

Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola

Vezetője: Dr. Roósz András egyetemi tanár, MTA levelező tagja

SAVÁLLÓ ACÉLSZALAG MELEGHENGESZÉSI TECHNOLÓGIÁJÁNAK OPTIMALIZÁLÁSA

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Tóth János

okleveles kohómérnök

Tudományos témavezető

Dr. Voith Márton

műszaki tudományok doktora



Miskolci Egyetem

Műszaki Anyagtudományi Kar

Anyagtudományi Intézet

Fém- és Képlékenyalakítástani Tanszék

Miskolc

2007

I. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK

A nehezen alakítható, azaz saválló (és ezért is igen értékes) acéltermékek képlékeny melegalakítása sok ismeretet tételez fel, és jól megtervezett technológiát követel meg. A szakirodalmi előzmények vizsgálatából arra a következtetésre jutottam, hogy az alábbi követelményrendszereket kell komplex módon kielégíteni:

- fémteni követelmények,
- alakítástechnológiai követelmények,
- alak- és méretpontosság,
- gépészeti követelmények,
- izzítási (hőmérséklet-vezetési) követelmények.

A kutatók jószerevével külön-külön elemezték ezeket, és az eredményeket is külön-külön publikálták. Ez azt jelenti, hogy igen széles szakirodalma van az egyes követelmények kielégítését célzó kutatásoknak, amelyek röviden összefoglalva a szövetszerkezet, illetve a mechanikai tulajdonságok kielégítését (egyes kívánt értékeknek az elérését) lehetővé tevő paramétereket (hőmérséklet, lehűtés, alakváltozás) és megoldásokat vizsgálták, és a különféle ötvözetcsaládokra nézve nagyon pontosan behatárolhatóvá tették például az alakítás hőmérséklet-határait. Szintén megtalálható a szakirodalomban az alakíthatóság (repedés-törés nélkül elviselt alakváltozás nagysága), valamint a hengerlés-technológiai paraméterek (alakváltozási sebesség, alakítási szilárdság, hengerlési erő, nyomaték és teljesítmény stb.) meghatározásának kiszámítására szolgáló (szinte számtalan) matematikai függvénykapcsolat. Kiszámítható egy adott (megválasztott) paraméter-kombináció és adott (megválasztott) gépi berendezés (hengesor) mellett az elérhető hosszirányú méretpontosság, illetve a szalag keresztirányú méretpontossága, az úgynevezett lencsésége (alakhűsége). A gépészeti paraméterek (a gépi berendezés terhelhetősége, élettartama, sebesség-viszonyai stb.) szintén megállapíthatók a publikációk alapján.

Nem igazán találtam azonban arra vonatkozó elemzéseket, hogy ezek a „témakörök” hogyan kapcsolódnak össze, azaz hogyan függenek egymástól, illetve, hogy miként lehet – értelemszerűen különböző célfüggvények szerint – ezek közös optimumát keresni. Másképpen fogalmazva: nem azt tartom elsődlegesnek, hogy egy adott kiinduló méretű darabból milyen hengerlési technológiával lehet egy kívánt készméretet elérni, hanem ezt szeretném „megfordítani”. Azt kívánom meghatározni, hogy a késztermék valamennyi mechanikai jellemzője és méretpontossága úgy legyen elérhető, hogy egy (tetszőleges) gépészeti berendezés ezt „elbírja”, azaz képes legyen előállítani, a hőmérséklet-vezetést és az alakváltozásokat rendre ennek a feltételnek rendelve alá. Ebből a gondolatmenetből értelemszerűen következik az alapanyag megengedhető mérete és a kiinduló hőmérséklet megtervezése is.

Alapvető célkitűzésem tehát a következő: olyan technológia-tervező eljárás kialakítása (az alapelvek kimunkálása), amely lehetővé teszi adott anyagminőség, adott gépészeti berendezések (beleértve az izzítókemencét és a hűtősort is) esetén valamennyi szükséges hőtani és alakítástani paraméter megtervezését, ezáltal kifogástalan belső és külső minőségű termék előállítását.

Az általam kidolgozott optimalizálási eljárás általános, a megfogalmazott téziseim is anyag- és gép-függetlenek, de az alkalmazhatóságot konkrétan egy nehezen alakítható ötvözet-család – főleg napjainkban – gyakran alkalmazott és igen értékes „tagjára” vonatkozóan mutatom be, ami a saválló WNr 1.4541 / AISI 321 / (MSZ KO36) anyagminőség. Ezen kívül a szakirodalom alapján néhány más, nehezen alakítható acéltípusra vonatkozóan is összefoglalom azokat a jellemzőket (alakíthatóság, jellemző hőmérsékletek, alakítási szilárdság stb.), amelyek egy meleghengerlési – általam kidolgozott elveken nyugvó – technológia optimalizálásához szükségesek. Szeretném itt is kihangsúlyozni, hogy munkám újszerűsége nem csak például a hűtéstechonológiai, vagy a hengerléstechnológiai paraméterek, esetleg az izzítási folyamat külön-külön történő optimalizálásában jelentkezik – mint azt általában a publikációkból ki lehet olvasni –, hanem az elveket együttesen (komplexen) alkalmazom egy teljes melegítés-alakítás-hűtés folyamatra. Bemutatom azokat az összefüggéseket is, amelyek egy-egy gépi berendezés, egy-egy technológia és egy-egy anyagminőség között fennállnak. Ezen belül különös hangsúlyt fektettem a nehezen alakítható, de igen értékes acélminőségek gyártástechnológiai korlátfeltételeinek, valamint ezek optimalizálási lehetőségeinek a vizsgálatára.

Az összefoglalt szakirodalmi elemzés eredményeként az megállapítható, hogy hiányzik legalább két olyan feltétel vizsgálata, amelyek betartása például a különösen a nehezen alakítható (saválló) acélok melegalakításakor alapvető fontosságú. Ezek:

- az alakhűség (lencséség) optimalizálása, amely a nagy alakítási szilárdságú anyagok hengerlésekor fellépő nagy erőhatások következtében még nehezebben tartható be, valamint
- az izzítási technológia olyan optimalizálása, amely a bugában kialakuló hőmérsékletkülönbséget (azaz a hőfeszültséget) nem engedi az anyagminőségtől függő megengedett értéknél nagyobbra növekedni, miközben a kívánt átmelegedést – lehetőleg a legrövidebb idő alatt – biztosítani lehet.

Munkám során egyrészt az izzítási technológia optimalizálásának lehetséges célfüggvényeit, másrészt a hengerlés-technológiai paraméterek olyan összhangjának a megválasztását kerestem, amelyek betartása esetén a hengerelt szalag lencsésége minden szúrásban azonos – és optimális – szinten tartható.

II. AZ ELVÉGZETT KÍSÉRLETEK ÉS VIZSGÁLATOK

A vonatkozó szakirodalom a hengerlés-technológiai paraméterek direkt úton történő meghatározására és a hengerlés utáni lehűtési viszonyok megbízható számítására megfelelő összefüggéseket tartalmaz. Hiányzik azonban véleményem szerint a felmelegítés (izzítás) optimális paramétereinek a megfogalmazása, valamint a hengerelt termék alakhűségének biztosításához szükséges hengerlési technológia komplex optimalizálása. Értekezésemben ezért a fő hangsúlyt ezekre helyeztem.

A kiinduló darab felmelegítésére vonatkozóan az alábbi kutatómunkát végeztem: Az eddigiekben az izzítókemencéből kilépő buga hőmérsékletét a felületének mérhető hőmérsékletével tekintették azonosnak. Rámutattam arra, hogy ez a nézőpont két szempontból sem elegendő:

- A felületi hőmérséklet mellett ismerni kell a belső rétegek mindenkor hőmérsékletét is, vagyis az egyenlőtlen átmelegítés nagyságát is. Ez az alakíthatóság és a fellépő terhelések (erő, nyomaték) szempontjából igen jelentős paraméter. Az izzítási paramétereket úgy kell megválasztani, hogy az alapanyag keresztmetszetének *átlagos* hőmérséklete legyen egyenlő a kívánt hengerlési kezdőhőmérséklettel.
- A toló- vagy léptetőgerendás izzítókemencében előrehaladó buga keresztmetszetében soha és sehol sem szabad akkora hőfeszültségnek kialakulnia, ami maradó alakváltozást jelentene. Ennek elkerülésére újszerű mérőszámot vezettem be. Ez a paraméter – javaslatom szerint – a bugamelegítés egyik paramétere, a hőintenzitás, az *átmelegedési sebesség* korlátja.

Az általam készített számítógépi rész-programok alapelvei fizikai alapokon nyugszanak, és az eredményeket üzemi mérésekkel ellenőriztem, azaz ahol arra szükség volt, az üzemi mérések eredményeit modelleztem le és építettem be a számítógépes programba.

Javaslataim között szerepel, hogy az egyes optimalizáló rész-számításokat a csévélési hőmérsékletből kiindulva kell elvégezni, és a tényleges technológiai időrendhez képest mintegy „visszafelé haladva” lehet elvégezni annak érdekében, hogy a legkedvezőbb gyártástechnológiai paramétereket megkapjuk. Céлом – az elméleti, tézis jellegű megállapításokon kívül az is –, hogy egyes nehezen alakítható termékek gyárthatósági feltételeit meg tudjuk állapítani, adottnak tekintett gépészeti és kemence-berendezéseken.

Kutatómunkám a következők szerint részletezhető:

Értekezésemben összefoglalt vizsgálataimat az acél szélesszalag meleghengerlési körülményeire alapozva végeztem. Minden esetben tényleges (mért üzemi, illetve publikált irodalmi) adatokból indultam ki. Sajnos ezek a hozzáférhető adatok zömében csak viszonylag kevésbé

ötvező acéltermékek hengerlésére vonatkoztak. Ellenőriztem az irodalomból átvett és saját magam által megfogalmazott matematikai függvénykapcsolatok érvényességét, esetenként – amikor arra szükség volt – korrigáltam is őket. Ezek az ellenőrző és pontosító elemzések alapot adtak arra, hogy az „interpolációk” helyett „extrapolációs” vizsgálatokat is végezzek: Megvizsgáltam a saválló acéltermékek hengerelhetőségének korlát-feltételeit, és kidolgoztam egy olyan optimalizáló matematikai modellt, amelynek segítségével különböző célfüggvények szerinti technológia-optimalizációs vizsgálatok folytathatók. Ezek lépései:

1. Összefoglaltam a nehezen alakítható, általában saválló acélok alakítástechnológiai „korlátjait”, pontosítottam azok hőmérséklet-függését, úgy mint alakíthatóság, alakítási szilárdság, hőfizikai jellemzők (fajlagos hőkapacitás, hővezetési tényező, hőátadási tényező).
2. Kialakítottam egy olyan fizikai modellt és hozzá tartozó számítógépes program-rendszert, amely alkalmas:
 - 2.1. Tetszőleges hőmérséklet-vezetésű hengerlési technológia kimunkálására, amely kiterjed:
 - a hengerrésben, illetve az egyes közidőkben lezajló folyamatok hőtani vizsgálatára, ezen belül a hengerelt termék és a hengertestek hőmérsékletének meghatározására, valamint
 - az egyes alakítási lépcsők (szúrások) előtt, illetve után történő hőcsere-folyamatokra.
 - 2.2. Reverzáló és folytatólagos hengerlés technológiai paramétereinek olyan megtervezésére, amely biztosítja:
 - az egyes gépegységek erő, nyomaték és teljesítmény szerinti közel maximális kiterhelését (vagyis: a túlterhelés biztonságos elkerülését),
 - a hengerek (a szerszámok) állandósult hőmérséklet-eloszlásának biztosítását, ami a méretpontos alakítás egyik feltétele,
 - a hengerrésből kilépő szalag alakjának (lencséségének) optimalizálását,
 - a hengerlési sebesség-szint maximalizálását,
 - a kiinduló alapanyag vastagságának maximalizálását.
 - 2.3. A kiinduló buga fel- és átmelegedésének optimalizálására.
 - 2.4. A szükséges hengerlési kezdőhőmérséklet optimalizálására.
 - 2.5. Optimális hűtéstechnológiai paraméterek meghatározására.
3. A fenti vizsgálatokat nehezen alakítható acélféleségekre vonatkozóan is elvégeztem. Ennek eredményeképpen adott anyagminőség és méret-tartomány felvétele után megtervezhető:
 - 3.1. a szükséges gépi, kemence és hűtőberendezés valamennyi paramétere, vagy

- 3.2. az adott berendezések esetén a gyárthatóság feltétel-rendszere. Ez alapján kiszámítható, hogy milyen optimális kezdőhőmérséklet és legnagyobb kiinduló keresztmetszet választása (előírása) szükséges a termék külső-belső tulajdonságainak a biztosításához. Ez a kívánt csévélési hőmérséklet-köz biztonságos elérését (alapvetően egy szemmagyság biztosítását) jelenti úgy, hogy közben a keresztmetszet méretpontossága is a kívánt tűrésmezőn belül legyen.
4. Pontosítottam a kiinduló darab izzításának definícióját, és ezen belül két fogalmat különböztettem meg. Ezek:
- felmelegítés, amelyik a kemencéből kilépő buga átlagos hőmérsékletét, annak megfelelőségét jelenti,
 - átmelegítés, amelyik a buga felületi, valamint a középső (melegítéskor a „leghidegebb”) rétegének a hőmérséklet-különbségét jelenti, amely mechanikai feszültségeket idéz elő.
5. Szigorú követelmény a hengerelt szalag lencsésességének (szélesség menti méret-eltérésének) egy tűrésmezőn belüli tartása. A lencsésesség a hengerek rugalmas alakváltozásától (kihajlásától) és a hengertest térbeli (tengelyirányban is és sugárirányban is változó) feszültségállapotától (hődomborodástól), valamint a köszörült alapdomborítástól függ. Az állandó lencsésesség elérése csak állandósult hőállapotú hengertestekkel lehetséges; a nagy időállandó miatt nem tervezhető ennek változtatása. Úgyszintén nem változtatható egy beépített hengertest köszörült alapdomborítása sem. Ezért számítási módszert dolgoztam ki arra vonatkozóan, hogy tetszés szerinti köszörült alapdomborításhoz és szintén tetszés szerinti hődomborodáshoz milyen hengertest-kihajlást kell előidézni a technológiailag fellépő hengerlési erőnek annak érdekében, hogy a hengerrésből kilépő szalag lencsésége a kívánt tűrésmezőn belül maradjon. Utóbbi azt is maga után vonja, hogy a technológiai paramétereket pontosan úgy kell megválasztani, hogy ez a „szükséges” hengerlési erő ténylegesen fel is lépjen.

III. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az értekezésemben elért újszerű eredmények (a tézisek) röviden a következőkben fogalmazhatók meg:

1. Kidolgoztam annak a „legkedvezőbb” izzítási technológiának a tervezési módszerét, amelyet adott anyagminőség, kemence-konstrukció, és bugavastagság mellett az anyagminőség (hőmérséklettől erősen függő!) fizikai paraméterei még biztonsággal „megengednek”. A megengedhető feszültséget az izzítandó anyag mindenkori alakítási szilárdságához kell hasonlítani (az alakítási szilárdság is hőmérséklet-függő!) 2-es biztonság mellett:

$$\sigma_{meg} = k_f(T)/2.$$

- 1.1. A feszültség megengedhető értékére vonatkozó adatot a szakirodalom nem közöl (sőt, ennek vizsgálatával nem is foglalkozik), ezért be kellett vezetnem egy új paramétert. Ez a paraméter a hőfeszültség és egy „megengedhető” feszültség hányadosát fejezi ki százalékos megoszlásban:

$$\psi = \frac{\sigma_{hőfesz}(\Delta T)}{\sigma_{meg}(T)} \quad [\%].$$

Ezt az általam javasolt és újonnan alkalmazandó ψ paramétert megengedett hőintenzitás-nak neveztem el, és nagysága értelemszerűen legfeljebb 100 % lehet. Erre a korlátra azért van szükség, hogy ne legyen túl nagy a melegítés közben kialakuló hőfeszültség, azaz a mechanikai feszültségek eredőjeként ne keletkezzenek maradó alakváltozások az anyagban. Erre különösen a rosszabb hővezető-képességű ötvöztött acéloknál kell figyelni, ugyanis ezen acéloknál az alakítási szilárdság 700...800 °C alatt esetleg kisebb, mint az ötvöztelen szénacéloknál.

- 1.2. A fenti feltételeket kielégítő [megkívánt átlagos bugahőmérséklet (T_{atl}) és a még megengedhető kis hőfeszültség ($\sigma_{hőfesz}$) a bugában] izzítási technológia iterációs modellel alakítható ki. Ennek eredményeként megtervezhető a fűtés intenzitása (kemence térfőhőmérséklet), illetve a maximális áttolási sebesség (órateljesítmény).
2. Kidolgoztam a kihengerelt kész szalag kívánt (minimális és állandó) lencsésességét (alakhűségét) eredményező technológia tervezésének elveit, tetszőleges anyagminőség és geometria (szélesség, vastagság) esetében:

$$\delta h = f[F; q; \delta D_{kösz}] \Rightarrow \text{állandó},$$

ahol: F : a hengerlési erő,
 q : a hengertestbe belépő hőáramsűrűség, és
 $\delta D_{köz}$: a hengertestekre közszórt alaplomborítás.

Tekintettel arra, hogy ezen tényezők mindegyike sokminden mástól – elsősorban az anyagminőségtől, a geometriától, a hőmérséklettől, a sebességektől – is függ, a számításokat csak iterációkkal lehet elvégezni.

Megállapítottam, hogy a hengertestbe belépő hőáramsűrűség állandóságának az a számszerű feltétele, (ez a hengertestek hőtágulásának állandósításához szükséges), hogy a hengertestbe belépő hőáramsűrűség folyamatosan azonos legyen az onnan (hűtéssel) elvonható hőáramsűrűséggel:

$$q_{be} = q_{hűtés}, [W/m^2].$$

2.1. Függvénykapcsolatokat alakítottam ki a δh szalag-alak (lencsésesség) kiszámítására.

2.2. Bebizonyítottam, hogy az állandó hőáram-sűrűségek kialakítása a henger-testekben az egymás után alakított termékek különbözősége miatt csak a könnyen beállítható hengerlési sebességek és hőmérsékletek optimális megválasztásán keresztül lehetséges. Ennek érdekében iterációs modellt készítettem az alkalmazandó fenti két hengerléstechnológiai paraméter meghatározása érdekében. A modell érvényességét üzemi kísérleti eredményekkel történő összehasonlítás bizonyítja.

3. Definiáltam egy, a hűtőberendezésben elérendő $\Delta T_{hűtés, MIN}$ szükséges minimális hőmérséklet-csökkentést. Ennek elérésére kétféle célfüggvény alakítottam ki:

3.1. Amennyiben a legnagyobb gyártókapacitás (t/óra) megvalósítása a cél, kiszámítottam azt a

$$v_{n, MAX} = f(\text{anyagminőség}; \text{szalagvastagság}; \text{hűtővízmennyiség})$$

értéket, amely az adott paraméterekkel rendelkező gyártó berendezéssel még elérhető.

3.2. Amennyiben a hűtővíz-felhasználás minimalizálása a cél, kiszámítottam azt a

$$Q_{vz, MIN} = f(\text{anyagminőség}; \text{szalagvastagság}; \text{szalagsebesség})$$

értéket, amely vízmennyiség kijuttatásával elérhető a $\Delta T_{hűtés, MIN}$ szükséges minimális hőmérséklet-csökkentés.

A számítás mindkét esetben iterációval történt, amelyhez számítógépi programot alakítottam ki. Módszerem alkalmas arra, hogy egy új hűtőberendezés fő paramétereit (kijuttatandó vízmennyiség, hűtőszakaszok együttes hossza stb.) meg lehessen segítséggel határozni.

IV. TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI

Az értekezés eredményeinek hasznosítása többféleképpen történhet:

A hengerlés-technológiai kutatásokban szemlélet-váltást jelenthet az, hogy bemutattam: A teljes technológiát, annak minden lépését alá kell rendelni a késztermék megkívánt tulajdonságainak, azaz olyan kell, hogy legyen a melegalakítás valamennyi „lépcsője”, hogy az a késztermék megkívánt alakját (alakpontosságát) és minőségét (mechanikai tulajdonságait) nagy találati biztonsággal elérje.

Az általam bevezetett izzítási technológia-tervező szoftver segítségével az alapanyag összetételének az ismeretében eldönthető, hogy egy adott izzítókemence mire képes: Mekkora lehet a kilépő buga legnagyobb átlagos hőmérséklete, miközben a teljes izzítási folyamat alatt biztosítható az anyagban fellépő túlzott hőfeszültség.

Az oktatásba az előző szemléletet be lehet építeni. Ennek feltételét az értekezésben kidolgozott matematikai-fizikai modell, illetve az ezen nyugvó egyszerű és interaktív számítógépi programok jelentik, illetve biztosítják.

A kialakított programok, illetve azok könnyű „módosíthatósága” arra ad lehetőséget, hogy a hengerléssel, a technológia fejlesztésével foglalkozó technológus a jelenlegi üzemi (járatos) szűrésterveket ellenőrizze, esetleg azokat módosítsa. Ennek keretében mód nyílik arra, hogy egy-egy hengersoron eldönthető legyen: alkalmas-e a berendezés például saválló (és így nagyobb értéket képviselő) hengerelt termékek előállítására is.

V. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓK

Cikkek folyóiratokban

Tóth János

Saválló acélok meleghengerlése

Anyag- és Kohómérnöki Tudományok, Miskolc 2003, II. sorozat 31. kötet 45-55 o.
ISSN 1588-3981

Tóth János

A melegen hengerelt acél szélesszalag alakhúsége

Bányászati és Kohászati Lapok 2007/6. szám 1-7 o.

János Tóth

The optimization of heating the billets in the mills

Materials Science Forum Volumes (2008), Trans Tech Publications, Switzerland –
Megjelenés várható ideje 2008. október.

Cikkek konferencia kiadványokban

Tóth János

Ausztenites acélszalag meleghengerlés

Miskolci Egyetem Doktoranduszok Fóruma 2002; 2002. 11. 06. Miskolc, 26-32 o.

Tóth János:

KO36-Jelű ausztenites acélszalag meleghengerlése

MicroCAD 2003; 2003. 03. 06-07. Miskolc, 47-52 o.

Tóth János

KO36-Jelű ausztenites acélszalag meleghengerlése

Tavaszi Szél 2003; 2003. 05. 19-23. Sopron, 236-239 o. ISBN 963-210-376-9

János Tóth

Hot rolling of acid-proof steel

MicroCAD 2004; 2004. 03. 18-19. Miskolc, 125-130 o.

Tóth János

Erősen ötvözött minőségű acélszalagok meleghengerlése

IX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka; 2004. 03. 26-27. Kolozsvár, 53-56 o.

Tóth János

Nehezen alakítható acélszalagok meleghengerlése

VI. Bányászati-Kohászati-Földtani Konferencia; 2004. 05. 21-22. Petrozsény, 52-53 o.

Tóth János

Széles acélszalag meleghengerlési paramétereinek optimalizálása

Doktoranduszok Fóruma 2004, Miskolci Egyetem 2004. 11. 09. Miskolc, 95-105 o.

Tóth János

Hengerelt szélesszalag alakhűségének biztosítása

X. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka; 2005. 03. 18-19. Kolozsvár, 43-46 o.

Tóth János

Melegenhengerelt acélszalag alakhűségének megteremtése

VII. Bányászati-Kohászati-Földtani Konferencia; 2005. 04. 01-02. Nagyvárad, 66-68 o.

Tóth János

Melegenhengerelt széles acélszalagok alakhűsége

Doktoranduszok Fóruma 2005, Miskolci Egyetem 2005. 11. 9. Miskolc, 46-51 o.

Előadások

Tóth János

KO36-Jelű ausztenites acélszalag meleghengerlés

Miskolci Egyetem Doktoranduszok Fóruma 2002; 2002. 11. 06. Miskolc,

Tóth János

KO36-Jelű ausztenites acélszalag meleghengerlése

MicroCAD 2003; 2003. 03. 06-07. Miskolc,

Tóth János

KO36-Jelű ausztenites acélszalag meleghengerlése

Tavaszi Szél 2003; 2003. 05. 19-23. Sopron,

Tóth János

Hot rolling of acid-proof steel

MicroCAD 2004; 2004. 03. 18-19. Miskolc,

Tóth János

Erősen ötvözt minőségű acélszalagok meleghengerlése

IX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka; 2004. 03. 26-27.

Tóth János

Nehezen alakítható acélszalagok meleghengerlése

VI. Bányászati-Kohászati-Földtani Konferencia; 2004. 05. 21-22.

Tóth János

Széles acélszalag meleghengerlési paramétereinek optimalizálása

Miskolci Egyetem Doktoranduszok Fóruma 2004; 2004. 11. 09. Miskolc,

Tóth János

Hengerelt szélesszalag alakhűségének biztosítása

X. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka; 2005. 03. 18-19. Kolozsvár,

Tóth János

Melegenhengerelt acélszalag alakhűségének megteremtése

VII. Bányászati-Kohászati-Földtani Konferencia; 2005. 04. 01-02. Nagyvárad,

Tóth János

Melegen hengerelt széles acélszalagok alakhűsége

Doktoranduszok Fóruma, Miskolci Egyetem; 2005. 11. 09. Miskolc,

Tóth János

Bugamelegítés optimalizálása hengerművekben

6th Hungarian Materials Science Conference; Siófok, 14-16. 10. O/I-4

ISBN 978-963-87244-8-9