatára, amely alkalmas a hengerlés során keresztirányban meggörbült lemezek lencséségének meghatározására is. A vizsgálat során

készült felvételeket egy speciálisan erre a célra fejlesztett képelemző szoftverrel elemeztem. Tervem, hogy a kifejlesztett egyedi mérőeszközzel megmérjem a befutó lencséséget, majd a hengerhajlítás változtatásával hengerlési kísérletet végezzek, ezután pedig megmérjem a kifutó lemez lencséségét, ezáltal lehetőségem lesz a síkfekvési holt sáv diagramot meghatározni.

### Irodalomjegyzék

- [1] *Dr. Voith Márton*: Alakítástechnológiák komplex fejlesztése. Miskolc, 2003. p. 183.
- [2] *Takashima, Y., et al.*: Studies on Strip Crown Control for Hot Strip Rolling – Double Chock Work Bending System (DC-WRB). IHI Engineering Review, Vol. 12, No. 3, Oct. 1979., pp. 28–34.
- [3] *Vladimir B. Ginzburg*: Steel

Rolling Technology – Theory and Practice. Marcel Dekker, 1989. pp. 759–761.

- [4] *Sándor Pálinkás*: Investigation of the shape of roll gap of experimental mill stand. IN-TECH 2010. International Conference, 14–16. September 2010., Prague, Czech Republic, p. 436–439.
- [5] *Sándor Pálinkás – János Tóth*: Investigation of the flatness of rolled aluminium sheet. International Review of Applied Sciences and Engineering, Vol. 2, No. 1, June 2011., pp. 57–62.

A tanulmány/kutatómunka a TÁMOP-4.2.1. B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

KRÁLLICS GYÖRGY – SZÜCS MÁTÉ – LÉNÁRD JÁNOS

## Súrlódási tényező meghatározása lemez hideghengerlésnél\*

**Lemzshengerlés súrlódási tényezőjének meghatározásával foglalkozunk az adott cikkben mérés és mechanikai modell által kapott eredmények összehasonlításával és a közöttük lévő eltérés minimalizálásával. A hengerlési folyamat elemzésére az átlagfeszültség módszeren alapuló, az anyag keményedését és a súrlódás relatív sebességtől való függését figyelembe vevő Maple-programot dolgoztunk ki. A kísérletekhez alumínium lemezeket és ásványi olaj kenőanyagot használtunk.**

### Bevezetés

Lemzshengerlési folyamatok viszonyait alapvetően befolyásolja a súrlódás, ami az alakítandó lemez, a henger és a kenőanyag kölcsönhatásaként jön létre. Ezek a hatások erőteljesen függenek az érintkező felüle-

\* Előadásként hangzott el a 2012. február 16–17-én Miskolcon megrendezett XIV. Képlékenyalakítási Konferencián.