

4



„MEGÉRINTETT A CSODA,
AMIT A VAS ÉS AZ EMBER
TALÁLKOZÁSA JELENT...”

Vendégsarok: Pataky Attila

A VASMŰ PIROSLÓ EGE,
A NÉGY ARANYGYŰRŰ
ÉS AZ ÍVHEGESZTÉS

Portrészlet dr. Szűcs Istvánról



8

21

	IV a	V a	VI a
4	22 Ti 47,90	23 V 50,94	24 Cr 52,00
5	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,94
6	72 Hf 178,49	73 Ta 180,95	74 W 183,85

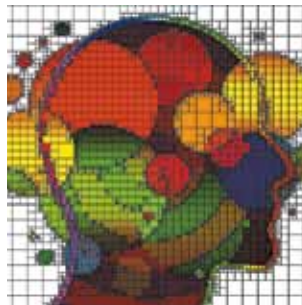
TERMOMECHANIKUSAN
HENGERELT,
MIKROÖTVÖZÖTT ACÉLOK

TÉNYEK AZ ACÉLIPARI
MELLÉKTERMÉKEKRŐL



29

32



MIÉRT MEGY NEHEZEN
AZ INNOVÁCIÓ?

A DSR LEHETŐSÉGE
ACÉLIPARI
KOMBINÁTOKNÁL



34

PARTNERSÉG ELKÖTELEZETTSÉG INNOVÁCIÓ



A MAGYAR VAS- ÉS ACÉLIPARI EGYESÜLÉS TISZTSÉGVISELŐI



DR. SEVCSIK MÓNIKA
igazgató
sevcsik.monika@mvae.hu



BOCZ ANDRÁS
műszaki és kereskedelmi
igazgatóhelyettes
bocz.andras@mvae.hu



MÁRTA BÉLÁNÉ
gazdasági igazgatóhelyettes
marta.belane@mvae.hu



CSAPÓ SZILVIA
eszkögzdálkodási
igazgatóhelyettes
csapo.szilvia@mvae.hu



SZILAS CECÍLIA
kormányzati kapcsolatok
igazgatóhelyettes
szilas.cecilia@mvae.hu



PORTÁSZ ATTILA
technológiai szakértő
portasz.attila@mvae.hu



SZALAI DÁNIEL
kereskedelmi szakértő
szalai.daniel@mvae.hu



FELFÖLDINÉ
KOVÁCS ÁGNES
fenntarthatósági szakértő
felfoldine.agnes@mvae.hu



NYÍRI ANDREA
menedzserasszisztens
nyiri.andrea@mvae.hu



SZIRMAI GYÖRGY
PR-menedzser
szirmai.gyorgy@mvae.hu

„MEGÉRINTETT A CSODA, AMIT A VAS ÉS AZ EMBER TALÁLKOZÁSA JELENT...”

*Kölyköd voltam, A hűtlen, Utolsó érintés,
A kör – nagyon kevesen lehetnek Magyarországon azok,
akik ne tudnák rögtön összekötni a fenti dalcímeket
az Edda Művek nevével. A következő gondolatsorban pedig
a hetvenhez közel is fáradhatatlan rocklegenda,
Pataky Attila neve jelenik meg mindenki előtt.
A hajdani vasgyári lakótelepi srác nevéhez mára
már 34 arany-, 6 platina- és 2 gyémántlemez fűződik.
A miskolci fiú álmodott egy világot magának
és meg is valósította.*

Tavaly nyáron az ISD DUNAFERR Vasas- és Kohásznapijának vendége volt a zenekar. Akkor egy pillanatra megidéztek a történelmet, a színpadon is elhangzott, hogy harmincnégy éve, 1986-ban az egykori gyáriás, a Lenin Kohászati Művek területén is volt egy fantasztikus Edda-koncert. Hogyan emlékszel vissza az akkori diósgyőri koncertre?

■ Igen, az ominózus Tűzközelben című koncert volt ez, ami természetesen felejthetetlen emlék számomra, a múltunk része. Így utólag is szeretném megköszönni a tavaly júliusi koncert lehetőséget a DUNAFERR-nek, mert számomra ez nemcsak egy alkalom volt arra, hogy Edda-dalokat énekelhessek, hanem egyben lehetőség is egy hihetetlen időutazásra. Kaptam egy igazi kohászruhát is, ami abszolút felidézte a múltat, azt a régi miskolci koncertet. Azt hiszem, akiket érdekel ez a fajta zene, amit mi játszunk, azok jól tudják, hogy én bizony „tűzközelben” nőttem fel. Talán nem

nagyképűség azt mondani, hogy nagyon sok emlékem, tudásom és élményem van a kohászatról. Engem is megérintett az a csoda, amit a vas és az ember találkozása jelent.





Volt a családotban közvetlen kötődés is a gyári világhoz?

■ Nem csak hogy volt, hanem a családotunk majdnem minden tagja ott dolgozott. Körülbelül száz méterre laktunk a gyártól, én abban a közegben léteztem, azoktól az emberektől kaptam az első inspirációimat és a dalaink is nekik szóltak. Édesanyám „kilógott a sorból”, ő a csokoládégyárban dolgozott.

Visszagondolva a fiatal éveidre, mi volt az, ami téged a zene felé sodort? Tudod-e valami konkrét élményhez kötni azt, hogy felébredt benned a zenei érdeklődés?

■ Édesanyám mindig énekelt, ebből gondolom, hogy én már a pocakjában is sok zenét hallgattam. Öt-hat éves koromból sejlik olyan konkrét emlék, hogy állok a gyúródeszka mellett és szól a Pacsirta rádió, anya pedig gyúrja a tészta és a rádióval együtt énekel. Tízéves koromban már

tudtam minden népszerű nótát, operett-dalt és könnyűzenei slágert. Olyan emlékem is van, hogy a Csárdáskirálynő operettslágerét, a Hajmási Péter, Hajmási Pált énekeljük együtt. Valahogy így indulhatott a dolog. A nővérem harmonikázott, apukámnak is jó hangja volt. Voltaképpen az egész családotunk muzikális volt, át voltam itatódva a zenével, és gyakran magukkal vittek az üzemi bulikra is. A szereplési vágyam adott volt, így aztán ott találtam magam egy hathúros dobozgitár mellett, aztán még jobb gitárom lett és így tovább. Aztán az egyetemen bekapcsolódtam az egyik zenekarba, amiből később kinőtt a „bakancsos” Edda, majd az Edda Művek. És elindultunk a sikerek felé... Megszülettek az első igazi Edda-dalok, amelyek komoly rajongótábort csináltak nekünk, és én ezt a dolgot már el sem engedtem onnantól kezdve. Boldogságot adunk és boldogságot kapunk, ez pedig óriási ajándék.



Úgy lehet olvasni a sajtóban, hogy az Edda Művek születési helye a miskolci egyetem volt. Milyen körülmények között született meg az ő Edda?

■ Az egyetemen több formáció is működött, zenéltek együtt a srácok. 1974-től már Edda néven működött egy zenekar-kezdemény, ahová énekest kerestek, én pedig mentem. Fél év múlva én lettem a zenekarvezető, és onnan egyenes út vezet idáig, hogy veled beszélgetünk. Persze, fel kell osztanunk ezt a lassan fél évszázados történetet néhány jól elkülöníthető időszakra. Az első etap 1983. december 17-ig tartott, eddig volt együtt az első „ötösfogat”. Aztán újraalkottuk a zenekart és elindultunk azon az úton, ami a mai napig tart. Itt meg kell említenem a két szerzőtársamat, *Gömöry Zsoltot*, aki 1984 óta van velem, és *Alapi Istvánt*, aki 1986-tól. Javarást együtt írjuk a dalokat. És ott van mellettük a másik két fantasztikus muzsikus, *Hetényi Zoltán* és *Kicska László*. Számomra ők Magyarország négy legjobb rockzenésze. Tudatosak vagyunk, tudjuk, hogy honnan jöt-



tünk és merre tartunk, kiknek játszunk és mit szeretnénk átadni a dalainkkal.

A dalszövegek főként a te személyedhez köthetők. Milyen körülmények teremtik meg azt az inspiráló hangulatot, amiben ihletet kapsz, amiben dolgozni tudsz?

■ Talán az a megfelelő válasz erre, hogy én élem a rockzenét, nekem tényleg ez az életem. Ma már tudom, hogy a dalaink attól ilyen erősek, hogy megélt élmények alapján íródnak. Írni pedig mindig van miről ebben az elvaduló világban.

Kitekintve a nagyvilágba kik voltak azok a meghatározó zenészek, akik valamilyen értelemben hatottak rád?

■ Persze, mi is nézegettünk és hallgattunk másokat, figyeltük, hogy mi a trend, de a kezdetektől arra törekedtünk, hogy megtaláljuk önmagunkat és egy egyéni ízt vigyünk bele abba a dallamos rockzenébe, amit játszottunk. Természetesen nagy ikon volt számunkra is a Rolling Stones,

a Kiss, a Led Zeppelin vagy a Uriah Heep. Később én „mindenevő” lettem, mindent meghallgattam a punkzenétől a funkyig, hogy tudjam, hol jár a zenei világ. S a legjobbak mindig tudtak olyat mutatni, amiből lehet tanulni. Freddie Mercury például abszolút egy meghatározó személyiség volt számomra mindig. Szóval mindig van kire figyelni, de mi elsősorban magunkra figyelünk.

Az Edda esetében be lehet-e határolni, hogy ki a ti közönségetek, kihez szóltok leginkább?

■ Ahhoz, aki meghallgat minket. Az akkoriakkal elkezdtük a hetvenes években, és azóta két-három generáció nőtt föl, és a koncerteken ők ott vannak velünk. Az Edda világa kortalan.

Egészen fiatal korodtól kezdve annyira biztos voltál abban, hogy a te utad a zene, hogy ha jól tudom, nem is igazán dolgoztál más polgári foglalkozásban a zenélésen kívül.

■ Eredetileg tanárnak készültem, el is kezdtem a tanárképzőt, de aztán otthagytam. Képesítés nélkül tanítottam egy évig, de rájöttem, hogy az nem az én világom. Közben elvégeztem az építőipari technikumot, és dolgoztam is azon a területen pár évet, de az már csak a levezetés volt. A zene vitt magával, és egyre kevésbé tudtam bármi másra gondolni. Több mint négy évtizede már csak a zene van.

Időközben a fiad is felnőtt lett,
és ő is rockzenészé vált melletted.

■ Igen, ez is egy ajándék az égiektől. Későn érő típus volt, lassan mert csak belevágni ebbe az egészbe. Eleinte gyakran kérdezgette tőlem, hogy utánad felmenni a színpadra? Huh... De aztán elszánta magát, azóta van már saját zenekara is. Remélem, továbbviszi majd az örökséget.

Mennyire változtatta meg az életedet, hogy a
kisebbik fiad megszületésével egy egészen más
generáció lépett be a mindennapjaidba?

■ Hát igen, a kicsi tizenhét éves, abszolút a mai fiatalság képviselője. Vele is óriási szerencsém van, ugyanis végtelen bizalommal vagyunk egymás iránt. Mindent meg tudunk beszélni, és ez végtelen nagy nyugalmat ad nekem. Egyébként hét évig tanult gitározni, nemrég döntött úgy, hogy egy kicsit szünetelteti, most más dolgok érdeklik. A lényeg az, hogy boldog legyen.

Még a legkitartóbb rajongóidat is
erősen megosztotta néhány éve
a mulatós zene irányába tett „kitérésed”?

Hogyan látod ezt az időszakot utólag?

■ Semmi gondot nem okoz számomra, ha erre gondolsz, mert ezt is vállalom, az életem része volt. Úgy hozta a sors, hogy *Galambos Lajos* biztatására megmutattam a világnak, hogy én ezt is tudom, és mellesleg imádom mulatni. Szakmailag ez nyilván abszolút nagy kihívás volt, de miután

Bangó Margit is tiszta szívből megdicsért, szerintem nincs miért szégyenkezniem.

Számos alkalommal feltűnik a sajtóban,
hogy te valamiféle különleges kapcsolatban
vagy az égiekkel, az érzékszerveinkkel
tapasztalható síkon túl elhelyezkedő világgal.

Ez a hit miben gyökerezik?

■ Az effajta kapcsolat mindannyiunk életében jelen van, csak az emberek többsége nem tud, vagy nem akar tudni róla. Az Univerzum nem osztja meg a közösséget, nem fordítja egymás ellen az embereket, csak a politika és a különböző vallások. Az Univerzum egyformán áll mindenkihez. Tudod, Jézus azt mondta: keress és találd, kérj és megadatik... Van, aki csak materiális síkon éli az életét, de engem kisgyerekkoromtól kezdve érdekelt, hogy mi van azon túl. Édesanyámmal is gyakran beszélgettünk erről. Aztán később megtudtam, hogy az érzékszerveinkkel a valóságnak mindössze négy-öt százalékát tudjuk csak érzékelni, és engem elkezdett érdekelni, hogy mi lehet az a másik kilencvenöt százalék. Párhuzamosan olyan élményekben lett részem, amilyenekben csak nagyon keveseknek.

A jövőre nézve melyek a privát,
illetve a szakmai-művészi terveid?

■ A mostban élek, különösebben nem foglalkoztat a jövő, úgyhogy erre a kérdésre nagyon egyszerű lesz a válaszom: boldogan élni és az Eddával énekelni.



A VASMŰ PIROSLÓ EGE, A NÉGY ARANYGYŰRŰ ÉS AZ ÍVHEGESZTÉS

Portrévázlat prof. dr. Szűcs Istvánról



*Igazán sajnáltam a minap, hogy sosem voltam miskolci diák.
Nemcsak azért, mert ez a műszaki ismereteim hiányosságaira is utal,
hanem azért is, mert így nem hallgathattam dr. Szűcs István professzor
élményszámba menő, széleskörű tudásról számot adó, élvezetes stílusú előadásait.
A Miskolci Egyetem professzor emeritusa kárpoztalásként elvitt ebédelni
az egyetemi menzára, ahol ő 55 éve szinte mindennapos vendég.
Így életének egyik helyszínén, diákok és kollégák jelenlététől pezsgő légkörben
idézhettük fel pályafutásának legfontosabb állomásait.*

**Mit árul el a családjáról, milyen gyermekkorra,
illetve diákévekre emlékszik vissza?**

■ 1946. október 31-én születtem a Duna melletti Apostagon. Szüleim négy gyermeket neveltek fel, takarékosan élő, családi légkörben. Az általános iskola felső tagozatában Gáspár Albert tanár úr kifejezetten pozitív hatással volt a személyiségem fejlődésére. A fizika és a kémia tantárgyak iránt azonnal keltette fel az érdeklődésünket, hogy az órákon az elméleti tananyagot a mindennapi gyakorlati tapasztalatainkból kiindulva igyekezett megmagyarázni. Emellett következetesen a természeti törvényszerűségek összefüggéseinek komplex felismerésére, önálló jegyzet készítésére és a témakörök rendszeres ismétlésére nevelt bennünket.

Középiskolai tanulmányaimat a kunszentmiklósi Damjanich János Gimnáziumban folytattam, ahol az érettségivel együtt rádióműszerész szakképesítést kaptam, a gimnázium autósakkörének tagjaként pedig már egy hónappal az érettségi előtt szerezhettem meg a hivatásos gépjárművezetői engedélyemet.



Gimnazistaként kifejezetten családi légkörű kollégiumban laktam, ahol Toma János igazgató úr aktív életmódról és közösségi együttműködésre nevelt bennünket. Az itt szövődött baráti kapcsolatainkat közel hat évtizeden keresztül aktívan ápoljuk. Ebben döntő szerepe van az akkori barátomnak, Zakar Andrásnak, aki később a Szegedi Tudományegyetem professzora lett. Ő alapította meg a „Kunszentmiklósi Gimnázium Öregdiákjainak Társaságát”, amelynek elnökeként dinamikus kapcsolatrendszert alakított ki a régebben érettségizettek, a mindenkor diákok és a tantestület között.

**A fentiekén túlmenően
honnan táplálkozott még
a természettudományos érdeklődése,
és melyek voltak a műszaki pálya felé**

terelő élmények, tapasztalatok?

■ A kohómérnöki pályaválasztásomat több tényező tette szerencsésen egyértelművé. Az 1950-es évek elején kezdtek el építeni, majd folyamatosan üzemelték be a Dunai Vasmű különböző gyáregységeit. Apostagról évtizedeken keresztül sokan kishajóval jártak oda váltóműszakba dolgozni,

viszonylag jó fizetésért. Az udvarunkból közvetlen rálátás nyílt a nagyolvasztói salakok kiöntésekor erősen pirosuló, tőlünk észak-nyugatra lévő dunántúli magaslatra.

Erzsi nővérem az Acélmű gyáregységben dolgozó *Kopp Sándorral* kötött házasságot, aki otthon sokat mesélt az acélgyártás rejtelméről. 1960 őszén külön engedéllyel bejuthattam az Acélműbe. Nehezen tudom szavakkal kifejezni azt a csodálatos jelenséget, amit akkor láttam: a szén-monoxid buborékok szétpattanása kilós nagyságú olvadékrészeket repített a martinkemencében fővő acélfürdőből a kemence tűzterébe. Ekkor határoztam el végleg, hogy felnőttként ilyen helyen szeretnék majd dolgozni. *Gáspár* tanár úr azt javasolta, legyenek kohómérnök. Ezek után még több figyelmet fordítottam a matematika, a fizika és a kémia tanulására.

Életének, munkásságának legfontosabb színtere a Miskolci Egyetem. Melyek voltak a legfontosabb események és kik voltak azok a meghatározó emberek az életében – tanárok, tanítványok, kollégák –, akik leginkább nyomot hagytak Önben?

■ 1965-1970 között tanultam a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán. A kollégiumban egymást segítő, összetartó diáktársakkal laktam. Egykori tanáraink közül *dr. Szarka Zoltán* (matematika), *Németh Emil* (anyagvizsgálat) *dr. Terplán Zénó* (géptan), *dr. Szabó Szilárd* (elektrotechnika), *dr. Farkas Ottó* (nyersvasgyártás), *dr. Antal Boza József* (kohászati kemencék), *dr. Farkasné Mayr Klára* (tüzelés) és *dr. Szarka Gyula* (rádióizotópok kohászati alkalmazása) oktatási módszereit tartom leginkább példaértékűnek. Ők minden témakör elméleti összefüggéseinek feltárása előtt egy-egy jellemző üzemi technológiai problémából indultak ki, amellyel sikeresen felkeltették az érdeklődésünket.

Nagy hatással voltak rám a szakmai gyakorlatok alatt szerzett üzemi tapasztalatok is. Az első évfolyam befejezése után, 1966 nyarán a Dunai Vasműben töltöttem a hat hetes szakmai gyakorlatot, ahol *Hanák János* kohómérnök volt a konzulensünk. Különösen tetszett az, hogy a műszaki megbeszéléseken diákként nemcsak hogy részt vehettünk, hanem kérdéseket is tehattunk fel. Így közvetlenül ismerhettük meg a termelési feladatokat, az üzemzavarok okait és a megelőzés érdekében teendő technológiai változtatásokat. A harmadév utáni üzemi gyakorlatunkon, 1968-ban hasonló módszerrel foglalkozott velünk *Schottner Lajos*, az Ózdi Kohászati Üzemek főmetallurgusa is. A gyorsacélgyártás technológiai vizsgálata témájú diplomatervem konzulense, *dr. Károly Gyula* az üzemi adatok szakszerű feldolgozásá-

nak és értelmezési módszerének bemutatásával járult hozzá a diplomatervem jeles eredményű megvédéséhez.

A kohómérnöki diploma megszerzése után 1970. augusztus 1-én kezdtem el dolgozni az NME Tüzeléstani Tanszékén, ahol 2016. novemberi nyugállományba vonulásomig, a professzor emeritusi kinevezéssel bezárólag az összes felsőoktatási státuszt betöltöttem.

Oktatói-kutatói teendőim ellátása közben dékánhelyettesi (1994-1998), dékáni (1995) intézetigazgatói (1996-2004) tanszékvezetői (1999-2002), tanulmányi rektorhelyettesi (2006-2010) és a Magyar Rektori Konferencia Műszaki Tudományok Bizottságának elnöki (2018-2019) feladatait is elláttam.

Tanítványaim közül *dr. Szemmelveiszné dr. Hodvogner Katalinra* vagyok a legbüszkébb, aki a biomasszák termikus hasznosítása témájú PhD-disszertációjának köszönhetően a Tüzeléstani Tanszék docenseként végez kimagaslóan eredményes oktatói és kutatói tevékenységet.

A Tüzeléstani Tanszék kollektívája az 1960-as évek kezdete óta jól összehangolt oktatói, nevelői, kutatói munkát végez. Szerencsésnek tartom magam, hogy a jó munkahelyi légkörnek köszönhetően még nyugdíjasként is örömmel tovább alkothatok ezen a tanszéken.

Bőven megtöltene egy külön cikket is, ha részletekbe menően elemeznénk szakmai pályafutását. Mégis, melyek azon a legfontosabb kutatási témák, műszaki projektek, amelyeket fontosnak tart kiemelni?

■ A kohászat légszennyező hatását a Dunai Vasmű és az Ózdi Kohászati Üzemek martinkemencéinél, az acélfürdő oxigénes fúvatása közben keletkező barna füstnek a kéményeken megjelenésekor tapasztaltam először. Ez erősen befolyásolta mind az oktatói, mind a tudományos kutatói tevékenységemet.

Dr. Berecz Endre professzor úr, a Fizikai-kémiai Tanszék vezetője 1972 őszén az NME három műszaki kara oktatóinak részvételével olyan munkabizottságot hozott létre, amelynek a környezetszennyezés csökkentési lehetőségei oktatásának és kutatásának előkészítése volt a feladata. Ennek alapján 1973 őszén mérnöktovbábtképző tanfolyamot, majd 1975 ősztől környezetvédelmi szakmérnöki képzést indított a Kohómérnöki Kar. Rövid időn belül akkora országos igény merült fel, hogy 1984-től már a Veszprémi Vegyipari Egyetemen közösen folytattuk a szakmérnökök oktatását. A Tüzeléstani Tanszéken hét levegőtisztaság védelemmel kapcsolatos tankönyv írásában vettem részt társszerzőként.

Tanszékünk vezetői az oktatási feladatok ellátása mellett mindig nagy figyelmet fordítottak arra, hogy a tanszék szoros kapcsolatot tartson a hőenergia-termelő és -felhasználó üzemekkel. A vállalatoktól évente több olyan kutatási-fejlesztési megbízást kaptunk, amelyek a nagyhőmérsékletű berendezések élettartamának, hatásfokának növelésére, a technológiák okozta szennyezőanyagok mennyiségének csökkentésére, a hulladékok termikus hasznosítására irányultak. Ezen a területen több államilag finanszírozott hazai (OTKA, PHARE, FKFP, KVM, OM, NKTH, GINOP), és külföldi egyetemekkel közös nemzetközi (MÖB-DAD, VEGA) kutatási projektet nyert el és sikeresen zárt le a Tüzeléstani Tanszék kollektívája.

Szakmai munkájában folyamatosan jelen van az innováció. Milyen problémák, kutatási témák foglalkoztatták leginkább?

■ Kutatási témáim jelentős része a nagy hőmérsékletű berendezések, a kohászati olvasztó- és izzítókemencék, a szilikát- és vegyipari berendezések szerkezetének korszerűsítését, élettartamának, hatásfokának növelését, a légszennyezés csökkentését és a biomasszák, hulladékok környezetkímélő termikus hasznosítását tűzte ki célul. A közös bölcsesség elve alapján több mint száz ipari kutatási téma vezetője voltam.

Az oxigénes acélglyártáskor fellépő vasvesztés, valamint a légkörbe jutó barnafüst képződési mechanizmusának felderítésére és csökkentésére kidolgozott, külföldi és hazai szabadalmat kapott, új kutatási eredményeimet az MTA Tudományos Minősítő Bizottsága a műszaki tudományok kandidátusa fokozattal ismerte el 1982-ben. A nagy hőmérsékletű berendezések tűzállófalazat-vastagságának meghatározási módszerét leíró habilitációs téziseim alapján, 2005-ben nyertem el a professzori kinevezést. Az elméleteim gyakorlati alkalmazását bizonyító üzemi méréseket a DUNAFERR acélmű kemencéjénél végeztük, az ottani szakemberek segítségével. A megszüntetésük előtt ilyen kutatásokat folytattuk a diósgyőri és az ózdi kohá-

AZ EGYÉNI, ILLETVE TÁRSSZERZŐKKEL KÖZÖSEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK SZÁMA:

Szakkönyv és könyvfejezetek	28
Idegen nyelvű folyóiratcikk	38
Lajstromszámozott NTSZH-szabadalom	22
Lajstromszámozott nemzetközi szabadalom	1
Hazai folyóiratcikk	84
Szakcikk nemzetközi konferencia kiadványban	52
Nemzetközi konferencia-előadás	65
Környezetvédelmi hatástanulmány (légszennyezés)	23
Ipari kutatási-fejlesztés zárójelentés	216

zat kemencéjénél is. Ezekből a témákból 5 külföldi egyetemen tartottam vendégprofesszori előadásokat.

Természetesen fontos a különböző hivatalos díjak, kitüntetések számbavétele is, ha egy tudományos életpályát próbálunk összegezni, de úgy tudom, van más típusú elismerés is, ami az Ön számára ezeknél többet jelent.

■ Oktatói és kutatói tevékenységemért 6 egyetemi szintű, 4 minisztériumi, 5 külföldi egyetemi és 7 szakmai tudományos szervezettől kaptam kitüntetést.

Ezek mellett a legnagyobb értékűeknek azt tartom, hogy az Egyetemisták Szövetségétől két alkalommal (1994 és 2004) Kiváló Oktató Diplomát, a Műszaki Anyagtudományi Kar Valéta Bizottságaitól pedig négy alkalommal (1989, 1996, 2004, 2013) kaptam meg az Aranygyűrűs Tiszteletbeli Évfolyamtárs elismerést.

Biztosan van olyan személyes történet, érdekes szakmai „sztori”, amire valami miatt kiemelten emlékszik vissza ma is.

■ Életem egyik legnagyobb kihívását az jelentette, amikor 1995 márciusában, a „Bokros-csomag” racionalizálási



A diákság őszinte tiszteletét és elismerését jelzik a tőlük kapott kohász aranygyűrűk

feladatainak megoldása idején, miniszteri utasításban írták elő, hogy a Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karát négy hónapon belül meg kell szüntetni. Ennek ellenére a kar dékánjaként, *dr. Dúl Jenő, dr. Gácsi Zoltán, dr. Kovács Károly, dr. Mikó József, dr. Palotás Árpád, dr. Roósz András* kollégáimmal válságstábot alakítottunk, amely írásos dokumentumban indokolta a polimerek, a szilikátipar, az energetika a minőségbiztosítás, a kohászat, valamint a fémöntészet hosszú távú nemzetgazdasági jelentőségét. Ezt a stratégiát *dr. Farkas Ottó* rektor és *Besenyei Lajos*, a Gazdaságtudományi Kar akkori dékánja is olyan fontosnak tartotta, hogy az egyetem vezetése ezt terjesztette be a minisztériumba, ahol azt elfogadták. Válságstábunk tevékenységének köszönhetően így a megszüntetés helyett a Kohómérnöki Kar néhány évvel később, *dr. Kaptay György* dékánunk vezetésével Műszaki Anyagtudományi Kar néven erősödött meg.

Nyilvánvalóvá vált számomra a beszélgetésünk alatt, hogy Ön rendkívül sokoldalú ember, számos szakmai ambícióval, rengeteg feladattal. Hogy sikeres lehessen, gondolom, egyrészt szüksége volt egy stabil családi háttérre, másrészt arra, hogy igazán örömet adó tevékenységekkel tudjon kikapcsolódni...



A Kohómérnöki Kar megmentésében oroszlánrészt vállaló dékánként 1995-ben, a „Bokros-csomag” idején

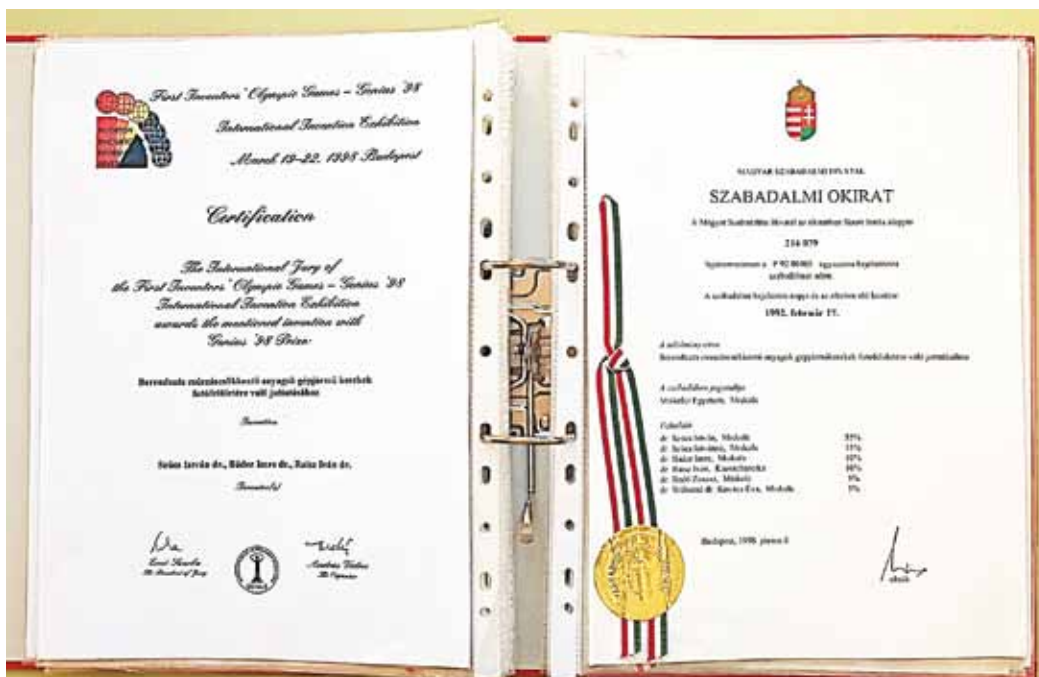
■ Egyetértek Önnel, mindkét terület igen fontos. 1970-ben kötöttem házasságot volt tankörtársnőmmel, *Kőhalmi Máriával*, aki öt évtized alatt nagyban elősegítette szakmai, közéleti tevékenységemet. *Attila* fiunk 1972-ben, *Anita* lányunk 1974-ben született. A három unoka, *Vanda* (1998), *Viktória* (2002) és *Bence* (2004) pedig életem legnagyobb ajándéka.

Ami a szabadidőt illeti: a fizikai aktivitást mindig fontosnak tartottam. 1966-1975 között a Miskolci Egyetem Atlétikai és Futball Club súlyemelő szakosztályában heti öt alkalommal edzettünk, szigorú terv szerint. Ennek eredményeképpen pehelysúlyban több érmet is szereztem, 1972-ben, az egyetemisták országos versenyén szakításban első helyezést értem el.

Életemem: ahol tudok segítek, így a Magyar Vöröskeresztnek 1968 óta vagyok tagja, a 100. véradásomért országos kitüntetést kaptam.

Egyik hobbi a gépjárművezetés. A több mint öt évtizedes gyakorlatomnak köszönhetően a gépkocsikkal kapcsolatban négy szabadalom társszerzője vagyok, amelyek közül a „*Berendezés csúszáscsökkentő anyagok gépjármű kerekek futófelületére való juttatásához*” cíművel „Genius Prize” nemzetközi díjat nyertünk 1998-ban.

A barkácsolás és a kertészkedés kifejezetten megnyugtat. Hobbim még az ívhegesztés – amit nagy örömmre *Bence* unokám már 14 éves korában megtanult tőlem.



Az 1992-ben bejelentett, nemzetközi díjat nyert szabadalom tanúsító okiratai

AZ ACÉL KILENC ÉLETE



TUJTAD? AZ ACÉL GYAKORLATILAG
VÉGTELENSZER ÚJRAHASZNOSÍTHATÓ



AZ ACÉLT, MELYBŐL
SARAH AUTÓJA
KÉSZÜLT, ELŐSZÖR
EGY **REPÜLŐGÉP**
MEGÉPÍTÉSÉHEZ
HASZNÁLTÁK



AZÓTA **KILENC** KÜLÖNBÖZŐ MÓDON HASZNOSÍTOTTÁK ÚJRA:



AMIKOR AZ ÚJ AUTÓJÁT KIVÁLASZTOTTA, SARAH SZERETETT VOLNA VALAMIT, AMI
BIZTONSÁGOSABB, KÖRNYEZETBARÁTABB,
DE MÉGIS MEGFIZETHETŐ



**MANAPSÁG,
A NAGY SZILÁRDSÁGÚ ACÉLNAK KÖSZÖNHETŐEN AUTÓJA...**

KÖNNYEBB

SARAH AUTÓJA 100 KILOGRAMMAL KÖNNYEBB,
MINTHA HAGYOMÁNYOS
ACÉLBŐL KÉSZÜLT VOLNA.
EZ 25 BOWLINGGOLYÓ SÚLYÁNAK FELEL MEG.

**2095-BEN, AMIKOR SARAH LÁNYA
TELEPORTÁLNI FOG
A MUNKAHELYÉRE, AZ AUTÓ
ÚJABB KILENCFÉLE MÓDON
LESZ ÚJRAHASZNOSÍTVÁ.**



TISZTÁBB

AZ ACÉL, MELYBŐL SARAH AUTÓJA KÉSZÜLT,
SOKKAL KÖRNYEZETBARÁTABB, MINT AZ ALUMÍNIUM,
HISZEN ELŐÁLLÍTÁSA SORÁN CSAK HETEDANNYI
KÁROSANYAG-KIBOCSÁTÁS TÖRTÉNIK.

A KÜLÖNBÉSÉG, AMI 584 KG CO₂
MEGFELEL EGY REPÜLŐGÉP ÁLTAL
KIBOCSÁTOTT SZÉN-DIOXID MENNYISÉGÉNEK,
A PÁRIZS ÉS AMSZTERDAM KÖZÖTTI TÁVON REPÜLVE.

ÉVENTE TÖBB MINT
**650 MILLIÓ TONNA ACÉL KERÜL
ÚJRAHASZNOSÍTÁSRA, ÍGY AZ ACÉL
A LEGTÖBBET ÚJRAHASZNOSÍTOTT
ANYAG A VILÁGON.**

HATÉKONYABB

AUTÓJA ÉLETCIKLUSÁNAK SORÁN SARAH KÖRÜLBELÜL
TIZEDANNYSZOR FOG TANKOLNI MENNI,
MINT AHÁNYSZOR AZ ANYUKÁJA TANKOLTA MEG
A RÉGI AUTÓJÁT, AMI HAGYOMÁNYOS ACÉLBŐL KÉSZÜLT.

ÚJRAHASZNOSÍTHATÓSÁGÁBAN
REJLŐ LEHETŐSÉGEI MIATT
AZ ACÉL „A” VERSENYKÉPES
NYERSANYAG
A FENNTARTHATÓSÁG VILÁGÁBAN.

TUDJ MEG TÖBBET AZ ACÉL ÚJRAHASZNOSÍTHATÓSÁGÁRÓL
A WORLDSTEEL.ORG WEBOLDALON.

worldsteel
ASSOCIATION

A WORLDSTEEL RÖVID TÁVÚ KITEKINTÉSE

2020. JÚNIUS

A World Steel Association (worldsteel) kiadta 2020-ra és 2021-re vonatkozó rövid távú előrejelzését (SRO). 2020-ra a worldsteel az acélkereslet 6,4%-kal 1,654 millió tonnára történő csökkenését prognosztizálja a COVID-19 válság miatt. 2021-ben az acélkereslet némileg fellendül 1,717 millió tonnára, ami 3,8%-os növekedést jelent a 2020-as eredményhez képest. A kereslet idei visszaesését várhatóan a többen gyorsabb kínai rendeződés fogja enyhíteni. Az előrejelzés feltételezi, hogy a legtöbb országban bevezetett lezárásokon június és július folyamán tovább enyhítenek, miközben a közösségi távolságtartás szabályai érvényben maradnak, valamint, hogy az acélgyártó gazdaságok nem szembesülnek a járvány második hullámával.

A kitekintéshez fűzött kommentárjában *Al Remeithi*, a worldsteel gazdasági bizottságának elnöke a következőket említi:

„A COVID-19 járvány az egészségre és a közegészségügyre gyakorolt katasztrofális hatásai mellett a világgazdaság számára is óriási válságot hozott. Vevőinket a fogyasztás általános befagyasztása, a lezárások, valamint az ellátási láncok zavarai sújtják. Ebből kifolyólag a legtöbb ország esetében az acélkereslet jelentős csökkenésére számítunk, különösen a második negyedévben. A korlátozások májusban kezdődő enyhítésével a helyzet várhatóan fokozatosan javulni fog, ugyanakkor a helyreállítás lassú lesz.

Elképzelhető azonban, hogy a legtöbb országban az acélkereslet csökkenése nem lesz olyan súlyos, mint a globális pénzügyi válság idején, mivel a járvány által leginkább sújtott fogyasztási és szolgáltatási ágazatok kevésbé acéligényesek. Számos fejlett gazdaságban a 2008-as válság következtében eleve alacsony szinten volt még az acél iránti kereslet.

Fontos hangsúlyozni, hogy ez az előrejelzés a nagy bizonytalanság időszakában készült.

A FELLENDÜLÉS REMÉNYE

Miközben a legtöbb országban május közepétől kezdve fokozatosan nyitásnak lehetünk tanúi a lezárásokat követően, a gazdasági aktivitás helyreállása csak a harmadik negyedévben várható. Annak ellenére, hogy az összes acélfelhasználó ágazatot érintik a lezárások, különösen a gépipar és az autópár vannak kitéve egy elhúzódó keresleti sokknak, illetve a globális ellátási láncok zavarainak. Az acélfelhasználó ágazatokban változások történtek a munkafolyamatokat illetően annak érdekében, hogy teljesüljenek a közösségi távolságtartás követelményei. A munkakörülmények ilyen jellegű változása nagy valószínűséggel alacsonyabb termelékenységet és hosszabb termelési ciklust eredményez.

KÍNA

A többi ország előtt járva a kínai gazdaság talpraállása a lezárások feloldását követően már február végén elkezdődött. Gazdasága gyorsan normalizálódik, leszámítva a vendéglátást és az idegenforgalmat is. A gazdasági aktivitás februári befagyasztása a GDP 6,8%-os, valamint az állóeszköz-beruházások 16,1%-os csökkenését okozta az első negyedévben. Az ipari termelés 8,4%-kal esett vissza, amiből az autópár 44,6%-os eséssel vette ki a részét az első negyedévben.

Április végére az összes fő acélfelhasználó ágazat visszaállt a közel teljes termelésre, bár a feldolgozóipar teljes kapacitással történő működését az exportkereslet összeomlása akadályozza. Wuhan lezárásának április 8-ai megszüntetését követően az építőipar már elérte a 100%-os termelékenységet.

Az acélkereslet rendeződése 2020 második felében sokkal láthatóbb lesz. Ezt az építőipar, különösen az infrastrukturális beruházások erősítik majd, ahogy a kormány számos új infrastrukturális kezdeményezést terjeszt elő.

A feldolgozóipar fellendülése lassabb lesz a globális gazdaságot sújtó súlyos recesszió hatására, ugyanakkor a gépjárműipar részesül majd az ösztönző intézkedésekből.

A kínai acélkereslet várhatóan 1,0%-kal bővül az idei évben. Arra számítunk, hogy a 2020-ban induló infrastrukturális projektekből származó előnyök 2021-ben is kitartanak és támogatják az acélkeresletet.

A 2009-eshez hasonló, erőteljes ösztönzőprogram nem várható, tekintve, hogy ez ellentétes hatást érne el a kormány gazdaság kiegyensúlyozását célzó törekvésével. Ha

azonban a világgazdaság alapjaiban befolyásolja a kínai gazdaság fellendülését, a kormány részéről további támogató intézkedésekre lehet szükség az acélkeresletre vonatkozó, felfelé mutató kockázatok mellett.

FEJLETT GAZDASÁGOK

A fejlett gazdaságokban várhatóan 17,1%-kal zuhan az acélkereslet. Noha a visszaesésben a fogyasztás és a szolgáltató szektor jár az élen, a kiadások, a munkaerőpiacok és a bizalom terén jelentkező komoly zavar fokozza az acélfelhasználó ágazatok széles körű csökkenését. A jelentős mértékű munkahelyvesztés, a csődök, a gyenge bizalmi szint, valamint a továbbra is fennálló közösségi távolságtartási intézkedések tovagyűrűző hatásai a 2021-es évre csupán részleges, 7,8%-os erősödést jeleznek.

Az Európai Unió acélkereslete 2019-ben 5,9%-kal esett vissza a tartós, feldolgozóipart érintő recesszió következtében. A feldolgozóipar, amely az előrejelzések alapján 2020 elején már növekedési pályára állt volna, még súlyosabb válságba süllyedt, mivel a leállások a megrendelések drasztikus visszaeséséhez vezettek. Várhatóan a gépjárműipar éri a legnagyobb csapás, míg az építőipar ellenállóképessége viszonylag magasabb.

Az Egyesült Államokban a COVID-19 a feldolgozóipar éles visszaesését eredményezi, ami várhatóan a második negyedévben éri el mélypontját. Az olajárak esése további lefelé irányuló nyomást gyakorolt az energiaszektor beruházásaira, amely már a válság előtt is nehéz helyzetben volt. A megugró munkanélküliség csökkenti a jövedelmet és a bizalmi szinteket, ezáltal rontja a lakásépítési kedvet. Noha a lakásépítés viszonylag jobban teljesít, 2020-ban visszaesés, 2021-ben csak enyhe javulás várható.

A japán acélkereslet 2019 második fele óta gyengül, és 2020-ban további két számjegyű zuhanásra lehet számítani, mivel a csökkenő kivitel és a leállított beruházások nagy nyomást gyakorolnak a gépjármű- és gépiparra. Egyes építési projektek leállása ellenére az építőipar viszonylag kisebb mértékű szűkülése várható abból kifolyólag, hogy a lakossági kivitelezések folytatódnak.

Koreában a fő acélfelhasználó ágazatok szintén két számjegyű visszaesésre számíthatnak a zuhanó exportpiacok és a gyenge hazai gazdaság miatt. A helyzet legsúlyosabban a hajógyártást fogja érinteni, míg az állami infrastrukturális projektek hatására az építőipar enyhébb csökkenést könyvelhet majd el.



FEJLŐDŐ GAZDASÁGOK (KÍNA KIVÉTELVÉL)

A fejlődő gazdaságok kevésbé felkészültek a COVID-19 járvánnyal szemben. Az elégtelen egészségügyi kapacitások szigorúbb lezárásokat követeltek egyes országokban.

A gazdaság támogatására rendelkezésre álló korlátozott költségvetési mozgástér, a csökkenő nyersanyagárak, a tőkekiáramlás, a valutaleértékelődés egyes fejlődő országokban az acélkereslet legalább olyan súlyos visszaesését okozza, mint a fejlett gazdaságokban. A fejlődő gazdaságokban (Kína kivételével) a 2020-as évben várhatóan 11,6%-kal zuhan az acélkereslet, 2021-ben azonban jelentős, 9,2%-os erősödéssel számíthatunk.

India hajtotta végre a legszigorúbb, egész országra kiterjedő lezárásokat a világon, megbénítva ezzel a teljes ipart. Az építőipar március végére leállt, és a munkaerő lassú visszatérése miatt előreláthatóan elhúzódik a fellendülés. Az ellátási láncok zavarai a kereslet lassú rendeződésével párosulva súlyos csapást fognak jelenteni az autóipar számára. A gépiparra további hanyatlás vár a magánbefektetések alacsony szintje és az ellátási láncok zavarai következtében.

A kormányzati ösztönzők támogatásával az építőipar fellendülését az olyan infrastrukturális beruházások eredményezik majd, mint például a vasútépítés. A vidék jövedelmének állami támogatása, illetve a közelgő ünnepi időszakhoz kapcsolódó fogyasztás a második fél évben elősegíti a feldolgozóipari árucikkek iránti kereslet jelentős erősödését.

A kínai lezárások az első negyedévben erősen sújtották az ASEAN országait, akik ezt követően pedig jelentős zavarokat tapasztaltak az ellátási láncokban és a turizmusban. Néhány infrastrukturális projekt a lezárások ellenére is folytatódik, ezáltal az acélkereslet csökkenése kevésbé jelentégető problémát. Vietnamban a COVID-19 korai megfékezésének köszönhetően növekedés várható. 2021-ben a hangsúly ismét az infrastrukturális beruházásokra helyeződik, ami fellendíti majd az acélkeresletet.

A COVID-19 világjárvány teljes zavart okozott Latin-Amerikában, és a 2020-as helyreállásnak még a reményét is aláássa a földrész országaiban. Latin-Amerika rendkívül sebezhető a halmazódó belső strukturális problémák, a politikai instabilitás, valamint a nyersanyagáraknak való magas kitettség következtében. Idén várhatóan jelentősen csökken az acélkereslet a régióban, és csak gyenge fellendülésre lehet számítani a következő évben. Mivel a régió le van maradva a COVID-19 görbe tekintetében, a kilátások tovább romolhatnak. A reformprogramok és infrastrukturális tervek mentén történt előrelépésbe vetett reményt a COVID-19 régióra kifejtett elhúzó hatása akadályozza.

A Független Államok Közössége gazdasága lassan fog csak kimászni a recesszióból. Az olajárak beszakadásával együtt a COVID-19 válság az acél iránti kereslet súlyos visszaeséséhez fog vezetni 2020-ban, és csak enyhe fellendülésre lehet számítani 2021-ben.

A MENA régió olajtermelő országai a leginkább sújtott területek közé sorolhatók annak a kettős sokknak a hatására, amit a COVID-19 kitörése és az olajárak zuhanása okozott.

ÉPÍTŐIPAR

Egyes országok az építőipari projektek hirtelen leállítására kényszerültek az ellátási láncok zavarai, valamint a munkaerőhiány miatt a lezárások ideje alatt. Mindazonáltal az ágazat hanyatlása kevésbé lesz súlyos, mint a pénzügyi válság idején.

A közösségi távolságtartásra vonatkozó szabályokat sokkal nagyobb kihívás betartani az építőiparban, ami akadályozza a munkálatok újrakezdését a lezárások megszűnését követően. Az új építési projektekkel kapcsolatos kilátások sem túl fényesek a fogyasztók és vállalkozások rossz anyagi helyzetéből kifolyólag.

A kormányok kísérletet tehetnek a kereslet támogatására azáltal, hogy nagy hangsúlyt fektetnek új építési projektekre, azonban a jelentősen leromlott államháztartási mérlegek korlátozhatják az új infrastrukturális projektek végrehajtásának képességét.

GÉPGYÁRTÁS

A gépgyártó szektor – amely a leghosszabb ellátási láncsal rendelkező gyártó ágazatok egyike – jelentős logisztikai nehézségekkel és ellátási problémákkal szembesült. Ezzel egy

időben az ágazat a kereslet jelentős visszaesésére számíthat 2020-ban, mivel a beruházási projekteket felfüggesztették vagy törölték.

A szektor hosszú távon is kihívásoknak néz elébe a kereslet fellendülése terén, a borús beruházási kilátások miatt.

A mezőgazdasági és építőipari gépgyártási szegmensben gyorsabb lesz a helyreállítás.

Az acélfelhasználó ágazatok közül az autóipar a COVID-19 válság legnagyobb áldozata. 2020-ban az autóipari eladások az elmúlt két év veszteségein felül várhatóan további 20%-os csökkenést szenvednek el.

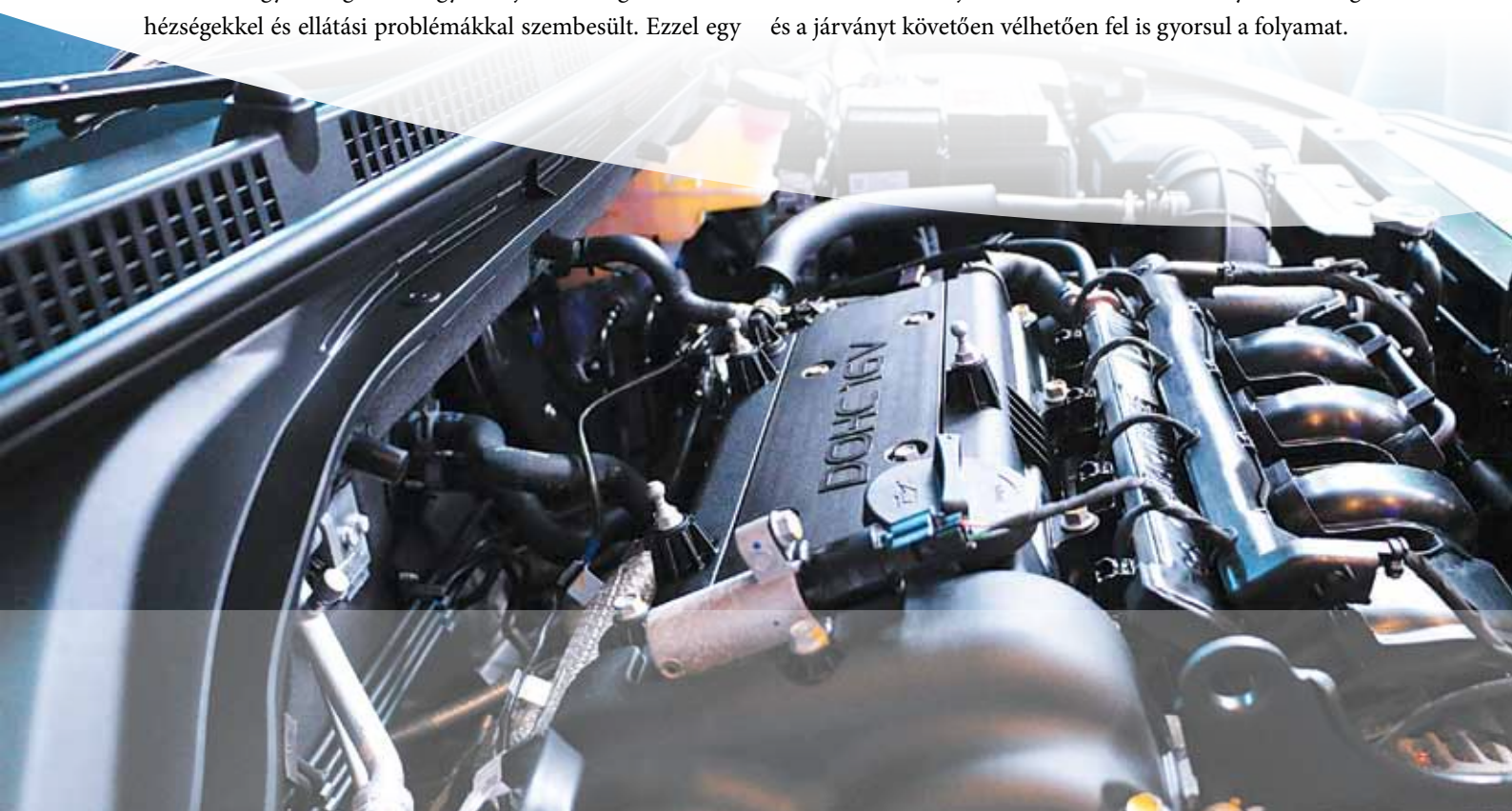
AUTÓIPAR

Az acélfelhasználó ágazatok közül az autóipar a COVID-19 válság legnagyobb áldozata. 2020-ban az autóipari eladások az elmúlt két év veszteségein felül várhatóan további 20%-os csökkenést szenvednek el.

A válság előtti szint elérése eltart majd néhány évig, köszönhetően a jövedelemnövekedésnek és az otthoni munkavégzésnek, ugyanakkor a biztonsági megfontolások már rövid távon fellendíthetik a személygépkocsik iránti keresletet.

Ezenkívül az ellátási zavarok a lezárás időszakát követően is fennállhatnak, mivel a likviditási nehézségek nemcsak a gépjárműgyártókat, hanem az alkatrészbeszállítókat is visszatartják az újraindulástól.

Az elektromos járművekre való áttérés folytatódni fog, és a járványt követően vélhetően fel is gyorsul a folyamat.





ACÉL A ROCK AND ROLL VILÁGÁBAN



Az 1930-as évek fém akusztikus gitárjaitól egészen napjainkig, ahol már modern pick-upokban és gitárhúrokban találjuk meg, az acél központi szerepet játszott a popzene kialakulásában.

Miután végbement az a technológiai fejlődés, amely lehetővé tette, hogy létrejöjjön a rock and roll, mint zenei irányzat, az acélhúrral felszerelt elektromos gitárok örökre megváltoztatták a zene világát. Az acélhúrok és a hangzás, amelyet a mágneses hangszedők generálnak, teljesen új értelmet adtak a zene általi önkifejezésnek. A rockabillytól a punkon át, a progresszív és hard rockon keresztül a tiszta rockzenéig az acélhúr volt az a „hozzávaló”, melynek köszönhetően a világ legismertebb dalainak hangzásai létrejöhettek.

A rozsdamentes acél gitárhúrok, amelyeket a '60-as években kezdtek el széles körben használni, telt és tiszta hangot kölcsönöznek a gitároknak.

Míg olyan zenészek ügyessége, mint Chuck Berry, Jimi Hendrix valamint Keith Richards, úgy tűnhet, mintha utánozhatatlan lenne, a megfejtést nagyrészt a hangszedők által generált mágneses mezőben kell keresni. Ennek kulcsa pedig nem más, mint a „pickup” vagy hangszedő – egy huzaltekercssel körbevont mágnes, amely minden elektromos gitárban megtalálható.

A rozsdamentes acél gitárhúrok, amelyeket a '60-as években kezdtek el széles körben használni, telt és tiszta hangot kölcsönöznek a gitároknak.

A pickup mágnesének északi pólusa a gitár testéből kifelé mutat, célja, hogy mágnesezze a fölötte feszülő húrokat. Amikor a húrokat megpendítik, mozgásuk folytán azok is mágnessé válnak, és a pickupoknak köszönhetően mágneses teret hoznak létre. Az elektromos gitárok szerepe, hogy az acélhúroknak, a pickupoknak, valamint e két összetevő együttes munkájának

eredményét, vagyis a pengetés által generált elektromos mezőt aztán a gitárerősítő segítségével hangokká alakítsák.

ROCK AND ROLL TÖRTÉNELEM

Az első hangszedőt 1931-ben készítették Los Angelesben, amikor egy elektromos hangszerek készítésével foglalkozó vállalat azzal kísérletezett, hogy milyen módon lehetne a gitárjaikat elektromosság által hangosítani. Egy, a citerához hasonló, és az elektromos gitár egyik elődjének is tekinthető „steel guitar” nevű hangszeren ekkoriban már régóta játszottak, viszont a szükséges technológia hiányában nagyobb közönség számára nehézkes volt megfelelően felhangosítani a hangszert. A megoldást pedig az acélhúrral szerelt, elektromosan hangosított gitár szolgáltatta.

Az első „elektromos húrokkal szerelt hangszert” 1937-ben szabadalmaztatta George Beauchamp zenész és a National Guitar Corporation vezérigazgatója, valamint Adolph Rickenbacker villamosmérnök. Ettől függetlenül a kezdeti időszakban ezeken a hangszereken is ölbé véve játszottak. A kezdetekben az elektromos gitárt a dzsessz, a swing-, valamint a countryzenében használták.

– Az elektromos gitár történetének gyökerei hosszan nyúlnak vissza a zenében – mondja *dr. John McGrath*, a Surrey Egyetem zenei oktatója. – A megfelelő technológia feltalálásával eljött a rock and roll zene hajnala.

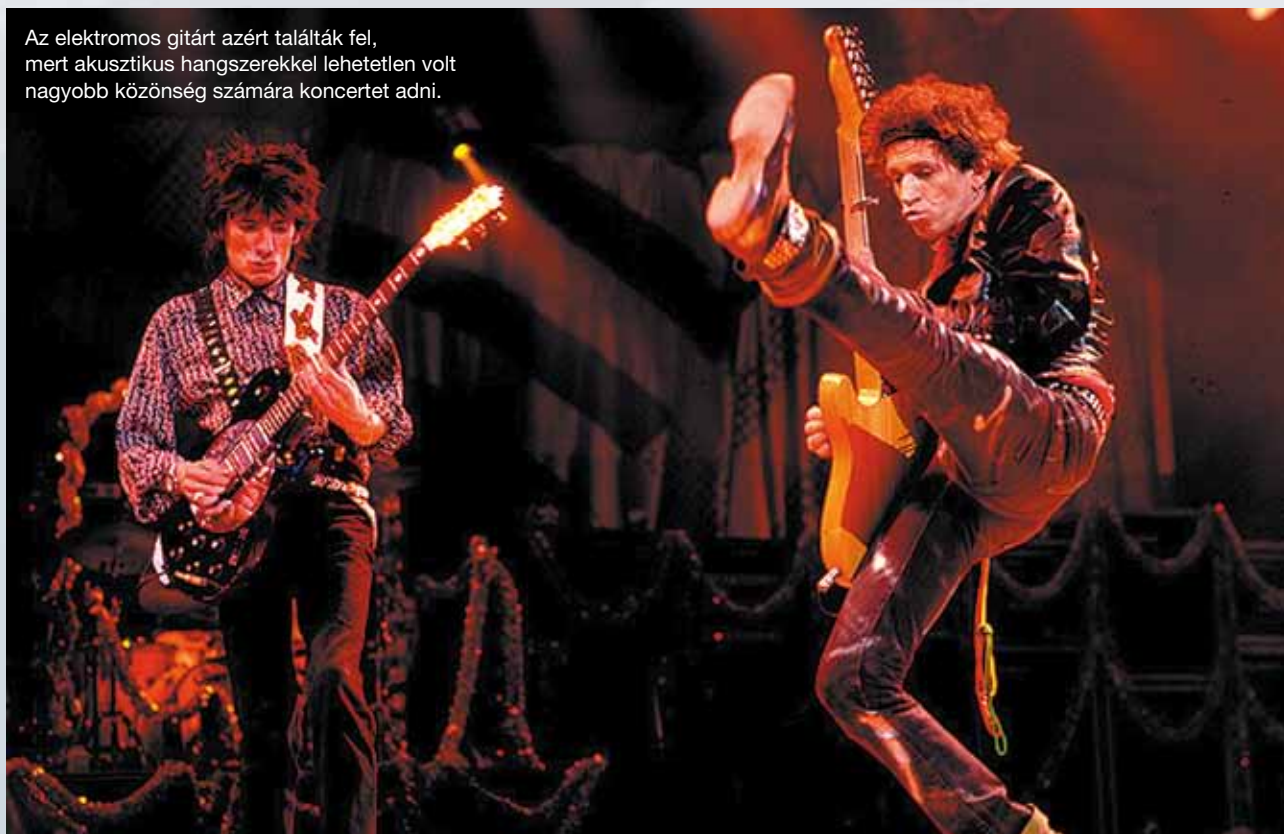
A HÚR MAGA A HANG

Az elektromos gitár „lelke” a mágneses acélhúr, de a húrok anyagának és alakjának kombinációja miatt tudunk szinte akármilyen hangzást adni a gitároknak. Amikor megjelentek a piacon, az acélhúrok vékonyabbak voltak azoknál a nejlomból vagy bélből készült húroknál, melyeket az akusztikus gitárokon használtak, s ez eleinte gátat szabott az elterjedésüknek. Később azonban elkezdtek az acélhúrokat cinkkel bevonni, ezáltal lehetővé vált az acélhúrok használata az akusztikus gitárokon is, hiszen a cinkkel bevont húrokkal a zenészek képesek voltak a puhább, teltebb hangzást elérni.

Csakúgy, mint bármely más drót vagy vezeték, a gitárhúrok is ugyanazzal az egyszerű technológiával készülnek, melynek során az acélt egy olyan, keményebb anyagból készült formán nyomják keresztül, amelyen található egy bizonyos átmérőjű lyuk, a kívánt húrvastagság függvényében. Az acél magas szakítószilárdságának köszönhetően egészen vékony húrokat is elő tudunk állítani, egy-egy zenész speciális igényeire szabva.

– Az 1930-as években az első húrgyártó üzemek olyan acélhúrokat készítettek, melyek egy, a korrózióknak tökéletesen ellenálló cinkbevonatot kaptak. Ezt a szokást aztán évtizedekig követték, mígnem a '60-as években olyan zenészek, mint például a bluesrockot játszó *Eric Clapton*, elő nem álltak az ötlettel, hogy a megszokottnál vékonyabb húrokra

Az elektromos gitárt azért találták fel, mert akusztikus hangszerekkel lehetetlen volt nagyobb közönség számára koncertet adni.





Az, hogy milyen gitárhúrt választunk, nagymértékben befolyásolja a hangzást. Egyedi hangzása van a The Rolling Stones gitárosa, Keith Richards játékának is

van szükség ahhoz, hogy a hangokat még inkább formálni lehessen, hogy egy rockosabb hangzást kapjunk – magyarázza McGrath, – ezért a zenészek elkezdték a bendzsók vékonyabb húrjait is használni.

A JGuitar tulajdonosa, *Jeff Guilford* szerint a rockzenészek azért választják az acélhúrokat, mert „így képesek szinte bármilyen, általuk megálmodott hangzást létrehozni”. Az acélhúrok által generált jel erőssége, amelyet később a gitárerősítő alakít hangzássá, valamint az eltérő hangszedők kombinációjának köszönhetően lehet elérni az elektromos gitárok sokszínű, különböző gitárokra jellemző hangzásait. Az 1960-as években elterjedt acél gitárhúrok adják az igazi tiszta, telt és összetett elektromosgitár-hangzást. Ráadásul a korrózióálló bevonatnak köszönhetően hihetetlenül tartósak is.

AZ ACÉLMAG

A legjobb, legtisztább hangzás elérésének érdekében a zenészek általában olyan, „hex core”-nak nevezett gitárhúrt választanak, amelynek magját egy vékony, hatszögletű acél-drótot képezi. A drótot aztán különböző anyagokkal vonják be, hogy végül elkészüljön a gitárhúr. Ezzel a technikával a zenészek a kívánt hangzást kapják, miközben alakjának köszönhetően a húr feszebb érzetet kelt pengetéskor, ezáltal sokkal jobban kézre áll, mint a hagyományos, kör keresztmetszetű húrok.

– Napjainkban hatalmas a gitárhúr-kínálat a hangszerboltok polcain, azonban a legerjedtebb konstrukció még mindig a kör vagy hatszög keresztmetszettel rendelkező gitárhúr – állítja Guilford. A széles palettán megtalálható olyan gitárhúr is, amely speciális, az újtechnológiában is használt „szuperötvözetből” készül. Az ebből a különleges, martenzites acélból készült húrokkal a zenészek képesek gazdag, hosszabban kitartott hangzásokat előcsalni hangszereikből.

Buddy Hollytól, a The Rolling Stones-on keresztül, egészen napjaink modern zenekaraiig, mint például a The Killers, számos különböző zenei irányzat eredeztethető egy szimpla mágnestől, valamint egy, az ölbe véve pengetett hangszertől. 90 év telt el a feltalálása óta, és nem számít hogy a gitárhúr kör vagy hatszög keresztmetszetű, cinkkel van bevonva vagy speciális ötvözetből készül, az acél a szíve annak a hangszernek, mely örökre megváltoztatta a zenét.

A rezgést, melyet egy elektromos gitár húrjának megpendítése eredményez, a hangszedő által konvertálva jut el az erősítőig, melyből a hang távozik

TERMOMECHANIKUSAN HENGERELT, MIKROÖTVÖZÖTT ACÉLOK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIA-TERVEZÉSÉNEK ALAPVETŐ FÉMTANI VONATKOZÁSAI

A növelt szilárdságú, termomechanikusan hengerelt, mikroötvözött, finomszemcsés acélok jellemzően alacsony karbontartalmú, 1-1,5% mangánt és összesen néhány század-, legfeljebb néhány tizedszázalék nióbbiumot, vanádiumot, titánt, valamint néhány speciális esetben bórt és/vagy molibdént különböző arányban tartalmazó, 300-700 MPa-os folyáshatár-tartományba eső, alacsony szennyezőanyag-tartalmú vasötvözetek.

Szövetszerkezetük tekintetében jellemzően finomszemcsés ferrites, ferrit-perlites, esetenként acikuláris ferrites-bénites jellegű mátrix mellett – keletkezésük hőmérsékletétől függően – mikro- vagy nanométeres mérettartományba eső, a ferrit mátrixszal általában koherens mikroötvöző-karbid/nitridkiválások figyelhetők meg. Szemcseméretük, szövet-elemeik egymáshoz viszonyított aránya, ezzel együtt mechanikai tulajdonságaik a kémiai összetétel és a melegehengerlés-technológiai paraméterek tudatos megválasztásával széles skálán változtathatók, lehetővé téve rendkívül speciális vevői igények kielégítését. Éppen a fentiek miatt a legmodernebb többfázisú és 3. generációs AHSS-acélok széles körű alkalmazása mellett még mindig rendkívül jelentős mennyiségben (Magyarországon kb. 400 000 tonna/év) előállított HSLA-(High Strength Low Alloy) acélok gazdaságos és fenntartható alternatívát jelentenek a legkülönbözőbb felhasználási célok esetén napjainkban is. Magas szilárdságuk, kiváló szívósságuk, hidegalakíthatóságuk és hegeszthetőségük miatt építőipari, gépjárműipari és szénhidrogén-ipari felhasználásuk jelenleg hosszú távon biztosítottnak látszik. Jelentőségüket nemcsak a széles körű alkalmazhatóságukat lehetővé tevő kiváló karakterisztikájuk adja, hanem a természeti erőforrásokkal fenntartható módon történő gazdálkodás iránti egyre fokozódó igény is alátámasztja.

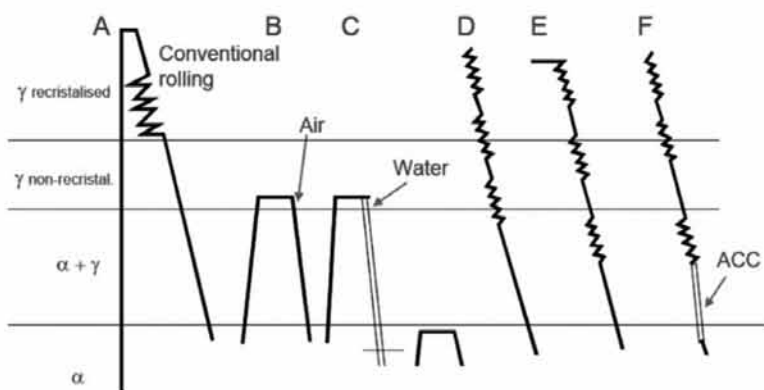
Cikkünkben áttekintjük a termomechanikus hengerlés és a mikroötvözés HSLA-acélok szövetszerkezetére gyakorolt hatását, valamint a szilárdságnövelő mechanizmusok

fémteni hátterét. Bemutatjuk a szilárdság-szívósság kompromisszum tekintetében egyik legideálisabb ferrit morfológia, az acikuláris vagy tús ferrit keletkezését befolyásoló faktorokat, továbbá a kapcsolódó szakirodalom tekintetében néhány kritikai észrevételt is teszünk.

1. A TERMOMECHANIKUS HENGERLÉS

A hagyományos melegehengerlés (1. ábra / A) során az alakítás az ausztenit újrakristályosodási határhőmérséklete (T_{nr}) fölötti hőmérsékleten ér véget, melynek eredményeként a viszonylag durva szemcsés ausztenitből olyan ún. „as rolled” szállítási állapotra jellemző szekunder szövet jön létre, melynek további normalizáló hőkezelésre van szüksége ahhoz, hogy a felhasználás szempontjából kedvező tulajdonságokkal rendelkező termék jöjjön létre.

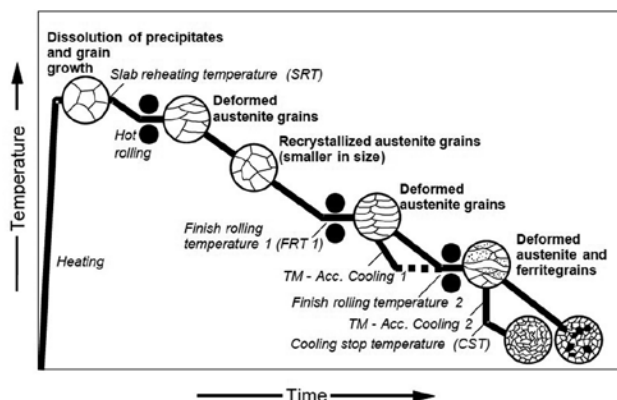
Termomechanikus hengerlés (1. ábra / E-F) esetén az alakítás nagyobb hányada az ausztenit újrakristályosodási határhőmérséklete alatt történik, esetenként már az A_{r3} hőmérséklet alatt fejeződik be. Az eljárás alapvető célja, hogy a deformált ausztenitzemcsékből finomabb szemcseméretű, az „as rolled” állapothoz képest kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkező szekunder szövetű terméket állítsunk elő. Napjainkban jellemzően az acél szélesszalagok termomechanikus hengerlését kétlépcsős, gyorsított hűtés



	Szállítási állapot
A	„As rolled”
B	Normalizált
C	Edzett + Megeresztett
D	Kontrollált hőmérsékletvezetéssel hengerelt
E	Termomechanikusan hengerelt
F	Gyorsított hűtéssel kiegészített termomechanikus hengerlésű

1. ábra: Különböző szállítási állapotú melegen hengerelt acélok gyártási útvonalának, gyártástechnológiájának jellemző eltérései [1]

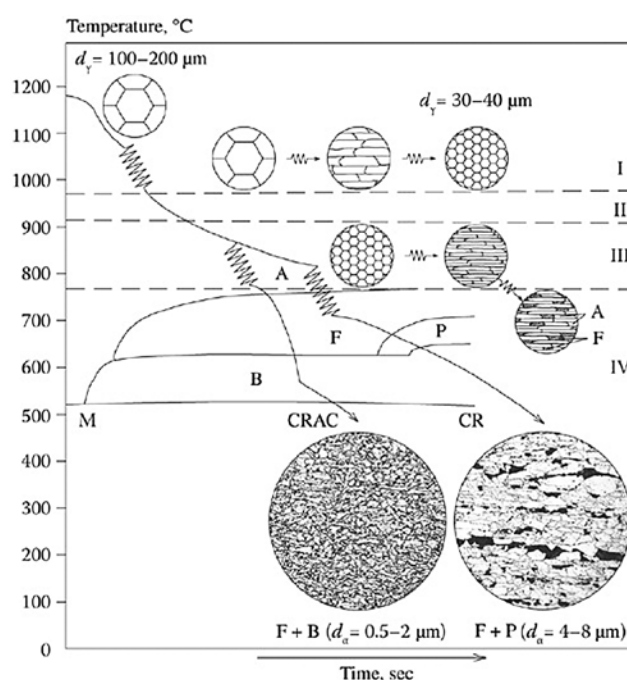
egészíti ki. A növelt sebességű hűtést leggyakrabban lamináris áramlást biztosító kollektorokon a lemez felületére jutott ipari hűtővíz segítségével valósítják meg. A 2. ábra a gyorsított hűtés nélküli és a kétlépcsős, gyorsított hűtéssel kiegészülő termomechanikus hengerlés hőmérsékletvezetését és a két technológiával létrehozható szövetszerkezet közti különbséget mutatja be.



2. ábra: A kétlépcsős, gyorsított hűtéssel kiegészített termomechanikus hengerlés és a hagyományos termomechanikus hengerlés hőmérsékletvezetése közötti különbségek [1]

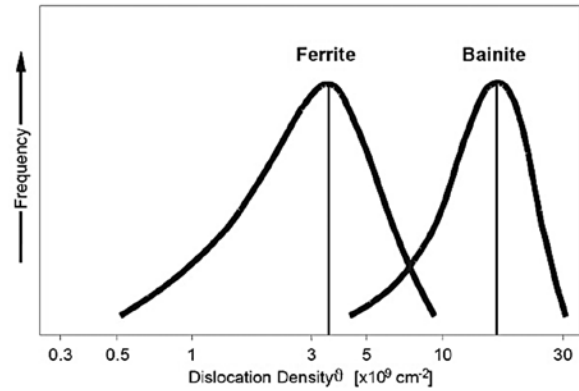
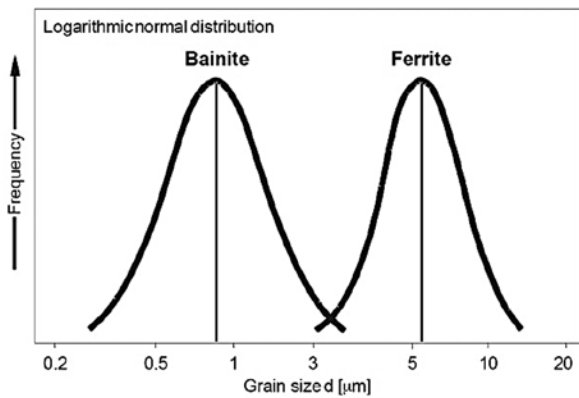
A két technológia gyakorlatilag a készsori hengerlés utolsó néhány szűrésáig megegyezik. A gyorsított hűtés 1. szakasza, az állványközi hűtés biztosítja, hogy az alakváltozás még nagyobb része az ausztenit statikus újrakristályosodásának hőmérséklete alatt menjen végbe, mint a hagyományos termomechanikus hengerlés esetén. A gyorsított hűtés 2. szakasza (a kifutógörgősori szalaghűtés) megakadályozza, hogy a nagymértékben deformált ausztenit perlitese alakuljon át. A gyorsított hűtés 2. szakaszában a helyesen megválasztott hűtési sebességgel gyakorlatilag elkerülhető a perlit megjelenése (3. ábra).

A hagyományos (kétlépcsős, gyorsított hűtés nélküli) termomechanikus hengerlés hatására a lemez közép-



3. ábra: A perlit megjelenésének elkerülése termomechanikus hőmérsékletvezetésű hengerlés esetén praktikusán megválasztott hűtési sebességgel és csévélési célhőmérséklettel [2]

vonalaiban perlitiszigetek jelenhetnek meg. A kétlépcsős, gyorsított hűtés hatására a szövetszerkezet kisebb szemcseméretet, vastagságirányban homogénebb szemcseméret-eloszlást mutat, a perlitiszigetek gyakorlatilag eltűnnek és a poligonális ferrit helyét acikuláris ferrites-bénites struktúrák veszik át. Ennek köszönhetően a mechanikai anyagvizsgálati eredmények is kedvezőbben alakulnak, mind a szilárdság, mind a szívósság tekintetében. A magasabb szilárdság és ezzel együtt magasabb szívósság magyarázata az, hogy az azonos kémiai összetételű ausztenitből képződő acikuláris ferrit vagy bénit és poligonális ferrit között szignifikáns mikroszerkezeti különbség van mind a szemcseméret, mind a diszlokációsűrűség tekintetében, ahogy azt a 4. ábrán is láthatjuk.



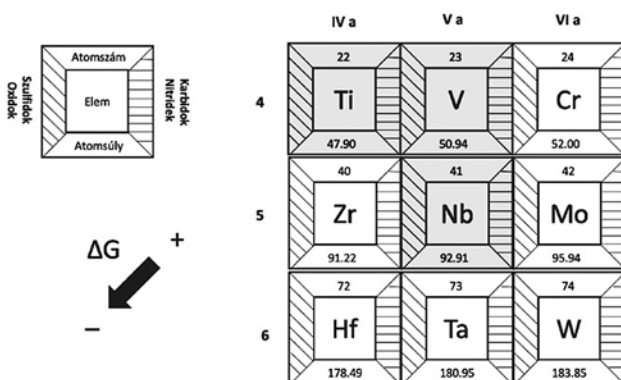
4. ábra: A ferrit és a bénit szemcseméret- és diszlokáció-sűrűség eloszlásának összehasonlítása [3]

2. A MIKROÖTVÖZÉS

Az acélnak a periódusos rendszer 4., 5. és 6. csoportjába, valamint 4., 5. és 6. periódusába tartozó magas olvadáspontú, magas nitrid- és karbidképző hajlamú elemekkel történő mikroötvözése, a lehülés során karbo-nitrid precipitátumok képződése által különböző mértékben ugyan, de akadályozza az ausztenit szemcsedurvulását [4] és emeli az ausztenit újrakristályosodási határhőmérsékletét (T_{nr}) [5].

Mikroötvözőknek nevezzük azokat az elemeket, amelyek kevesebb mint 0,10 tömeg% mennyiségben adagolva is jelentős hatással vannak az acélok mikroszerkezetére és tulajdonságaira [7]. A periódusos rendszer fent említett magas olvadáspontú, karbid- és nitridképző hajlamú elemei (5. ábra) potenciálisan alkalmas mikroötvözőknek tekinthetők.

Az 5. ábrán látható elemek karbid- és nitridképző hajlama a jobb felső saroktól a bal alsóig nő. A 6. csoport elemeinek (Cr, Mo, W) karbidjai ortorombos vagy



5. ábra: Részlet a periódusos rendszerből, az elemek nemfémes vegyületet képző potenciáljával kiegészítve [6], kiemelve a gyakorlati szempontból is jelentős szerepet betöltő mikroötvözők

hexagonális, míg a 4. és 5. csoport elemeinek karbidjai lapközepek köbös rácsszerkezetűek. Ez utóbbi struktúrára kedvezőbb az ötvözet alapfém rácsszerkezetével való kohézió, ennek megfelelően az ötvözet mechanikai tulajdonságai szempontjából. Ahhoz, hogy a mikroötvöző elemek hatékonyan módosítsák az acél tulajdonságait, a melegalakítás és a lehülés során kiválásokat kell képezniük. Ennek alapfeltétele, hogy magasabb hőmérsékleten oldatba menjenek, szilárd oldatot képezzenek az alapfémrel. Az oldódás annál hatékonyabb, minél kisebb az alapfém és az ötvöző atom átmérője közötti különbség. A kilenc elem közül a cirkónium és a hafnium atomsugara mutatja a legnagyobb eltérést a vasatométól (Zr +25%, Hf +31.3%), ennek megfelelően ezek az elemek szilárd oldatot a vassal gyakorlatilag nem képeznek. A tantál mikroötvözőként történő alkalmazását elérhetősége és magas ára erősen korlátozza [8]. A HSLA-acélok esetén tehát a kis mennyiségben is jelentős tulajdonságváltoztatásra potenciálisan alkalmas elemek közül fizikai-kémiai és egyéb ésszerű megfontolásokból karbid- és nitridképző mikroötvözőként a nióbbium, a vanádium és a titán használata terjedt el. A legtöbb forrás az alumíniumot és a bört is tágabb értelemben véve a mikroötvöző elemek közé sorolja, habár az alumínium rendkívül széles körben elterjedt dezoxidálószer, és nem feltétlenül szemcséfinomító hatása miatt alkalmazzák. A bór mikroötvözési szerepe a HSLA-acélok tekintetében marginális, jellemzően csak a legmagasabb szilárdsági osztályba tartozó csőalapanyagok (pl. X120) esetén alkalmazzák.

A mikroötvözőkkel, valamint a meleghegerlés hőmérsékletvezetésének és szúrásstervének célszerű megválasztásával jelentős szemcséfinomítást, a perlit megjelenésének elkerülését és számottevő kiválásos keményedés által létrejövő szilárdságnövekményt érhetünk el.

3. A SZILÁRDSÁGNÖVELŐ MECHANIZMUSOK

A HSLA-acélok mechanikai karakterisztikájával szembeni követelmény, hogy a szilárdság, a szívósság és a hidegalakíthatóság között megfelelő egyensúly álljon fenn. Ezeket a tulajdonságokat mikroszerkezeti jellemzők határozzák meg [9]. A folyáshatár növelésére több módszer is a technológiatervezők rendelkezésére áll. A szilárdságnövelő mechanizmusok közös jellemzője, hogy a diszlokációk szabad mozgását akadályozzák, azonban ezt más-más módon érik el.

- *A diszlokációk hatása:* a diszlokációsűrűség növekedésével nő a szilárdság, ugyanis a diszlokációk egymást is akadályozzák a mozgásban. A módszer korlátját a szerkezet diszlokációs telítődése jelenti [9]. HSLA-acélok esetén nem a hidegalakítással elérhető diszlokációsűrűség-növekedés szilárdságnövelő hatását használjuk ki, hanem az egyensúlytól eltérő szekunder szövet morfológiák egyensúlyinál magasabb diszlokációsűrűségét.
- *A szemcsehatárok hatása:* A szemcsehatárok akadályozzák a diszlokációk mozgását. A szemcseméret csökkentésével hatékonyan növelhető a szilárdság, azonban egy kritikus szemcseméret alatt a szövetszerkezet szívóssága csökkenhet [9].
- *Szubszemcsehatárok hatása:* némely szekunder szövetmorfológia esetén (pl. masszív ferrit) a szemcséken belüli szubszemcsehatárok (kis szögű határok) figyelhetők meg. Ezek a szemcsehatárokhoz hasonlóan magas diszlokációsűrűségű objektumok, ennek megfelelően hozzájárulnak a szilárdságnöveléshez.
- *Szilárd oldatos keményítés:* az alapfémekben oldott szubsztitúciós vagy interszticiós atomok torzítják az alapfém kristályrácsát, ezzel szintén akadályozzák a diszlokációk mozgását. A szubsztitúciósan oldódó elemek szilárdságnövelő hatása csekély az interszticiós pozícióba, a rácsszerkezetbe ékelődő atomokéhoz képest. A mechanizmus korlátját mindkét esetben az oldhatósági határ jelenti. A szubsztitúciós szilárd oldatos keményítés kevésbé költséghatékony. Az interszticiós szilárdságnövelés sokkal hatékonyabb, azonban már csekély mértékű interszticiós ötvöző elem is károsan befolyásolhatja a szerkezet szívósságát.
- *Kiválásos keményedés:* a kiválások, a szövetszerkezetben megjelenő második fázis ugyancsak akadályozza a diszlokációk mozgását. A második fázis részecskéi a gyakorlatban telített szilárd oldatból precipitálódnak, azonban elképzelhető magas hőmérsékleten stabil szinterelt szemcsék folyékony fázisba történő adagolása is. A mód-

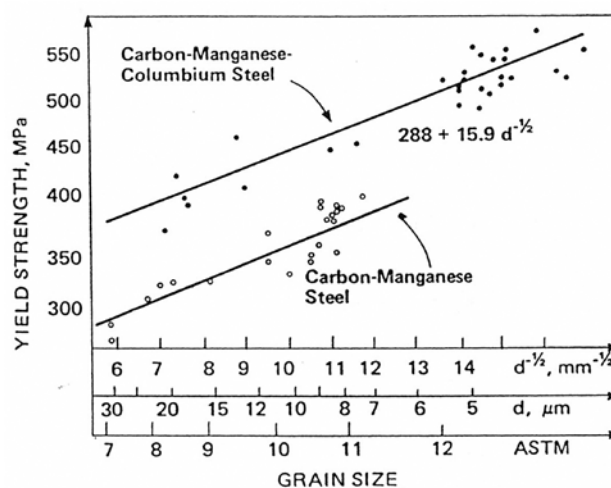
szer korlátját a kiválások alakíthatóságra gyakorolt negatív hatása jelenti, melynek mértéke jelentősen függ a precipitátumok méretétől és alakjától [9].

- *A textúra hatása:* bizonyos kitüntetett irányítottságú textúrával rendelkező szemcsék mennyiségének növelésével a diszlokációk mozgását akadályozhatjuk. Ez a szilárdságnövelő mechanizmus azonban kevésbé hatékony, mivel a kivált második fázis rendkívüli módon nehezíti az irányított szövetszerkezet kialakítását [9].

A felsorolt szilárdságnövelő mechanizmusok közül a HSLA-acélok gyártástechnológiájának tervezése során domináns szerepet tölt be a *szemcsefinomítás* (a szemcsehatárok mennyiségének növelése) és a *kiválásos keményítés*. Éppen ezért ezen mechanizmusok működését részletesebben is áttekintjük.

3.1 A szemcseméret hatása

A szemcseméret csökkenésével a szemcsehatárok felülete nő, melyek a diszlokációk szabad mozgását akadályozzák, ezzel a képlékeny alakváltozás megindulásához szükséges feszültség mértékét növelik. A polikristályos anyagok szemcséi nagy változatosságú orientációval rendelkeznek, melyek véletlenszerű eloszlásúnak tekinthetők. Éppen ezért általában a szemcsén belül mozgó, a szemcsehatárt elérő diszlokáció nem talál a szomszédos szemcsében a Burgersvektorának irányába eső síkot. Ezért ez a diszlokáció és az ugyanezen a síkon mozgó további diszlokációk a szemcsehatárokon feltorlódnak. Ha a feltorlásban felgyűlt feszültség eléri egy kritikus szintet, akkor ez a szomszédos szemcsében diszlokáció-forrást aktivál [10]. Tehát a szemcsehatárok akadályozzák a diszlokációk egyik szemcséből a másikba történő mozgását a szomszédos kristallitok egymástól



6. ábra: Folyáshatár a szemcseméret függvényében C-Mn és C-Mn-Nb acéloknál [13]

eltérő orientációja miatt, ezáltal növelik a polikristályos anyagok folyáshatárát [11]. A polikristályos fémekben a Hall-Petch egyenlet segítségével írhatjuk le a képlékeny alakváltozás megindulásához szükséges feszültség és a szemcseméret közötti összefüggést.

$$\sigma_y = \sigma_i + k_y d^{-1/2} \quad (1)$$

Ahol σ_y az alsó folyáshatár, σ_i a szilárdsági konstans, k_y a szemcsehatár-ellenállást jellemző anyagfüggő paraméter, amit gyakran diszlokáció-elzárási tényezőnek is hívnak és d az átlagos szemcseátmérő [12]. A 6. ábra C-Mn és nióbiummal mikroötvözött C-Mn acélok folyáshatárának a szemcsemérettől való függését mutatja be.

A Hall-Petch összefüggést kiterjedt felülvizsgálatnak vetette alá Irvine, Gladman és Pickening. Eredményeik alapján elmondható, hogy a Hall-Petch összefüggést csak alacsonyabb folyáshatár-tartományba eső acélokra lehet alkalmazni és csak abban az esetben érvényes, ha a szemcsehatárokon kívül a diszlokációk mozgásának megindulását és helyváltoztatásuk szabad úthosszát egyéb szilárdságnövelő mechanizmusok jelentősen nem korlátozzák [14]. Amennyiben egyéb szilárdságnövelő mechanizmusok hatása is szignifikáns, a σ_i szilárdsági konstans értékébe ezeket be kell építeni és az egyenlet az alábbiak szerint módosul:

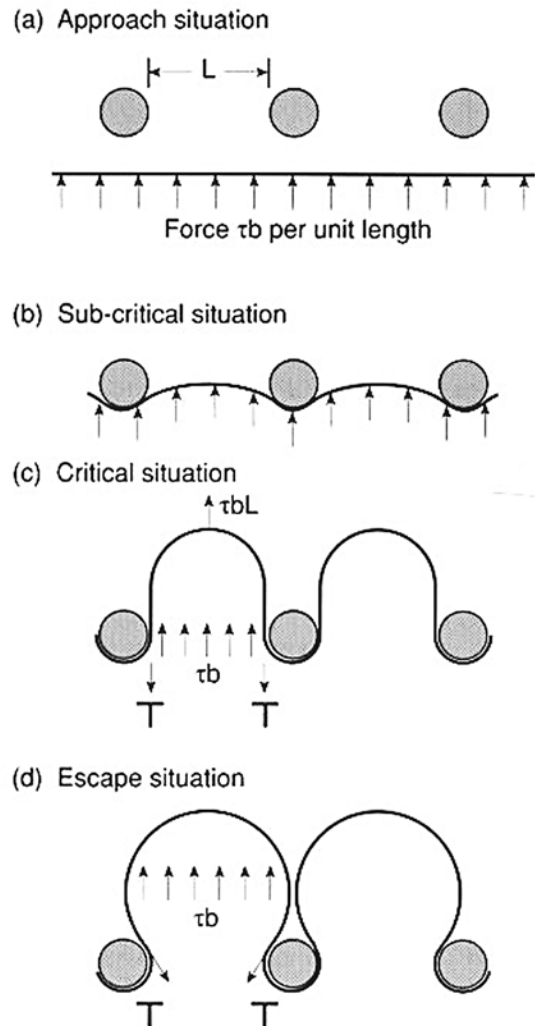
$$\sigma_y = \sigma_i + (\sigma_{sss} + \sigma_{ppt} + \sigma_p + \sigma_{sg} + \sigma_t) + k_y d^{-1/2} \quad (2)$$

ahol σ_{sss} a szilárd oldatos, σ_{ppt} a kiválásos, σ_p a diszlokációs, σ_{sg} a szubszemcse és σ_t a textúrakeményedés okozta szilárdságnövekmény.

3.2 Kiválásos keményedés

Kiválásos keményedésnek nevezzük a túltelített szilárd oldatból kiváló második (vegyület)fázis (kiválások/precipitátumok) vagy ötvözőkben dúsult zónák (szegregátumok) keletkezésének hatására bekövetkező szilárdságnövekedést. Kiválásos keményedés olyan ötvözetrendszerekben érhető el, amelyekben egy vagy több ötvöző korlátozottan oldódik és képes igen kicsi méretű (1-1000 nm) diszperz, egyensúlyi vegyületszemcséké, ún. precipitátumok, vagy nem egyensúlyi, az alapfém rácsterületének mátrixával koherens fázishatárú ötvözőkben dúsult zónák, ún. szegregátumok létrehozására. A HSLA-acélok esetén az egyensúlyi vegyületfázisok precipitálódásának szilárdságnövelő hatását használjuk ki. A precipitátumok által okozott szilárdságnövekmény több tényező/mechanizmus hatásából adódik össze, a legfontosabbak ezek közül a teljesség igénye nélkül:

- *Orowan mechanizmus*: Amikor a diszlokáció mozgása közben kemény, alakíthatatlan precipitátumokkal találkozódik, közülük hurkolódik (7. ábra). A diszlokáció további mozgása (cross slip) csak a feszültség növelésével valósulhat meg, míg a kiválások körül ún. Orowan-hurok képződik [15].

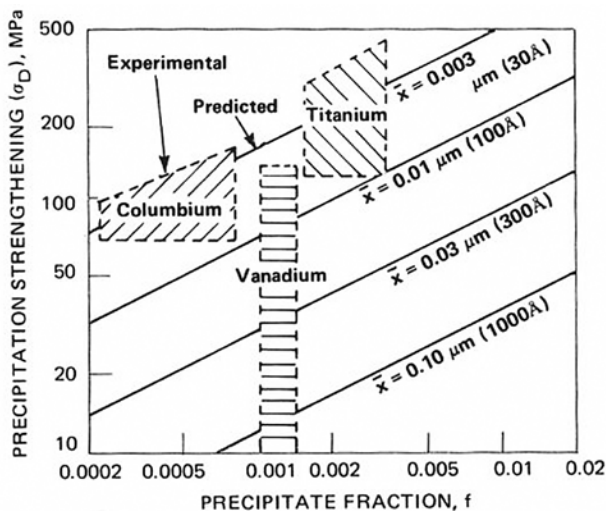


7. ábra: A diszlokáció mozgását akadályozó kicsi méretű, diszperz precipitátumok (Orowan mechanizmus) [16]

- *Koherencia-keményítés*: A kiválásos keményedés által okozott szilárdságnövekmény ezen része abból adódik, hogy a koherens kiválást körülvevő mátrixban feszültség keletkezik.
- *A kivált részecske nyírásának hatása*: Előfordulhat, hogy a diszlokáció áthalad, mintegy átvágja a kivált részecskét. Ezzel a precipitátum deformálódik és nő a részecske-mátrix érintkezési felület [17].

A kiválásos keményedés által elérhető szilárdságnövekmény függ a precipitátumok térfogatrésztől és méretétől. Ezt a kapcsolatrendszer mutatja be a 8. ábra. Megállapít-

ható, hogy a kiválások átmérőjének csökkenésével, valamint mennyiségük növekedésével az elérhető keményedés nő, továbbá, ha a kiválások méretét csökkentjük, kisebb frakcióval is elérhetjük ugyanazt a szilárdságnövekményt.



8. ábra: Kiválások keményedéssel elérhető szilárdságnövekmény a precipitátumok átlagos átmérőjének és frakcióméretének függvényében [18]

4. AZ ACIKULÁRIS VAGY TŰS FERRIT

A különböző morfológiájú ferrites szövetelemek (9. ábra) közül az acikuláris vagy tűs struktúra biztosítja a HSLA-acélok tekintetében az egyik legkedvezőbb tulajdonságkombinációt. A magas szilárdság mellett kivételes szívósság jellemzi [19].

4.1 Az acikuláris ferritképződés mechanizmusa

Az acikuláris vagy tűs ferrit kialakulása nemfémis zárványok felületén (heterogén nukleáció) képződő csírák megjelenésével kezdődik az ausztenit-ferrit átalakuláskor. Ahogy az átalakulás folytatódik, a ferritcsírák 5-15 μm hosszúságú, 1-3 μm szélességű, kristálytanilag kaotikus, diszorientált lemezekké formálódnak, amelyek gyakorlatilag egymásba fonódnak. Az egymással közel párhuzamos lemezes ferrit- (pl. bénit) struktúrákhoz képest ez a kaotikus szerkezet a repedésterjedéssel szemben sokkal

	Poligonális vagy Ekviaxiális ferrit	Widmanstätten ferrit	Kvázi-poligonál vagy Masszív ferrit	Acikuláris vagy Tűs ferrit	Granuláris/szemcsés vagy Szemcsés bénites ferrit
	 <small>Fig. 8. Polygonal ferrite (light grains) formed in HSLA-80 steel composition in steel isothermally transformed at 675°C for 300s. The dark structures are martensite formed during quenching after isothermal hold. Light micrograph. (Courtesy of M. Kumar, Colorado School of Mines)</small>	 <small>Fig. 9. Widmanstätten ferrite (large elongated white grains) formed in HSLA-80 steel isothermally transformed for 100s at 600°C. Dark areas are martensite formed during quenching after isothermal hold. Light micrograph. (Courtesy of M. Kumar, Colorado School of Mines)</small>	 <small>Fig. 11. Quasi-polygonal ferrite formed in ultra-low-carbon steel containing 0.001C and 1 Mn cooled at 50°C. (Courtesy of C. C. Teng, Colorado School of Mines) Light micrograph.</small>	 <small>Fig. 12. Acicular ferrite formed by isothermal transformation of super-cooled HSLA-80 steel transformed for 100s at 300°C. (Courtesy of M. Kumar, Colorado School of Mines) Light micrograph.</small>	 <small>Fig. 13. Granular ferrite formed by continuous cooling of a modified-A710 steel (composition in wt%) at a rate of 1°C/s. (Courtesy of B. Kikhetani, Colorado School of Mines) Light micrograph.</small>
Az átalakulás kezdőhőmérséklete	a legmagasabb (Kb. 860°C)	(izotermális átalakulás során keletkezik)	Kb. 760 °C	Kb. 690°C	közel megegyezik az AF-ével
A szükséges hűtési sebesség	a leglassabb	(izotermális átalakulás során keletkezik)	gyors	erősen összetétel függő, az alakváltozás mértékétől is jelentősen függ	azonos összetétel esetén valamivel lassabb, mint az AF-hez szükséges
Morfológiai jellemzők	poligonális/ekviaxiális durva szemcsék	lemezszerű, durva, hosszúkás kristályok, főrészfog alakú	viszonylag durva ferritzemcsék, szabálytalan szemcséhatárok	hosszúkás, párhuzamos szigeteket alkotó maradék ausztenit, kis szemcseméretű, diszorientált léces ferrit kristályok	ekviaxiális morfológiájú diszperz maradék ausztenit, ekviaxiális ferrit mátrix
Átalakulás mechanizmusa	ausztenit szemcséhatáron csíráképződés és növekedés	diffúzió vezérelt mechanizmus	masszív átalakulás, rövid távú diffúzió, a ferrit összetétele közel azonos a "szülő" ausztenitével	diffúzió mentes, nemfémis zárványok mint csíráképzők (sok a tisztázatlan kérdés)	kevésbé kutatott (véltetően valamilyen diffúzió vezérelt mechanizmus jellemzi)
Subszerkezetek (kis szögű szemcséhatárok)	nem figyelhetők meg	minimális mennyiségű diszlokációs subszerkezet megfigyelhető	diszlokációs subszerkezetek nagy mennyiségben megfigyelhetők	mivel a ferrit mátrix szemcséhatárai eleve kisszögűek, ezért fénymikroszkóppal nem figyelhetők meg	megfigyelhetők
Diszlokációsűrűség	nagyon alacsony	alacsony	magas	magas	magas

9. ábra: Ferrit-típusok összehasonlítása [6]

jobban ellenáll, ami jelentősen javítja a mechanikai tulajdonságokat, különösen a szívósságot. A tús ferrit képződése diffúziómentes folyamat, ennek megfelelően a kialakuló ferritlemezek karbonnal túltelítettek, de a telítési határon felüli karbon jelentős része nem sokkal az átalakulás után a maradék ausztenitbe diffundál. A hűtés sebességtől függően a karbonban gazdag maradék ausztenit a további hűtés hatására perlitte, bénitte vagy martenzitté alakul. Perlit és bénit alacsony és közepesen gyors hűtési sebességek esetén jön létre, amikor a karbonban telített ausztenitből cementit tud precipitálni. Magas hűtési sebesség esetén a maradék ausztenit martenzitesen alakul át. Alkalmanként az ausztenit nem alakul át, ennek megfelelően maradék ausztenit-szigetek figyelhetők meg szobahőmérsékleten is a szövetszerkezetben. A hűtési sebességen kívül a karbon, a szilícium és a nikkellal is hatással van az acikuláris ferritszemcsék közti maradék ausztenit mennyiségére és az átalakulási termékek típusára. A karbontartalom növekedésével a ferrit tűk közti intergranuláris fázis mennyisége növekszik. A szilícium- és a nikkeltartalom növelése a maradék ausztenit martenzites átalakulását segíti elő. Shim és társai (2001) valamint Evans (1990) úgy találták, hogy ezek az elemek gátolják a cementitkiválásokat, következésképpen a perlit és a bénit képződését [20].

4.2 Az acikuláris ferrit képződését befolyásoló faktorok

A tús ferrites szerkezet kialakulására főként az ausztenit szemcsemérete, a hűtési sebesség, az acél összetétele és a nemfémes zárványok mennyisége, mérete és típusa vannak hatással. Az elmúlt évtizedekben a kutatók jelentős munkát végeztek ezen paraméterek hatásának feltérképezése érdekében. Az acikuláris ferrites struktúra megjelenését a fenti paraméterek a jelenlegi tudásunk szerint az alábbi módon befolyásolják:

- *Ausztenit szemcseméret:* Az ausztenit szemcseméret növekedése kedvez a tús ferrit megjelenésének, de $150\ \mu\text{m}$ -es szemcseméret fölött ez a kedvező hatás csökken.
- *Hűtési sebesség:* A maximális mennyiségű tús ferrit megjelenéséhez szükséges optimális hűtési sebesség alapvetően az acél összetételétől és a gyártási útvonaltól függ. Az alakváltozás mértéke és a termomechanikus kezelés jelentősen megváltoztatja az optimális hűtési sebességet, ahhoz képest, amely az alakváltozás nélkül szükséges adott kémiai összetétel esetén.
- *Az acél összetétele:* A titán- és a mangánötvöztetés alapvető feltétele a tús szerkezet kialakításának. A titán-titán-

oxidokat képez, melyek magas aktivitású csíráképző helyek a tús ferrit számára. A mangán jelentős része zárványokban koncentrálódik, így mangánban szegény zónák jönnek létre, amelyek serkentik az acikuláris ferrit nukleációját. A megfelelő karbon-, oxigén- és kéntartalom beállítása mindössze elégséges feltétel a tús szerkezet kialakítása tekintetében. Amíg az alacsony vagy közepes mangán-, bór-, króm-, nikkellal és molibdéntartalom elősegíti az acikuláris ferrit kialakulását, addig ezek az elemek nagyobb mennyiségben károsan befolyásolják ugyanezt. A magnézium, nióbbium, vanádium és kalcium kedvez az acikuláris szerkezet kialakulásának, míg az alumínium és a szilícium kedvezőtlen a tús ferrit megjelenése tekintetében.

- *Nemfémes zárványok:* A csíráképződési hajlam szignifikáns módon nő a zárványok méretével. Mindazonáltal $1\ \mu\text{m}$ körüli az optimális zárvány méret, ha a mechanikai tulajdonságokat is figyelembe vesszük. A zárványok száma elég magas kell, hogy legyen ahhoz, hogy elegendő számú csíráképző helyet biztosítsunk, de a minőségi acélokhoz szemben támasztott követelmények figyelembevételével itt is optimumra kell törekedni. Különböző zárványtípusok hatásának vizsgálatára vonatkozó fejezetek találhatóak az irodalomban, de bizonyos zárványtípusok esetén a vonatkozó információk ellentmondásosak. Ez abból következhet, hogy egyes zárványtípusok más módon befolyásolják a tús ferrit képződését különböző acélösszetételek esetén. Mindenesetre annyi általánosságban megállapítható, hogy a titán- és mangántartalmú zárványokat különösen előnyösnek tartják az acikuláris ferritnukleáció szempontjából [20, 15].

ÖSSZEFOGLALÁS

A növelt szilárdságú, termomechanikusan hengerelt, mikroötvözött, finomszemcsés acélok (HSLA) gazdaságos és fenntartható alternatívát jelentenek a legkülönbözőbb felhasználási célok esetén napjainkban, a 3. generációs AHSS-acélok korában is. A HSLA-acélok jellemzői az alacsony karbon egyenértéknek köszönhető kiváló hegeszthetőség, a remek hidegalakíthatóság a szövetszerkezeti sajátosságokból következő repedésterjedéssel szembeni ellenállóképesség miatt, az akár $700\ \text{MPa}$ -os folyáshatár mellett is kiváló szívósság, azaz a dinamikus igénybevételkel szembeni kitűnő ellenállóképesség még alacsony hőmérsékleteken is. Fejlesztésük több évtizedes múltra tekint vissza. Gyártástechnológiájuk meghatározó elemei a

mikroötvözés (napjainkban főleg Nb és Ti) és a kétlépcsős, felgyorsított hűtéssel kiegészített termomechanikus hengerlés. Szövetszerkezetük mátrixára az egyensúlyi ferrit-perlites helyett a finomszemcsés, homogén szemcseméret-eloszlású, magas diszlokációsűrűségű acikuláris ferrites/bénites struktúrák jellemzők. Második fázisként megjelennek a diszperz, a mátrixszal koherens mikroötvöző karbo-nitrid precipitátumok, melyek frakciómérete, eloszlása, valamint átmérője is jelentős hatással van az acél tulajdonságaira. A hengerléstechnológiai paraméterek, elsősorban a hőmérsékletvezetés és a fogyáselosztás, valamint a kémiai összetétel célszerű megválasztásával mind a ferritmátrix, mind a precipitátumok tulajdonságai széles intervallumban változtathatók, ezzel a HSLA-acélok mechanikai karakterisztikája a felhasználók speciális igényeihez igazítható.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] O. Hechler, G. Amann, B. Donnay: The Right Choice of Steel, Economical Bridge Solutions Based on Innovative Composite Dowels and Integrated Abutments, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015
- [2] Y.I. Matrosov, E.O. Tskitishvili, E.S. Popov et al.: Accelerated Cooling After Controlled Rolling During Heavy Plate Pipe Steel Manufacture, Metallurgist Volume 57, Issue 9–10, pp. 837–844, 2014
- [3] H. G. Hillenbrand, M. Gräf, C. Kalwa: Development and Production of High Strength Pipeline Steels, Europipe GmbH, Ratingen, Germany, 2001
- [4] M. Maalekian: The Effects of Alloying Elements on Steels, Christian Doppler Laboratory for Early Stages of Precipitation, Technische Universität Graz, 2007
- [5] P. Gong, E.J. Palmiere, W.M. Rainforth: Dissolution and Precipitation Behaviour in Steels Microalloyed with Niobium During Thermomechanical Processing, Acta Materialia 97 392-403, 2015
- [6] A. Portász: Termomechanikusan hengerelt HSLA-acélok gyártástechnológiai paramétereinek a mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatásának kutatása – ME MAK, Kutatószemináriumi beszámoló, 2018
- [7] I. Tamura, H. Sekine, T. Tanaka: Thermomechanical Processing of HSLA Steels, Chapter 1.2 Historical Survey, Butterworth-Heinemann, 2013
- [8] CBMM (Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineracao)/NBC (NiobelCon): Characteristic Features of Titanium, Vanadium and Niobium as Microalloy Additions to Steel, Niobium Information 14/97, 1997
- [9] D. A. Skobir: High-Strength Low-Alloy (Hsla) Steels, Materials and Technology Vol. 45 No. 4, pp. 295-301, imt.si, 2011
- [10] G. E. Dieter: Mechanical Metallurgy 3rd Edition, Chapter 6-16 Dislocation Pile-Up, pp. 186-189, McGraw-Hill, 1986
- [11] P. J. Szabó: Intenzív alakítási és hőkezelési folyamatok mikroszerkezetre gyakorolt hatásának értelmezése visszaszórtelektron-diffrakcióval, MTA doktori értekezés, 2012
- [12] N. Hansen: Hall-Petch Relation and Boundary Strengthening, Scripta Materialia Volume 51, Issue 8, pp. 801-806, 2004
- [13] J. Irvine et al.: Grain Refined C-Mn Steels, Journal of the Iron and Steel Institute, Vol. 205, pp. 161-182, 1967
- [14] T. Gladman, F. B. Pickering: Yield, Flow and Fracture of Polycrystals, Applied Science Publishers, p. 141, 1983
- [15] J. Moon et al.: Orowan Strengthening Effect on the Nanoindentation Hardness of the Ferrite Matrix in Microalloyed Steels, Materials Science and Engineering: A, Vol. 487, Issues 1–2, pp. 552-557, 2008
- [16] R.R. Ambriz, D. Jaramillo: Mechanical Behavior of Precipitation Hardened Aluminum Alloys Welds, Chapter 2 of Light Metal Alloys Applications, IntechOpen, (<http://dx.doi.org/10.5772/58418>), 2014
- [17] K. Hagihara, T. Nakano, M. Todai: Unusual dynamic precipitation softening induced by dislocation glide in biomedical beta-titanium alloys, Scientific Reports – Nature, Vol. 7, No. 8056, 2017
- [18] C. Garcia, M. Hua, K. Cho, A. Deardo, Anthony: On the Strength of Microalloyed Steels: An Interpretive Review, Materials Science and Technology Vol. 25. No. 9, pp. 1074-1082, 2009
- [19] O. Uzlov, A. Malchere, V. Bolshakov, C. Esnouf: Investigation of Acicular Ferrite Structure and Properties Of C-Mn-Al-Ti-N Steels, Advanced Materials Research Vol. 23, pp. 209-312, Trans Tech Publications, Switzerland, 2007
- [20] D. Loder, Susanne K. Michelic, C. Bernhard: Acicular Ferrite Formation and Its Influencing Factors - A Review, Journal of Materials Science Research; Vol. 6, No. 1; 2017

Tények az acélipari melléktermékekről

Az acélipari melléktermékek hasznosítási aránya az elmúlt 20 évben jelentősen megnőtt. Az innovatív technológiák fejlődése és az egyéb iparágakkal való szinergiák az acélipart egyre közelebb hozták a „zéró hulladék” célkitűzéséhez

Az acélipari melléktermékek visszanyerése és hasznosítása világszerte hozzájárult a 97,6%-os anyaghatékonysági ráta eléréséhez. [1] Célunk a nyersanyagok 100%-os felhasználása és a zéró hulladék.

A melléktermékek újrafelhasználhatók az acélgyártási folyamat során, vagy értékesíthetők más iparágak számára. Így megelőzhető a hulladéklerakás, csökkenthető a CO₂-kibocsátás és segíthetünk megőrizni a természeti erőforrásokat. Ezen melléktermékek értékesítése gazdaságosan fenntartható: bevételeket generál az acélgyártók számára és világszerte egy jövedelmező iparág alapját képezi.

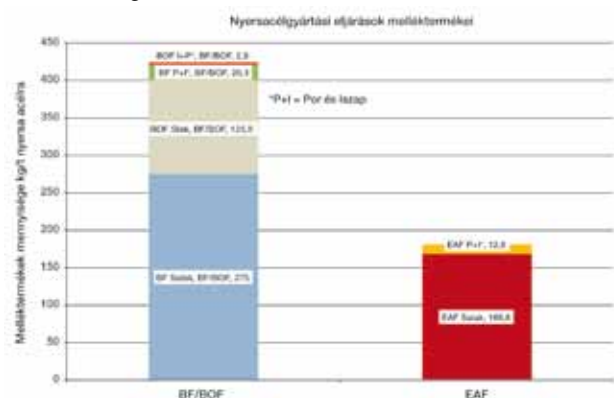
AZ ACÉLGYÁRTÁS ÉS MELLÉKTERMÉKEINEK RÖVID ÁTTEKINTÉSE

Az acél előállításának két fő eljárasi útvonala:

1. A vasércalapú gyártás a világ acéltermelésének körülbelül 70%-át teszi ki. A vasércet nyersvassá redukálják, majd acéllá alakítják. A fő nyersanyagok a vasérc, a szén, a mészke és az újrahasznosítható hulladékacél. Az ércalapú termelési útvonalak a következők: nyersvasgyártás nagyolvasztóban (BF), majd acélgyártás alapvetően

oxigénes konverterben (BOF), és vasgyártás közvetlen redukcióval (DRI), majd az acélgyártás az elektromos ívkemencében (EAF).

2. A hulladék alapú gyártás a világ acéltermelésének körülbelül 30%-át teszi ki. Az acélhulladék újrahasznosításával állítják elő az acélt az ívkemencében (EAF). A fő input anyagok az újrahasznosítható acélhulladék és az elektromos áram. Az üzem konfigurációjától és az acélhulladék elérhetőségétől függően más fémvasforrások, például direktredukált vas (DRI) vagy folyékony nyersvas (forrófém) is felhasználható az EAF-technológiában.



1. **ábra:** Fő szilárd melléktermékek a nyersacélgyártási eljárásokban [2]

A nyersvas- és az acélgártás során keletkező fő melléktermékek a salak (90 tömegszázalék), a porok és iszapok.

Szintén fontos melléktermékek a gázok, például a kokszolókemencéből, a nagyolvasztóból (BF) vagy a konverterből (BOF).

Ez az ismertető azonban elsősorban a szilárd melléktermékekre összpontosít.

Az EAF-gyártás esetében egy átlagérték van megadva (lásd az **1. ábrát**), mivel az EAF-üzemek gyakran kombinálva a DRI és hulladékacél keverékét alkalmazzák alapanyagként.

Egy tonna acél előállításánál átlagosan, eljárástól függően 200 kg (EAF) vagy 400 kg (BF/BOF) melléktermék keletkezik. Ide tartoznak a salakok, a porok, az iszapok és egyéb anyagok.

VAS- ÉS ACÉLGYÁRTÁSI SALAKOK

Évente a világon több mint 400 millió tonna vas- és acélsalak keletkezik. Ezek a salakok szilícium-dioxid, kalcium-oxid, magnézium-oxid, alumínium- és vas-oxidok keverékei.

Az olvasztás során salakképző- és -folyósító szereket (főleg mészkövet, vagy dolomitot és kvarchomokot) adagolnak a nagyolvasztóba vagy a konverterekbe, hogy eltávolítsák a szennyeződések a vasércből, acélhulladékból és más vas-tartalmú alapanyagokból. A salak védi a folyékony fémeket a külső oxidációtól és lefedve azt, fenntartja a hőmérsékletét. Mivel a salak könnyebb, mint a folyékony fém, így az úszik a felszínen és könnyen eltávolítható.

A forgalomba hozott nyersvasgyártási BF salaknak (kohósalaknak) – hűtése szerint – három fő típusa van: léghűtött, granulált és pelletált vagy expandált.

- A léghűtött kohósalak kemény és sűrű, különösen alkalmas építőanyagként történő felhasználásra. Készbetonban, betontermékekben, aszfaltbetonban, útalapokban és -felületeken, töltőanyagokban, klinker alapanyagokban, vasúti ballasztban, tetőfedő anyagokban, ásványgyapotban (szigeteléshez) és talajjavító szerekben is használják. [3]
- A granulált salak homokméretű üvegrészecskéket képez, és elsősorban a cementgyártás alapanyagaként használják. A granulált salakot tartalmazó betonok általában lassabban szilárdulnak, mint azok a betonok, amelyek csak portlandcementet tartalmaznak – ez a leggyakoribb cementfajta –, de jobb hosszú távú szilárdsággal rendelkeznek, kevesebb hő fejlődik a hidratálódásuk során, csökken az áteresztőképességük, és általában jobban el-

lenállnak a vegyi anyagoknak. A salak cementgyártási alapanyagként történő felhasználása hozzájárulhat a cement költségeinek csökkentéséhez is. Például az Egyesült Államokban ebből értékesítenek többet, mert 15%-kal olcsóbb, mint a portlandcement. [4] A granulált kohósalak cementben való felhasználása jól bevált gyakorlat, ennek ellenére sok régióban van még potenciál, hogy növeljék az erre a célra felhasznált salak arányát.

- A pelletált vagy expandált salak hólyagos textúrájú (mint a vulkáni kőzet) és leggyakrabban könnyű adalékanyagként használják. Finomőrlés mellett cement-tulajdonságokkal is rendelkezik. Egyes országokban a cement akár 80%-a tartalmaz granulált BF-salakot. [5] A salak hasznosítása megakadályozza, hogy az hulladékként hulladéklerakókba kerüljön, energiát és természeti erőforrásokat takarít meg, és jelentősen csökkenti a cementgyártás során a CO₂-kibocsátást. A Salak-Cement Egyesület szerint a portlandcement helyettesítése salakcementtel megtakaríthatja a betonba beépített CO₂-kibocsátás akár 59%-át, és a beton alapanyagok előállításához szükséges energia 42%-át. Ez azonban nem veszi figyelembe a salak előállításához kapcsolódó CO₂-kibocsátást.

Az acélműi salak (BOF és EAF) ugyanúgy hűtésre kerül, mint a léghűtéses BF-salak, és ugyanazon célokra használják. Mivel a gyártandó acél típusától függően az acélgártási folyamat változik, a kapott salaknak különböző vegyi tulajdonságai is vannak, ami nehezebbé teszi a felhasználást, mint a BF- (kohó) salak esetén. Az acélműi salak egy része belső felhasználás során az acélgártó kemencébe vagy ércdarabosító műbe kerül, míg a visszanyert salak kb. 50%-át főleg az építőiparban használják, elsősorban az utakon.

Az acélgártási salakok használatának egyik fő akadálya a magas szabad mésztartalom, amely nem ideális építőipari alkalmazásokhoz. Jelenleg is zajlanak különböző technológiai fejlesztések, melyek javítják a mész elválasztását. Az elválasztás után a szabad mész műtrágyaként a cement- és betongyártásban, vagy a szennyvízkezeléshez használható fel, és a tengerparti tengeri blokkokban, amelyek ösztönzik a korall növekedését. Míg korábban haszontalan melléktermék volt a salak, mára piacképes terméknek tekinthető.

Az egész világon az átlagos salak-visszanyerési arány az acélműi salak 80%-ától a kohósalak közel 100%-áig változik. A környezeti és gazdasági előnyök azt mutatják, hogy sok országban van még potenciál a salakhasznosítás fokozására.

GÁZOK, POROK ÉS ISZAPOK

A koksolásból, nyersvas- és acélgyártásból származó gázokat (például a kokszolókemencéből, a BF vagy a BOF-ból) tisztítás után, saját gőz és villamos energia előállítására használják, így csökkentve a vásárolt villamosenergia-igényt. A gázok teljes mértékben hasznosíthatók az acélgyártó kombinátban, és a kombinát energiaigényének akár 60%-át is biztosíthatják. [6] Alternatív megoldásként a gázok energiatermelésre is értékesíthetők. Csak akkor fáklyázzák el, ha nincs más lehetőség.

A port és az iszapot a vas- és acélgyártási folyamatokhoz kapcsolódó porleválasztó berendezésekben (szűrőkben) gyűjtik össze. Az iszapok magas nedvességtartalmú porokból vagy finom szemcsékből állnak, különböző acélgyártási és hengerlési folyamatok során keletkeznek. A gázokból eltávolított por és iszap elsősorban vasból áll, és többnyire újrafelhasználható az acélgyártásban. Azokat a vas-oxidokat, amelyeket nem lehet újrahasznosítani az acélgyártásban, eladhatók más iparágakban, különféle felhasználásokra, a portlandcementtől az elektromos motor-
magokig.

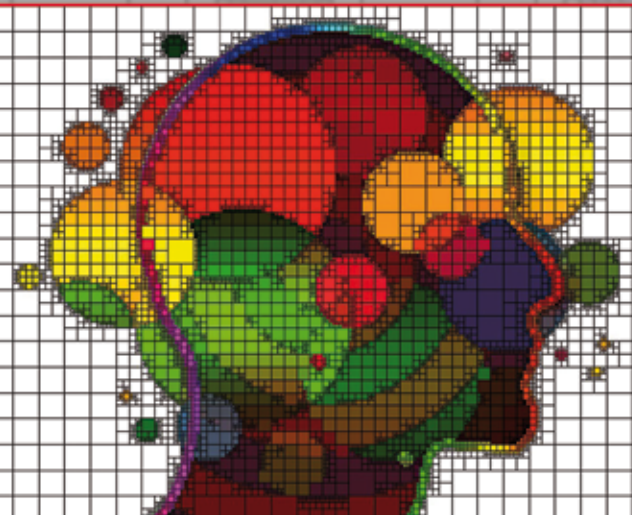
Az EAF-technológiában nagy mennyiségű cink-oxid keletkezik, amely összegyűjthető és nyersanyagként értékesíthető. A BF/BOF-eljárás során más iparágak számára a kokszkemence-gáz tisztításakor értékes alapanyagok keletkeznek, beleértve az ammónium-szulfátot (műtrágya), a BTX-t (benzol, toluol és xilol - műanyag termékek gyártásához), valamint a kátrányt és naftalint (a kőszénkátrány-szurkot elektródák készítésére használják az alumíniumipar számára, vagy műanyagok és festékek előállításához használják). [7]

FOLYAMATOS A TECHNOLÓGIAFEJLESZTÉS

A folyamatban lévő fejlesztések a felhasználások bővítésére, a melléktermékek visszanyerési arányának további javítására, és ami még fontosabb, a visszanyert anyagok minőségének javítására irányulnak. A meglévő technológiákkal együtt az új fejlesztések környezetvédelmi és gazdasági szempontból fenntartható megoldásokat kínálnak, hogy az acélipart közelebb hozzák a hulladékmentességi célkitűzéshez. A köz- és politikai felfogást meg kell változtatni a melléktermékek használatának kiterjesztése érdekében, hogy a bányászott kő helyettesíthető legyen a cementben, autópályák vagy vasútvonalak alatt, ezáltal megtakarítva a természeti erőforrásokat és csökkentve a környezeti hatásokat. A Worldsteel úgy véli, hogy a helyettesíthetőség érdekében a melléktermékeket és a természeti erőforrásokat azonos jogi keretrendszer szerint kellene kezelni, mivel mindkettő ugyanazt a célt szolgálhatja. A természeti erőforrások helyettesítése melléktermékekkel a termelés során elkerüli az energiateljesítmény megkettőződését.

HIVATKOZÁSOK

- [1] Sustainable Steel- Policy and Indicators 2017, worldsteel.org
- [2] Co-products report, worldsteel, 2009
- [3] van Oss and Hedrik G., US Geological Survey Minerals Yearbooks 2012, pp.69.2, 69.6
- [4] van Oss and Hedrik G., US Geological Survey Minerals Yearbooks 2012, pp.69.3,
- [5] Legal Status of Slags, European Slag Association (Euroslag), pp 2.10, 01/2006.
- [6] Energy use in the steel industry report, worldsteel, 2014.
- [7] reusing the co-products of the steel industry, BlueScope Steel.



MIÉRT MEGY NEHEZEN AZ INNOVÁCIÓ?

*Máshogy fogalmazva: miért jön nehezen?
Az innovációhoz kreatív megoldások,
azokhoz pedig kreatív gondolkodók kellenek.*

Míg manapság szinte bálványozzuk őket, és az lehet a benyomásunk, hogy mindenben az újdonságot, a formabontást keressük, a valóságban a legtöbb ember kockázatkerülő. Ehhez társul még, hogy – bár a nyugati kultúra individualista – a konformitás felé mutató nyomás is jelentős: inkább nem bolygatjuk a dolgokat, még ha ez azzal jár is, hogy egy-egy jó ötlet elsikkad. Hogyan jönnek létre mégis az ünneptelt innovatív megoldások?

Egy több kutatás eredményeit összefoglaló cikk szerint a bizonytalanság kerülésére való készítetés olyan erős, hogy emiatt még azok is „vakvá válhatnak” a kreatív ötletekre – amelyek szükségképpen bizonytalansággal járnak –, akik azt állítják, hogy a kreativitást keresik. Egy 2011-es kutatás szerint még az olyan, közmondásosan kreatívnek számító helyeken is, amilyen pl. egy reklámügynökség kreatív részlege, a megbeszéléseken hajlamosak elnyomni az érdekes, új (ezáltal kockázatos) ötleteket, és azokat támogatni, akik a bevált

megoldások mellett érvelnek. A magyarázat szerint, ha valaki döntési pozícióba kerül, akár korábbi önmagával szembe menve az óvatosabb megoldás mellett teszi le a garast.

Persze nincs min csodálkozni: rögtön az első hely, ahol a kreativitást visszanyesik, az iskola: a tanárok túlnyomó többsége azokat a diákokat szívleli jobban, akik engedelmessé válnak, végzik a kiadott feladatot. Miközben a diákok arról hallanak az órákon, hogy a találmányok és azok feltalálói hogyan voltak hatással a történelem menetére és a tudomány fejlődésére, az ő saját ötleteiket rendszerint figyelmen kívül hagyják. Azonban a kreativitás társas viselkedésének akármilyen erős is lehet, serkentheti is az új ötleteket.

Egy másik tanulmány szerint ugyanis, ha valakit nem fogadnak el, szinte felszabadító lehet számára az érzés, hogy már nem kell megfelelnie, és elmélyedhet a kreatív tevékenységében.

A kreatív ötletek elfogadtatása mindig is hosszú időbe tel: saját korukban a Nobel-díjasokat is nehezen ismerték el (pl. Einstein nem a relativitáselméletért kapta a díjat). A kreatív emberek szempontjából a kulcs a reziliencia, amely ez esetben azt jelenti, hogy képesek egy-egy visszautasítás, kudarc után visszatérni az ötletükhöz, annak csiszolásához, sőt „szajkózásához”.

Összességében az lehet sikeres kreatív ember, aki egyszer már túltette magát a konformitás-nyomáson, majd függetleníteni tudja magát a társas nyomástól is. Ahogy az Apple régi-régi, emlékezetes „Think different” kampánya mondja: *„The people who are crazy enough to think they can change the world are the ones who do.”* Pontosan. De csak ha elég kitartóak, ha folyamatosan tesznek azért, hogy a briliáns ötletük ne sikkadjon el, és végül kijárják, hogy meg is valósíthatóak.

Eddig a személyes szintről beszéltünk. De hogyan támogathatja meg mindezt egy szervezet, úgy, hogy hasznossá tudja tenni a kreatív ötleteket, egyben piaci előnyt tudjon kovácsolni belőlük?

Könnyebb mindezt elképzelni egy flexibilis, alacsony szabályozottságú szervezetben, mondjuk egy start-up cégnél. Legtöbbjük éppen abból él, hogy a „mamutokénál” gyorsabb termékfejlesztéssel, az életet könnyítő megoldásokkal lép piacra.

De mi a helyzet egy több ezer fős cégnél? Mit tehet egy ilyen vállalat, hogy innovatív megoldások megszületését segítse saját berkein belül? Néhány ötlet, a teljesség igénye nélkül:

Ki kell gyomlálnia a felesleges „köröket” a szabályozásokból (merthogy itt már szabályozások, vagy akár utasítások egész rendszere jött létre), és több felelősséget kell adni egy-egy terület szakértőinek. Ilyen felesleges kör pl. az, amikor több hierarchiaszinten lévő vezető ellenjegyzése szükséges, mielőtt egy munkafolyamat tovább tudna haladni.

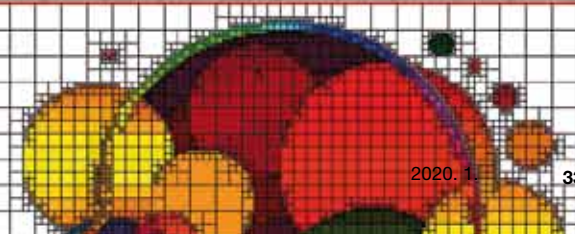
Felül kell vizsgálni a „há’ mer’ mindig így csináltuk” típusú berögzüléseket, melyek egy részén simán lehet változtatni. Ehhez pl. hasznos, ha kérdéseket teszünk fel; az 5 miért? technika ennek egy szabályozott formája.

Fentiekkel összefügg, de külön is fontos kiemelni, hogy jobban kell érteni az ügyfél igényeit, legyen az akár külső, akár belső ügyfél. Mi az, ami számára érték, illetve miről mond le szívesen, ha, mondjuk cserébe hamarabb jut hozzá egy – akár nem teljes körű funkciókkal bíró – termékhez.

Ne azt nézzék, ki javasolta az adott ötletet, hanem azt, hogy mi a javaslat. Legyen az a fontos, hogyan tudja ez sokak életét megkönnyíteni, végül pedig talán magát a céget versenyképesebbé tenni.

Végül pedig, lehessen hibázni, ami természetesen nem egyenlő azzal, hogy slendriánul végzik a kollégák a munkájukat. Ha a hibák eltussolására fordított energiát arra fordítja a szervezet, hogy a munkatársak tanuljanak belőlük, és egyre jobbak legyenek, sokkal több figyelem juthat az igazán fontos dolgokra, és felszabadultabb légkörben lehet alkotni.

A kreatív emberek szempontjából a kulcs a reziliencia, amely ez esetben azt jelenti, hogy képesek egy-egy visszautasítás, kudarc után visszatérni az ötletükhöz, annak csiszolásához, sőt „szajkózásához”.





A DEMAND SIDE RESPONSE LEHETŐSÉGE AZ ACÉLIPARI KOMBINÁTOKNÁL (II.) „NEHOGY MÁR A CSÍK TOLJA A REPÜLŐT!”

Az előző részben betekintést nyerhettünk a DSR
mint önálló villamosenergia-rendszerszabályozási eszköz
alapelveiről, lehetőségeiről, valamint az abban való részvétel
motivációs tényezőiről.*

A DSR- (Demand Side Response – fogyasztásoldali válaszintézkedés) tevékenység során különböző ösztönzők hatására a felhasználó tudatosan változtatja meg energiafelhasználási karakterisztikáját (teljesítménygörbéjét). Ezek az ösztönzők lehetnek költségalapúak, vagy ellátásbiztonsági jellegűek. A fogyasztó szándékai szerint csökkentheti/növelheti termelőtechnológiájának rövid távú energiafelhasználását, átütemezheti kiegészítő folyamatait, hogy azok teljesítményigénye eltolódjon, vagy ha telephelyén saját termelőkapacitással (erőművel) rendelkezik, annak termelésén is módosíthat.

A következő néhány oldalon áttekintjük az ISD DUNAFERR társaságcsoport fogyasztói válaszintézkedések terén

* Demand Side Response (DSR), Demand Response (DR), fogyasztásoldali válaszintézkedések, egymás szinonimáiként használjuk őket

nyújtható lehetőségeit, illetve azokat az eseteket, amelyek során a társaságcsoport már kimondatlanul is DSR-jellegű tevékenységet végzett.

EGY JANUÁRI NAP TÖRTÉNETE

2017. január 11-e emlékezetes nap – no, nem világpolitikát megrengető eseményei miatt. Európában már január eleje óta az átlagosnál hidegebb téli időjárás uralkodott, amely szokatlan intenzitással terjedt ki Dél-Európára is. A hideg idő a villamosenergia-rendszerre is hatást gyakorolt, egy ideig magas árak jelezték a kialakult egyensúlytalanságot. Későbbi beszámolók szerint az egész együttműködő villamosenergia-hálózat működése veszélyben forgott. Az események az ISD DUNAFERR társaságcsoport erőművének üzemét is érintették.

AZ ISD DUNAFERR TÁRSASÁGCSOPORT MINT LEHETSÉGES DSR-SZOLGÁLTATÓ

Az ISD DUNAFERR társaságcsoport a magyar ipar egyik legnagyobb termelő iparvállalat-együttese, dunaújvárosi központtal. A társaságcsoport integrált acélgyártási technológiával állít elő nyersvasat, LD-acélt, melegen és hidegen hengerelt tekercseket és táblalemezeket, idom-acélokat stb.

Az ISD Power Kft. üzemelteti a társaságcsoport telephelyén található, összesen 64 MW beépített villamosenergia-teljesítményű erőműegységet. Az erőműegység feladata elsősorban hőenergia- (és kapcsolt villamos energia) termelés, a keletkező és a technológiában tovább nem hasznosítható szekunder tüzelőanyagok¹ eltüzelésével és hasznosításával. Amennyiben a társaságcsoport hőener-

¹ A nyersvasgyártás mellékterméke a kohógáz, valamint a kokszolási technológia mellékterméke a kamragáz.

gia-igénye lecsökken, az erőmű képes kizárólag villamosenergia-termelésre is.

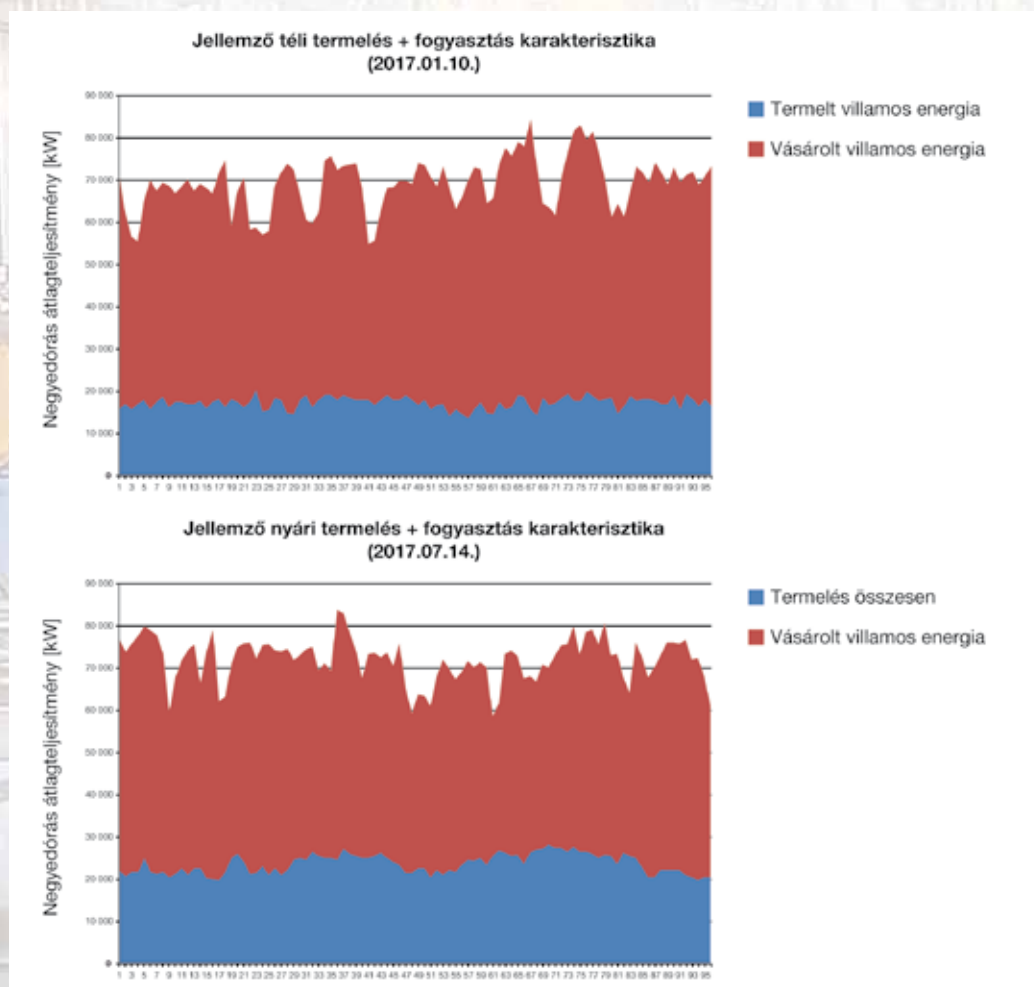
A fogyasztásoldali szabályozásban az ISD DUNAFERR elméletileg 3 módon tud részt venni:

- Erőmű-üzemeltetés megváltoztatásával;
- Nagy teljesítményigényű technológia átprogramozásával;
- Nem folyamatos üzemű/helyettesíthető, kisebb technológiai elemek aggregációjával.

A cikk ezen részében az erőmű-üzemeltetés megváltoztatásának lehetőségével foglalkozik.

ISD DUNAFERR FOGYASZTÁSI KARAKTERISZTIKA ÉS ERŐMŰ ÜZEMELTETÉSE

Az **1. ábra** az ISD DUNAFERR teljes vertikumának téli-nyári termelési és fogyasztási jelleggörbáját mutatja. Az ábrákon jól látszik, hogy a társaságcsoport felhasználása



1. ábra: Jellemző fogyasztásprofilok télen és nyáron

jellemzően 55 és 82 MW teljesítményfelvétel között mozog. A téli időszakban a saját villamosenergia-termelés alacsonyabb (16-20 MW között változik), a nyári időszakban magasabb, (általában 20-28 MW közötti). A nagy teljesítmény-kilengések elsősorban a meleghengelési technológia üzemszerű működésének következményei.

Az ISD DUNAFERR társaságcsoporthoz vonatkozó fogyasztásból származtatott teljesítmény szélsőértékeit és átlagát tartalmazza az **1. táblázat**.

1. táblázat: ISD DUNAFERR villamosenergia-termelési/vásárlási jellemzők

	Fogyasztás	Átlag- teljesítmény	Minimum teljesítmény	Maximum teljesítmény
	GWh/év	MW	MW	MW
Vásárlás	444,7	50,766	19,909	91,108
Termelés	142,8	16,300	5	29,82
Összesen	587,5	67,066	40	95

Ha a társaságcsoporthoz 2018-as villamosenergia-felhasználási adatát elosztjuk az éves órák számával, megközelítőleg 67,066 MW átlagteljesítményt kapunk, melyből 50,766 a vásárolt és 16,3 MW a termelt teljesítmény átlaga. A negyedórás, vásárolt átlagteljesítmény-adatok 19,9 és 91,1 MW között változtak. Az erőmű átlagosan 16,3 MW zsinórteljesítménnyel üzemelt, a legkisebb teljesítmény 5 MW², míg a legnagyobb 29,8 MW, negyedórára vonatkoztatva.

Az integrált acélgyártó kombinát hő- és villamosenergia-termelő erőművének működését 3 fogalom segítségével definiálhatjuk, melyek a „szigetüzem”, a „kényszer” és a „hatásfok”.

A villamosenergia-termelés „hatásfoka” viszonylag alacsony, ám a belső keletkezésű, szekunder tüzelőanyagok még így is jól hasznosíthatók.

Az erőmű „szigetüzemben” működik, közcélú hálózati csatlakozási pontja közvetlenül nincsen. A termelőegység nem menetrendtartó, a MAVIR rendszerszintű mérési hálózatában nem szerepel, a társaságcsoporthoz villamosenergia-vásárlási menetrendjére mégis nagy hatással van.

A termelőegység jellemzően 2 üzemállapotban működik: alapállapotban jellemző a tüzelőanyag-hasznosítási kényszer, ami kiegészül a hőtermelési „kényszer”-rel.

1. Tüzelőanyag-hasznosítási kényszer: a társaságcsoporthoz energiastratégiája előírja az alaptéchnológiában nem hasznosítható, belső keletkezésű tüzelőanyagok leghatékonyabb hasznosítását. Ezért kisebb hőigény esetén a kapcsoltan termelő 3. sz. ellennyomású turbina (8,5 MWe) és a kondenzációs 1. sz turbina (20 MWe) párhuzamos üzemű jellemző;

2. Hőtermelési kényszer: az erőmű hőfogyasztóinak (technológia, gyári fűtés, papírgyár) jelentősebb igénye esetén a 2. sz. és szükség esetén a 3. sz ellennyomású turbina (20+8,5MWe) üzemeltetésével, jellemzően a téli időszakban (november közepétől március végéig) a rendelkezésre álló másodlagos tüzelőanyagok hasznosításával, pót-tüzelőanyag bevitelével (földgáz, fűtőolaj).

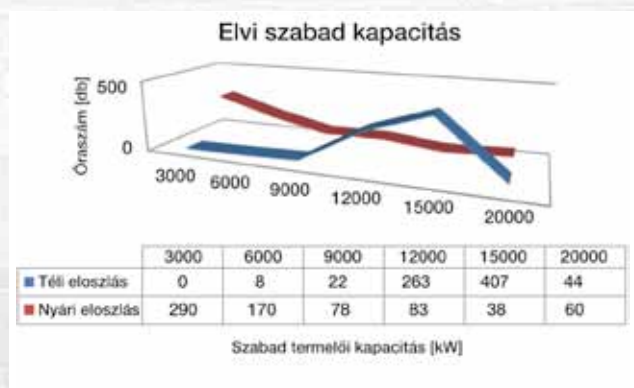
A fenti két esetre, a téli hőtermelési kényszer, nyári tüzelőanyag-hasznosítási kényszer alapú termelési üzemállapotra vonatkozik a **2. táblázat** és a **2. ábra**. Látható, hogy a télen szabályozási célból rendelkezésre álló teljesítmény a nyári kétszerese, a szabályozási teljesítmény a téli és nyári időszakban egyaránt közel 60%-os valószínűséggel rendelkezésre áll.

2. táblázat: Üzemállapotra jellemző „szabad” teljesítményadatok

	Téli	Nyári
Átlagosan rendelkezésre álló szabad teljesítmény [kW]	12 332	5 807
Rendelkezésre álló teljesítmény minimuma [kW]	3 660	0
Rendelkezésre álló teljesítmény maximuma [kW]	16 620	19 440
Legvalószínűbb rendelkezésre álló teljesítmény [kW]	13 500	1 500
A DSR számára rendelkezésre álló teljesítmény várható értéke [kW]	12 778	5 783
Rendelkezésre állásának valószínűsége	0,606	0,596

A korábbi vizsgálatok kimutatták, hogy az erőmű járatásának megváltoztatása adott esetben plusz tüzelőanyag (földgáz) felhasználásával is számottevő előnnyel járhat. Ilyen lehetőség a részvétel az együttműködő villamosenergia-rendszer szabályozó piacán, mely a villamos energia egységárában megmutatóhoz hozzáadott értéket jelent.

A DSR-ben való fizikai teljesítmény-módosításon alapuló részvétel lehetőségét a termelőegység elérhető szabad kapacitásai (turbinatelesítmény és kazánatelesítmény), az addicionális tüzelőanyag-költség (földgáz-ár), megtermelhető villamos energia önköltségi ára, az értékesítési ár, igényelt teljesítmény-gradiens ismeretében érdemes tovább modellezni.



2. ábra: Erőművi szabad kapacitások eloszlása

2 Az üzemzavar miatt bekövetkezett termelőkiesést kivéve.

VÁLASZINTÉZKEDÉS AZ ERŐMŰ ÜZEMÉNEK MEGVÁLTOZTATÁSÁVAL

A DSR-jellegű beavatkozás bonyolult matematikai modellek nélkül is kivitelezhető, bizonyítja ezt a 2017. január 11-ei nap, amikor az energiarendszer magas árai kényszerítették az ISD DUNAFERR-t az erőmű üzemének megváltoztatására.

2017. január 11-én sarkvidéki eredetű légtömegek meglehetősen szélsőséges időjárást okoztak Európában. Albániában még télen sem tipikus a -22 °C , de a római Trevi-kút befagyása is szokatlannak nevezhető. A hideg időjárás alacsony villamosenergia-termelő kapacitási szinttel párosult, a hideg következtében a fogyasztás megnőtt. A kontinentális európai villamosenergia-rendszer nyugat-délkeleti tengelyének két végpontján, Franciaországban, illetve a Balkán-félszigeten (Bulgáriában és Görögországban) a rendszer a megfelelő tartalékokat csak nehézkesen tudta biztosítani. A rendszerüzemeltetők nemzetközi együttműködésén múlt, hogy a fenti állapot nem eredményezett rendkívüli korlátozási eseményeket.

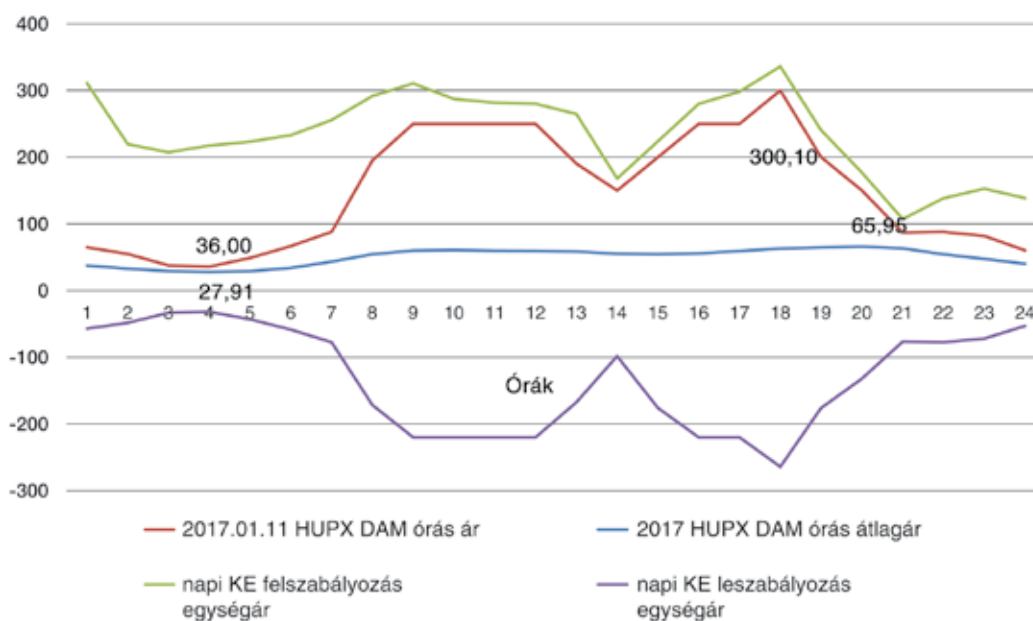
A hidegsepp Magyarországon is érezhető volt: két hazai nagy erőművünk is tüzelőanyag-ellátási gondokkal küszködött (lignit- és földgázbázisú erőművekről van szó), mindkét esetben a fogyasztás megnövekedett. A növekedő kereslet, illetve a csökkenő termelés következtében extrém magas árak alakultak ki a HUPX magyar villamos energia szervezett piacon (3. ábra).

A 3. ábrán összehasonlítási alapként feltüntetésre került a HUPX DAM (Day Ahead Market – másnapi piac) 2017-re vonatkoztatott órás elszámolóárainak számtani átlaga. Ennek legkisebb értéke 27,91 EUR/MWh, a legnagyobb 65,95 EUR/MWh, átlaga 50,45 EUR/MWh. Látható, hogy a január 11-ei órás elszámolóárak ezt messze meghaladják, akár többszörös mértékben. A január 11-ei órás árak egész napra vonatkoztatott számtani átlaga 150,02 EUR/MWh, a legmagasabb órás ár (a 18. órában) 300,1 EUR/MWh, a legalacsonyabb 36 EUR/MWh. Az ár napon belül meglehetősen változékony.

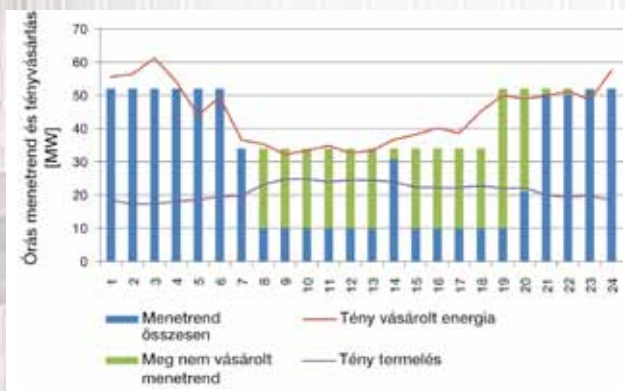
A tőzsdei árak volatilitása (változékonysága) ellen a felhasználók limitárok alkalmazásával védekeznek. Mi is az a limitár? Vásárlási ajánlat, amelyet a felhasználó még megfizet a termékért – egyfajta ársapka. Az fölött nem vásárol, vagy a villamosenergia-igényét más forrásból biztosítja.

Az ISD Power Kft. a HUPX másnapi piacának 2011. május 5-e óta tagja. A kereskedés során a kockázatok csökkentése érdekében alkalmaz limitárokot (az általános piaci helyzetnek és a saját felhasználás változékonyságát figyelembe vevő értéket állít be a vásárlás legfelső ajánlati árára). A szóban forgó napra megadott – meglehetősen pesszimista – vásárlási ajánlatot jócskán meghaladta a HUPX másnapi termékára, bizonyos órákban nem kapta meg a számára szükséges mennyiséget.

A 4. ábra mutatja a megvásárolni kívánt mennyiség és a ténylegesen vásárolt menetrendes mennyiség egymáshoz való viszonyát, illetve a tényleges fogyasztást. A csikozott terület a HUPX-ajánlat és a ténylegesen megnyert mennyiség közötti különbség (összesen 320 MWh), mely a vásárlási limitek miatt jelentősnek volt mondható.



3. ábra: Villamosenergia-árak 2017 január 11-én, és éves órás villamosenergia-árak átlaga



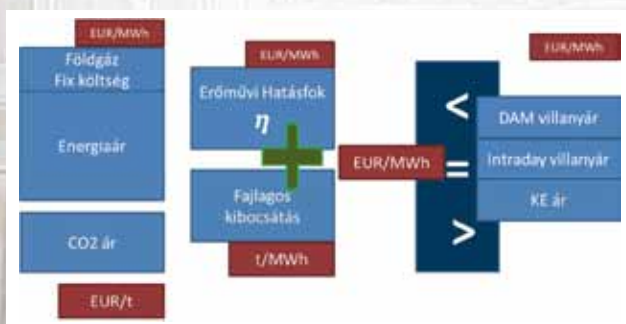
4. ábra: Menetrend/meg nem vásárolt menetrend, tény vásárlás, tény termelés

A 4. ábra tartalmazza az ISD Power Kft. tény vásárlását és termelését. Látható, hogy a megvalósult vásárlás jól követi az eredetileg tervezett menetrendet, ehhez azonban szükséges volt, hogy az erőmű termelése 7 és 20 óra között átlagosan 4,56 MW-tal nőtt. A termelés megnövekedett szintje DSR-ként értelmezhető beavatkozás, ez esetben fogyasztói válaszingérek a magas villamosenergia-ár miatt.

A villamosenergia-árak (üzleti eszközök) motiválták a fogyasztót (ISD DUNAFERR társaságcsoporthoz) a termelés/fogyasztási karakterisztika megváltoztatására. A meg nem vásárolt menetrend részleges pótlására született az a megoldás, hogy az ISD Power Kft. a még meglévő erőművi generátorteljesítményt igénybe veszi, és pótlólagos tüzelőanyaggal villamos energiát termel, így csökkenti a kiegyenlítő energia igénybevételét és annak többletköltségét.

TEVÉKENYSÉGGEL ELÉRHETŐ MEGTAKARÍTÁS, MODELL ÁLTALÁNOSÍTÁSA

A 6. ábra mutatja a tevékenységgel elérhető megtakarítás számításának alapelvét. A probléma a klasszikus „make or buy” – kérdés villamosenergia-termelésre való kiterjesztése, az erőművi jellemzők figyelembevételével.



6. ábra: Pót-tüzelőanyag bevétele addicionális villamosenergia-termelés céljából

A modellünk szerint, pót-tüzelőanyagot a tény igényén napi piaci áron veszük igénybe, hasonlóan járunk el a villamosenergia-termeléshez szükséges CO₂ beszerzésénél is. Ugyanez igaz a kiegyenlítőenergia-elszámolás során is, vagyis a rendszer a pontos menetrendezésre ösztönöz.

A konkrét esetben az ISD Power Kft. addicionálisan megtermelt villamos energia ára 30%-kal kedvezőbb volt az adott időszakban igénybe vett kiegyenlítő energia áránál.

Ezzel kapcsolatosan rögtön több kérdés is felvetődhet: a téli időszakban nagy valószínűséggel nagyobb turbinateljesítmény (megközelítőleg további 5 MW) is rendelkezésre állt, miért nem terheltek ki az erőművet a villamos energia termelőkapacitásának határáig?

A kérdésre a válasz, hogy a rendelkezésre álló turbinateljesítmény csak egy a korlátozó tényezőkből, a másik korlátozó tényező a kazánjeljesítmény, illetve a rendelkezésre álló földgázkapacitás (entry és exit pontokon), ami a téli időszakban korlátozottabban volt elérhető.


A DSR-szemléletű erőműüzemeltetés további korlátja a technológia állapota, illetve az üzemeltetés gyakorlata. Az ISD DUNAFERR erőműve közös gőzgyűjtősínes technológiájával az elavultabb technológiák közé tartozik, mely gyors reagálású üzemeltetése az azt végző személyzet elé nehezen kivitelezhető feladatokat állít.

Hatékonyan működik a módszer azoknál az integrált kohászati kombinátoknál, melyeknek az erőművében gyors működésű gázturbinával szabályozzák ki a kombinát kiegyenlítő energia igényét. Bár a DUNAFERR erőművének hasonló tartalmú fejlesztésére számos koncepció született a '90-es és 2000-es években, a megvalósítás mai napig várat magára.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az integrált acélgyártási technológia lényegi befolyásolása nélkül is végrehajthatók DSR-szemléletű beavatkozások, ahogy azt a gyakorlat is igazolja. A modell további kiterjesztése, üzleti formába öntése szükséges ahhoz, hogy a beavatkozás túlhaladja a vészhelyzeti eljárás szintjét.

A cikksorozat következő részében ennél tovább merészkedünk. Feltérképezzük azokat a folyamatokat, amelyek átprogramozásával, átütemezésével igazi fogyasztói válaszingérek adható az energiarendszer egyensúlytalanságaira. Különböző modelleket (kiszegítő folyamatok átütemezése, termelésprogramozás) vizsgálunk meg arra vonatkozóan, hogy mely esetekben „szükséges a csík a repülő előrehaladásához”.



A KAGERER LT 1250/100 TÍPUSÚ HASÍTÓSOR TERMELÉKENYSÉGÉNEK ÉS ENERGIA- HATÉKONYSÁGÁNAK NÖVELÉSE⁽¹⁾

A hidegen hajlított idomacélok, közismertebb nevükön profilok elterjedésének fő oka, hogy a melegen hengerelt idomcélokhoz képest kisebb egységnyi tömeg magasabb szilárdsággal párosul. A profilgyártás az ISD DUNAFERR területén 1964-ben egy nyitott és egy zárt szelvényű idomacélok előállítására alkalmas gyártósor telepítésével kezdődött. Jelenleg a Lemezalakítómű termelőbázisát három daruzott csarnokban, 15000 m² alapterületen, 2 db nyitott és 4 db zárt profilgyártó sor adja. Ezzel a kapacitással mintegy 180 ezer tonna hidegen hajlított idomacél gyártására van mód évente.

A profilgyártáshoz szükséges alapanyagot az ISD DUNAFERR társaságcsoporton belüli gyártóművek biztosítják. Az összes feldolgozandó alapanyag 75%-ánál a technológiai

folyamatba illesztett saját szalaghasító sor teszi lehetővé a gyártósorok rugalmas kiszolgálását. Az általánosan használt és acélszerkezeti rendeltetésű, nyitott és zárt szelvényű idomacél termékeken kívül külön vevői igények alapján jelenleg sokféle egyedi felhasználású idomacél is szerepel

¹ A fenti címmel benyújtott pályamű második díjat nyert 2019-ben, az MVAE által az „Acélipar fiatal innovatív mérnöke” címmel meghirdetett szakmai pályázaton

a termékskálán. A hidegen hajlított idomacélok gyártásának elve: az előírt, kiterített méretre hasított acélszalagból egymás mögé telepített állványokba szerelt görgőpárokkal nyitott, vagy a hajlított szalag két szélének nagyfrekvenciás, indukciós eljárással történő összehegesztésével zárt szelvényű idomacélt lehet előállítani.

A hasító sor a technológiai sorban az első, a Lemezalkatímű szempontjából a legmeghatározóbb berendezés, mivel ezzel az egy szalaghasítóval biztosítjuk a hat gyártó sor alapanyag-ellátását.

Célkitűzésem volt, hogy a hasító sor termelékenysége növekedjen és fajlagos energiafelhasználása csökkenjen. A feladat elvégzése érdekében megvizsgálom a lehetőségeket, elemzést készítek a jelenlegi helyzetről, javaslatot teszek annak javítására, az állásidők csökkentése által.

A HASÍTÓSOR ÁLLÁSIDŐ-ELEMZÉSE

A hasító sor hatékonyságának vizsgálatát a 2012-2018 közötti időszakból rendelkezésre álló adatok alapján végeztem. A vizsgálat során bemutatom a jellemző állásidők alakulását. Az állásidő-vizsgálat alapja a napi üzemidő-elszámolás, mely különféle állásidőket tartalmaz. Ezek alapján megkülönböztetünk átállási időt, üzemzavaros állásidőket gépész és villamos megosztásban, a hasított szalagok kötözési és széles tekercsek befűzési idejét, a tekercsek hasítása során keletkező szélhulladék darabolófejeinek cseréjét és hézagolását, továbbá az elmúlt két évben megjelenő létszámbeli hiány miatti termelés kiesést.

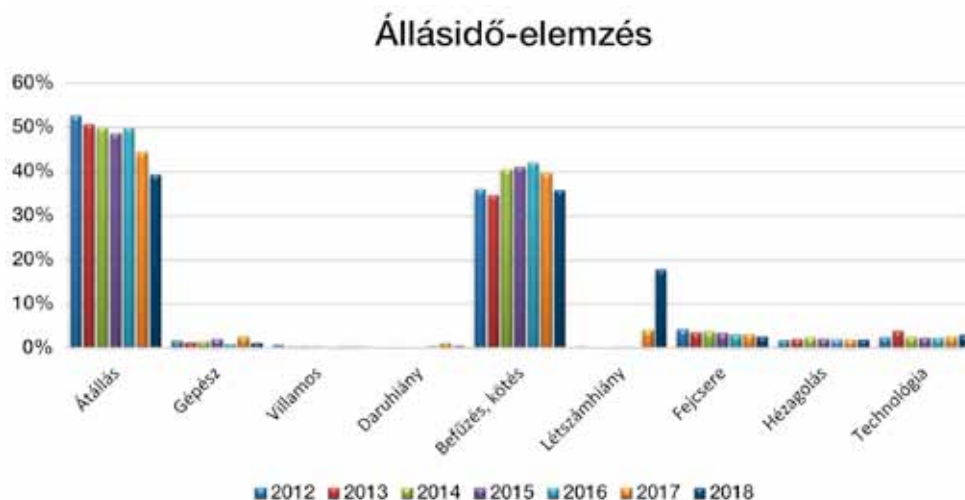
A piaci igényeknek való megfelelés miatt, a rugalmas gyártás és a kisebb megrendelések kielégítéséből adódóan látható,

hogy az átállásokkal töltött idő jelenti a legtöbb termelési idő kiesést. Az átállások kizárólag programozásból, profilgyártási tervből, termékösszetételből adódnak. Emellett jelentős termelési időalap-csökkenést okoz a befűzés-kötésből adódó technológiai mellékidő. A befűzés, kötés viszont egy olyan technológiai mellékidő, amely csökkenthető.

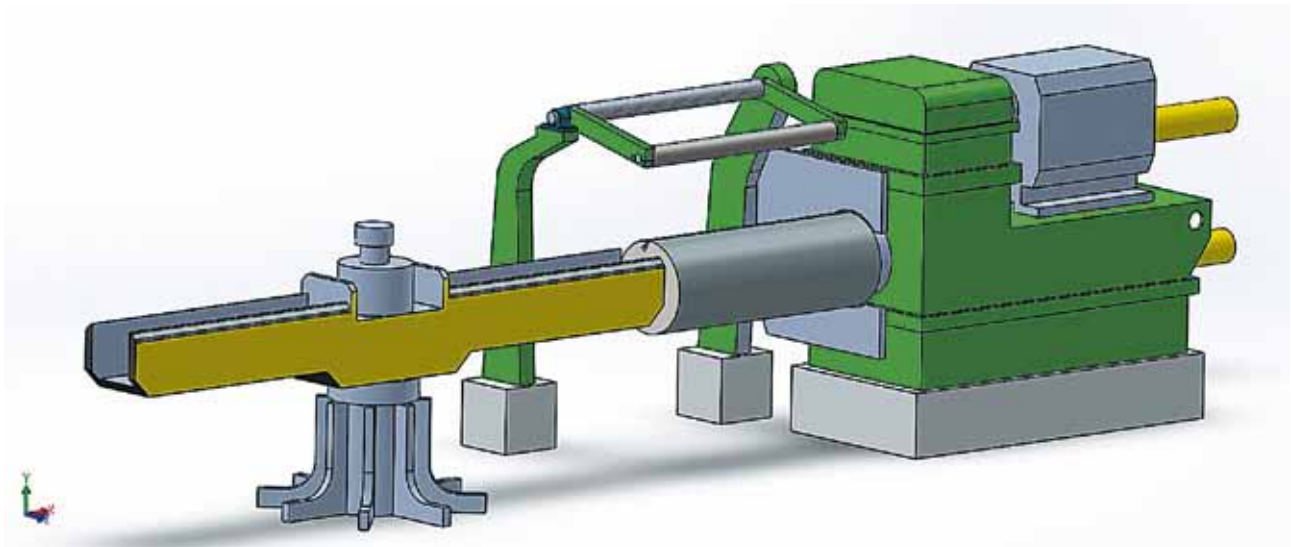
AZ ÁLLÁSIDŐ-CSÖKKENTÉS LEHETŐSÉGE [2-11]

Az egyik legjelentősebb állásidő, a befűzés-kötözés csökkenthető oly módon, hogy a már hasított szalagokat nem a jelenlegi gyakorlat szerinti módon, a felcsévélő tuskóján pántolná a berendezés kezelőszemélyzete, hanem azon kívül. A hasított szalagok berendezésen kívüli kötözésével a hasító sorba újabb tekercs befűzésére nyílik lehetőség, mellyel a holtidők csökkenthetővé válnak. A feladat elvégzésére egy leszedő kocsi megoldást nyújthat. A kocsi kialakításának prizmaszerűnek kell lennie, hogy a tekercs csak a magasságában tudjon elmozdulni, a tengelyének vonala mindig egy helyen maradjon. Ilyen kialakítással megoldható, hogy a kocsi mozgatásával a szalag a fordítókeresztre húzható maradjon, és így itt kötözhető legyen. Ezzel egyidejűleg a tekercs könnyebb köthetősége miatt a tekercs forgatását is meg kell oldani, továbbá azt, hogy míg a berendezésen egy osztótárcsával le vannak szorítva a szalagok, a mozgatás közben is rögzítettek legyenek. Ennek nem csupán technológiai, hanem munkabiztonsági szerepe is van.

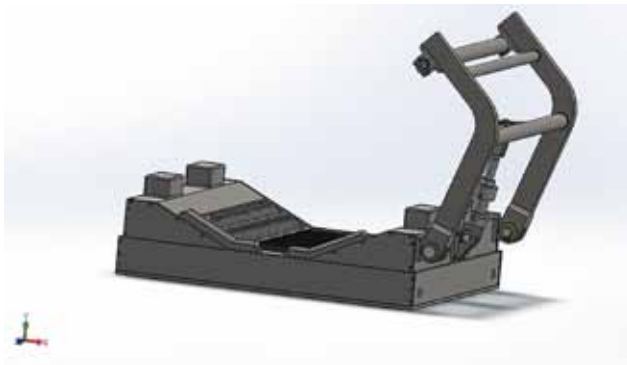
A feltételek alapján terveztem egy olyan leszedőkocsit, mely a fenti előírásoknak eleget tesz. A szerkezet méreteinek kialakítása során figyelembe vettem a jelenlegi felcsé-



1. ábra: A hasító sor állásidő-elemzése 2012 – 2018 között

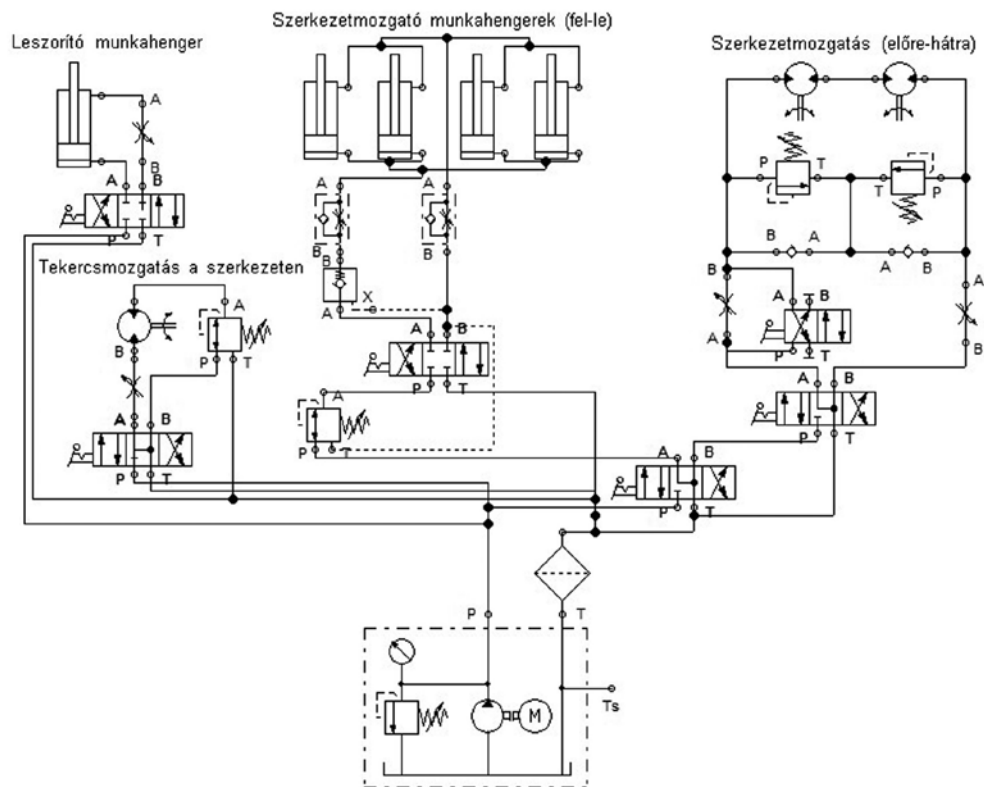


2. ábra: A hasító sor jelenlegi felcsévlő szerkezete

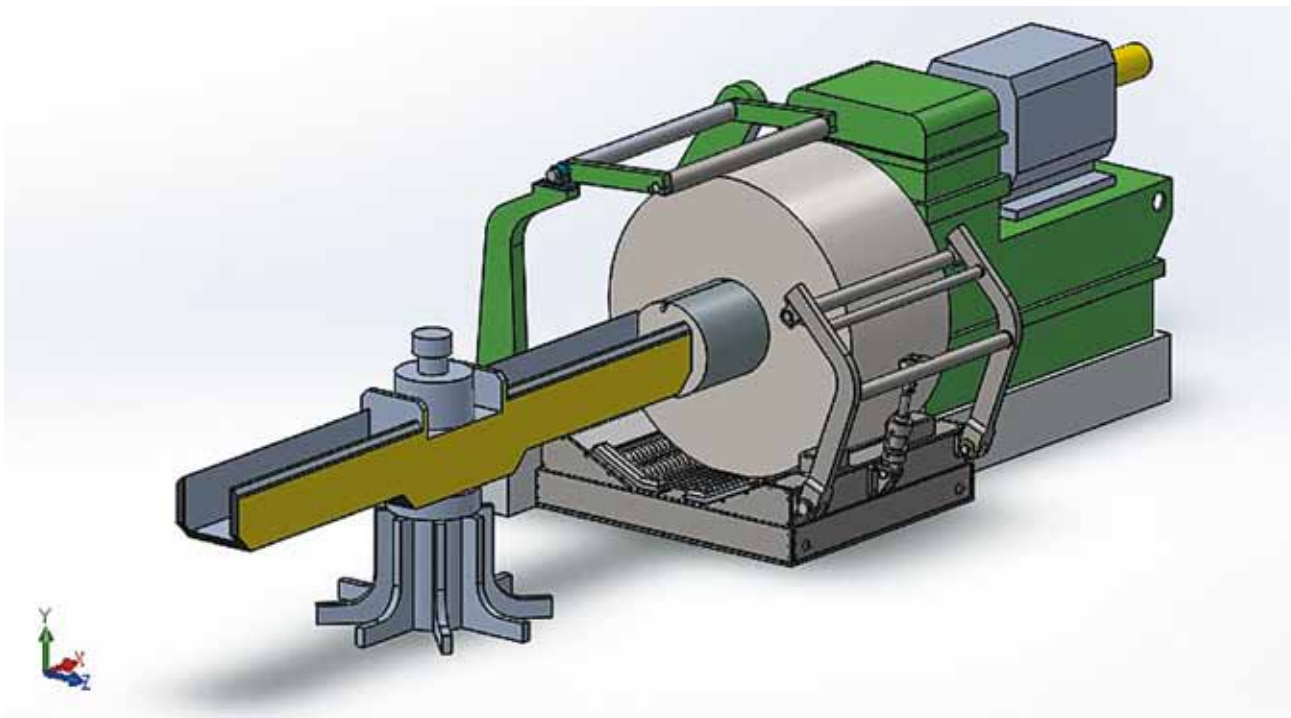


3. ábra: A tervezett tekercsleszedő szerkezet

vélő szerkezet geometriai méreteit, továbbá a maximális tekercsátmérőt. A tervezés során méreteztem a szerkezet hidraulika-munkahengereit kihajlásra, a szerkezet közepén található görgőket maximális lehajlásra, valamint a leszorító szerkezet munkahengerét. A tervezés során a berendezés mozgását, továbbá a berendezésen a szalagok előre-hátraforgását hidromotorok és lánchajtás segítségével oldottam meg. A leszedőkocsi kötött pályán, a felcsévlőtüske alatt mozogna, a szerkezetben kialakított kerekein. A szerkezet kialakításánál az egyszerű használhatóság miatt a görgőket



4. ábra: A leszedőszerkezet hidraulikai kapcsolási terve [11]



5. ábra: A leszedőkocsi a jelenlegi szerkezetbe integrálva

és a középső lemezfelületet úgy alakítottam ki, hogy az a jelenleg is alkalmazott 32 mm-es pántoló acélszalagokat megvezesse.

A BERENDEZÉS HASZNOSSÁGA

A berendezés segítségével lehetőség nyílik a hasítóorról a már hasított szalagokat biztonságosan eltávolítani úgy, hogy azok mindvégig rögzítve maradnak. A berendezés ciklusidejét figyelembe véve kalkulálható a hasítóorra gyakorolt hatása.

A szerkezet a 3 méter hosszú utat közel 50 másodperc alatt teszi meg. A szerkezet mozgatása felfelé végállásig a munkahengerek 0,07 m/s sebességéből adódóan a végállásig eltelt idő 5,7 másodperc, továbbiakban 6 másodperc. A ciklusidő alakulása így a 6. ábrán látható.



6. ábra: A leszedőszerkezet ciklusidő-diagramja

A továbbiakban a 2018. szeptember – 2019. szeptember közötti gyártási adatok segítségével bemutatom, hogy mekkora termelésnövekedés érhető el egyéves időintervallum alatt.

A gyártási program a Lemezalakítóműben alkalmazott SAP-rendszerből származik. Az alkalmazott normaidők alapján meghatároztam a vizsgált időszakra a program hasításához szükséges időket. Az így kapott eredmények alapján elmondható, hogy a hasítóorr vizsgált időszaka alatti megtakarítható ideje 63 326 perc. A technológiából adódóan csupán ott van jelentősége a leszedő szerkezetnek, ahol több tekerces azonos méretű hasítása történik, ugyanis a tekercesenkénti átállások alkalmával rendelkezésre áll a szalagok kötözésére az idő anélkül, hogy a hasítóort tovább állítaná. Ez az érték a berendezés forgásidőalapját, azaz a jelenlegi átlagos gépkihasznátság mellett a produktív termelését is növeli.

FAJLAGOS ENERGIAMEGTAKARÍTÁS

Fajlagos villamos energiamegtakarítás érhető el úgy, hogy vagy az osztandó értéket [kWh] csökkentjük, vagy az osztót [t] növeljük. Mivel jelen esetben a termelés növekedése volt az elsődleges cél, így a fajlagos energiamegtakarítást csupán a termelési volumen növekedésével értem el.

A hasítóorr villamosenergia-igénye ~ 6 kWh/t, mely mérés hiányában műszaki számításokon alapul. A beren-

dezés a 16. alállomás 5. számú transzformátoráról kapja a betáplálását, mely transzformátor a hasítóson kívül a Lemezalakítómű kompresszorait, a Góliát csévéelőjét és az „A” csarnoki darupályáját látja el villamos energiával.

A BERENDEZÉS KALKULÁLT ENERGIÁIGÉNYE

A hasítóberendezés jelenlegi hidraulikarendszere a tervezett tekeresleszedő szerkezet hidraulikaelemeivel bővíthető. Így adódik, hogy a hasítóson jelenleg felhasznált villamosenergia-igénye növekedne a hidraulikaszivattyú terhelt üzemenek mértékével. A többletenergia így a tekeres mozgásával, kötözésével, forgatásával, műszakonként 160 perc forgással és 15,87 kWh többletfogyasztással járna. Így a hasítóson megnövekedett energiaigénye 1 300–1 500 kWh lenne.

Tehát havi 1 300 - 1 500 kWh befektetett villamos energia segítségével éves 63 326 perc forgásidőalap növekedése várható.

De mit is jelent ez tonnában kifejezve?

A felgyorsult befűzési idő segítségével 4,1%-al emelkedne a berendezés kihasználtsága. Az átlagos 1,4 t/perces hasítási kihozattal számolva a termelésnövekedés éves szinten 18 061 tonnát jelentene. A megnövekedett termelés megnövekedett villamosenergia-felhasználást igényel. A fajlagos villamosenergia-változást úgy számoltam, hogy a megnövekedett termeléshez és álláshoz szükséges villamos energiával, továbbá a tervezett berendezés többlet villamosenergia-felhasználásával a vizsgált időszak adatait korrigáltam. A megnövekedett termelés hatására a kalkulált fajlagos villamosenergia-felhasználás 6 kWh/t értékről 5,23 kWh/t értékre csökkent.

A BERENDEZÉS GAZDASÁGI HASZNA

A fajlagos villamosenergia-csökkenésen és a hasítóberendezés termelésének növekedésén kívül további előnye a berendezésnek, hogy a növekedett termelés miatt a jelenlegi bérhasítást is részben ki tudná váltani. A 2018. szeptember – 2019. szeptember közötti bérhasítást vizsgálva 31 732 tonna olyan, 1-4 mm közötti tekeres hasítása történt meg csupán azért, mert a Kagerer-hasítóson kapacitáshiány miatt nem tudta teljesíteni azt. A bérhasítás ezzel nem szűnne meg teljesen, hiszen a 4 mm fölötti anyagvastagságot továbbra sem

lennének képesek hasítani ezen a berendezésen. Azonban a két hasítóson költségei között nagy különbség van, amely csupán a bérhasítás többletköltsége, szállítási és egyéb költségeket nem tartalmaz. Az így megtakarítható összeg évente nagyjából 117 000 000 Ft, mely a két hasítás árkülönböztetéséből és az éves bérhasítás csökkenéséből adódik.

ÖSSZEFOGLALÓ

Pályázati munkám során az ISD DUNAFERR Zrt. Lemezalakítóművében üzemelő hasítóson ciklusidejét vizsgáltam, mely alapján elemeztem a jellemző állásidőket. Az állásidők közül a hasított szalagok kötözésével foglalkoztam, mely állásidő csökkentésére terveztem egy hidraulikusan mozgatható kocsi szerkezetet. Bemutattam, hogy a szerkezet használatával a hasító állásidő milyen mértékben csökkenthető, azzal milyen mértékben lehet a termelési időalapot növelni, és ez milyen módon befolyásolja a fajlagos energiafelhasználást, költségeket.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] <http://dunaferr.hu/profilgyartas>

A tervezéshez felhasznált irodalom:

- [2] Devecz János: Gépelemek I. Feladatok – Műegyetem Kiadó, 2000
- [3] Dr. Vigh Sándor: Mechanika II. Szilárdságtan – Főiskolai Kiadó, Dunaújváros, 2011
- [4] Dr. Vigh Sándor: Mechanika I. Statika – Főiskolai Kiadó, Dunaújváros, 2011
- [5] Dr. Vigh Sándor, Szilávik Béláné, Dr. Izsák Gyula: Műszaki mechanika I. Főiskolai Kiadó, Dunaújváros, 2009
- [6] Dr. Vigh Sándor, Farkas Beáta: Műszaki mechanika II. Példatár II. Főiskolai Kiadó, Dunaújváros, 2007
- [7] Dr. Vigh Sándor, Dr. Koppány Imre, Szőnyiné Passa Erzsébet, Szilávik Béláné: Műszaki mechanika II. Példatár II/B Főiskolai Kiadó, Dunaújváros, 2013
- [8] Dr. Kerényi György: Vonóelemes hajtások mintafeladat
- [9] Dr. Zsáry Árpád: Gépelemek II.
- [10] Dr. Öze József: Szíj- és lánchajtások, Főiskolai Kiadó, Dunaújváros, 2010
- [11] Festo H511, Bevezetés a hidraulikába

METALLURGIAI EREDETŰ HIBÁK REKLAMÁCIÓ-KIVIZSGÁLÁSÁT TÁMOGATÓ SZAKÉRTŐI RENDSZER KIALAKÍTÁSA AZ ISD DUNAFERR ZRT. TECHNOLÓGIÁJÁBAN



Az acélipari vállalatok között kiélezett a verseny a vevők megtartása, új vevőkör kiépítése érdekében. A gazdasági szereplők az erősödő minőségügyi követelmények miatt sokkal kritikusabban állnak hozzá beszállítóikhoz, illetve azok termékeinek minőségéhez. A minőségi igények kielégítése érdekében végrehajtott minőségjavító intézkedések mellett a költségoptimalizációs intézkedések is nagy kihívás elé állítják a gyártókat.

A reklamációk esetén mindig szükséges az adott termék gyártási folyamatának áttekintése, hiszen elengedhetetlen a termékfejlesztés szempontjából, valamint rávilágíthat olyan technológiai problémákra, melyek kiküszöbölésével a hasonló típusú reklamációk mennyisége csökkenthető, a termék minősége javítható.

A reklamációk kivizsgálása nagy szakmai tapasztalattal igényel. Elengedhetetlen hozzá a technológiai folyamat mélyebb elméleti ismerete, gyakorlati tapasztalat, helyismeret. Ez az ismeretanyag minden szakembernél különböző mértékben áll rendelkezésre, ezért a főbb paraméterek vizsgálatán felül a kivizsgálási szempontok jelentős mértékben eltérhetnek. Egységes tudásbázis létrehozásával illetve bővítésével a kivizsgálás bizonyos részei részletesebben elemezhetővé, illetve automatizálhatóvá válhatnak. Ezzel a megoldással a szakemberek terhelése csökken, egységes kivizsgálás válik lehetővé, osztályozhatóvá válnak a vizsgálati szempontok. További statisztikai elemzésekkel akár kiszűrhetővé válhatnak a minőség szempontjából kritikus technológiai paraméterek is.

Az alább ismertetett rendszer elsősorban metallurgiai szempontok szerint került kialakításra, azonban tudásbázisának bővítésével további technológiai fázisok vizsgálata is lehetségessé válik.

BEVEZETÉS

Az ipari folyamatok során nagyon sok paraméter gyakorolhatást a kibocsátott termék jellemzőire, minőségére. Ilyen paraméterek pl. a tömeg, hőmérséklet, összetétel, mely adatok vizsgálatához elengedhetetlen a technológia, az üzemi gyakorlat és körülmények ismerete [1, 2, 3, 4]. Ismerni kell a mérőeszközök/mintavevők működési elvét, használhatóságának kritériumait, az üzemi körülmények miatt hozzájuk kapcsolódó nehézségeket, a mintavételek helyéből adódó sajátosságokat. A vizsgált anyagmennyiségek hőmérsékleti és összetételi homogenitása, szintén jelentősen befolyásolhatja a mérések relevanciáját.

A folyamat főbb jellemzőinek megítélésére nem elegendő ellenőrizni, hogy a folyamat egyes paraméterei bizonyos határértékek közötti vannak-e, hanem akár több paraméter együttes, komplex vizsgálata szükséges.

Az acélgyártás során elsősorban a kémiai megfelelés, valamint az önthetőség biztosítása a legfontosabb. Sajnos, a biztonságra törekvés (pl. melegebb gyártás, nagyobb túlhevítettség) gyakran növeli a későbbi fázisokban kihengerelt termékek leminősülésének/reklamációjának esélyét. Például korábbi vizsgálatok alapján [5] a konvertertől öntőgépre átadott acél túlhevítettsége [6]

jelentős összefüggést mutatott a hengerelt terméknel tapasztalható leminősülések mértékével.

Jelen cikkben, a [7] alapján, az eddigi tapasztalatok felhasználásával áttekintjük és összefoglaljuk az acélgyártás/öntés paramétereit közül azokat a fontosabb tényezőket, melyek a minőség, és elsősorban a későbbi reklamációk szempontjából kiemeltebb jelentőséggel bírnak. A technológiai paraméterek és a mögöttes folyamatok, a termék minőségére is befolyással levő jellemzők kiértékelése a nyers adatsorok tanulmányozásával igen nehézkes. Ezért az elmúlt években olyan adatelemzési módszerek kidolgozását tűztük ki célul, melyek a gyártás folyamatainak egyes részleteiről adnak áttekinthető képet, ezzel egyszerűbbé téve az esetleges gyártási hibák feltárását. Az egyes paraméterek termék minőségére gyakorolt hatásának mechanizmusa is az elemzés tárgyát képezi.

1. ADATOK VIZSGÁLATA

A gyártási paraméterek elemzése során kiemelten kell kezelni azok jellegét, befolyásoló tényezőit, hogy további elemzések során megfelelően kerüljenek felhasználásra, és az így meghozott következtetések is helyesek legyenek. A következőkben összefoglaljuk a technológiai adatok kiértékelésének elveit, melyek szükségesek, hogy a következtetések elfogadhatók legyenek.

1.1 Adatjóság

A vizsgálatok során első lépésben ellenőrizni kell az adatok jóságát [8]. Emberi, mérési, adatátviteli hiba miatt rendelkezésre állhatnak olyan adatok, amelyet a gyártási folyamat nem indokol. Megvizsgálása különös figyelmet igényel, mert utalhat kialakuló technológiai hibára, vagy akár lehet helyes adat is, ha a többi, vele összefüggő adat hibás. A helyes megítélés nagy szakértelmet kíván.

Fontos a mérőeszközök mérési módszereinek ismerete is [9]. Az acélminták kivételére használt mintavevő („lollypop sampler”) vákuum segítségével szívja fel a mintát. A fúvatás utáni mintavevőben, a gázképződés elkerülése érdekében egy alumíniumszál csillapítja az acélt, ami az elemzésnél magas, 4% körüli alumínium-tartalmat generál. Ezt az alumíniumértéket figyelmen kívül kell hagyni, mert termodinamikailag nem lehet valós érték.

Informatikai szempontból komoly problémát jelent a megjegyzés mezőben megadott szöveg, mert nem kezelhető megfelelően, de fontos információt tartalmazhat. Például alsó argonos öblítés esetén a kezelő jelzi, hogy az argongáz nem ment az üstbe, ezért a mért adatok nem valóságok.

1.2 Tartományvizsgálat

Második lépésben meg kell vizsgálni az adatok előírt tartományon belülségét. Az előírásokon kívüli paraméterek nem feltétlenül jelentenek hibát. Gyakran csupán az üzemi körülményekből adódó, váratlan paraméterek kompenzálása miatt lépnek fel. Az eltérések indokoltságának, és azok hatásának a megítélése szintén nagy szakmai gyakorlatot igényel.

Bizonyos kezelések gyakran több szempont alapján kerülnek alkalmazásra, amit indokoltságuk megítélésénél is figyelembe kell venni. Például az argonozás (alsó és felső) időtartama és intenzitása (mennyisége) befolyásolja elsősorban az acélfürdő homogenitását, azonban szerepe van még a hőmérséklet-beállításban és a zárványeltávolításban is. Nagy intenzitás esetén szabad acélfelszín keletkezhet, ami oxigén/nitrogén-felvételhez, zárványképződéshez, többlet dezoxidálószer-igényhez vezethet.

1.3 Időbeni lefutás

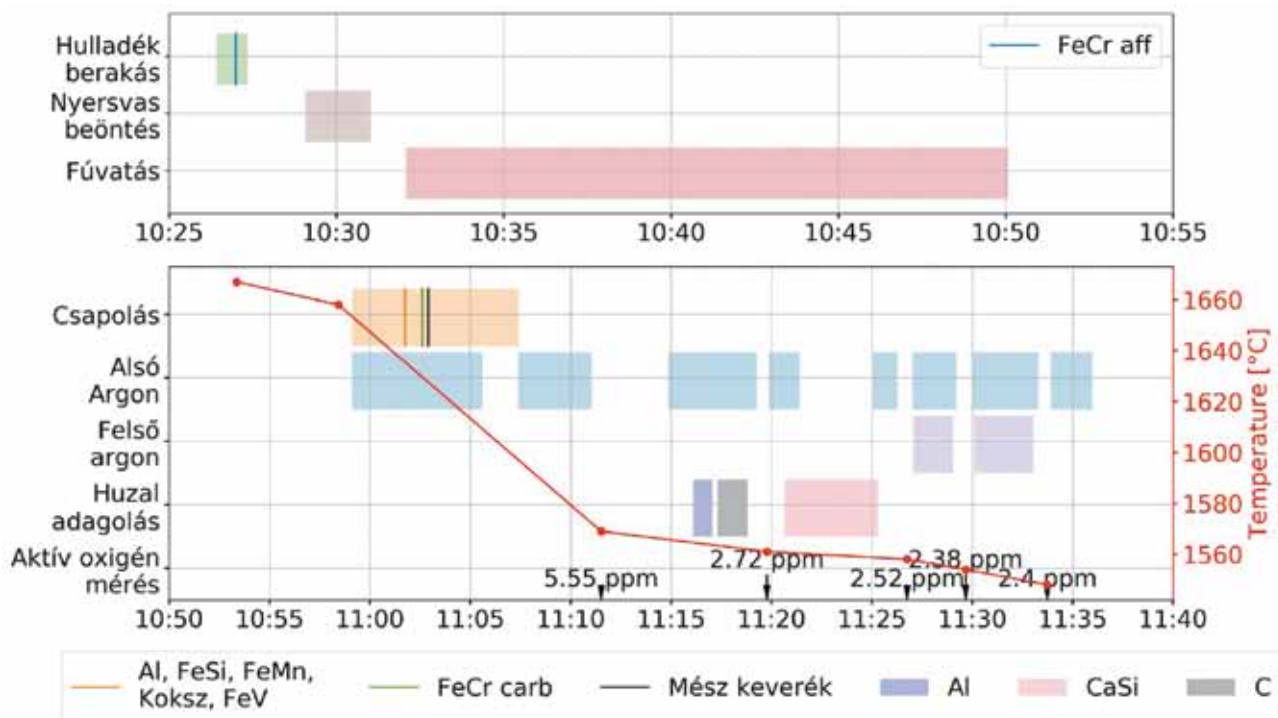
Harmadik lépésben értékelni kell az adatok időbeni lefutását, pl. hőfok, összetételek (acél, salak), az adagolási illetve, üstmetallurgiai kezelések sorrendjét. Az időbeni lefutás nagyon fontos a termodinamikai folyamatok szempontjából valamint azért, mert a DUNAFERR technológiájában nincs lehetőség a konverteren kívüli hő közlésére. A helytelenül megválasztott sorrend pl. az adag elhűléséhez, öntetlenségéhez, vagy a kényeszerű folyamatgyorsítás miatt az acél tisztaságát befolyásoló üstmetallurgiai kezelések időtartamának csökkentéséhez (kritikus esetben elhagyásához) vezethet.

1.3.1 Összetétel és hőfok alakulása

Az összetételeknek tükrözniük kell a technológiai lépéseket, valamint a hőmérsékleteknek a lefutó jelleget (nincs hevítési lehetőség). Az adagolt dezoxidálószer hatására csökkennie kell az aktív oxigénszintnek az acélban, valamint az FeO-tartalomnak a salakban. Ha nem ez következik be, és más technológiai beavatkozás sem indokolhatja (pl. erős argonos öblítés miatt a szabaddá váló acélfelszín oxigént vesz fel a környezetből), akkor a minták jósága megkérdőjelezhető.

1.3.2 Acélgyártás technológiai lépései

A technológiai lépések egymásutánisága többek közt meghatározhatja az ötvözési hatékonyságot, magyarázatot adhat a nagyobb dezoxidálószer-adagolás okaira, valamint az adaggyártás kezdetén előre nem látható pl. hulladék kémia, vagy üstállapot miatt szükséges technológiai lépésre.



1. ábra: Technológiai folyamatok időbeni alakulása (51 CrV 4 minőség esetén)

A mérések során tapasztalható nagymértékű hőmérséklet-csökkenés (a konverteren kívüli hőközlés lehetőségének hiánya miatt) technológiai kockázatot jelent. A belülről vörösen izzó, de keresztmetszetben át nem hevült üst megtevéstől lehet. Tapasztalat alapján a legerősebb hűlés az intenzív keveredés hatására (argonozás) jön létre, ezért az esetleges nagymértékű hűlés miatt az időtartama jelentősen csökkentésre kerülhet, ami a homogenitás szempontjából hátrányos.

A reklamációk kivizsgálásának megkönnyítésére létrehozásra került az acélgyártási fázis technológiai lépéseit ábrázoló program, mely böngészőből futtatható. A program az adagszám megadásával megjeleníti a szükséges diagramokat (1. ábra).

A diagramok megmutatják a technológiai lépések időbeli lefolyását. Látható az is, hogy a legintenzívebb hűlést az ötvözők adagolása, valamint felsőargonos keverés okozza. A diagramok segítségével könnyebben értelmezhetővé válnak az alábbiak is:

- Felhasznált dezoxidálószer az acélt, vagy a salakot dezoxidálta
 - Salakra adagolt dezoxidáló szer esetén valószínűleg nagy mennyiségű primersalak-átfolyás történt, amit ellensúlyozni kellett, hogy ne oxidálja vissza a dezoxidált acélt.
- Ötvözők adagolási sorrendjének indokoltsága a termodinamikai szempontok alapján

- Hulladékkal bevitt kén-, illetve foszfortartalom kompenzáltsága ráfúvással és salakképzővel

1.3.3 Öntési adatvizsgálat

A gyártás kivizsgálása után az öntés elemzése a következő lépés [10]. Az öntés során egymás után több adag öntése történik meg (szekvens). A folyamat sajátossága miatt a figyelembe kell venni a kérdéses adag/bramma környezetét is, ami tovább növeli a feladat komplexitását. Az öntési folyamat elemzésére megalkotott program nagyban elősegíti a problémával érintett szálszakaszok azonosítását. Az öntött szálát ért behatások vizualizációja alapján könnyebben ítéltető meg egy adott bramma felületi, illetve belső hibára való hajlama.

A 2. ábra görbéi alapján megfigyelhetők az öntött szátra legnagyobb hatást kifejtő események:

- Szekvenskezdő brammák esetén az öntőgép hőállapota nem tekinthető állandónak, ezért a kezdő bramma üzemi tapasztalatok alapján gyakran terhelt felületi hibával.
- Szekvenszáró brammák öntése során a közbenső üstben lecsökken az acélszint, ezáltal a felszín közelében koncentrálnódó szennyező elemek/részecskék az örvényhatás miatt a brammába kerülhetnek.
- A lassítással érintett szálszakaszokban a kristályosodási folyamat állandósága jelentősen változik, ami – bár eltérő mértékben – a teljes öntőgépben lévő szátra hatással van (~ 10 m)

- A hirtelen nagymértékű sebesség-, illetve kristályosítói acélszint-ingadozás elsősorban a folyékony acél meniszkusznál okozhat komoly felületi hibát.
- Közbenső üstben elhelyezkedő acélátfolyást szabályzó dugó pozíciójának változásából zárványkirkodásra – ami az áramlási viszonyokra van hatással – valamint zárványleválásra – ami zárványfürtök acélfürdőbe kerülését jelenti – lehet következtetni.
- Különböző kémiai követelménnyel rendelkező adagok (technológiai kényszerből történő) összeöntése során kialakuló átmeneti összetételű szálszakasz (ún.: vegyes öntés) kialakulása [11, 12].
- A beavatkozással terhelt szálszakaszok – ha jellegük szükségessé teszi – kivágásra kerülnek [13]
- Magas fúvatásvégi hőfok, illetve a várttól lassabb hűlési sebesség esetén intenzív hűtés:
 - Hosszabb idejű argonos alsóöblítés a konverterben
 - Hűtőhulladék adagolása
 - Előírttól nagyobb mennyiségű alsó argon adagolása
 - Felső argonos keverés
- Utánfúvatás miatt magas aktívoxigén-szint a nyersacélban
 - Hosszabb idejű argonos alsóöblítés a konverterben
 - Időhiány esetén előírttól nagyobb mennyiségű dezoxidálószer adagolása
- Salakvisszazárás megléte/hiánya.
 - A csapolási idő hossza utal a csapolókő korára. Új kő esetén nem szükséges salakvisszazárást alkalmazni, mert a csapolókő kialakítása és kopása még nem teszi szükségessé
- Öntésnél magas túlhevítettség
 - Öntési sebesség csökkentése

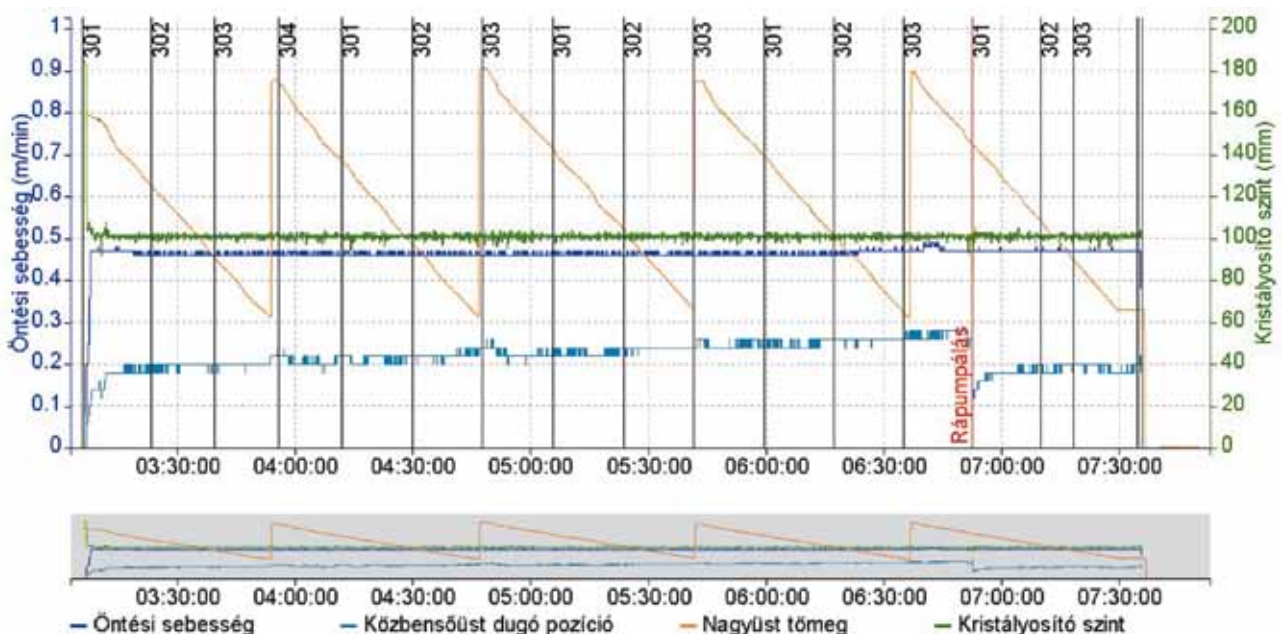
Mint a fentiekből látszik, a jelentősebb problémával terhelt szálszakaszok (pl. öntési sebesség, színtingadozás, beavatkozások) technológia szerint kivágásra/eltávolításra kerülnek, ezáltal nem okoznak problémát az értékesített termékben, melyet korábbi vizsgálatok is alátámasztanak. A többi, brammákat érintő rendellenesség megítélése a szakember feladata.

1.4 Egymásra hatás

Az üzemi paraméterek gyakran eltérnek a javasolt gyártási paraméterektől. Ez az eltérés az esetek többségében indokolt, és más technológiai paraméterrel kompenzálva van (ami szintén eltér, ezáltal a javasolt értéktől). Negyedik lépésben ezen paraméterek egymással való kompenzátságának rendszerét kell megvizsgálni.

2. HAJLAMOSÍTÓ TÉNYEZŐK

Tapasztalatok alapján az előző fejezetben említett gyártási, illetve öntési eltérések/problémák egyike sem okoz feltétlen problémát a hengerelt termékben, csupán hajlamosító tényezőként vehetők számba. A reklamációban szereplő brammáról csupán feltételezni lehet, hogy több tényező együttes hatása okozhatta a reklamált hibát. A hiba jellegétől is jelentősen függ, hogy az adott gyártási körülmények okozhatták-e a hibát.



2. ábra: Öntési görbék

A tapasztalatok alapján az alábbi körülmények többnyire indokolják egyes reklamált hibák kialakulását:

- Nagymértékű, 40°C feletti túlhevítettség és szekvenskezdő bramma
- Gyors hűléssel párosuló alacsony mértékű argonos keverés

3. KONKLÚZIÓ

Mint a fentiekből kiderül, egy-egy reklamált termék gyártási folyamatának kivizsgálása nagy szakértelmet és figyelmet igényel. A kivizsgálási szempontok nagy része összefoglalható egy folyamatosan bővülő tudásbázisba, mely leprogramozható, és ezáltal automatizálhatóvá válik. A gyártási folyamat kibővített idődiagramja, valamint az öntési görbék elemzése alapján megjelenített adatok jelentős segítséget nyújthatnak a szakember számára. A speciális körülmények, (pl. üzemzavarok, emberi tényezők) miatt kialakuló helyzetek, valamint a tudásbázis folyamatos bővítése továbbra is igényelni fogja a szakember részvételét a kivizsgálási folyamatban, viszont a munkáját nagymértékben megkönnyíti és így lehetősége nyílik a folyamatok mélyebb megismerésére/elemzésére.

Az összefüggések feltárásával lehetőség nyílik a technológiai folyamat során fellépő, minőséget befolyásoló körülmények azonosítására. A feltételezhetően hibával terhelt szálszakaszok már az öntőgépen eltávolíthatóvá válnak, vagy megfelelő felületi kezelés alkalmazásával (csiszolás, felületjavítás lánggal) megelőzhető a felületi hibák kialakulása a hengerelt terméken. A fentiek alapján megvalósított intézkedések csökkentik a hengerelt termékeknél jelentkező metallurgiai eredetű hibák, valamint a felületellenőrzéssel nem látható, vevőnél feldolgozás során jelentkező belső problémák mennyiségét. Ezen okok miatt a rendszer előnyös mind a vevői elégedettség, mind a belső kihozatal szempontjából.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

EFOP-3.6.1-16-2016-00003 K+F+I folyamatok hosszú távú megerősítése – a Dunaújvárosi Egyetemen projekt által finanszírozott kutatás.

HIVATKOZÁSOK

- [1] Tanabe H. and Nakada M., 2003: Steelmaking technologies contributing to steel industries *NKK technical review* **88** pp 18-27
- [2] Weigel M. et al, 2016: Multicriteria analysis of primary steelmaking technologies *Journal of cleaner production* **112** pp 1064-1076
- [3] Iosif A. et al, 2008: Process integrated modelling for steelmaking life cycle inventory analysis *Environmental Impact Assessment Review* **28**(7) pp 429-438
- [4] Mazumdar D. and Evans J.W., 2009: Modeling of steelmaking processes *CRC Press* ISBN 978-1-4200-6243-4
- [5] Wizner K. and Kovari A., 2020: Effect of steel production / casting parameters on the degree of downgrading of the hot rolled product *Acta Materialia Transylvanica* in press
- [6] Huang X. et al, 1992: Modeling superheat removal during continuous casting of steel slabs *Metallurgical and Materials Transactions B* **23**(3) pp 339-356
- [7] Wizner K. and Kovari A., 2020: Establishment in the technology of ISD DUNAFERR Zrt. of expert support system to investigate the defects occurring in the metallurgical phase *IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING* in press
- [8] Nakamura S. et al, 1990: A New Energy Control System Using Real Time Expert Systems *IFAC Proceedings Volumes* **23**(3) pp 381-386
- [9] Ericsson O., 2009: An experimental study of liquid steel sampling Doctoral dissertation, KTH Stockholm, Sweden
- [10] Thomas B. G.. 2001: Continuous casting of steel Chapter 15 pp 499-540
- [11] Huang X. and Thomas B. G., 1993: Modeling of steel grade transition in continuous slab casting processes *Metallurgical Transactions B* **24**(2) pp 379-393
- [12] Thomas B. G., 1997: Modeling study of intermixing in tundish and strand during a continuous-casting grade transition *Iron and Steelmaker* **24**(11) pp 83-96
- [13] Offerman C., 1981 The affect on the Quality and Internal Structure in Continuously Cast Slabs by the Metal Flow in the Mould *Scandinavian J. Metallurgy* **10** pp 25-28