

GREGA OSZKÁR

Az ózdi acélgyártás „újkori” története

Az Ózder Stahlwerke AG 1991. évi csődjével Ózdon megszűnt az acélgyártás. A megmaradt vagyonelemeket a Max Aicher vállalatcsoport vásárolta meg, és a rúd-dróthengermű bázisán egy elektrokemence megépítésével 2000-ben újraindult a betonacél gyártása. A kezdeti nehézségeket követően 2013-tól a termelés fokozatosan növekedett, mára már 380 000 tonna éves termelési szintet ért el a mű. Jelenleg egy új drótsor telepítése mellett más technológiai és környezetvédelmi fejlesztések is folyamatban vannak. A cél az 500 000 tonna folyékony acél termelési szint elérése.



1. ábra. A Max Aicher vállalatcsoport érdekeltségei

Az Ózdi Acélművek Kft. létrejötte

Az ózdi acélgyártás jelenlegi technológiai struktúrájának kialakulása az 1970-es évek második felében megvalósult, az akkori Ózdi Kohászati Üzemeket (ÓKÜ) hátrányosan érintő állami technológiafejlesztési döntésben gyökerezik. A két nagy, politikailag megbízható vaskohászati vertikum, Diósgyőr és Dunaújváros egyaránt technológiaváltási lehetőséghez jutott, miközben az ózdi, politikailag megbízhatatlan, rimai gyökerekkel bíró gyár az oxigénes intenzifikálással a Siemens–Martin technológia konzerválására kényszerült.

Ebben a helyzetben a kiutat az ózdi műszaki értelmiség két kiemelkedő alakjának, dr. Lotz Ernőnek és Schott-

ner Lajosnak a német szakmai kapcsolatai jelentették. A Korf-céggel kialakított szakmai együttműködés eredményeként az SM-kemencékbe épített ún. Korf-égőkkel a technológia olyan mértékű intenzifikálása vált lehetővé, ami termelékenységben versenyképessé tette az SM-eljárást az oxigén-konverteres eljárásokkal.

Ennek bázisán, a gazdasági társaságokról szóló törvény 1986. évi megjelenése már előkészített állapotban találta a magyar acélipar első nemzetközi vegyesvállalatát. 1989-ben a magyar állam 40%-os és két német vállalat, a Metallgesellschaft AG., Németország legnagyobb ipari konglomerátuma, és a Korf KG. 60%-os tulajdoni arányával megalakult az Ozder Stahlwerke AG. A magyar tulajdonrészt az

Ózdi Kohászati Üzemek termelőegységeinek apportja, a német tulajdonrészt részben pénztőke, részben a megvalósítandó új technológia, az EOF, (energiát optimálisan hasznosító kemence) acélgyártó eljárás szellemi tulajdoni értéke képviselte.

Az akvizícióval a már meghonosodott német műszaki kultúra további megszilárdulásának lehetősége jelent meg a vállalatnál és a városban. Megkezdődött az acélműi csarnokban az EOF-kemence alapozása, miközben két szakember az új technológia adaptációját készítette elő Brazíliában, a Korf KG. ott működő EOF acélművében.

Az első, 1990-es gazdasági év veszteséges volt. A tőkepótlást a magyar tulajdonos, az állam nem vállalta, csődbe vitte a vállalkozást. 1992-től megkezdődött az rt. felszámolása. Megjelentek Ózdon a felszámoló és miniszteri biztosok. 1997-re világossá vált, mit nem lehet magánvagyonná konvertálni, ezek a vagyonelemek képezték az akvizícióra előkészített Ózdi Acélművek Kft.-t.

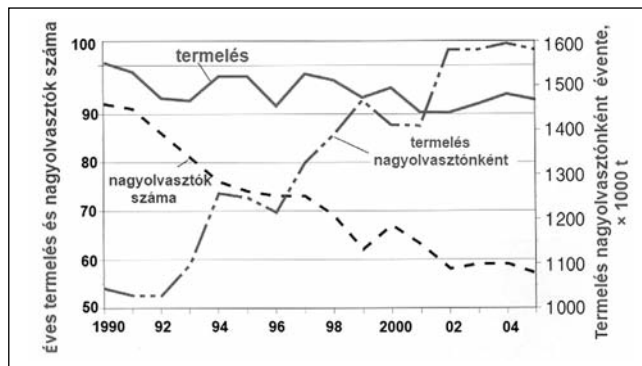
A vagyonelemeket 1997-ben a Max Aicher vállalatcsoport vásárolta meg, és változatlan néven megalakult az Ózdi Acélművek Kft., kizárólagos német tulajdonban, ami lényegében az

Az OMBKE 109. Közgyűlésén, Ózdon 2019. május 25-én elhangzott előadás szerkesztett változata. A cikk anyagának összeállításában közreműködött, és a vállalat utóbbi hat évi eredményeinek létrehozásában meghatározó szerepet töltött be Bartha Imre, az Ózdi Acélművek Kft. ügyvezető igazgatója.

Dr. Grega Oszkár PhD tudományos fokozattal rendelkező metallurgus kohómérnök, szakokleveles euromenedzser, lean szakmérnök. Dolgozott a BÉM-ben, majd a NME Vaskohászattani Tanszékén. A Dunaferr Rt.-nél és a diósgyőri DAM STEEL Rt.-nél töltött be felső vezetői beosztásokat műszaki, termelési és fejlesztési területeken. 2003-tól egyetemi docensként a ME Vaskohászattani Tanszékének vezetője volt. Jelenleg nyugdíjasként címzetes egyetemi tanár, igazságügyi szakértő. Saját tulajdonú vállalkozásában akkreditált analitikai laboratóriumot működtet, több külföldi, német nyelvterületi egyetemmel és szakmai szervezettel, intézménnyel tart szoros kapcsolatot.



■ 2. ábra. Az Ózdi Acélművek Kft. telepítési helye és technológiai berendezései



■ 3. ábra. Az integrált acélgyártás egységkapacitásának változása Európában

Aicher családi tulajdont jelentette (1. ábra).

A portfólió bázisát az ÓKÜ centeri telephelyen 1975-től működő rúd-drót hengerműve képezte, kiegészítve a törzsgyárban 1986-ban megépített üstkemencével, az SM-acélmű öntődaruival, a hulladékterti csarnokkal és darukkal.

A technológiai színvonal

Az új tulajdonos a meglévő elemekkel a centeri telephelyen egy miniacélmű létesítése mellett döntött. Ehhez használt, de kiváló műszaki állapotú villamos ívkemencét vásárolt transzformátorral és folyamatos öntőművel, értelemszerűen kiegészítve a szükséges infrastruktúrával. A kialakult technológiai struktúrát a 2. ábrán követhetjük.

A beruházási folyamat eredményeként 2000-ben a miniacélmű termelése elkezdődött. A technikai színvonalat az alábbiak jellemezték:

Metallurgia

Primer fázis

Háromfázisú EAF, 60 tonna betéttömeg,
UHP teljesítmény – 950...1000 kVA/t acél,
RCB kombinált égőrendszer – oxigén-földgáz + médiumbefűvés,
EBT (salakmentes) csapolási rendszer.

Szekunder kezelés

Háromfázisú üstkemence, 15 MVA teljesítményű ívfűtéssel,
Argonos öblítés,
Automatizált ötvözőanyag adagolás.

Acélöntés

Négyszálas ívkristályosító, 130 × 130 mm,
Nyitott öntés

Képlékeny alakítás

Hengermű, a 70-es évek műszaki színvonala,
Körszelvényű rúd- és betonacél 6...40 mm átmérettartományban,
Hengerhuzal 5,5...14 mm és teker-cselt betonacél 6...14 mm átméret-tartományban.

A megvalósult technológia lényegében egy ívkemence bázison működő, hosszúterméket gyártó miniacélmű. Ez a definíció a működtetési filozófiára utal, ami – mint ahogy a későbbiekben látni fogjuk – a biztonságos működtetés feltételeit jelentette.

A technológia műszaki színvonala szempontjából a metallurgia a mértékadó európai szintet képviseli, az alakítástechnológia az adottságokból következően az 1970-es évek színvonala, a jó működőképességet biztosító Schloemann-berendezésekkel.

A mű termelése és piaci helyzete

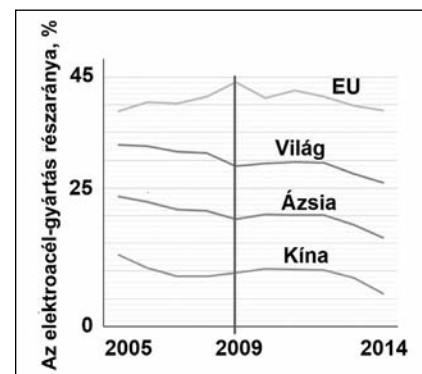
Az Ózdi Acélművek Kft. (ÓAM) szerepét, mint egy német tulajdonban lévő holding elemét piacképesség szempontjából európai bázison célszerű elemezni. Főképpen a betonacélokkal az ÓAM Magyarországon lényegében kizárólagos piaci szereplő, továbbá a piaci térhódítás eredményeként a lengyelországi piacon is meghatározó. A szlovákiai örmezői Strazske acélművének akvizíciójával a szlovák piacon is jelentős szerephez jutott az ÓAM. Ez utóbbi akvizíció megteremtette azt a piaci pozíciót, ami a betonacélok esetében gazdaságosan elérhető távolságban kizárta a konkurens gyártókat.

Ezt a helyzetet stabilizálta az európai acélgyártási technológiákban az elmúlt két évtizedben lezajlott techno-

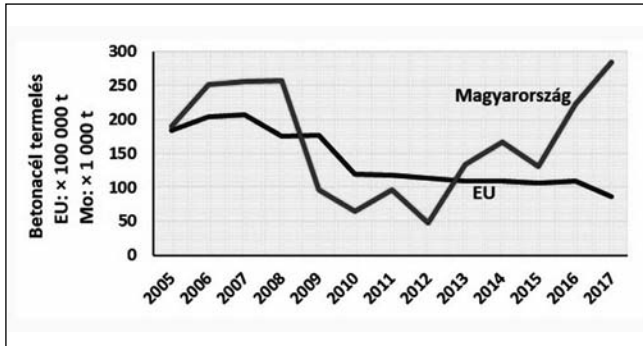
lógiai átrendeződés. A 3. ábrán bemutatott tendenciákból következik, hogy az integrált gyártás a nagylvasztók térfogatnövelésével a nagy volumenű gyártás technológiájává vált, a 3 Mt/év acélgyártó gyártókapacitás alatt az integrált technológia versenyképtelen.

Ezt a megállapítást aláhúzza a 2009-ben bekövetkezett gazdasági recesszió hatása. A 4. ábrán látható, hogy Európában a recesszió az integrált gyártást visszaszorította, a rugalmas, ívkemencés miniacélművek pedig megőrizték szerepüket. A recesszió nyugvópontra jutását követően az EU kompetens szervezetei is meghatározták az Unió acélgyártásának általános irányát. Ezek szerint a követendő út a magas szellemi hozzáadott értéket tartalmazó minőségi acélok gyártásának bővítése, amelynek alapvető technológiai bázisa a nagyteljesítményű villamos ívkemence, az európai berendezésgyártók által már rutinszerűen gyártott, és az acélművekben elterjedten használt szekunder kezelőegységekkel.

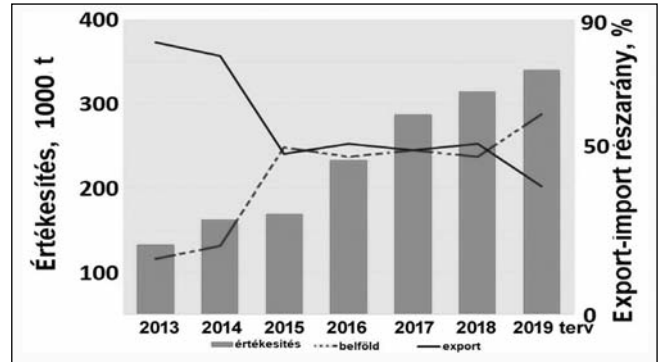
Ezeket a jelenségeket a hazai acélművek eredményei is alátámasztják. A recessziót követő években a



■ 4. ábra. Az elektroacél-gyártás részaránya a régiókban



■ 5. ábra. Betonacél termelési tendencia az EU-ban és Magyarországon az ÓAM Kft.-nél



■ 6. ábra. Az értékesítés számai, export, belföld

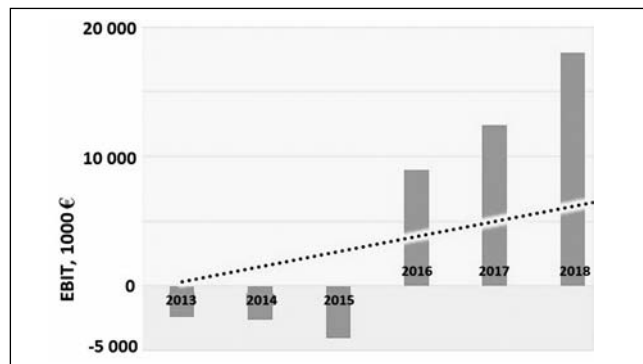
diósgyőri acélmű már nem tudott talpra állni, és esély sincs az újraindítására, a Dunaferri is csak korábbi, saját árnyékaként vergődik. Az elektrokemence bázisán megvalósuló technológia rugalmasságából, az integrált technológiához képest lényegesen kisebb állandó költséghányadával, jelentősen kisebb üvegházhatású gázkibocsátásával, kisebb élőmunkaigényével kedvező lehetőségeket ad a recessziós gazdasági és dekonjunkturális piaci helyzetek kezeléséhez.

Így történt ez az ÓAM esetében is, a recessziós időszakban a létszám nem csökkent, a gyár megőrizte működőképességét, amihez természetesen az átgondolt tulajdonosi döntések is hozzájárultak. Az alkalmazott technológiai szerkezet színvonala a várható piaci igények ismeretében garantálta a versenyképességet. A Max Aicher vállalatcsoport a konzern típusú kapcsolati rendszerrel a stabil finanszírozási háttérrel is biztosította.

A recessziót követő átmeneti stagnálás után az ÓAM termelési volumene egyértelműen növekedett. Természetesen ehhez az eredményhez a technológiai lehetőségeken és a tulajdonosi magatartáson túl a kapcsolódó felhasználó építőipari ágazatok konjunktúrája is jelentősen hozzájárult.

A vállalati stratégia helyességét plasztikusan mutatja az 5. ábra. Az ÓAM gyártókapacitása európai mércével mérve is tényezővé vált, a recesszió legalacsonyabb szintjéhez képest 2017-re közel hatszorosára növelte a késztermék-kibocsátást.

A vállalati stratégia helyességét plasztikusan mutatja az 5. ábra. Az ÓAM gyártókapacitása európai mércével mérve is tényezővé vált, a recesszió legalacsonyabb szintjéhez képest 2017-re közel hatszorosára növelte a késztermék-kibocsátást.



■ 7. ábra. Az EBIT (üzemi eredmény) alakulása az ÓAM Kft.-nél

A 6. ábra az értékesített betonacél mennyiségét és az aránymegoszlását mutatja, 2013-tól napjainkig. Az értékesítés dinamizmusa egyértelmű növekedést mutat, amit összehasonlítva az 5. ábra adataival látható, hogy a termelt mennyiséget közel teljes egészében értékesíteni lehetett. Az értékesítés aránya a kezdeti exporttúlsúlyból 2015-re kiegyenlítődött, és 50-50 százalékos megoszlásban stabilizálódott, mind volumenben mind árbevételben, ami elsősorban a kedvező hazai építőipari növekedés következménye. Az adatokat elemezve látható, hogy az árbevétel megoszlása gyakorlatilag független az értékesítési célterülettől, ami azért megnyugtató, mert az export és belföldi piaci viszonyok változása nem befolyásolja a működés eredményességét. A tevékenység

1. táblázat. Acéltermelési arányok EU–Magyarország

Évek	Termelés, az EU %-ában	
	Összes acél	Betonacél
2010	0,97	0,04
2017	1,13	3,32
Növekedés	1,16-szoros	83-szoros

tényleges eredményességét a 7. ábra mutatja.

Látható, hogy a 2009. évi recesszió után viszonylag hosszú időnek kellett eltelni a gazdaságos működés eléréséig, azonban a termelési szint és az értékesítési volumen agresszív növelésével (6. ábra) 2016-tól biztosított az eredményes működés. 2018-ban a 7. ábrán látható 18 millió euró üzemi eredmény 10%-

os árbevétel arányos eredménynek felel meg. Ezt a teljesítményt, figyelemmel a betonacél, mint termék eredménytermelő-képességére, csak igen szoros, de mindenképpen elismerésre méltó menedzseléssel lehetett elérni.

Plasztikusabb képet kapunk, ha az ÓAM termelési számait az EU és Magyarország acéltermelési volumenének arányában vizsgáljuk (1. táblázat).

Az 1. táblázat adatai önmagukért beszélnek. Magyarország acélgártási struktúrájának ismeretében az egyértelmű eredmények egyértelmű következtetésekre adnak lehetőséget. A 2010. évi marginális szerephez képest betonacél termelés tekintetében az uniós szerepvállalás 2017-re 83-szorosára növekedett, amivel az ÓAM az európai betonacélpiacon is tényezővé vált. Eközben az integrált technológiát alkalmazó, a technológiaváltást a 2000-es évek elején elmulasztó másik mű megmaradt a marginális szerepben.

Az elért eredmények, és a hazai piac kiszolgálásának jellemzői állami szerepvállalást is eredményeztek, ami 2019-ben 20%-os állami tulajdonlásban jelent meg. Ez a lépés nyilvánva-

lóan az ÓAM megbízható működéséből és az ennek következményeként megjelenő piaci rugalmasságból következnek, ugyanakkor a vállalat további stabilizálását eredményezi a hazai piacon, további fejlesztéseket generálva a minőségi acélok irányába, amelyek már az állami szerepvállalást megelőzően elkezdődtek és jelenleg is folyamatban vannak.



■ 8. ábra. A telepített drótsori hengerállványok, háttérben a víz-hűtő szakasz

Technológiai és infrastrukturális fejlesztések

A folyamatban lévő fejlesztések egy része a piaci igények változásával megkövetelt technológiai és kapacitásbővítő fejlesztés, egy része pedig a környezetgazdálkodási kötelezettségek teljesítését célozza.

Folyamatos öntőmű

A folyamatos acélöntőműnél (FAM) a közelmúltban megvalósult, már működő korszerűsítés során automatikus szinuszszabályozás történt a kristályosítónál. Ez a módosítás a féltermék FAM buga felületi minőségének, ennek vonzataként a késztermék minőségének a javulását eredményezte, csökkentve a szubjektív beavatkozás kockázatát.

A tervezésnél az ÓAM figyelemmel volt a stratégiaileg tervezett termékösztétel és minőségi fejlesztés követelményeire, ezért a módosítás úgy történt, hogy a kialakított rendszer alkalmas a 160 mm oldalhosszúságú buga öntésére is, aminek eredményeként az ilyen buga gyártásakor már megvalósítható a sugárvédett öntés, a minőségi előrelépés alapvető feltételként.

A hengerműi drótsor rekonstrukciója

A felhasználói piac igénye, főképpen a betonacél-felhasználó építőipar, az építőipari technológiák intenzifikálása, fejlődése eredményeképpen, a rúd-ban gyártott betonacélok felől a tekercsben kiserelt késztermékek irányába tolódott el. Ez a tendencia értelemszerű, hiszen a tekercsből előállított szerkezetek jelentősen kevesebb hulladék képződését eredményezik.

Az ÓAM meglévő drótsorának korszerűtlen állapota drasztikus változtatást igényelt. Ezt a műszaki állapot és a piaci igényváltozás indokolta, és követeli a huzalformában kiserelt betonacélgyártás fejlesztését, ami kizárólagosan a drótsor teljes rekonstrukciójával lehetséges.

A rekonstrukció utáni termékválaszték:

Körszelvényű rúd- és betonacél 8...40 mm átmérettartományban, Hengerhuzal 5,5...24 mm és teker-cselt betonacél 6...16 mm átméret-tartományban.

A fejlesztési igényt az ÓAM és a tulajdonos a vállalatcsoportnál követett korábbi stratégia mentén képzelte el megvalósítani; olyan, jó állapotú, még működő, használt berendezés megvásárlására törekedett, ami a fejlesztési célt hosszú távú működéssel biztosítja, ugyanakkor a fejlesztés jelentős költségmegtakarítással oldható meg. Ennek szellemében történt egy nagyon jó műszaki állapotban lévő, nagykapacitású drótsor megvásárlása és özdi telepítése. Az új drótsor a meglévő hengermű középszekciójához egy átvezető szakasszal csatlakozik. A már telepített hengercsornál állványai a 8. ábrán láthatók.

Ez a munka jelenleg folyamatban van, a próbaüzemi indítás 2020 második negyedévében várható.

Az alapanyag-tároló kapacitás bővítése

A beszámolóink korábbi részében bemutatott termelésnövekedést a meglévő acélhulladék tárolócsarnok már nem tudja kiszolgálni. A hulladék-tér szűk kapacitását (15 000 tonna befogadóképesség) az okozza, hogy

a vasúton beérkező acélhulladékok kirakása, ugyanazon a pályán mozgó darukkal történik, amelyekkel a hulladékbetét előkészítését végzik. A termelési volumen növekedése azt eredményezte, hogy a beérkező hulladékok jelentős hányadának tárolását a hulladék-téren kívül, szabad, fedetlen téren, külön rakodógépek beiktatásával kell megoldani. Ez a logisztikai kényszer a betételőkészítés rendjét az optimálistól jelentősen eltéríti; a szabad terü-

leten tárolt acélhulladék az időjárási feltételek függvényében jelentős mennyiségű nedvességet tartalmazhat, továbbá a fedett tárolókazetták ürülése függvényében külső daruval kell azt a kazettákba rakni. Ez a körülmény adagvezetési problémákat és többletköltséget eredményez. A bemutatott indokok a hulladéktároló és előkészítő terület bővítését igénylik.

A hulladéktároló kapacitást az ÓAM a jelenlegi hulladéktároló csarnok tükkörképeként megépítendő új acélhulladék-tároló csarnok és boksok (kazetták) kialakításával, továbbá kiszolgáló berendezések telepítésével tervezi megvalósítani. A beruházás megvalósításával a tárolókapacitás 30 000 tonnára növekedik. A párhuzamosan megépített hulladékter megköveteli az egyidejűleg előkészíthető acélhulladékbetét mennyiségét, aminek eredményeként nem csupán az acélhulladék-tároló kapacitás növekszik, hanem az előkészített, azonnal adagolható acélhulladék mennyisége is, mely feltétele a gyártókapacitás növelésének. Ez a bővítés alapfeltétele a stratégiaileg tervezett 500 000 tonna folyékony acél termelési szint elérésének.

Komplex füstgázelszívó rendszer telepítése

Az ÓAM füstgázkezelési technológiája a vállalat működésének megkezdésétől problémát okoz. A névleges elszívókapacitást a rendszer nem produkálta, tényleges teljesítőképessége lényegében ismeretlen volt. Részben lakossági elvárás, részben a hatósági kötelezések teljesítésére az ÓAM több intézkedést hajtott végre. Az elszívó-

rendszer tényleges műszaki állapotának feltárására több céggel végeztek vizsgálatokat, melyek 500 000 m³/h tényleges elszívókapacitást állapítottak meg. 2013-14-ben az elszívókapacitás duplikálásának terve is elkészült.

A tulajdonosi kör és a menedzsment értékelte a helyzetet, és – az elvégzett vizsgálatok eredményei alapján – úgy döntött, hogy a megbízható megoldás egy teljesen új elszívórendszer kiépítése 1,4 millió m³/h elszívókapacitással, kombinálva a primer és szekunder (csarnoki) elszívórendszert. A döntés – megfelelő referenciák alapján – a Danieli Environment komplett technológiájának a telepítése. A beruházás folyamatban van, az üzembe helyezés rövidesen megtörténik.

A bemutatott, folyamatban lévő effektív beruházások mellett folyik azoknak a műszaki fejlesztési bázison tervezett intenzifikáló fejlesztéseknek

az előkészítése, amelyek az 500 000 tonna éves folyékony acél termelési szint elérését fogják eredményezni. A hengermű rúdtermék-kapacitása 500 000 t/év. Ez osztható meg a rúd- és dróttermékek között a megrendelői igények függvényében. Az így kialakuló átlagkapacitás – figyelemmel a drótsor fokozatosan romló műszaki állapotára – 360 000 t/év kapacitás rúdtermék paritáson. Összességében a vállalat a pénzügyi, gazdasági lehetőségeire és szakembergárdájának tapasztalataira támaszkodva, saját fővállalkozási konstrukcióban a bemutatott négy párhuzamos fejlesztést menedzseli, megteremtve a jövőbeli fenntartható működés feltételeit.

Összefoglalás

Az ózdi acélgégyártás mai állapota azt mutatja, hogy a rendszerváltozás kori hatalmas traumát követően, ha hosszú idő elteltét követően is, de a gyár

és a város magára talált, a szakmailag megbízható és stabil tulajdonosi háttér mellett, az utóbbi hat év következetes és szigorú vállalatmenedzselése eredményeként az acélgégyártás megnyugtatóan stabilizálódott.

A bemutatott eredmények meggyőzőek, hiszen az ÓAM megvalósuló 500 000 tonnás termelési szintje ma már fele az Ózdi Kohászati Üzemek korábbi termelési szintjének. A folyamatban lévő és a minőségi acélgégyártás feltételeit megteremtő tervezett fejlesztések kiegészülve az állami közreműködéssel megvalósult kihelyezett felsőfokú, és a tervezett középszintű szakemberek képzési bázisával megteremtik, illetve újrateremtik azokat a körülményeket, amelyek a gyár – a versenyképességi követelményekből következően lényegesen kevesebb számú – dolgozójának, és a város lakosainak az évtizedekkel korábban megszokott nyugodt életét biztosíthatják.

MUCSI ANDRÁS

Revésedési jelenségek különböző szemszögekből az ISD Dunafer Zrt.-nél

Az ISD Dunafer Zrt.-nél gyártott lapostermékek előállításánál jelentkező revésedési problémák egy sokszor, de talán nem elégszer elemzett és feldolgozott téma. A cikk célja a gyártási vertikum különböző fázisaiban jelentkező revésedési jelenségek elsősorban káros, illetve néhány speciális esetben hasznos hatásainak bemutatása. A brammák folyamatos öntésétől kezdődően gyakorlatilag a hideghengerműi pácolás végéig a felületen képződő és az arról a gyártás különböző szakaszaiban eltávolított vas-oxidok jelentősen befolyásolják a gyártás hatékonyságát, valamint a késztermék felületi minőségét.

1. Bevezető

A gyártás különböző fázisaiban keletkező reve a nagy hőmérsékleten keletkező vas-oxidok összefoglaló neve. A revét többféle oxid, főként wüstit (FeO), hematit (Fe₂O₃) valamint magnetit (Fe₃O₄) alkotja, ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy ezeken kívül kisebb mennyiségben többféle vas-oxid is keletkezik az acél felületén: pl.: FeO₂, Fe₄O₅, Fe₅O₆, Fe₅O₇, Fe₂₅O₃₂, Fe₁₃O₁₉, vagy a Si-os minőségeken sokszor megjelenő fayalitos

reve (Fe₂SiO₄). A szobahőmérsékleten, főként elektrolit jelenlétében keletkező vas-oxidot rozsdának nevezzük, szerkezete porózusabb, főként Fe₂O₃, illetve FeO(OH) és Fe(OH)₃ szerkezetű. A reveréteg az esetek döntő többségében vizuálisan nem elkülönülő, hanem egybefüggő, de szerkezete az alapanyag irányába jelentősen változik, ezt mutatja az 1. ábra.

Különösen akkor változik a reveréteg összetétele, ha jelentős mennyiségű ötvöző illetve szennyezőanyag van az acélban. Az 1. ábrán bemuta-

tott 0,06% C, 0,45% Mn, 0,15% Cu, 0,06% Ni, 0,07% Cr és 0,045% Al összetételű mintalemezen keletkezett reve három területének SEM-EDS analízise az 1. táblázatban feltüntetett összetételt eredményezte. Az ábrán jól látható, hogy az egyes elemek koncentrációja a felülettől az alapfém felé jelentősen változik. Általánosságban igaz az, hogy az alapfém felé haladva az oxigén mennyisége csökken, a vasé pedig nő, a többi elem koncentrációja pedig a reve keletkezése során jelen lévő oldhatóság változásának eredményeképp jött létre.

Dr. Mucsi András életrajzát a 2018/1. számban közzöltük.