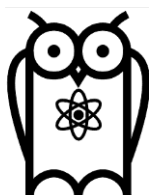


MISKOLCI EGYETEM
ANYAG- ÉS VEGYÉSZMÉRNÖKI KAR
FÉMELŐÁLLÍTÁSI ÉS ÖNTÉSZETI INTÉZET



**MELEGEN HENGERELT ACÉLSZALAGOK LENCSESSÉGÉNEK CSÖK-
KENTÉSE TOVÁBBI FELHASZNÁLÁSRA VALÓ OPTIMALIZÁLÁSRA**
*THE OPTIMIZATION OF REDUCING THE LENSING EFFECT OF HOT-ROLLED COILS
FOR FURTHER USE*

TDK DOLGOZAT



HORVÁTH ZALÁN
UW75YI

EGYETEMI KONZULENSEK

DR. SZABÓ GÁBOR
Tudományos főmunkatárs

VESZPRÉMI RAMÓNA
phd hallgató

**MISKOLC,
2024**



Miskolci Egyetem
Anyag- és Vegyészmérnöki Kar
Fémelőállítási és Öntészeti Intézet



NYILATKOZAT

Alulírott **Dr. Szabó Gábor** kijelentem, hogy a **Horváth Zalán** által benyújtott „**Melegen hengerelt acélszalagok lencsességének csökkentése további felhasználásra való optimalizálására**” című TDK dolgozat tartalmát ismerem, és a szakmai tartalmával egyetértek.

Dátum: 2024. április 17.

Dr. Szabó Gábor
tudományos főmunkatárs



3515 Miskolc, Egyetemváros
Telefon (36) 46 565-111/10-32
metont@uni-miskolc.hu
www.metall.uni-miskolc.hu



Miskolci Egyetem
Anyag- és Vegyészmérnöki Kar
Fémelőállítási és Öntészeti Intézet



I. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Dr. Szabó Gábor, valamint Veszprémi Ramóna egyetemi konzulenseimnek a TDK dolgozatom elkészítésében nyújtott segítségükért. Köszönettel tartozom a Meleghengermű technológiai osztály munkatársainak a dolgozatban felhasznált adatok biztosításáért, valamint külön köszönet Illés Péter Meleghengerműi technológiai osztályvezetőnek az adatok feldolgozásában és a feldolgozott adatok kiértékelésében nyújtott segítségéért.



3515 Miskolc, Egyetemváros
Telefon (36) 46 565-111/10-32
metont@uni-miskolc.hu
www.metall.uni-miskolc.hu

II. TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés és Célkitűzés	1
1. A meghengerlés és az acélszalagok geometriai méreteinek ismertetése.....	2
1.1. A geometriai méretek mérése és az eltérések típusai	4
1.1.1. IMS berendezés bemutatása	5
1.1.2. Az eltérések fő típusai	7
2. A Szelvényalak kialakulása, méreteltérések	9
2.1. Előírások.....	9
2.2. Szalagszelvény kialakulása	10
2.3. Szelvényalak problémák	11
3. Szelvényalakokkal kapcsolatos beavatkozások	16
4. Tovább felhasználási alapanyag lencsésségének csökkentése	18
4.1. Továbbfelhasználási célú termékek lencsésségének vizsgálati lehetőségei	18
4.2. Méretcsoportok kijelölése	19
4.3. Megfelelőség vizsgálat.....	20
4.3.1. Átlagos lencsésség és ékesség alakulása	20
4.3.2. Szalagok vastagságának alakulása szélről 15 mm-re	21
4.3.3. Technológiai paraméterek függése.....	24
4.4. Javaslatok	36
5. Összefoglalás és konklúzió	38
Irodalomjegyzék.....	39

III. ABSZTRAKT

A dolgozatomban melege hengerelt acélszalagok lencsésségével foglalkozom. Kezdetben részletesen bemutatom a Liberty Dunaújváros meleghengerművének felépítését és a hengerlés folyamatát. Kifejtem a geometriai méretek értelmezését, valamint bemutatom az üzem rendelkezésre álló mérőberendezéseket a szalag mérésére és a szalag szelvényeltérésének fő típusait. Az előírt geometriai méretek alapján csoportosítva bemutatom az előírásokat, azok kialakulását a hengerrészekben és a lehetséges méretproblémák típusait.

A TDK dolgozatom fő részében a további felhasználásra gyártott alapanyagként szolgáló melegen hengerelt szalag lencsésségének csökkentési lehetőségeit vizsgálom. Ismertetem a vizsgálat fontosságát és a rendelkezésre álló vizsgálati lehetőségeket. Meghatározom a vizsgálandó termékcsoportokat, majd részletes statisztikai elemzést végezek a különböző paraméterek alapján. Végül javaslatokat teszek a további felhasználásra gyártott alapanyagok lencsealakjának csökkentésére.

BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Az acélok képlékenyalakítása során történő méretpontosság iránti igény és a mai világban a széles körben elterjedt, könnyen hozzáférhető mérőeszközök révén új lehetőségek nyíltak a termékprogramozás és termék optimalizálás terén.

A szalag geometriai paraméterei a hengerlés sajátossága miatt nem meríthető ki a vastagság és szélesség fogalmával. A sajátosság a szelvényalak, ami a szalag keresztmetszeti képén látható lencséség, valamint ékesség. Az MS EN 10051:2011-es szabvány tág keretek között értelmezi a szelvényalak fogalmát, míg a lencséségre szélesség alapján megengedett határérték vonatkozik, addig az ék mértékével nem rendelkeznek (természetesen az utóbbira minden cégnek az érdeke a minimális értéket tartani a kardosság elkerülése végett).

A lencse jelenléte elemi hengerlésnél nem elhanyagolható, mivel elősegíti a központosítást a hengerek és a szalag között. Egyes termékek esetében a jelentős mértékű lencséség fontos, míg másoknál a pontos és szűk határok közötti lencséségre van szükség, és vannak olyan helyzetek, amikor a minimális lencséség elérése a cél. Utóbbi esetben a szalag vastagságának lehető legkisebb eltérése a cél minden egyes ponton. Ezeket a szalagokat általában hasítással dolgozzák fel, és a szélső sávoknak is meg kell felelniük ugyanazoknak a vastagsági előírásoknak, mint a középső részeknek. Egy tipikus példa erre a profilgyártás alapanyaga.

A profilalkalmazásoknál a cél a melegen hengerelt alapanyagok lencséségének csökkentése, hogy ezzel a névleges vastagság (a profil falvastagsága) csökkenjen az előírt minimális falvastagság felé, és ezáltal a hosszra történő értékesítés során növelhető legyen a kihozatal. A lencséség, mint előírt méret megvalósítása és annak csökkentési lehetőségeit a Liberty Dunaújvárosi Meleghengerműben gyártott profilalkalmazású termékeken keresztül elemeztem.

Jelen dolgozatomban a Melegen hengerelt tovább felhasználási célú tekercsek elemzésével fogok foglalkozni, célom, hogy Liberty Dunaújvárosban üzemelő meleghengerművében lévő csupán az adatok feldolgozásával és a jelenlegi technológiai keretek között olyan gyártási optimalizálásokat végezzek, amikkel feltehetően javítani lehet a tovább feldolgozás célú termékek lencséségének mértékét.

1. A MEGHENGGERLÉS ÉS AZ ACÉLSZALAGOK GEOMETRIAI MÉRETEINEK ISMERTETÉSE

A melegen hengerelt szalag alapanyaga a folyamatosan öntött buga vagy bramma. Az Liberty Dunaújváros Meleghengerművének alapanyagigényét saját gyártású és import brammákból elégíti ki. A brammákat szalaggá történő hengerlés előtt a melegalakításhoz szükséges hőmérsékletre (1200 - 1270 °C-ra) hevítik, két erre alkalmas csúszósínes vegyes tüzelésű tolókemencében és egy földgáztüzelésű léptetőgerendás kemencében. A kemencék energiahatékonyaságát az égéslevegő előmelegítésére szolgáló, a füstgáz fizikai hőtartalmát hasznosító rekuperátorok biztosítják. A hevítési folyamat három szakaszra bontható: előmelegítő, izzító és hőkiegyenlítő szakasz.

A melegalakítás hőmérsékletére hevített brammákat az előnyújtó gépcsoporton 24 - 36 mm vastagságú előlemezzé hengerlik a készlemez vastagságának, szélességének és minőségének függvényében. A reverzáló üzemmódban működő előnyújtó gépcsoport 1 db függőleges úgynevezett torló és 1 db vízszintes elrendezésű duó hengerállványból áll. A brammák felületén a hevítés során keletkezett primer revét egy primer revétlenítő berendezés (1. ábra), az előnyújtás alatt keletkező szekunder revét 140 bar nyomású ipari vízzel működő revétlenítő rendszer segítségével távolítják el.



1. ábra Primer revétlenítő berendezés

A folytatólagos készsor előtt elhelyezett coil-box teszi lehetővé, hogy a Meleghengerműben gyártott nyerstekercsek tömege elérheti a 25 tonnát, továbbá az előlemez hőmérsékletének megtartására, homogenizálására szolgál. A 2. ábrán a Coil-box látható működés közben.



2. ábra Coil-box (Előlemeztekercselő)

A hat kvartó elrendezésű állvánnyal rendelkező folytatólagos készsor 1,2 – 18 mm vastag és 800 - 1540 mm széles szalag hengerlésére alkalmas. A készsoron működő vastagságszabályozó rendszer a melegen hengerelt termékek méretpontosságát garantálja.

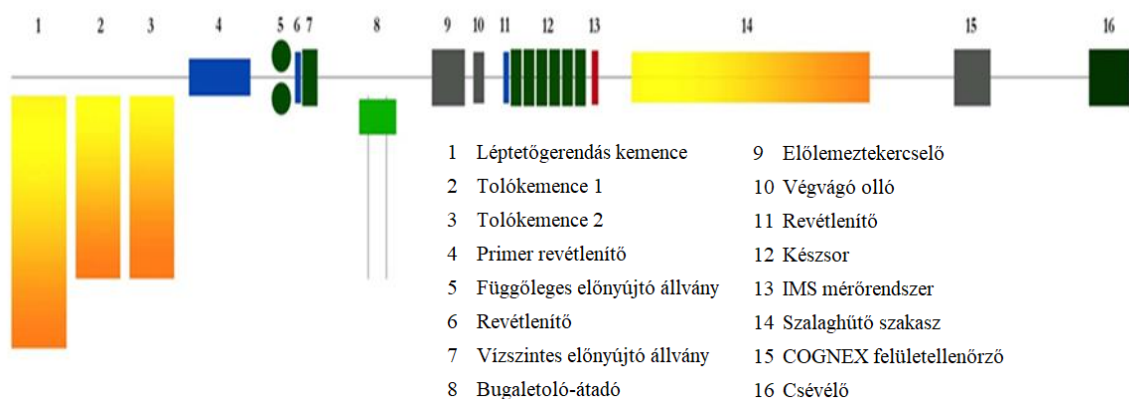
A készsoron működő állványközi, illetve a készsor utáni elvezető görgősorra telepített lamináris szalaghűtő rendszer a melegen hengerelt szalag hőmérsékletének szabályozásával járul hozzá a nyerstekercsek megfelelő mechanikai tulajdonságainak kialakításához.

A kifutó szalag geometriai mérésére szolgál egy IMS mérőberendezés, ami rögzíti a szalag paramétereit, szélességet, középvonali vastagságot és a szelvényalakot, valamint felületi hőmérséklettérképet készít. A kihengerelt szalag felületét a kifutó görgősorra telepített automata COGNEX felületellenőrző egység vizsgálja.

A szélesszalagok végül egy 25 tonna vagy egy 35 tonna befogadó képességű csévéelővel kerülnek felcsévélésre. Az előállított melegen hengerelt nyerstekercsek több mint fele a hideghengerműi pácolósorra és a lemezalakítóműbe kerül további feldolgozásra. A nyerstekercsek fennmaradó része tábla, vagy szélesszalag formájában — sima vagy mintázott felületi kivitelben — kerül értékesítésre.

Az úgynevezett szélesszalag hengersoroknak eleget kell tenniük a feldolgozóipar tömegtermelési követelményeinek. A melegen hengerelt szélesszalagokkal szembeni követelmény, hogy a szalag teljes hossz és keresztmetszetén a szélesség, vastagság, szelvényprofil méretszórása minimális legyen, a termék homogén mechanikai tulajdonságokkal rendelkezzen, a felület hiba és behengerelt revétől mentes legyen. A technológia egyik legnagyobb kihívása, hogy az

egyre vékonyabb melegen hengerelt lemezvastagsági igényt biztosítani tudja, megfelelő gyártási gazdaságosság, és a meglévő technikai eszközök mellett. Az Liberty Dunaújváros meleghengerművének felépítését a 3. ábra mutatja be.



3. ábra Az Liberty Dunaújváros Meleghengerművének felépítése

A hengerléshez szükséges adatok halmazát (sebesség, hengerrés, terhelés, áramfelvétel) szűrastervnek nevezzük. Szűrés a munkadarab egyszeri áthaladása a hengerek között. A szűrasterveket - a bramma tulajdonságait és a késztermék adatait figyelembe véve - automata rendszer készíti. Hengerlés során a rendszer figyelemmel kíséri a szalag hőmérsékletét, vastagságát, szélességét és automatikusan elvégzi a szükséges szabályzásokat, változtatásokat. Ennek következtében, a mai modern világban egyre kevesebb emberi beavatkozást igényel a meleghengerlés folyamata.

A hengerlést egy előre meghatározott hengerlési program alapján végzik. A program a hengerelhető legszélesebb szalag hengerlésével kezdődik (1540 mm) és a keskeny felé halad. Egy teljes hengerlési programot garnitúrának nevezünk. A garnitúra utolsó darabjának kihengerlése után a készsori hengerállványokban munkahenger cserét kell végrehajtani, mivel hengerlés alatt a munkahengerek felülete kopik. A hengerek párhuzamosítása és beállítása után indul a következő garnitúra hengerlése. [2]

1.1. A geometriai méretek mérése és az eltérések típusai

A kihengerelt kifutó szalag geometriai méreteit egy IMS mérőrendszer méri. Röntgensugarat bocsát ki és a lemez sugárelnyeléséből számolja ki a vastagságát. Méri a középvonalban, valamint a szalag minden pontján a vastagságot, melyből a szalag szelvényének alakját képes meghatározni. A szélességet optikai (lézeres) mérési eljárással határozza meg. A mért vastagságot a rendszer visszacsatolja és felhasználja szabályozásra. A szélesség szabályozására

nincsen lehetőség adott darabon belül, a rendszer csak a következő darabnál veszi figyelembe az eltéréseket. Az adatok letárolásra kerülnek a Q-szerveren és a MAR (Mérés Adatgyűjtő Rendszer) rendszerben.

1.1.1. IMS berendezés bemutatása

Az Liberty Dunaújváros Meleghengermű kifutó görgősorára 2014. decemberben került telepítésre az új IMS gyártmányú röntgenes vastagság és profilmérő berendezés LasCon lézeres kontúrméréssel. (4. ábra)



4. ábra IMS berendezés a Meleghengerműben

Az IMS berendezés a röntgensugár áthatoló képességén alapuló vastagságmérés és a lézeres fényforrással megvilágított digitális képalkotás mérési elveit használja fel.

A kezelő szoftver és a kiterjesztett hálózati kapcsolatok jól használhatók a felhasználó által kialakított különböző munkahelyeken. A berendezéssel egy időben került telepítésre a gyártó által szállított „Q-Szerver”, amely a tekercsek mérési adatait nagy biztonsággal és hosszú távon képes tárolni. A megoldás lehetőséget biztosít a különböző szakemberek számára, hogy bármikor adatokat nyerjenek a hengersoron gyártott termékről.

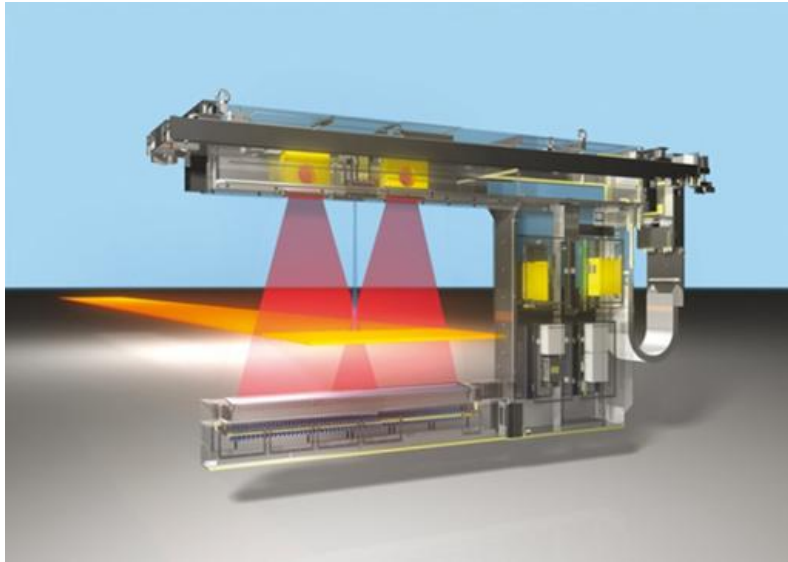
Az IMS és LasCon rendszer lényegesebb funkciói a következők:

Radiometrikus mérések:

- középvonali vastagságmérés,
- vastagság keresztprofil mérése (meghatározása),

- a lemez ékességének és lencsességének mérése,
- a lemezen előforduló spot hibák detektálása,
- lemez szélességmérése.

Az IMS rendszer radiometrikus mérési elvéről ad tájékoztatást az 5. ábra.



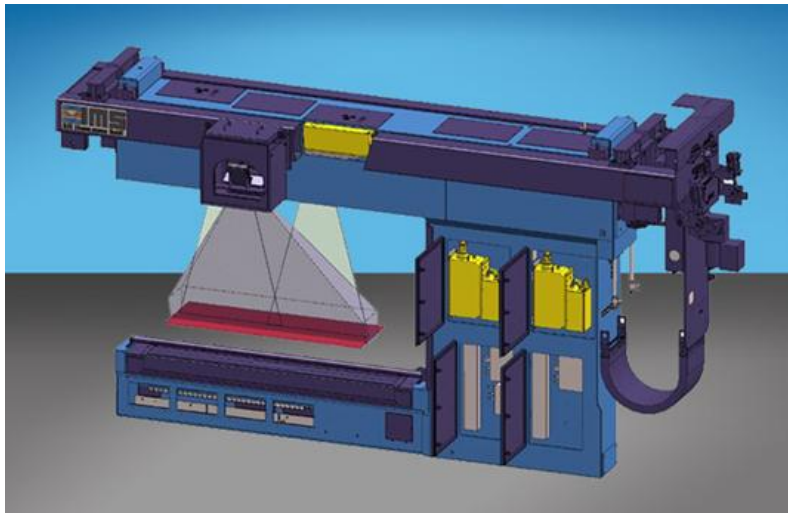
5. ábra IMS radiometrikus mérési elrendezése

Bár a berendezés nem használ nagyszámú mérési csatornát a lemez lehetséges szélessége mentén, de a mérőkeret folytonos keresztirányú lengetésével végig pásztázza azt. A kiértékelő rendszer pedig igyekszik valós képet adni a teljes szélességet jellemző profilról.

Optikai mérések

- lemez optikai szélességmérése,
- a lemez pillanatnyi elhelyezkedésének, hossz és keresztirányú formájának mérése,
- síkkifekvés mérése,
- lézeres sebességmérés,
- Land Scan hőmérsékletprofil mérés a lemezen.

A LasCon rendszer optikai mérési elrendezéséről ad tájékoztatást a 6. ábra.



6. ábra LasCon optikai mérési elrendezése

A korábban is használt acél ötvözési korrekciós számításokat a kémiai elemzések átvételével képes pontosabban számolni. Mivel a funkciók egy rendszerben kaptak helyet ki tudja számolni a pillanatnyi mérési értékek korrekcióját. A beépített hőmérsékletprofil méréssel minden mérési pontban számol a melegen hengerelt acéllemez hőmérséklet dilatációjával. Újdonság, hogy a lézeres kontúrmérés adatai is felhasználhatók a vastagságmérés pontosítására, amelyre azért van szükség, mert a kifutó lemezt nem lehet az elméleti egyenes síkon vezetni. Használata nélkül a térben elmozduló, vagy hullámos lemezmérési pontatlansághoz vezetne.

A berendezés a beépített automatikus és indítható folyamataival képes hosszú távon megőrizni a pontosságát és a kalibrált állapotát. A használata közben folyamatosan változó körülményeket, mint hőmérsékletváltozás, felporzás, páráképződés, automatikusan minden tekercsvég után korrigálja.

A megvalósításra került megoldások lehetőséget biztosítanak a gyártósor további fejlesztése esetén, akár a vastagság, akár a profil, vagy a síkkifejvítés szabályozására.[7]

1.1.2. Az eltérések fő típusai

A méreteltérések bárhol előfordulhatnak a szalagon. Jellemző azonban a szalagok elejének és végének a problémája, ugyanis a szalagok ezen része mindig eltérő hőmérséklettel rendelkezik, szabálytalan alakkal, eltérő egyéb tulajdonságokkal, mint a szalag teljes testrésze. Az MSZ EN 10051:2011-es magyar szabvány megenged bizonyos méreteltérő részeket a szalag elején és végén. A kieső hosszra az alábbi képlet vonatkozik:

$$\text{Megengedhető kieső hossz (m)} = \frac{90}{\text{Névleges vastagság (mm)}} , \quad (1)$$

feltéve, hogy az eredmény legfeljebb 20 m. Ha az eltérés mértéke ennél nagyobb, vagy a szerződés rövidebb kieső hosszt ír elő, akkor a szalag felülbírálat után javításra kerül (a megfelelő szalagrész kivágásával). [3]

A szalag geometriája szempontjából három fő csoportot különböztetünk meg: vastagsági-, szélességi- és szelvényalak méreteltérései. Ezeket a főeltérési típusokat bontom tovább, részletezem kialakulásuk lehetséges okait a rendszerben letárolt grafikonok segítségével szemléltetem a kialakult méreteltéréseket és javaslatokat adok a méreteltérések javítási lehetőségeire.

2. A SZELVÉNYALAK KIALAKULÁSA, MÉRETELTÉRÉSEK

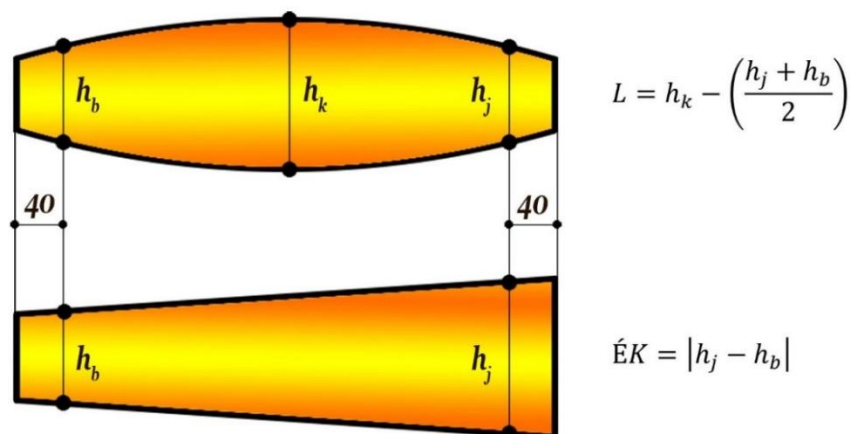
A fémek képlékenyalakítási eljárásai közül a legnagyobb mennyiséget hengerléssel állítják elő. A fémek képlékenyalakítása olyan gyártási módszer, amellyel egy szilárd fémes test alakját egy geometriailag meghatározott más alakra változtatjuk úgy, hogy eközben a test tömege változatlan marad és az anyagfolytonosság nem szakad meg.

Meleghengerlésről beszélünk, ha az alakított darab hőmérséklete az újrakristályosodási hőmérsékletnél nagyobb.

A szalagszelvény alakulása is nagyon sok tényezőtől függ. A befutó szalag (előlemez) szelvénye, a szalag hőmérséklete hossz és keresztirányban, a hengerrés alakja, a henger alakja (kopottsága, hődomborodása), a hengerlési erő, az alakszabályozók működése mind-mind befolyásolja a kifutó szalag alakját. [1] [6]

2.1. Előírások

A szelvényalak a szalag keresztirányú metszetének alakja. A megfelelő szelvényalak szabályos lencsealakú. A szalag szelvényének jellemzésére általában két mérőszám szolgál, ami nem más, mint a lencsésesség és az ékesség. A melegen hengerelt szalagok szelvényalakját különböző lencsésességi és ékességi előírások határozzák meg, amelyek a továbbfelhasználás függvényében más és más értéket határoznak meg. Az ékesség tekintetében a minimumra kell törekedni. A lencsésességre és ékességre nemzetközi és vállalati szabványok adnak meg előírásokat (MSZ EN 10051:2011-es magyar szabvány, DASZ02:2010 hideghengerműi alapanyagokra vonatkozó vállalati szabvány, valamint DASZ 03:2015 Melegen hengerelt sima felületű szélestekercsek és táblalemezek mérettűrései és a méretelőírások alkalmazásának szabályai), valamint szerződések vagy egyéb előírások. A lencsésességet (L) úgy értelmezzük, hogy a középvonali vastagságból kivonjuk a két szélétől 40 mm-re mért vastagság átlagát. Az ékességet (ÉK) úgy értelmezzük, hogy a szalag jobb oldalon a szélétől 40 mm-re mért vastagságból kivonjuk a szalag bal szélétől 40 mm-re mért vastagságot és ennek az abszolút értékét vesszük. A 7. ábra a szelvény geometriájának értelmezését mutatja be. [3][4][5]



7. ábra A szalagszelvény geometriája

A 1. táblázat az MSZ EN 10051:2011-es szabványból kiemelve a lencséségi értékeket határozza meg, míg az 2. táblázatban a DASZ02:2010-es hideghengerműi alapanyagokra vonatkozó szabvány látható, amiben a lencséségi értéken kívül az ékesség értékét is meghatározza. [3][4]

1. táblázat MSZ EN 10051:2011 szabvány szerinti lencséségi értékek

Névleges szélesség	Megengedett lencséségi érték acélkategóriánként (mm)			
	$R_e < 300$ (MPa)	$300 < R_e \leq 360$ (MPa)	$360 < R_e \leq 420$ (MPa)	$420 < R_e \leq 900$ (MPa)
≤ 1200	0,10	0,12	0,13	0,14
> 1200 ≤ 1500	0,13	0,15	0,17	0,18
$1500 <$	0,16	0,18	0,21	0,22

2. táblázat DASZ02:2010 vállalati szabvány szerinti lencséségi és ékességi értékek

Névleges szélesség (mm)	Lencséségi (mm)			Ékességi (mm)	
	$R_e < 340$ (MPa)	$R_e \geq 340$ (MPa)	Szalaghorganyzóra	$R_e < 340$ (MPa)	$R_e \geq 340$ (MPa)
< 1200	0,02-0,05	0,02-0,06	0,04-0,10	$\leq 0,03$	$\leq 0,04$
≥ 1200 ≤ 1500	0,02-0,06	0,02-0,08	0,04-0,12	$\leq 0,04$	$\leq 0,05$
> 1500	0,02-0,08	0,02-0,10	0,04-0,14	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$

2.2. Szalagszelvény kialakulása

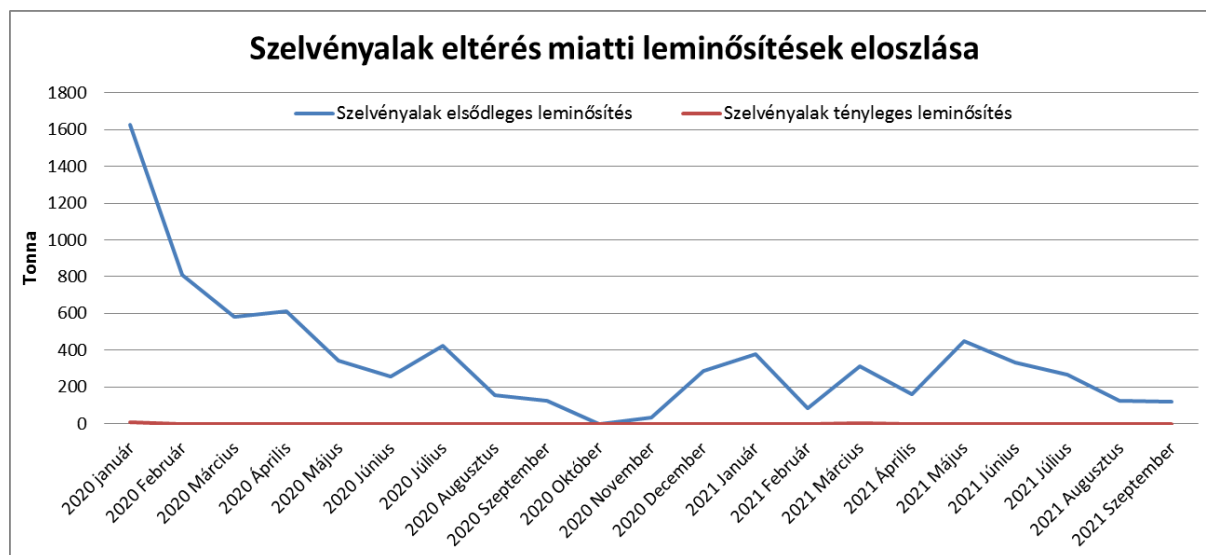
A szalagszelvény alakulása is nagyon sok tényezőtől függ. A befutó szalag (előlemez) szelvénye, a szalag hőmérséklete hossz és keresztirányban, a hengerrés alakja, a henger alakja

(kopottsága, hődomborodása), a hengerlési erő, az alakszabályozók működése mind-mind befolyásolja a kifutó szalag alakját. [1] [2]

A hengerelt szalag tulajdonságait több tényező határozza meg, mint például a bugák keresztmetszeti profilja, az előlemez szelvénye és az előlemez szelvényhibái, valamint a gyártandó szalag keresztirányú hőmérséklete. A köszörült alapdomborítás minősége és mértéke elsősorban a támhengereknél és a munkahengereknél jelentős. A hengerek hődomborodása számos faktortól függ, többek között attól, hogy a henger hányadik darab a cserétől, mennyi hőt vett fel, továbbá a hengerlési ütemtől, követési időtől, esetleges melegítés meglététől és a hengerhűtés minőségétől. A hengerek kopását befolyásolja a kihengerelt szalaghossz, a kihengerelt hossz azonos szélességből, a hengerelt szalag anyagminősége, valamint a hengerek anyagminősége. A hengerek kihajlása a hengerlési erőtől, a hengerátmérőtől és a hengerek anyagminőségétől függ. A hengerek belapulása szintén a hengerlési erőtől és a henger anyagminőségétől, valamint annak keménységétől függ. Az alakszabályozók működése, különösen a hengerhajlító rendszer működése, szintén jelentős hatással van a folyamatokra. [9] [10]

2.3. Szelvényalak problémák

A szelvényalak leminősítésekről statisztikát készítettem a 2020 január 1. és 2021 szeptember 30. közötti időintervallumban (8. ábra).

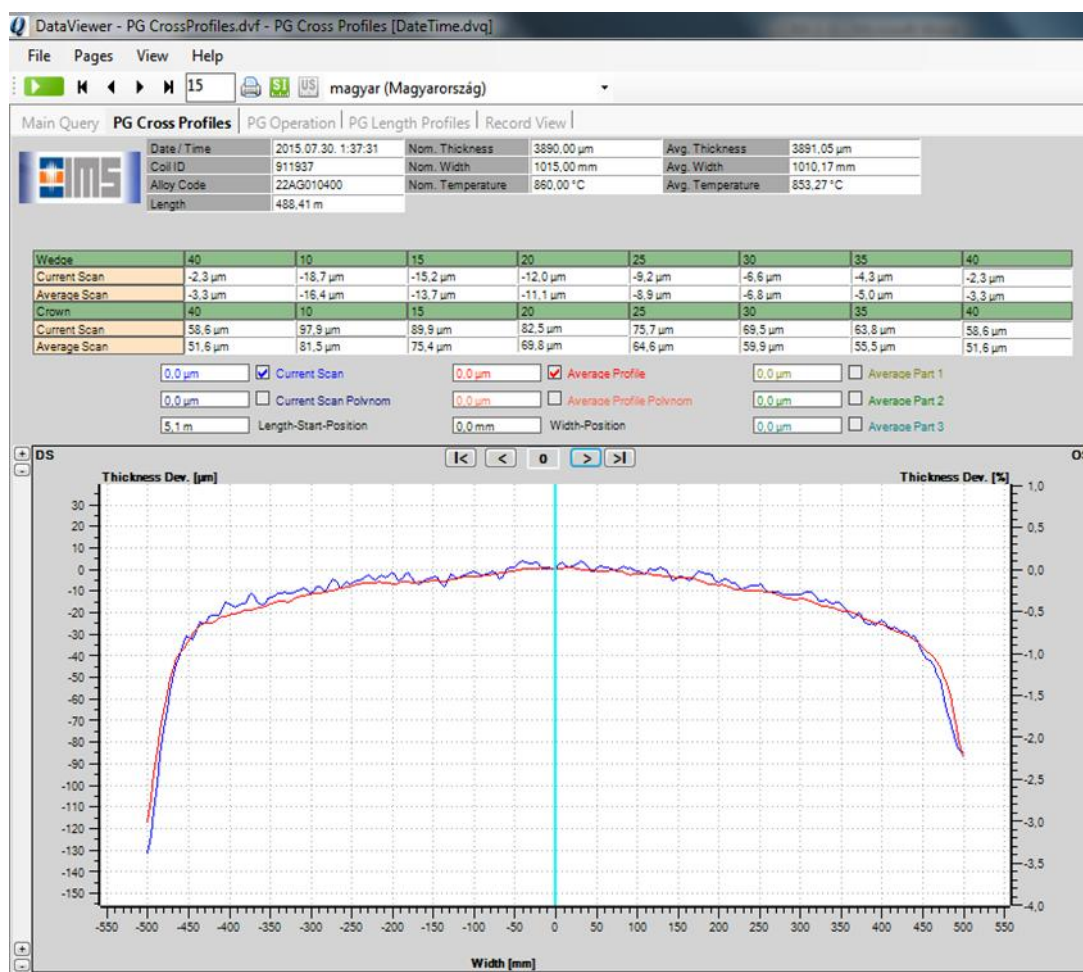


7. ábra Szelvényalak eltérés miatti leminősítések eloszlása

A szelvényalak méreteltéréseinél egy érdekesség figyelhető meg, mely szerint a tényleges leminősítés mértéke szinte nulla.

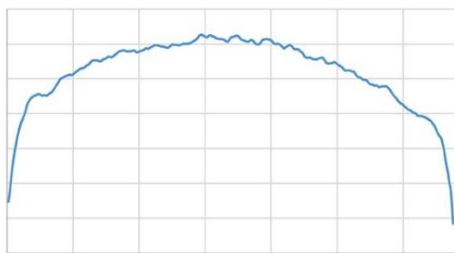
A vizsgált időszakban az elsődleges leminősítések az össztermelésnek csak a 0,415%-a (7485,994 tonna). Összehasonlítva a tényleges leminősítéssel, ami csak 0,001%-ot (11,741 tonna) tesz ki, de ez nem azt jelenti, hogy nem lehet javítani rajtuk a tűréson belül is. A 2021-es évre a megítélt határ 0,001% a leminősítések tekintetében.

A 9. ábrán egy hengerelt szalag szelvényalakjának a paraméterei láthatók, ami az IMS mérőberendezéshez kapcsolódó Data Viewer – PG Cross Profiles szoftver segítségével rajzolódik ki. Fel van tüntetve az adott szalagra jellemző minden paraméter (dátum, tekercsszám, méret, mért adatok, stb.)

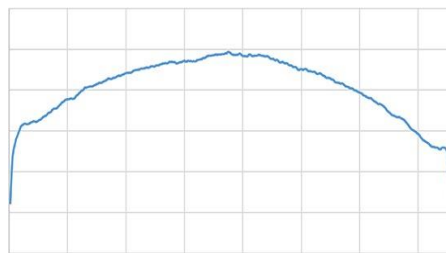


8. ábra Data Viewer – PG Cross Profiles képernyő – szelvényalak megjelenítése

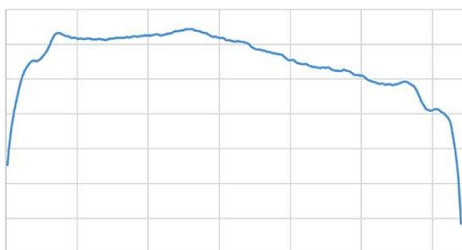
A korábbi mérések és a jelenleg üzemelő IMS szelvénymérő berendezés mérései alapján a Liberty Dunaújváros Meleghengerművében a 10. ábrán látható, jellemző szelvényalakokkal találkozunk.



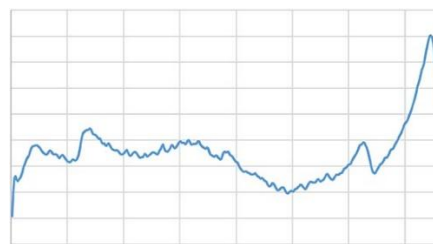
Normál lencsealak



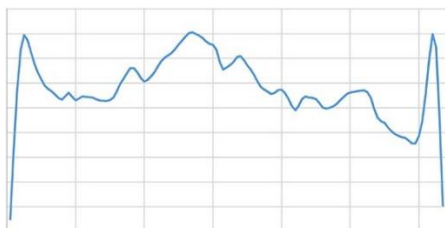
Normál lencsealak enyhe vállal



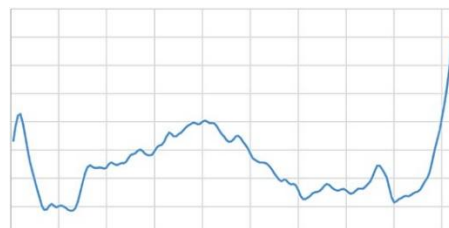
Ékes szelvény



Negatív lencse + ékesség



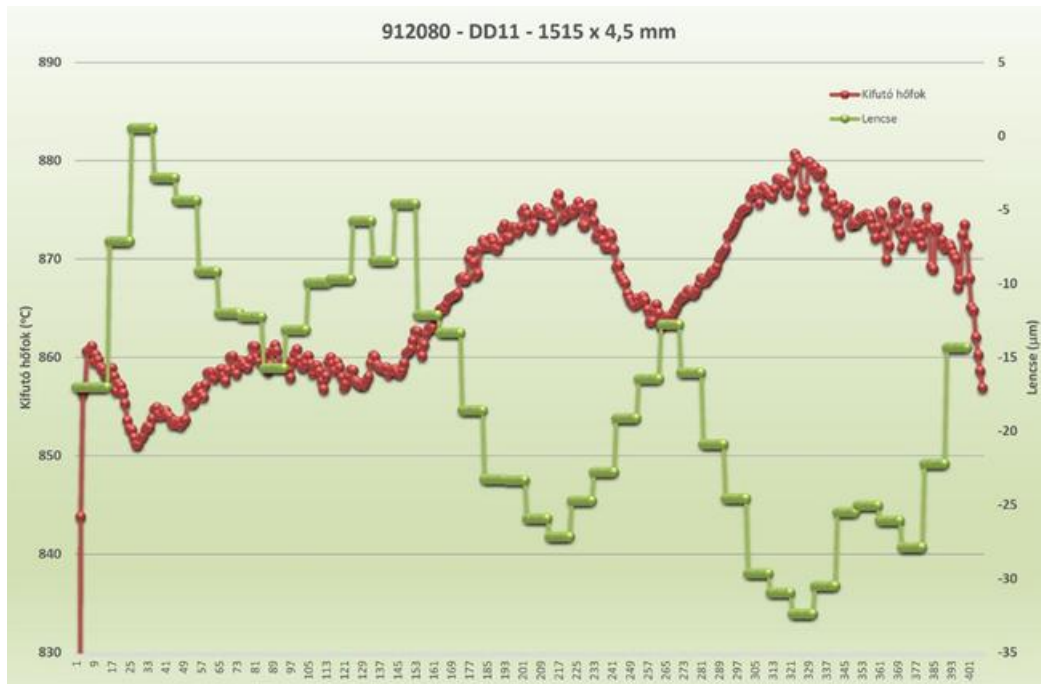
Durva „szélcsücsök”



Negatív lencse, durva „szélcsücsökkel”

9. ábra Meleghengermű szalagsoron előforduló szelvényalakok

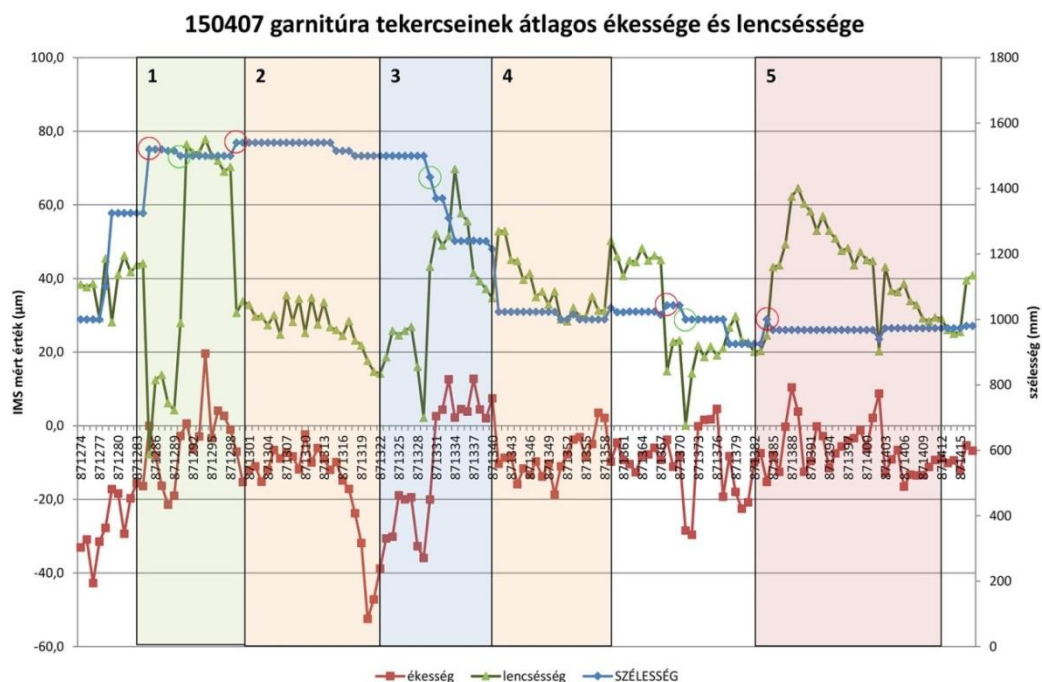
A szalagon belül is gyakori a lencséség értékének az eltérése. Egy jellemző példát mutat a 11. ábra.



10. ábra A kifutó hőfok és a lencsesség összefüggése

Látható, hogy a lencsesség alakulása erősen hőfokfüggő. A tolókemencéből eredő „sínesség” a terméket végig követi a gyártás során. A kifutó hőfokot tekintve elmondható, hogy 10 °C változás, akár 0,01 mm lencsesség változást is tud okozni.

Ezekon kívül a szelvényalakot befolyásoló tényező lehet, az adott garnitúrán belüli elhelyezkedés is. Ezt mutatja be a 12. ábra.



11. ábra Egy hengerlési garnitúrán belüli szalagok átlagos lencsesség és ékekessége

A diagramon látható, hogy a szelvény jellemzésére szolgáló lencsesség és ékesség értékek jelentősen változnak a hengerlési garnitúra folyamán. A diagramban kiemeltem 5 fő területet, mivel feleslegesnek tartom az egész garnitúrát egyben vizsgálni, ugyanis a hengerelt méretek és minőségek nagymértékben eltérnek egymástól.

Amikor ugyanazon minőségű és méretű anyagot egymás után hengerlünk, azonos körülmények között folyamatosan csökken a lencsesség, mivel a hengerek bemelegedésével annak hőbomlása nő.

A rossz szelvényalak továbbfeldolgozás során okozhat problémákat. Például hideghengerlés közben egy ékes szelvény anyagvezetési problémákat, az egyenlőtlen keresztirányú vastagság-lefutás egyoldali, kétoldali vagy helyi hullámosodást eredményezhet, mely nem kívánatos jelenség.

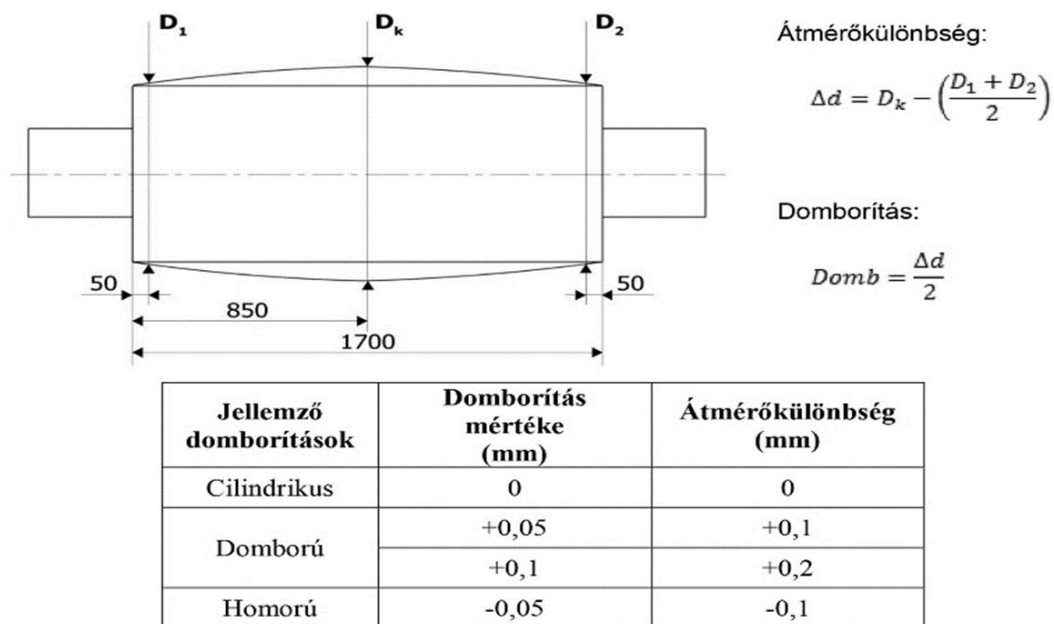
Minden esetben a normál lencsealak a kívánatos. Két fontos továbbfeldolgozási célt emelnék ki, ahol kiemelhetően fontos a lencsesség csökkentése: lézervágás és lemezalakítás. Lézervágás esetén a kis lencsességgel rendelkező szalag táblalemezzé darabolása közben nagyobb eséllyel egyengethető feszültségmentesen, így lézeres darabolás közben elkerülendő a vetemedés. Lemezalakításnál folyóméterben árusított termékeknek kisebb súlya miatt javul a kihozatal, gazdaságosabb.

3. SZELVÉNYALAKKAL KAPCSOLATOS BEAVATKOZÁSOK

A szalag geometriai méreteinek mérésére az IMS röntgensugaras mérőeszköz szolgál. Képes mérni a kifutó szalag szélességét, középvonali vastagságát, valamint a szelvényalakot. A szelvényalak alakulásának megismerésére nagy hatással volt a beruházás. A szelvényalak mérése addig mintavételezéssel volt megoldva – szalagból kiemelt keresztvonal mintáján állapították meg a szelvényalakot –, ami egyértelműen nem reprezentálta a teljes tekercset. A beruházás miatt teljes mértékben láthatóvá vált, hogy nem csak tekercsenként, de szalagon belül is könnyen változnak a méretek. Az IMS mérőeszköze a geometriamérések mellett a Converteam szabályozási rendszer felé adatokat küld, biztosítva ezzel a vastagságszabályozást. A szalag-szelvény automata szabályozására jelen pillanatban csak tervek vannak.

Hengerhajlító rendszer beiktatásával finomabban lehet szabályozni a lencsealakat. Különböző igények szerint a pozitív és negatív irányú hajlítással növelni, illetve csökkenteni lehet a lencséséget. Ez a beruházás 2016-ban megvalósult.

Fontos befolyásolási tényező a hengerek köszörült alapdomborításának jósága és mértéke. Alapvetően ez a szelvényalak szabályozásának a hagyományos módja. Egy adott hengerlési erőhöz megfelelő az adott hengerdomborítás, így a hengerlési program legjellemzőbb mérettartományára kell kialakítani. Köszörülés jóságán a megfelelő mértéket és a reprodukálhatóságát értjük. A megfelelő alapdomborítás köszörüléséhez elengedhetetlen a megfelelő köszörű gép. A köszörűgépnek mindig megfelelő műszaki állapottal kell rendelkeznie, erre a megoldás a folyamatos karbantartás. Ezzel fent lehet tartani a megfelelő köszörülési színvonalat. Beruházások keretein belül letelepítésre került egy új Herkules hengerköszörű gép is. Ezek mellett fontos, hogy megfelelő kompetenciával rendelkezzen a köszörűs, valamint folyamatos mérés, visszaellenőrzés lehetőségét biztosítani kell. A henger alapdomborításának értelmezését a 13. ábra mutatja meg.



12. ábra Henger alapdomborítása

Az 1/2017-es utasítás programozási és hengerlési szabályokat tartalmaz, ami a hideghengerműi továbbfeldolgozásra készített tekercsek szélcsücskeinek csökkentésére irányul. Az utasítás alapján hideghengerlési alapanyag kampányban való hengerlésnél kezdésben 1-2 db bevezető méretet kell alkalmazni, majd szünetet kell hagyni, hogy a hengerek hőmérséklete kiegyenlítődjön. Folytatásban kampánnyal megegyező paraméterű, de nem hideghengerműi alapanyagként szolgáló szalagot kell hengerelni, erre szintén a hőkiegyenlítés céljából van szükség. Ez a szabályozás jelentősen csökkentette a szélcsücsök (szélmenti megvastagodás) kialakulásának kockázatát.

4. TOVÁBB FELHASZNÁLÁSI ALAPANYAG LENCSESSÉGÉNEK CSÖKKENTÉSE

A szalagprofil hibák megjelenését korábban kifejtettem (2. fejezet). A különböző termékcsoportokra különböző lencséségi előírások vonatkoznak. Ékesség tekintetében a minimumra kell törekedni.

Bizonyos termékeknél a nagy lencsésesség a fontos, más esetekben a határozott és szűk tartományon belüli lencsésesség, és vannak esetek, amikor a minimális lencsésességre kell törekedni. Ez utóbbi esetekben a cél, hogy a szalag minden pontján a lehető legkisebb túréson belül legyen a vastagság. Jellemzően ezeket a szalagokat hasítással dolgozzák fel és a szélső hasítéknak is meg kell felelnie ugyanazoknak a vastagsági előírásoknak, mint a középső hasítéknak. Tipikus ilyen termék a profilgyártási alapanyag.

A profil rendeltetési célú anyagoknál a melegen hengerelt alapanyagok lencsésességének csökkentése a cél annak érdekében, hogy a névleges vastagságot (profil falvastagság) csökkenteni lehessen (az előírt minimum falvastagság irányába), annak érdekében, hogy a hosszra történő értékesítéskor a kihozatalt maximalizálni lehessen.

A lencsésesség, mint előírt méret megvalósulását, annak csökkentési lehetőségeit a Liberty Dunaújváros Meleghengerműben gyártott, profil rendeltetési célú termékeken keresztül vizsgáltam meg.

4.1. Továbbfelhasználási célú termékek lencsésességének vizsgálati lehetőségei

A falvastagság csökkentése érdekében a gyártandó melegen hengerelt szalagok vastagságát kell csökkenteni. A minimum falvastagságot a szalag minden pontján biztosítani kell, így a szalag elején és végén, valamint a széleken is. Melegen hengerelt szalag esetén a fej és lábvég mindig kiesik az előírásokból, azokat vágással el szokták távolítani. A szalag szélein a vastagsági méret a lencséségtől függ, vagyis, hogy hengerlés közben milyen szalagprofilt lehet kialakítani. A szalagprofil kialakítás meglehetősen bonyolult rendszerben lévő változóktól függ. Befolyásolja a hengerek alakja (alapdomborítás, hődomborodás, kopás, kihajlás), a befutó szalag alakja, hőállapota, hengerhajlítók beállítása. A szalagok szelvényét vizsgálva bebizonyosodott, hogy adott méret minőség hengerlésekor meglehetősen eltérő szelvényalakokat kaphatunk akár különböző garnitúrában, akár egyazon kampányon belül, akár a különböző kemencékből érkező daraboknál, sőt egy darabon belül is. Ebben a rendszerben nagyon sok a változó, nem lehet mindent kézben tartani, így a megfelelő szelvénykialakítás reprodukálhatósága erősen kérdéses. Ennek ellenére célszerű megvizsgálni a jelenlegi teljesítőképességet általánosságban a profil termelési célú termékeknél.

A vastagság vizsgálatához ismernünk kell a középvonali vastagságdefiniálást, és a keresztirányú szelvényt, vagy közvetlenül a szél menti vastagságdefiniálást. A szalagok szelvényének, szél menti vastagságának vizsgálatához rendelkezésünkre állnak az IMS szelvénymérő berendezés által mért és rögzített adatok. Segítségével a hengerelt termékekről teljes vastagságtérképet kapunk. Sajnos a nagy mennyiségű adatértékelés nem egyszerű, mivel nincsen közvetlen hozzáférés az adatbázishoz, így sok tulajdonság csak darabról-darabra kérdezhető le. A szalag átlagos szelvényének paraméterei (lencsésesség, ékesség) nem elegendőek a teljes vizsgálathoz. Ezek együtt határozzák meg a szél menti átlagos vastagságot. Mivel a vastagság és a szelvényalak is változik egy szalagon belül, nem elegendő a szalagokat egy átlagértékkel jellemezni. Mindenképpen hossz menti definiálás szükséges a szélekről. A szalag szélén megfelelő távolságban kell a vizsgálatot elvégeznünk, vagyis abban a távolságban, ahol a szélezés nagy valószínűséggel történik. A szélezés mértéke a névleges széltől oldalanként 7-8 mm. Ha rászámoljuk az átlagos szélességrághagyás oldalankénti szintén 7-8 mm mértékét, akkor feltételezhetjük, hogy a szélezés a szalagszéltől kb. 15 mm-re történik. Ezen a vonalon kell a vastagságokat vizsgálnunk. A szalag szélétől 15 mm-re mért vastagságdefiniálás értékeit úgy tudtuk produkálni, hogy a rendszerben lévő széltől 40 mm-re mért vastagságokból kivontuk a rendszerben tárolt széltől 15 mm-re és széltől 40 mm-re lévő átlagvastagság különbséget. Így már rendelkezésre állt a szélső hasíték minimális mérete (annak definiálása).

4.2. Méretcsoportok kijelölése

Lekérdeztem a 2021. január 1-től gyártott összes profil rendeltetésű tekercs adatait. Ebből kiválasztottam azokat a méretcsoportokat, melyekből 100 db fölött gyártottak, hogy a vizsgált mennyiség reprezentatív legyen. Ennek eredményeképpen a 3. táblázatban szereplő méretcsoportokkal foglalkoztam.

3. táblázat A vizsgált méretcsoportok

Termék csoport	Vastagság (mm)	Szélesség (mm)	Minőség	Bugaszélesség (mm)	Mennyiség (db)
1	1,90	1092	E235	1150	160
2	3,71	1136	E235	1150	127
3	1,90	1040	E235	1050	124
4	2,80	969	E235	1050	124
5	2,80	1169	E235	1250	104

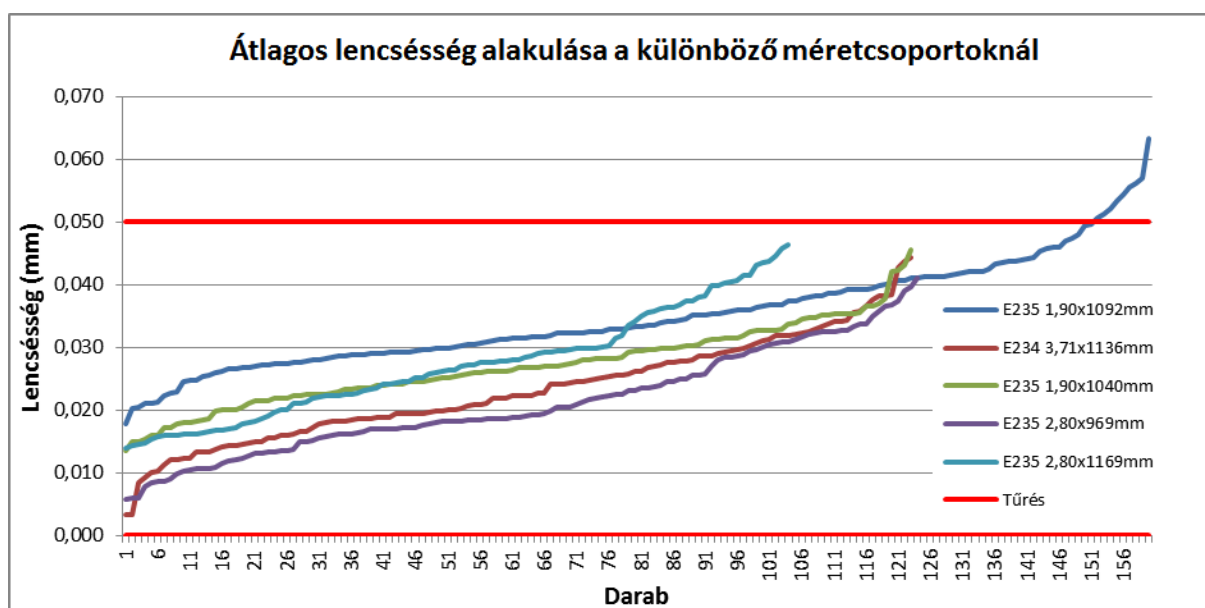
4.3. Megfelelőség vizsgálat

A fent meghatározott termékcsoporthoz célszerűnek találtam megvizsgálni a különböző előírásoknak való megfelelést. Ezen termékeknél fontos előírás a lencsésesség és ékesség, annak érdekében, hogy a szalag szélén is megfelelő legyen a vastagság.

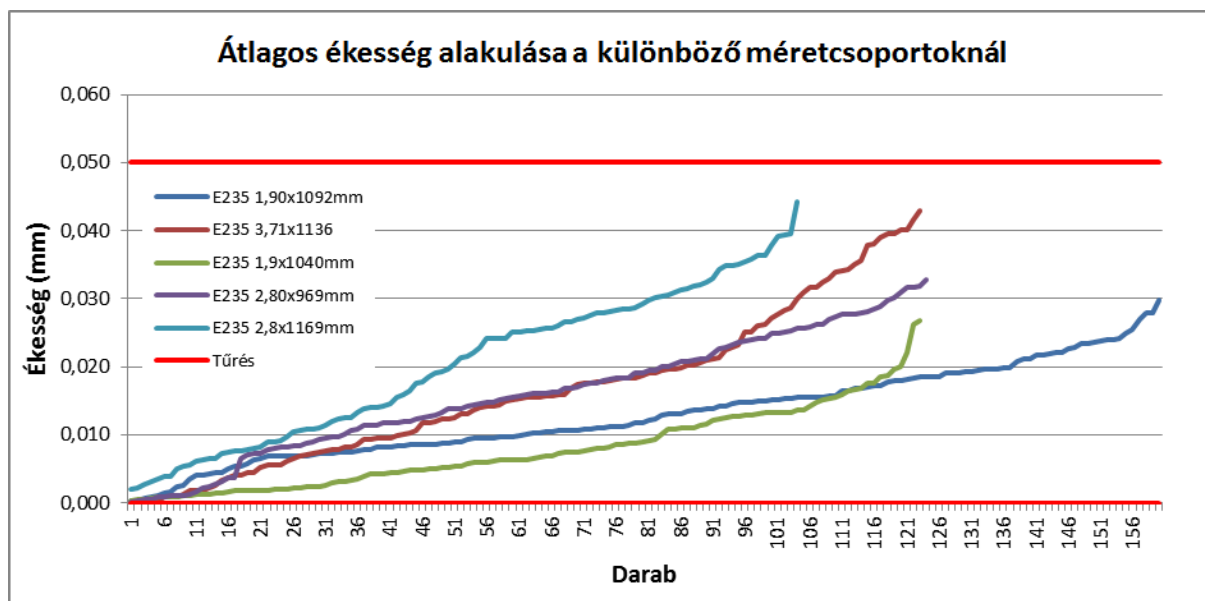
Mivel profil rendeltetési célú termékeknél a lencsésesség minimalizálása a kívánatos, megvizsgálom, hogy a különböző technológiai sajátosságok és paraméterek hogyan hatnak a lencsésesség alakulására.

4.3.1. Átlagos lencsésesség és ékesség alakulása

A 14. és 15. ábra átlagos lencsésesség és ékesség értékeket mutatnak, méretcsoportok szerint.



13. ábra Átlagos lencsésesség alakulása a különböző méretcsoportoknál



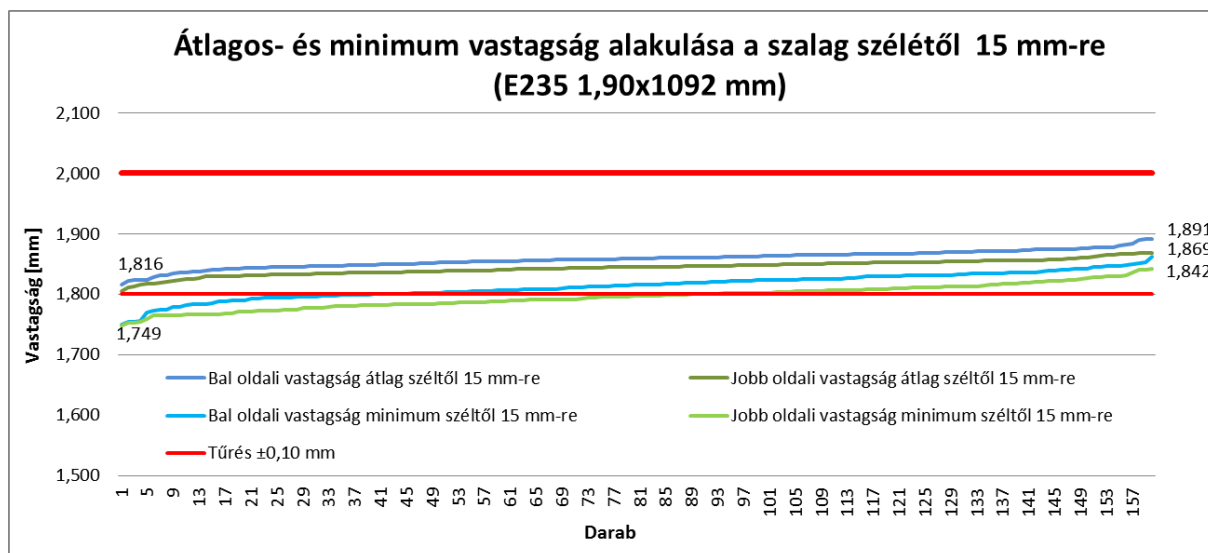
14. ábra Átlagos ékesség alakulása a különböző méretcsoportoknál

A diagramokban a szabványos, széltől 40 mm-re mért vastagságok által meghatározott értékek láthatók. A legnagyobb lencsésesség az E235 1,9 x 1092 mm méretnél látható. Itt néhány darab túl is lóg a megfelelőségi határon. A többi méretnél minden darab az előírásnak megfelelő.

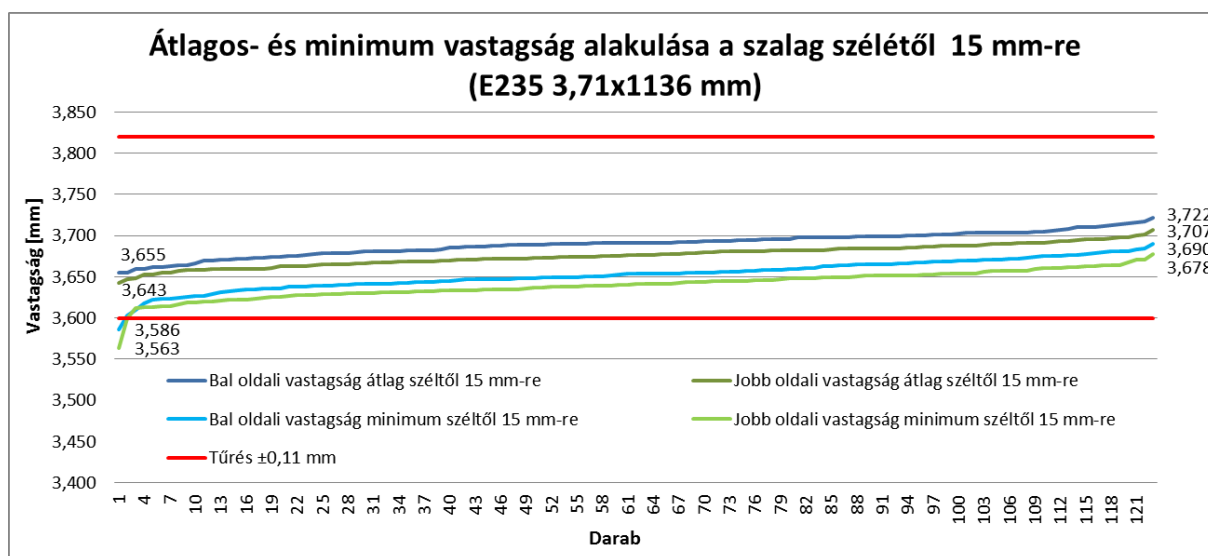
Ékesség tekintetében elmondható, hogy gyakorlatilag minden darab megfelel az előírásnak.

4.3.2. Szalagok vastagságának alakulása széltől 15 mm-re

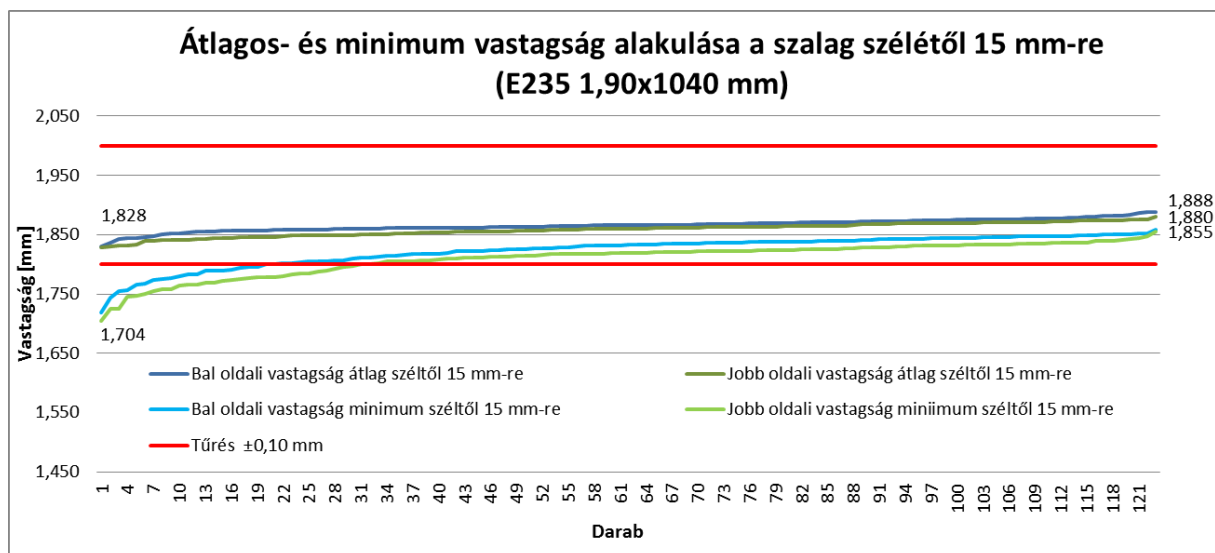
A lencsésesség és az ékesség a középilonali vastagság ismeretében sem mutatja meg egyértelműen a szél menti vastagságot, így profil termelési célú termékeknél fontos megvizsgálni, hogy a szalagok jobb és bal oldalán, a széltől 15 mm-re mért vastagságok hogyan alakulnak (16 – 20. ábrák).



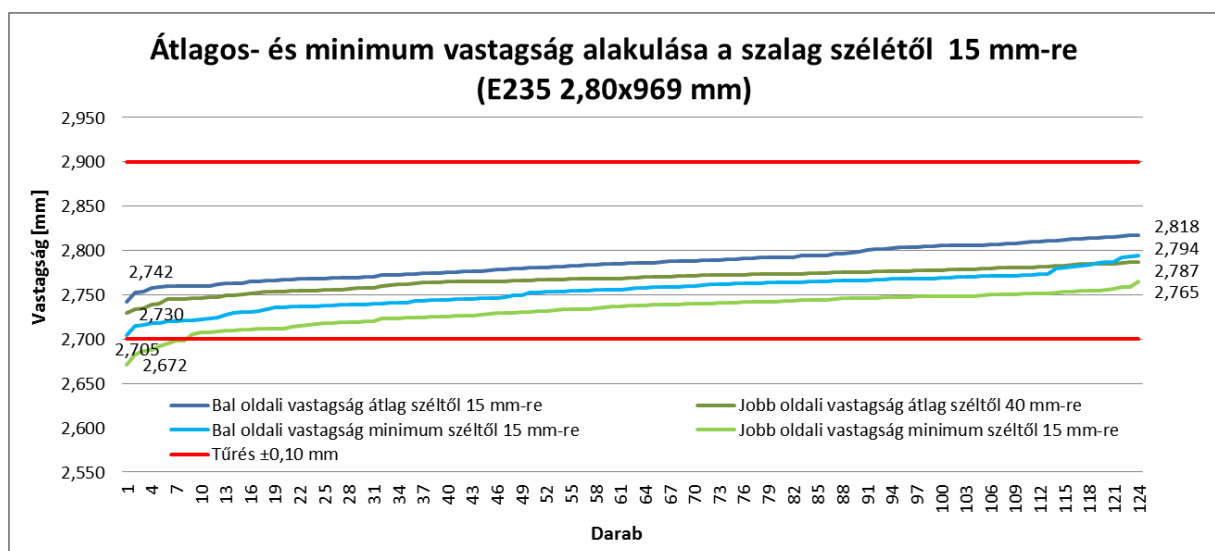
15. ábra Átlagos- és minimum vastagság alakulása a szalag szélétől 15 mm-re
(E235 1,90x1092 mm)



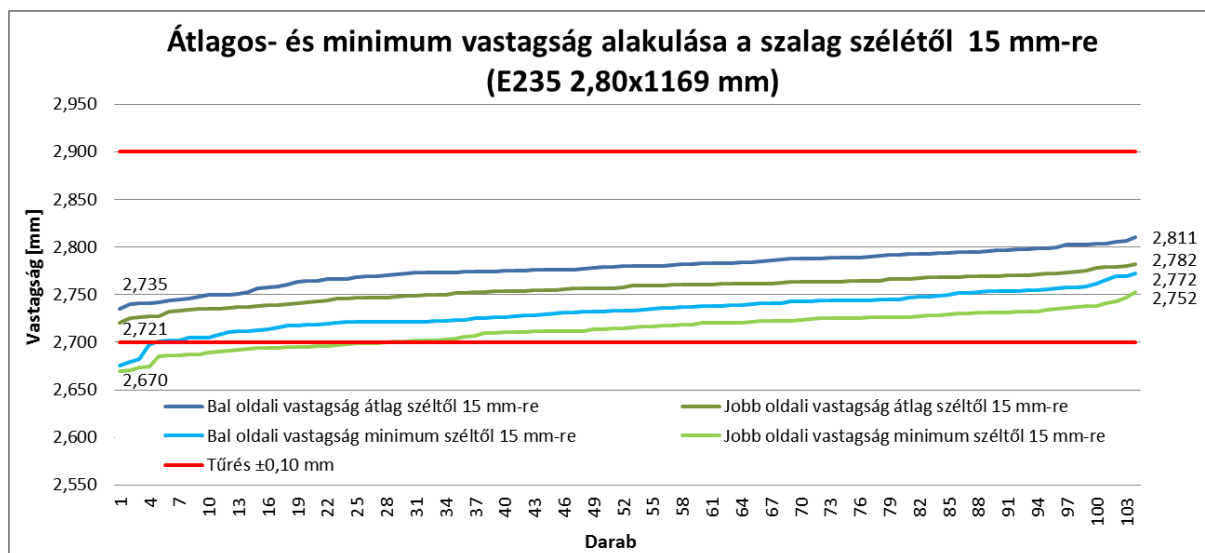
16. ábra Átlagos- és minimum vastagság alakulása a szalag szélétől 15 mm-re
(E235 3,71x1136 mm)



17. ábra Átlagos- és minimum vastagság alakulása a szalag szélétől 15 mm-re
(E235 1,90x1040 mm)



18. ábra Átlagos- és minimum vastagság alakulása a szalag szélétől 15 mm-re
(E235 2,80x969 mm)



19. ábra Átlagos- és minimum vastagság alakulása a szalag szélétől 15 mm-re
(E235 2,80x1169 mm)

A diagramok nem csak a szalagok szélétől 15 mm-re mért vastagságok átlagát, hanem a minimumát is tartalmazza. Ez azért fontos, mert a megfelelés a szalag teljes hosszára előírás, vagyis ha valahol a vastagság minimum kisebb, mint az előírt minimum, akkor a szélső hasíték (de legalábbis annak egy része, amennyiben kivágható) nem fog megfelelni profilgyártásra.

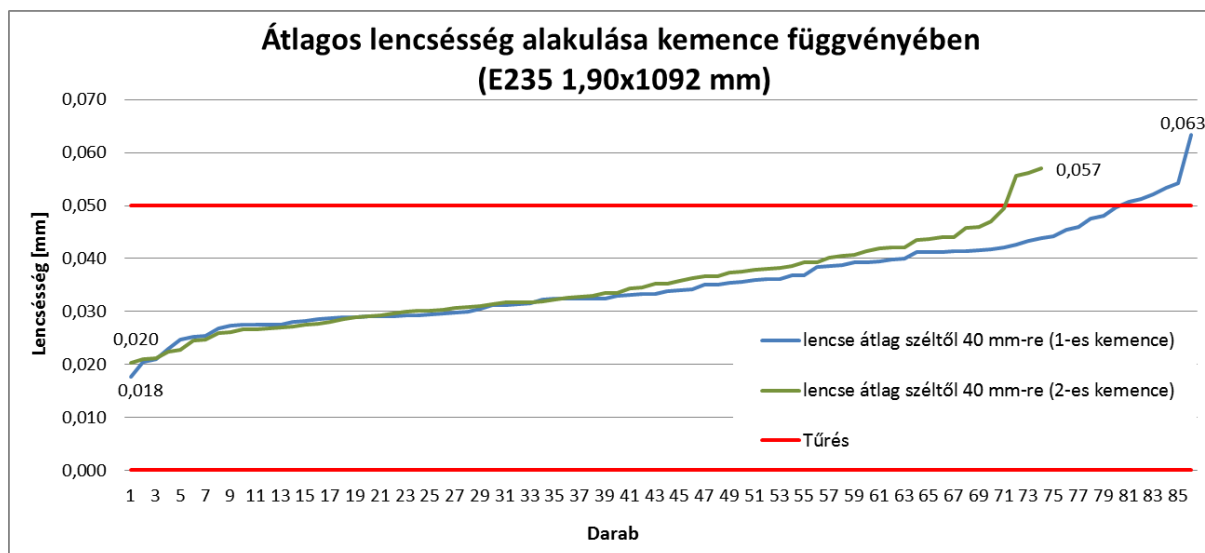
A diagrammokon látható, hogy a szélétől 15 mm-re mért vastagság a vékonyabb anyagok esetében nagyobb arányban nem éri el a minimum vastagsági előírást, mint a kiválasztott többi vastagsági csoport esetén. 3,71 mm vastagságnál csak pár darabnál látható nem megfelelés. Ezek alapján elmondható, hogy a vékonyabb anyagoknál van tennivaló a lencsesség csökkentése érdekében.

4.3.3. Technológiai paraméterek függése

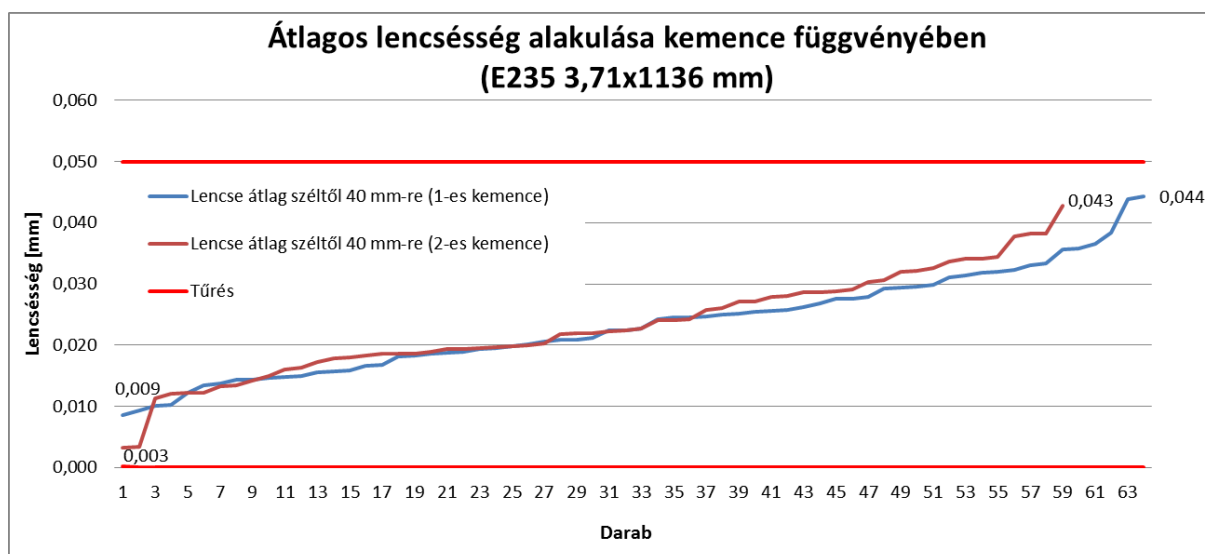
A lencsesség csökkentése érdekében megvizsgáltam, hogy az egyes ható tényezők milyen befolyással vannak a profil termelési célú termékek szelvényalakjára.

Kemencék hatása

Mivel a termékek két külön kemencéből lettek kivéve, meg kellett nézni, hogy a két kemence közötti különbségnek van-e hatása. A vizsgálatot csak két méretcsoportra végeztem el, egy vékony és egy vastag termékre (21. és 22. ábra), mivel a vizsgálat adatmennyisége meghaladta volna a dolgozat terjedelmi korlátait.



20. ábra Átlagos lencsesség alakulása kemence függvényében
(E235 1,90x1092 mm)



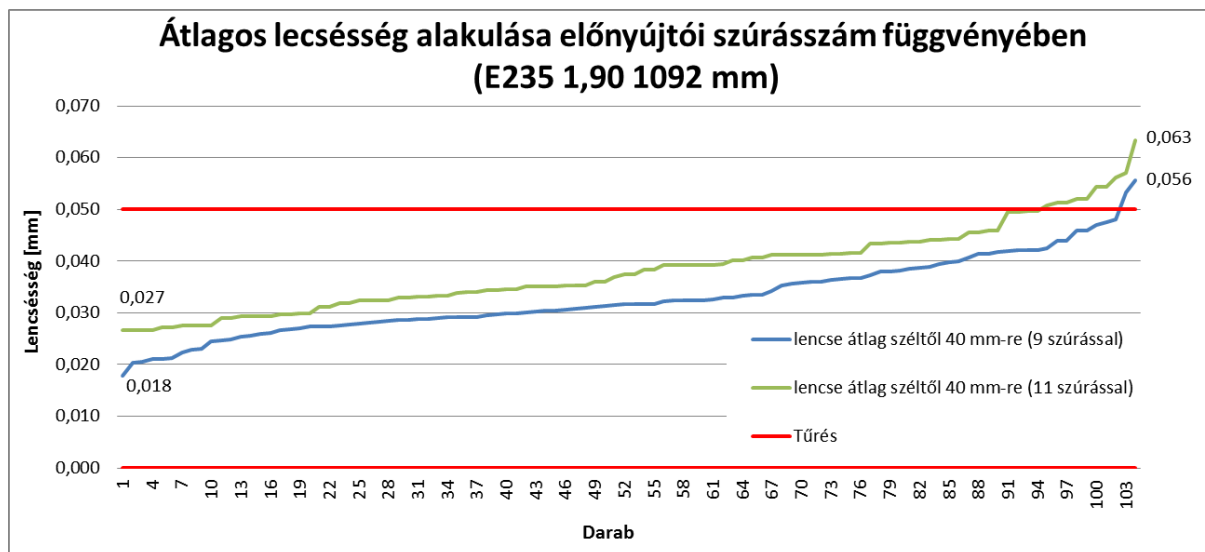
21. ábra Átlagos lencsesség alakulása kemence függvényében
(E235 3,71x1136 mm)

Az ábrákból jól látszik, hogy a kemencéknek nincsen számottevő hatása. A vizsgált időszakban a léptetőgerendás kemence nem üzemelt. Annak hatása valószínű számottevőbb lett volna.

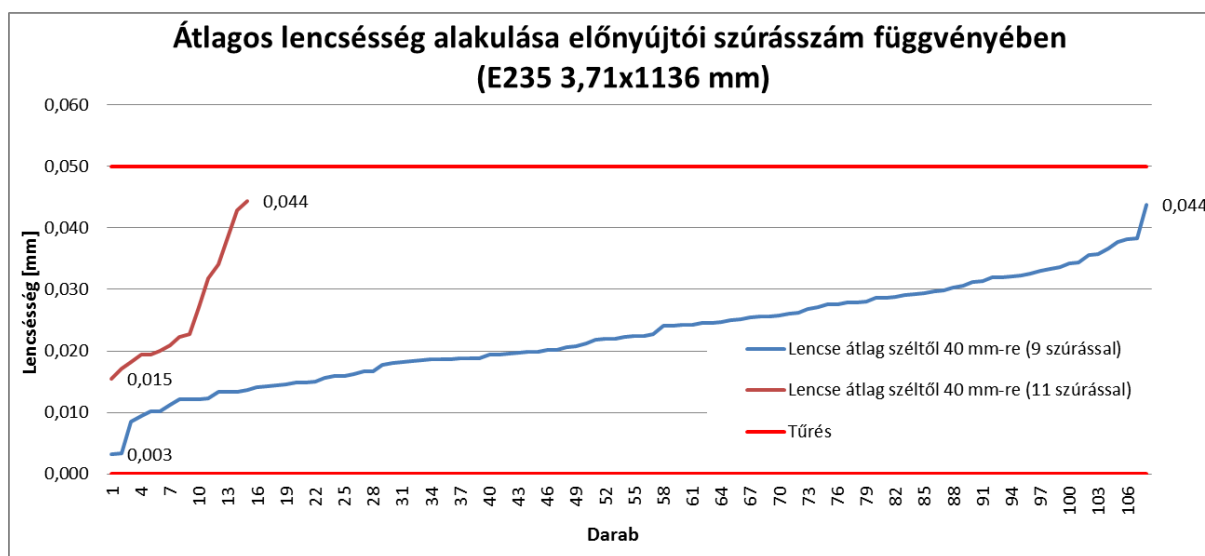
Előnyújtói szűrőszám hatása

Az előnyújtón alkalmazott szűrőszámot több tényező alapján határozza meg az automatizálási rendszer. A fő tényező a szűrőként ébredő erő, ami nem haladhatja meg az erőkorlátot. Az ébredő terhelőerőt több tényező befolyásolja. Ami jelenleg változóként hat, az

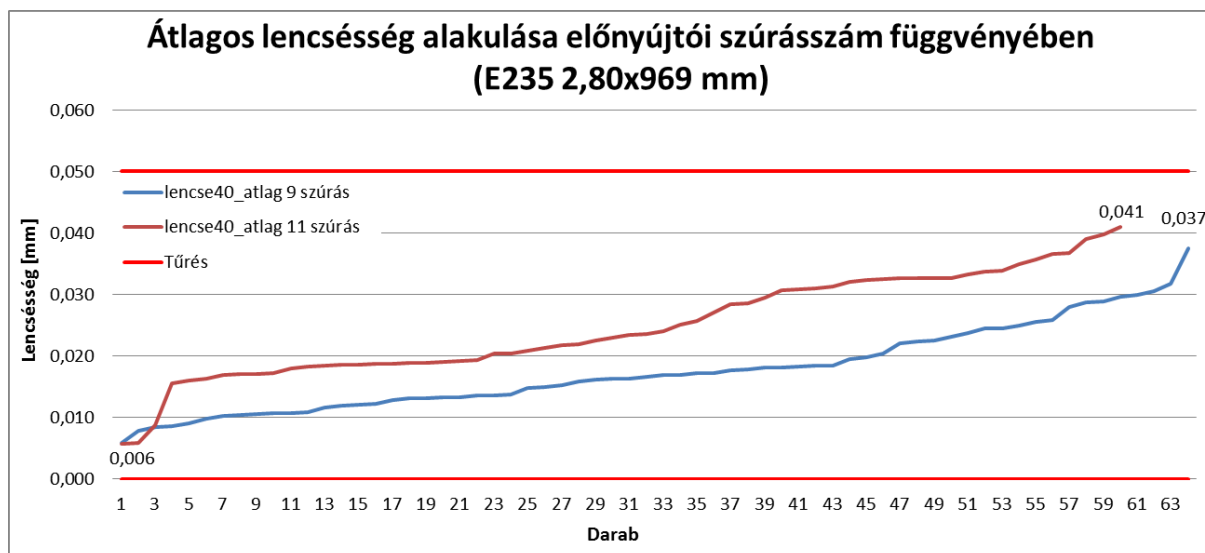
jellemzően a hengerátmérő, illetve a felhevített buga hőmérséklete. A szűrásszám hatása a lencséségre a 23 – 25. ábrákon látható.



22. ábra Átlagos lencséség alakulása előnyújtói szűrásszám függvényében
(E235 1,90x1092 mm)



23. ábra Átlagos lencséség alakulása előnyújtói szűrásszám függvényében
(E235 3,71x1136 mm)

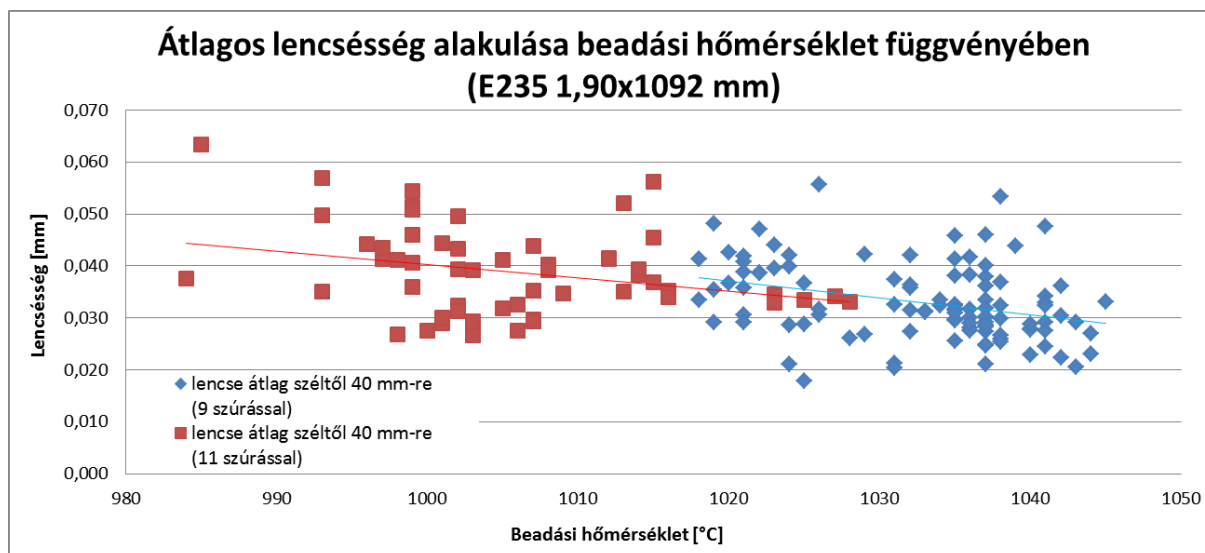


24. ábra Átlagos lencsésesség alakulása előnyújtói szűrősszám függvényében
(E235 2,80x969 mm)

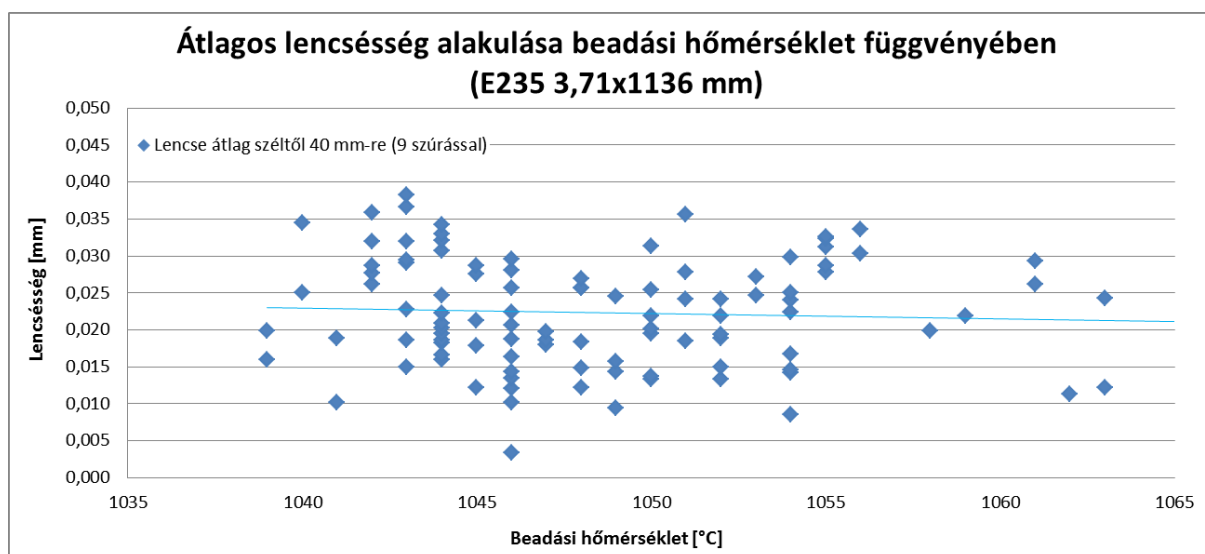
A 3,71 mm vastag termékcsoporthoz kevés 11 szűrősszámú előnyújtás volt, így itt nem lehetett reprezentatíván összehasonlítani a két esetet, azonban megvizsgálva a 2,8 mm vastag tartományt egyértelműen az látszik - megegyezően az 1,9 mm vastagoknál - hogy a szűrősszámtól függ a lencsésesség mértéke. Ez azzal magyarázható, hogy a több szűrő időigénye nagyobb, az előlemez így több hőt tud leadni, a készsori beadási hőmérséklet kisebb lesz, ami a lencsésesség növekedését fogja eredményezni a hengerek nagyobb kihajlása és kisebb hődomborodása okán.

Beadási hőfok hatása

Az előnyújtói szűrősszám vizsgálatánál láthatóvá vált, hogy a beadási hőfoknak van szerepe a lencsésesség alakulásában, ezért megvizsgáltam, hogy ténylegesen milyen a hatása (26. és 27. ábrák).



25. ábra Átlagos lencsesség alakulása beadási hőmérséklet függvényében
(E235 1,90x1092 mm)

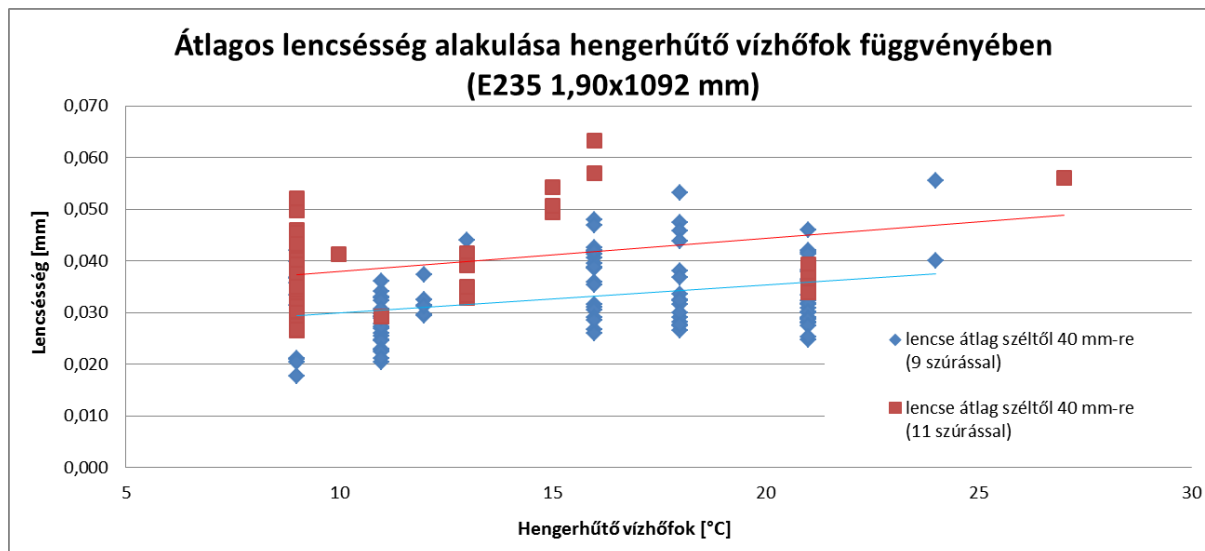


26. ábra Átlagos lencsesség alakulása beadási hőmérséklet függvényében
(E235 3,71x1136 mm)

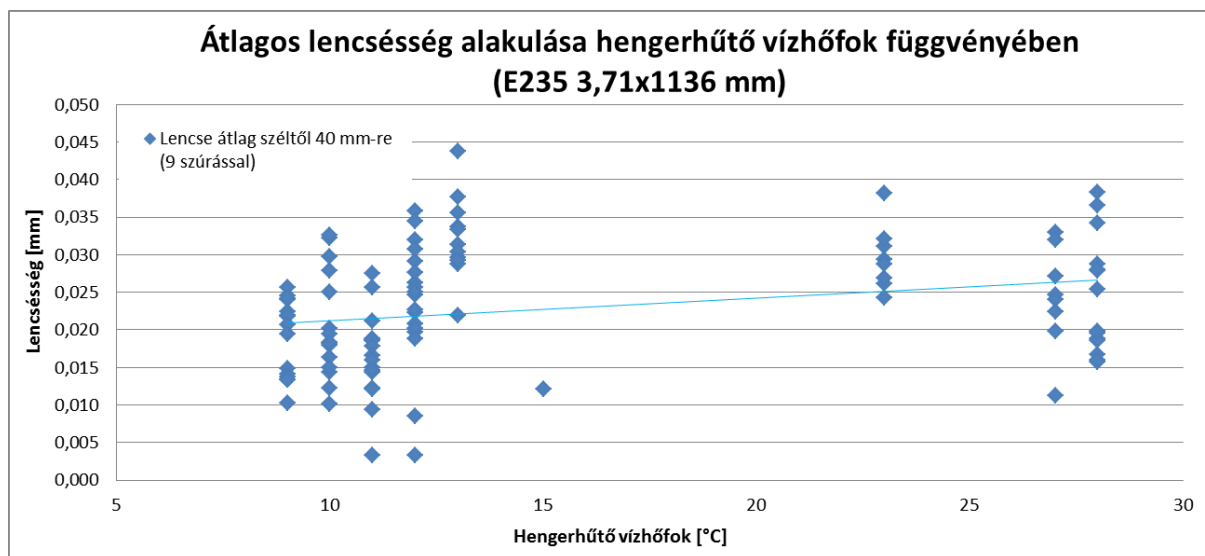
Az ábrákon látszik, hogy a készsori beadási hőmérséklet növekedésével csökkenő tendenciát mutat a lencsesség. A relatíve nagy szórás azt jelenti, hogy több más tényező is befolyásolja a tényleges lencsességet. (A 3,71 mm vastagságnál csak a 9 szúrásos anyagok lettek vizsgálva, mert a 11 szúrásosak mennyisége elenyésző volt).

Hengerhűtő vízhőfok hatása

A hengerek hődomborodását befolyásolja a henger által felvett hőmennyiség, valamint a henger hűtésére használt vízmennyiség és annak hőmérséklete. A vízmennyiség állandó, így a lencséség vízhőmérséklettől való függése vizsgálható (28. és 29. ábrák).



27. ábra Átlagos lencséség alakulása hengerhűtő vízhőfok függvényében
(E235 1,90x1092 mm)



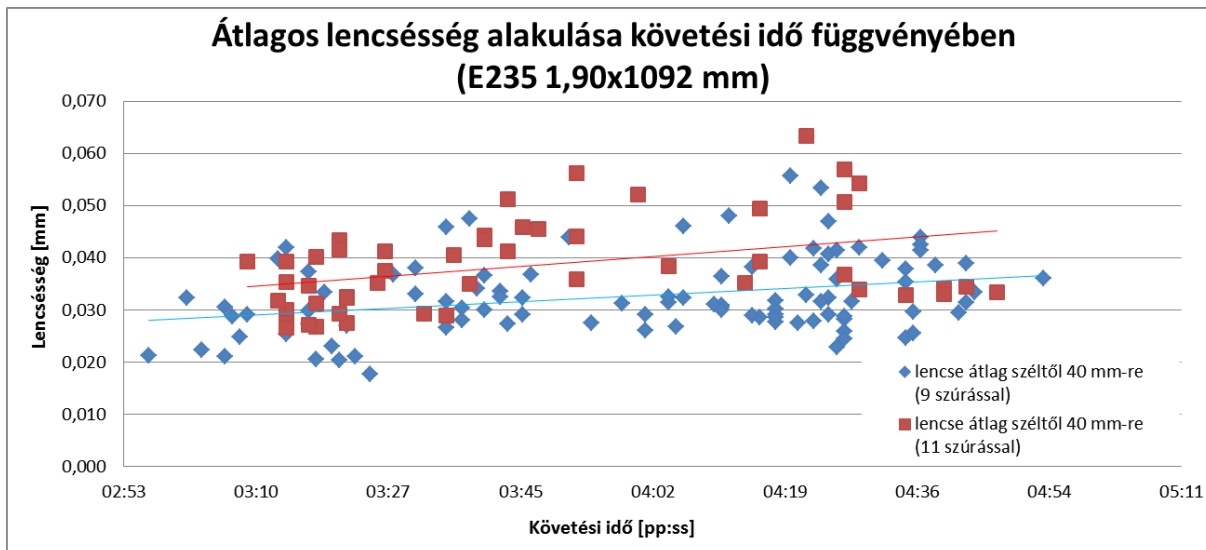
28. ábra Átlagos lencséség alakulása hengerhűtő vízhőfok függvényében
(E235 3,71x1136 mm)

A diagramok azt mutatják, hogy a vízhőfok emelkedésével a lencséség mértéke növekszik, ami ellent mond az elméletnek, vagyis melegebb hűtővíz hatására a henger kevésbé hűl, melegebb marad, ez nagyobb hődomborodást eredményez, ami a lencse érték csökkenését

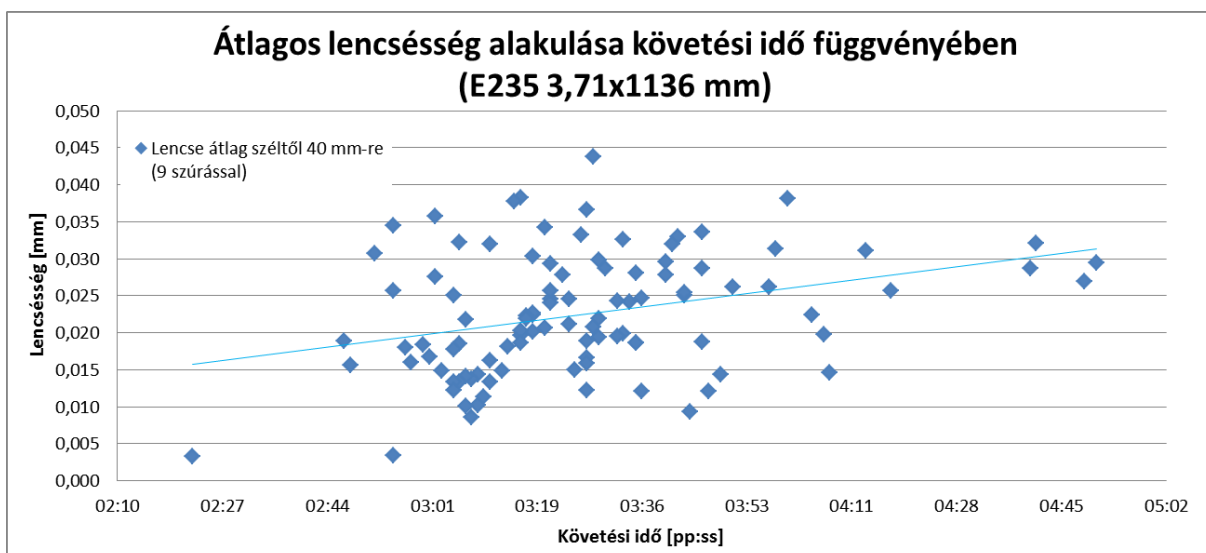
eredményezi. Érdekes a fordított összefüggés. Feltételezhető, hogy a hengerhűtővíz hőfoka önmagában nincsen tényleges, számottevő hatással a lencséségre.

Követési idő hatása

A követési idő is a henger hődomborodásán keresztül befolyásolja a lencséséget. a követési idő csökkenésével a hengereknek kevesebb idejük van hűlni, így hődomborodásuk nagyobb lesz. A követési idő hatása látszik a 30. és 31. ábrákon.



29. ábra Átlagos lencséség alakulása követési idő függvényében
(E235 1,90x1092 mm)

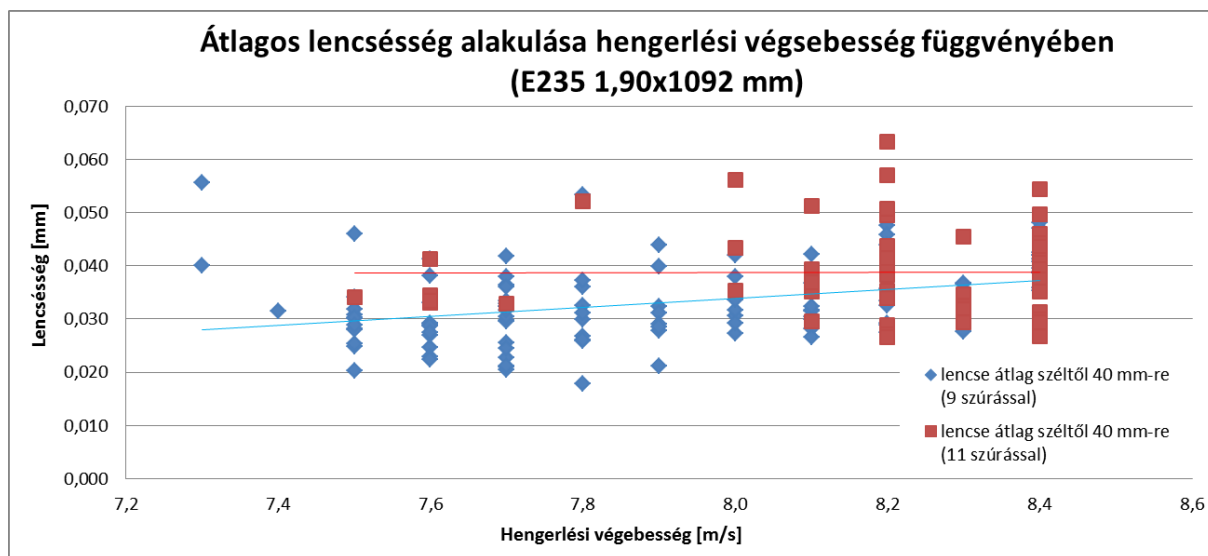


30. ábra Átlagos lencséség alakulása követési idő függvényében
(E235 3,71x1136 mm)

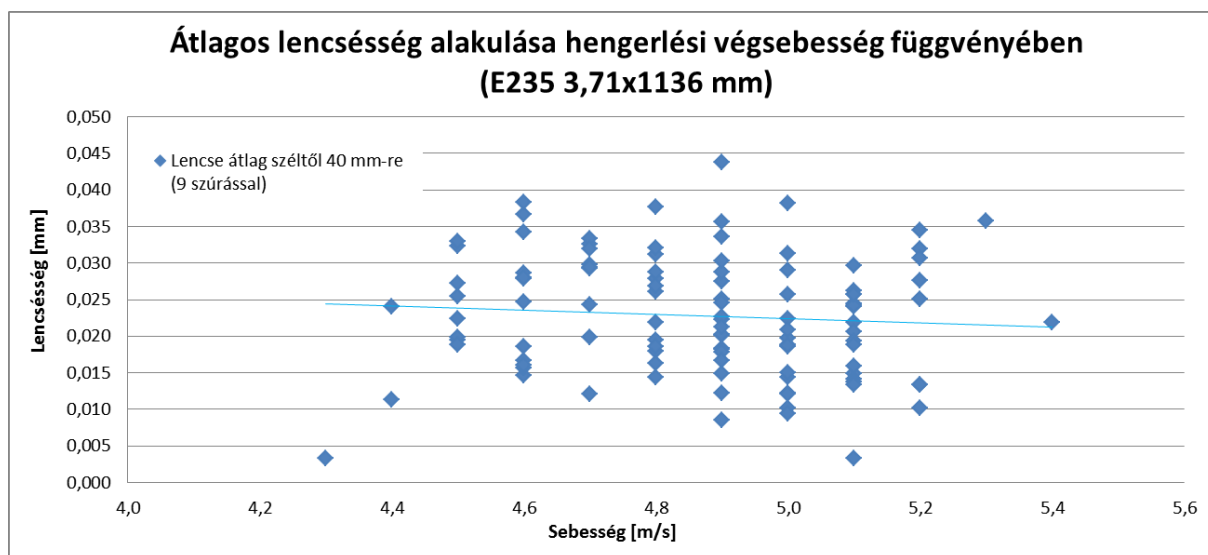
A trendvonal megmutatja mindkét esetben, hogy kisebb lencsét kisebb közidőkkel tudunk elérni. Az adatok szórása meglehetősen nagy, ami azt jelenti, hogy más egyéb tényező is szignifikáns befolyással van a lencséségre.

A hengerlési végsebesség hatása

A hengerlési végsebesség szintén a hengerek hőállapotára lehet hatással, ami szintén megvizsgálandó (32. és 33. ábrák).



31. ábra Átlagos lencséség alakulása hengerlési végsebesség függvényében
(E235 1,90x1092 mm)

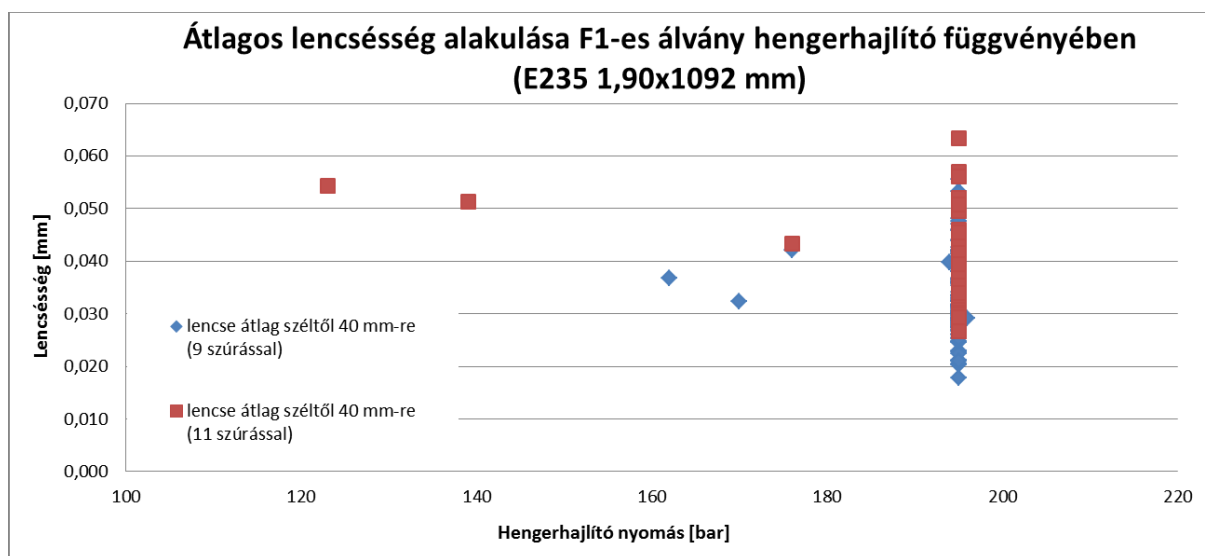


32. ábra Átlagos lencséség alakulása hengerlési végsebesség függvényében
(E235 3,71x1136 mm)

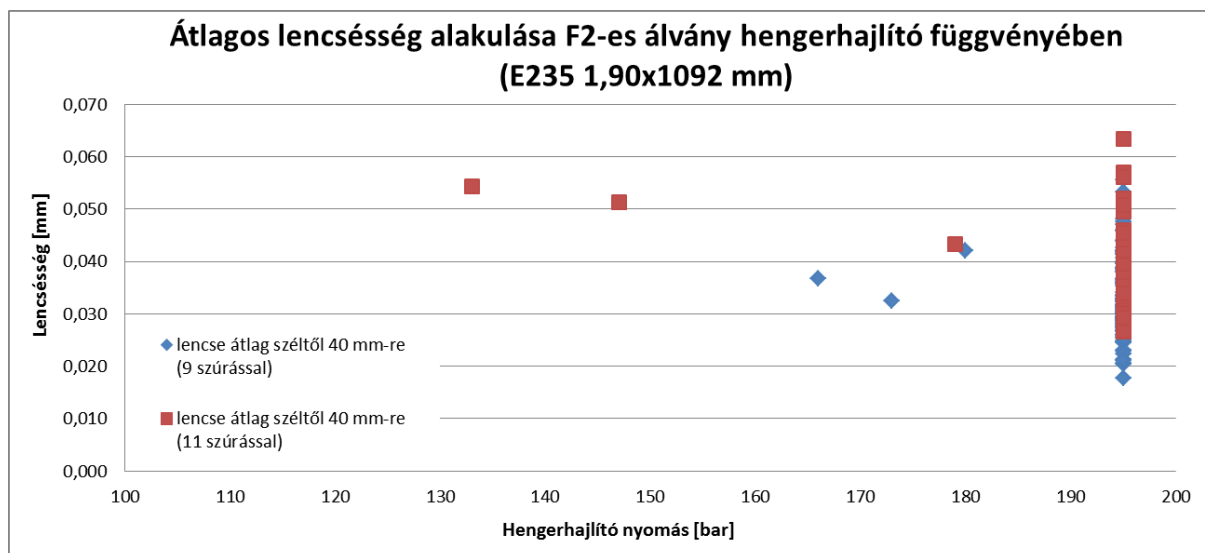
A trendek változatosak és a szórás is elég nagy, így kijelenthető, hogy a hengerlési végsebesség változása nem hat egyértelműen a lencsesség mértékére.

F1-F3 állványok hengerhajlító nyomásainak hatása

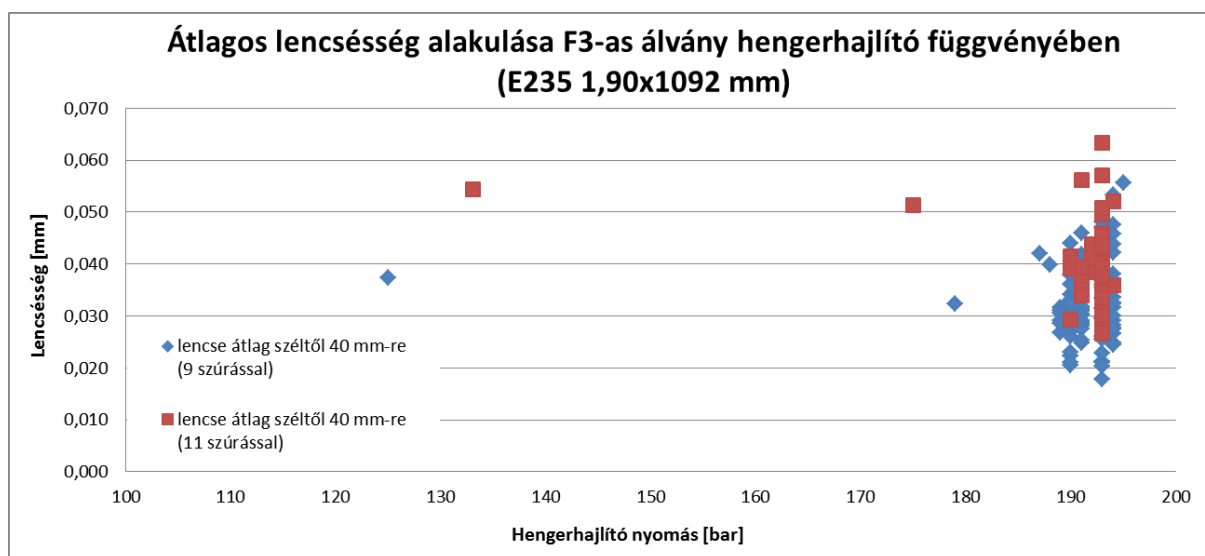
A lencsesség mértékét változtatni a készsoron az F1-F3 állványokon lehetséges. Itt még van keresztirányú anyagfolyás, ami azt jelenti, hogy a szelvény, hullám képződése nélkül módosítható. A későbbi állványokban a hengerhajlító ésszerű alkalmazásával a szalag síkfekvését lehet biztosítani, ott szelvény módosításra már nincsen lehetőség. Ezért célszerű megvizsgálni az alkalmazott hengerhajlító nyomások hatását a lencsesség mértékére (34-39. ábrák).



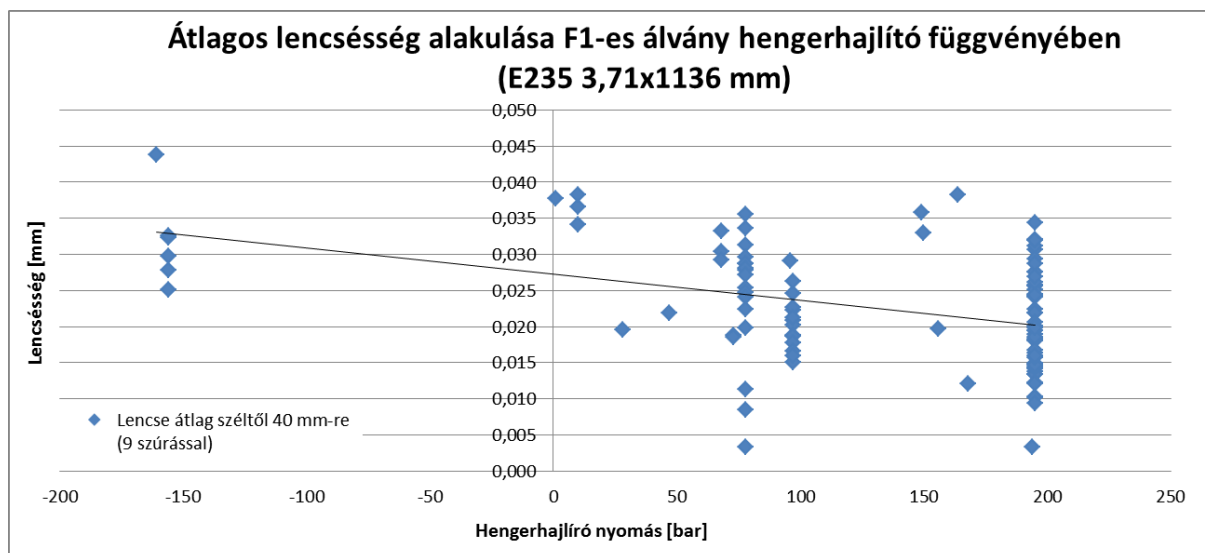
33. ábra Átlagos lencsesség alakulása F1-es állvány hengerhajlító függvényében
(E235 1,90x1092 mm)



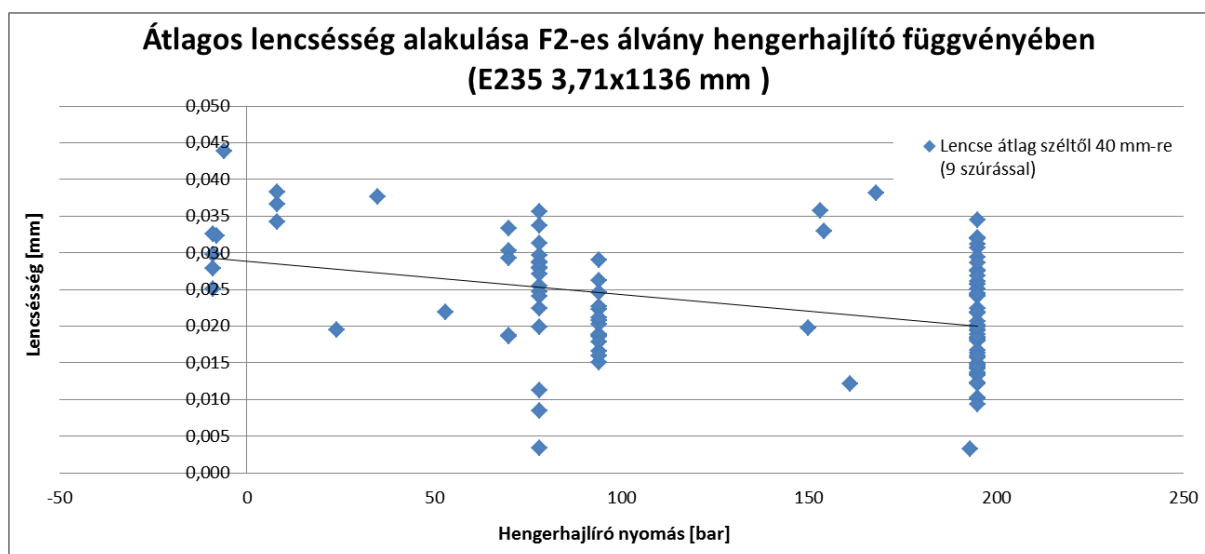
34. ábra Átlagos lencséség alakulása F2-es álvány hengerhajlító függvényében
(E235 1,90x1092 mm)



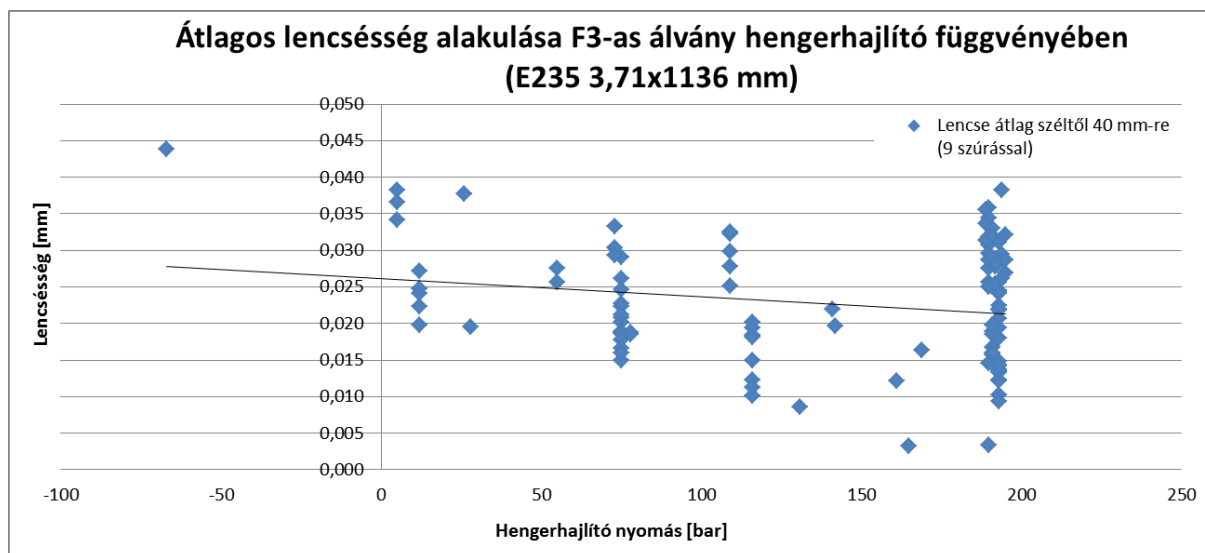
35. ábra Átlagos lencséség alakulása F3-as álvány hengerhajlító függvényében
(E235 1,90x1092 mm)



36. ábra Átlagos lencséség alakulása F1-es álvány hengerhajlító függvényében
(E235 3,71x1136 mm)



37. ábra Átlagos lencséség alakulása F2-es álvány hengerhajlító függvényében
(E235 3,71x1136 mm)



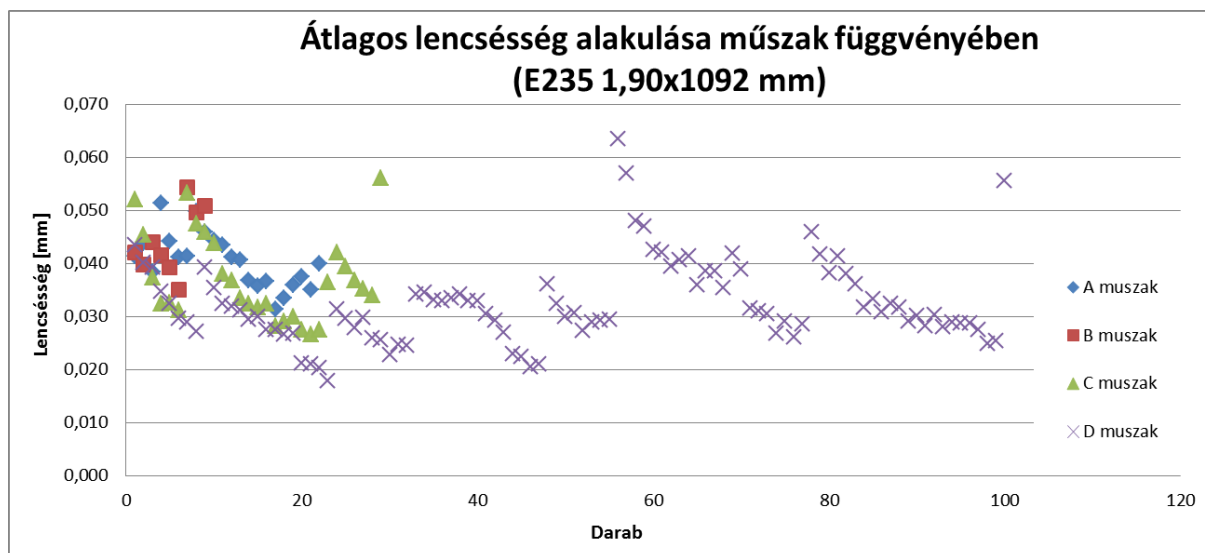
38. ábra Átlagos lencséség alakulása F3-as álvány hengerhajlító függvényében (E235 3,71x1136 mm)

Jól látszik, hogy a vékony szelvénynél a hengerhajlító nyomásokat nagyjából egyöntetűen magas értéken (maximum nyomás körül) tartották, ezzel igyekeztek a lencséséget csökkenteni. Az adatokból egyértelműen látszott korábban, hogy ennek ellenére ennél a szelvénynél a legnagyobb a lencséség. Feltételezhető, hogy más tényező az ami nagyobb hatással van rá.

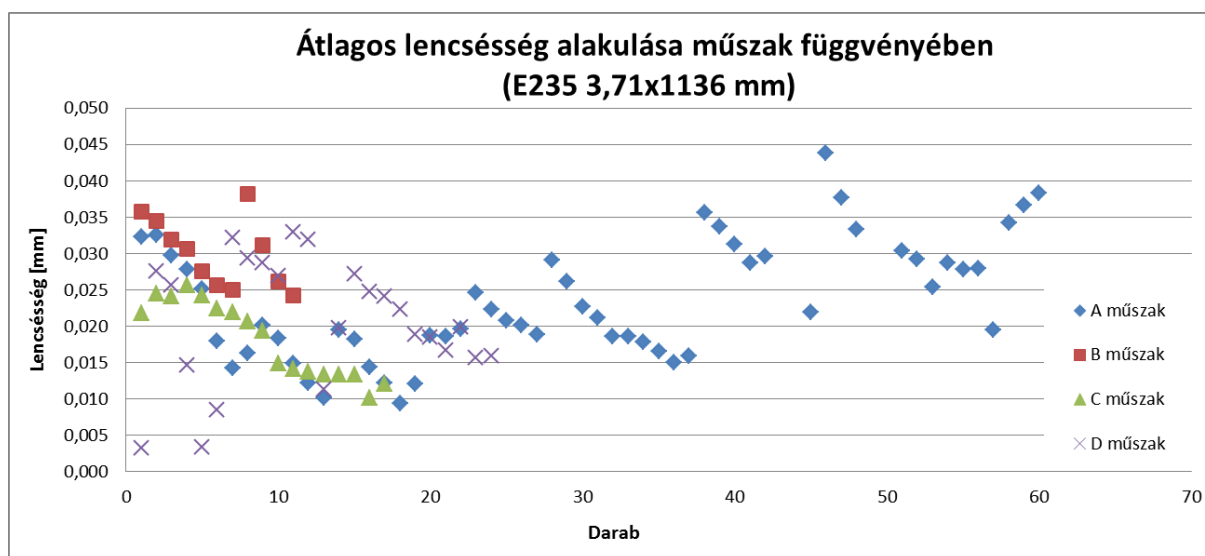
A vastagabb szelvénynél egyértelműen látszanak a trendek, miszerint a hengerhajlító nyomás növelésével a lencséség értékek csökkennek. Úgy néz ki, hogy ebben a vastagságban nagyobb lehetőség kínálkozik a hengerhajlító tudatos használatával a lencséség változtatására (csökkentésére).

Emberi tényező vizsgálata

A hengerlést különböző műszakok, különböző személyek végzik. A hengerészek sok esetben különböző felfogásban hengerelnek, ami hatással lehet a szelvények alakulására is. A különböző műszakokban elért lencséség értékeket mutatja a 40. és 41. ábra.



39. ábra Átlagos lencséség alakulása műszak függvényében
(E235 190x1092 mm)



40. ábra Átlagos lencséség alakulása műszak függvényében
(E235 3,71x1136 mm)

Műszaktól való függést nem lehet megállapítani, ugyanakkor egyértelműen látszik, hogy a hengerlési kampányokon belül a lencséség folyamatosan csökken. Erről bővebben már írtam a dolgozatomban a 2.3-as pontban.

4.4. Javaslatok

A vizsgálatom célja a melegen hengerelt szalagok lencsealakjának csökkentése volt. A Liberty Dunaújváros esetén alapanyagként szolgáló melegtekercs lencséségének csökkentésére azért célszerű, mivel a gyáron belül saját Lemezalakító mű üzemel. Mivel a lemezalakító által

kibocsátott termék értékesítése folyóméterben történik így kedvező a súlycsökkentés irányába mutatóvastagság csökkentés. Valamint a térfogatállandóság elve alapján megnövekedett hosszúság miatt magasabb fajlagos tekercsfelhasználást eredményez.

Első javaslatom a lencsésesség csökkentésére, hogy Lemezalakító mű felé gyártott tekercsek lehetőleg 9, illetve a lehető legkisebb számú előnyújtói szúrással készüljenek, hogy minél magasabb beadási hőmérséklettel rendelkezzen a készsori hengerléshez. Ezt a vizsgálatom is alátámasztja, hogy a beadási hőmérséklet növekedésével a lencsésesség mértéke is csökken.

Második javaslatom a minimális lencsésesség érdekében, hogy kampányban hengerlésnél a lehető legrövidebb követési időt kell alkalmazni. A hengerhűtő szabályozatlan vízmennyisége miatt van szükség, mivel csak a gyors hengerléssel lehet elérni, hogy ne hűljenek túl a hengerek, így a hődomborodás kihasználható.

Harmadik javaslatom vastagabb szalagoknál a hengerhajlító magas nyomásértéken való működtetése. Bár vékonyabb szalagoknál a hatása nem volt látványos, mégis célszerű ezeknél a méreteknél is a magasabb hengerhajlító nyomások alkalmazása.

Negyedik javaslatom bár a vizsgálatból nem egyértelműen következik, de a meleghengerműi hengerhűtő szivattyúk hajtásának átalakítása és ezáltal korszerűsítése lenne. Az IMS rendszerben nagyon jól lekövethető, hogy amennyiben a hengerlés folyamatos vagy kampányban történik, úgy a lencséségi és ékességi adatok csökkenő tendenciát mutatnak. Amikor bármilyen jellegű megszakítás fellép, amely lehet selejt, hengercsere, garnitúracseré ezek az értékek kis mértékben emelkednek, majd pedig újra csökkennek, végül beáll egy minimum érték, ami a technológia által elérhető. A cél az lenne, hogy ezt a minimális értéket minél hamarabb el lehessen érni. Ennek elérése érdekében célszerű a hengerek hűtését befolyásolni, mégpedig úgy, hogy a hengerhűtés vízmennyiségét csökkentve, növeljük a hengerek hődomborodását. A szivattyú motorok jelenleg lágyindítóval vannak működésbe hozva és nincs lehetőség fordulatszám változtatásra. Amennyiben a lágyindítókat lecserélnék frekvenciaváltókra megnyílna a lehetőség a hengerhűtővíz mennyiségének a szabályozására. Ez a beavatkozás nem csak a hengerek hődomborodása miatt lenne kedvező, hanem a motorok, tengelykapcsolók és visszacsapó szelepeket is kímélné a lassúbb felfuttatás miatt. Mellesleg a rendszer légtelenítése is könnyebben megvalósulna. Frekvenciaváltós hajtással két anyag közötti hűtővíz mennyiség csökkentésével csökkenne a hengerek túlhűtöttsége, ugyanakkor a henger hővédelme ugyan úgy megoldott lenne hengerlés közben.

5. ÖSSZEFOGLALÁS ÉS KONKLÚZIÓ

A TDK dolgozatom kutatási témája a Melegen hengerelt acélszalagok lencsességének csökkentése volt, amiben az alapanyag célú termékek további felhasználásra való optimalizálása volt a cél. A dolgozatomban az MSZ EN 10051:2011-es valamint a DASZ 02:2010-es szabványok voltak a mérvadók a lencsésége vonatkozó előírások terén. Kifejtettem a geometriai méretek értelmezését, valamint bemutattam az üzem rendelkezésére álló mérőberendezéseket a szalag mérésére és a szalag szelvényeltérésének fő típusait.

A TDK dolgozatom fő részében a további felhasználásra gyártott alapanyagként szolgáló melegen hengerelt szalag lencsességének csökkentési lehetőségeit vizsgáltam. Ismertetem a vizsgálat fontosságát és a rendelkezésre álló vizsgálati lehetőségeket. Meghatároztam a vizsgálandó termékcsoportokat, majd részletes statisztikai elemzést végeztem a különböző gyártási paraméterek alapján.

Összefoglaláskén elmondható, hogy van lehetőség a lencse érték csökkentésére javaslom a lencsesség csökkentése érdekében, hogy tovább felhasználási célra gyártott tekercsek lehetőleg 9, illetve a lehető legkisebb számú előnyújtói szúrással készüljenek, lehető legmagasabb beadási hőmérséklet érdekében. Javaslom, hogy kampányban hengerlésnél a lehető legrövidebb követési időt kell alkalmazni, így elkerülhető a hengerek túlzott visszahülése és kihasználható lesz a hengerek hődomborodása. Javaslom vastagabb szalagoknál a hengerhajlító magas nyomásértéken való működtetése. Bár vékonyabb szalagoknál a hatása nem volt látványos, mégis célszerű ezeknél a méreteknél is a magasabb hengerhajlító nyomások alkalmazása. A vizsgálatból nem egyértelműen következik, de javaslom a meleghengerműi hengerhűtő szivattyúk hajtásának átalakítása és ezáltal korszerűsítését.

Érdemes lenne további vizsgálatokat végezni annak érdekében, hogy megértsük, milyen hatást gyakorolnak a különféle természeti változók, valamint gyártási paraméterek változtatása.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Gulyás József, Dr. Horváth Ákos, Illés Péter, Dr. Farkas Péter: Acélok Hengerlése, (digitális tananyag), 2013
- [2] Liberty Dunaújváros, folyamatleírásai
- [3] MSZ EN 10051:2011 szabvány. Folytatólagosan melegen hengerelt, bevonat nélküli lemez és szalag ötvözetlen és ötvözött acél széles szalagból. Méret- és alaktűrések
- [4] DASZ 02:2010 Dunai Vasmű acélszabvány - Melegen hengerelt szélesszalag hideg továbbhengerlésre, hidegalakításra, kiegészítve a horganyzási célú full-hard szalagok hideghengerműi előírásaival
- [5] DASZ 03:2015 Dunai Vasmű acélszabvány - Melegen hengerelt sima felületű szélestekercsek és táblalemezek mérettűrései és a méretelőírások alkalmazásának szabályai
- [6] Dr. Kiss Ervin: Képlékeny alakítás. Budapest: Tankönyvkiadó. 1987.
- [7] IMS-http://www.imssystems.com/uploads/system_files/wedge-rown.pdf#page=15
- [8] Voith Márton: A képlékenyalakítás elmélete: Nagy alakváltozások tana. Miskolc: Miskolci Egyetemi Kiadó. 1998.
- [9] Dévényi György: Képlékenyalakítás II. Budapest: Tankönyvkiadó. 1969.
- [10] Vladimir B. Ginsburg: High Quality Steel Rolling Theory and Practice. New York. 1993.