

rendszer tényleges műszaki állapotának feltárására több céggel végeztetett 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.

1. táblázat. Az 1. ábrán bemutatott reveréteg SEM-EDS területelemzésének eredményei (wt%), és a mérés hibája (wt%)

Terület	Fe	O	Cu	Mn	Cr
100	64,8 (1,52)	30,6 (3,05)	0,2 (0,03)	0,3 (0,04)	-
101	72,7 (2,03)	23,2 (2,73)	0,9 (0,05)	0,8 (0,06)	-
102	74,6 (2,00)	21,6 (2,64)	1,0 (0,06)	-	0,6 (0,04)

A reveréteg vastagságát, szerkezetét, tapadóképességét valamint eltávolíthatóságát meleg és hideg állapotban a reve termomechanikus előléte, az alapfém kémiai összetétele és a keletkezés során jelen lévő felületi jelenségek befolyásolják, pl. az adott hengerlési szűrésben volt-e hidromechanikus revétlenítés [4–6]. A keletkező reveréteg későbbi viselkedését számos paraméter befolyásolja, melyek közül néhány tárgyalásra kerül.

2. A reve mennyisége és ennek gazdasági jelentősége

A szélesszalagok előállításánál nem csupán a reve által okozott felületi hibák jelentenek gazdasági problémát. A jelenleg precízen nem számszerűsített, csupán durván becsült leégési, revétlenítési és pácolási veszteségek valószínűleg nagyságrenddel nagyobb veszteséget okoznak. Ez utóbbi, a reve által okozott minőségi hibákkal szemben kvázi állandó és számolni is lehet vele, míg a minőséghibák rendszertelenül, előrejelzhetetlenül keletkeznek. A folyamatos öntés közben megszilárduló bramma felületi oxidációját jelen technológiai felkészültséggel csökkenteni nem lehet, az itt képződő reve 50-150 µm vastagságú.

A meleghengerműi hevítő kemencékben eddigi becsléseink és korábbi mérések [1] szerint kb. 0,6-1,6% leégési veszteség keletkezik. A bramma hevítése során folyamatosan keletkezik az ún. primer reve, mely sajnos a kemencetüzelés és atmoszféra alsó-felső kemencetérben való különbsége miatt különböző típusú és vastagságú revét hoz létre. A buga felső felületén a teljes reveréteg rajta marad egészen a kivételig, az alsó felületről pedig a reve egy része a kemencetérbe leesik. A leégési veszteség átlagosan

kb. 200-300 µm vastagságú reveréteg képződését jelenti, ez sok esetben jóval több, az üzemi tapasztalatok szerint a felső felületről eltávolított reveréteg milliméteres nagyságrendben van. Amennyiben sikerülne a leégési veszteséget csökkenteni pl. 20%-kal, éves szinten kb. 3000 t acéllal többet lehetne értékesíteni.

A buga kivétele után a 2016-ban telepített primer revétlenítő rendszer hivatott az első revétlenítés elvégzésére. A névlegesen 300 bar nyomással működő berendezés konstrukciós

és gépészeti problémák miatt csak jóval kisebb teljesítménnyel és nyomással működik. A buga görgősoron való haladása során elér az előnyújtóhoz, ahol a függőleges állvány által biztosított torló szűrés megtöri a primer revétlenítés óta keletkezett revét, majd a vízszintes állvány előtt az előnyújtói revétlenítő kollektor biztosítja a hengerlés előtti revementes felületet (2. ábra).

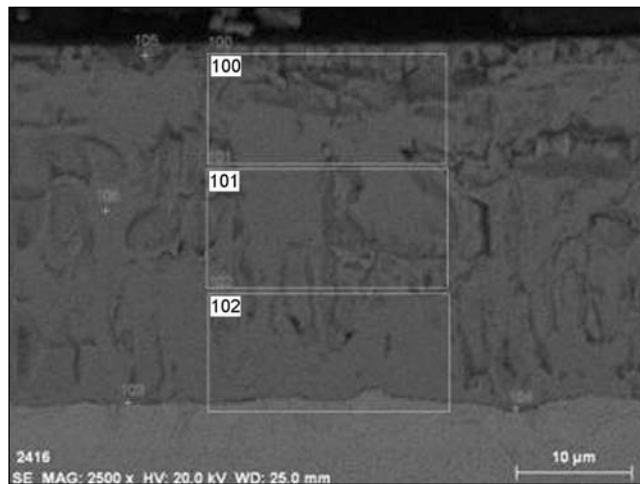
Az előnyújtás során minden egyes revétlenítésnél kb. 10-30 µm-es reveréteg eltávolítására kerül sor. Tekintettel arra, hogy minden revétlenítés anyagvesztéssel és az anyag hűtésével jár, az előnyújtási revétlenítés optimalizálása szükséges. A jelenlegi gyakorlat szerint az első három, majd minden páratlan szűrésben történik az előlemez revétlenítése [2]. Az előnyújtói szűrésokban képződő 10-30 µm

közötti revevastagságot tekintve a revétlenítésenkénti anyagvesztés kb. 0,4 kg/t. A revétlenítési veszteséget éves szinten kb. 4000 t-ra lehet becsülni.

A meleghengerműben keletkező vas-oxidokat összegyűjtik és a nagyolvasztóba visszajuttatják. Ez ugyan lehetővé teszi, hogy ne vesszen el a leégett anyag, viszont az így keletkezett anyagnak kétszeres gyártási költsége és kétszeres környezetszennyezése van (kétszer redukáltak a vas-oxidot, tehát dupla kohói szén-dioxid kibocsátás történik a termelés 1%-ánál).

Az előnyújtás után a Coil-boxban és az onnan való lecsévéelés során meglehetősen intenzíven revésedik az anyag. A készrehengerlő sor előtti revétlenítő gondoskodik az itt keletkezett reve eltávolításáról.

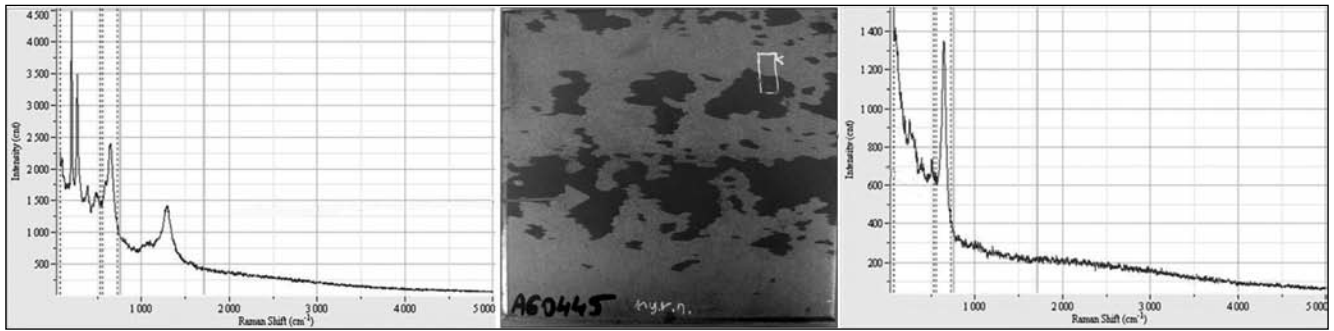
A készsoron keletkező reve, az ún. terciér reve vastagsága 6-20 µm között van, és átlagosan 3-4 kg/t veszteséget jelent, természetesen csak a hideghengerlési célú termékeknél. Ez az érték jóval nagyobb, mint az előlemez 1 t-jára vetített revétlenítési veszteség, hiszen a kész szalag felülete átlagosan 8-10-szer nagyobb, mint az előlemezé. Az átlagos évi 700-800 000 t-ás hideghengerműi termelést tekintve a terciér reve évente kb.



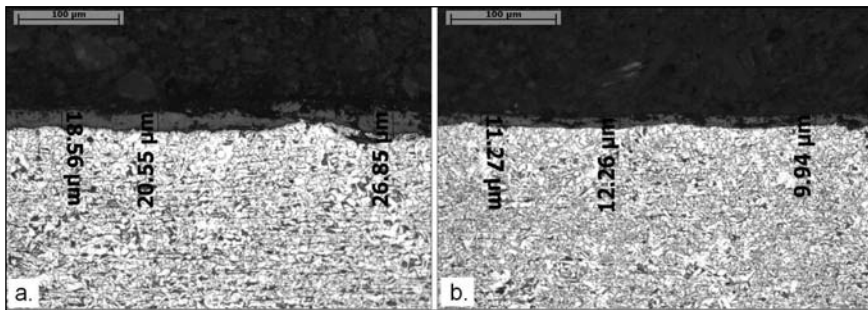
■ 1. ábra. Kb. 30 µm vastag reveréteg lágyacél lemezen és a három területelemzés helyzete



■ 2. ábra. Az előnyújtói függőleges állvány megtöri a revét a felületen



■ 3. ábra. Jól elkülönülő hematitos (sötétszürke, bal oldali spektrum), és magnetites (világosszürke, jobb oldali spektrum) jellegű reve és Raman-spektrumai lágyacél mintalemezen



■ 4. ábra. A 3. ábrán bemutatott revetípusok keresztmetszeti képe (a) hematitos, (b) magnetites)

2800 t-val csökkenti az értékesíthető mennyiséget.

3. A reveréteg vizsgálati módszerei

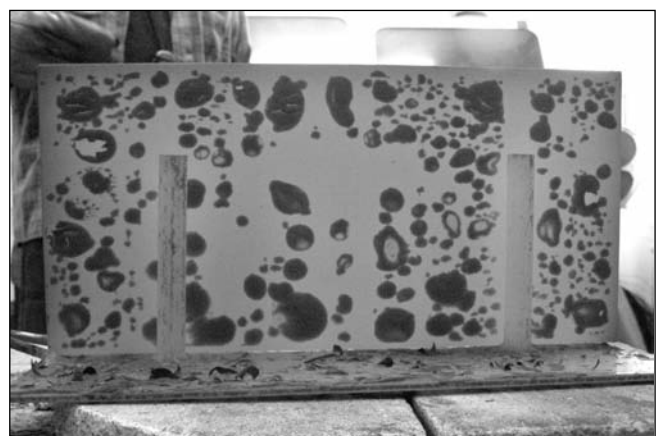
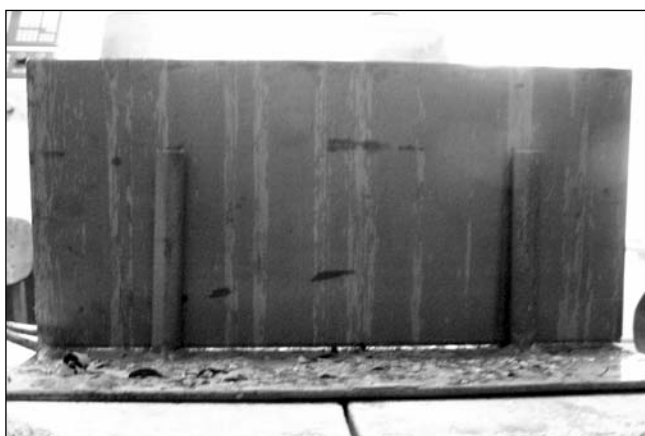
A reveréteg szerkezetét többféle módon is lehet vizsgálni. A belső kutatások során a reve típusának meghatározására a Raman-spektroszkópiát használják. A módszer lényege, hogy adott hullámhosszú lézertípust bocsátunk a felületre és a visszaverődő lézertípus spektrális elemzésével (frekvenciaspektrumának segítségével) következtetni lehet a jelenlévő molekulák típusára. Az eddigi elemzések során a Dunaferr által gyártott szalagokon főként hematitos vagy

magnetites szerkezetű revét detektáltak. A 3. ábra egy olyan mintalemezt ábrázol, melyen jól láthatóan kétféle reve is jelen van. A két terület Raman-spektroszkópos elemzési eredményét az ábra mutatja.

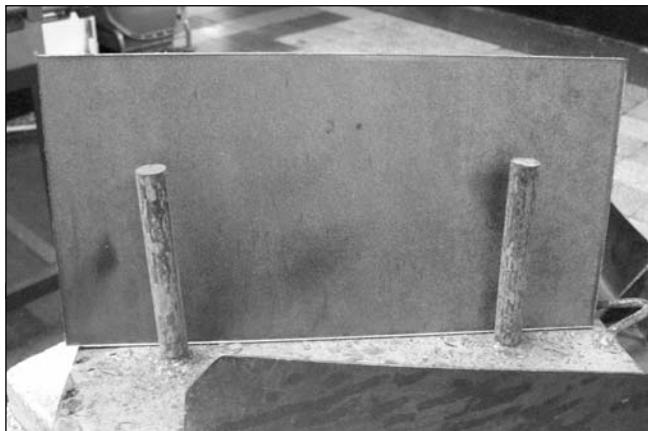
A reve szerkezetét hosszirányú metallográfiai csiszolaton is lehet vizsgálni, ezen főként a vastagsága, a vastagságirányú tagolódása és az esetleges rétegei látszódnak. Az elkészített csiszolaton pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálattal a reveréteg kémiai összetétele, valamint a reve és az alapfém határfelülete, annak kémiai összetétele elemezhető. A 3. ábrán bemutatott kétféle revetípus vastagsága is különböző, ez látható 4a-b ábrákon.

4. Foltosodás – hólyagosodás jelensége: amikor a tapadó reve az előnyös

A lágyacél szalagok felületén lévő tercier reve viselkedése, tapadóképesége jelentős szerepet játszik a lemezek újbóli megalakításakor valamint pácolásakor is. A tercier revét tartalmazó melegen hengerelt lemezek újbóli felmelegítésekor jelentkezhet az ún. foltosodás (sokszor hólyagosodásnak, vagy dudorosodásnak is nevezett) jelensége, mely a keletkezett reveréteg hólyagokban való felfújódását, majd kidurranását jelenti. A jelenség az 5. ábrán látható. A foltosodás röviden, nem minden részletre kitérve a következő jelenséget takarja. A lemez megalakítási hőmérsékletre való felhevítése során a kemencetérben jelen lévő oxigén a revén keresztül az immáron ausztenites állapotú alapfém C-atomjaival CO és CO₂ gázokat alkot. Amennyiben nem elegendően jól tapad a tercier reve és a kemencében képződött reve az alapanyaghoz, a keletkezett gázok hólyagok formájában felfújják a revét. Ettől a pillanattól kezdve a hólyag feletti reveréteg a felfújódás miatt vékonyodik, ugyanakkor



■ 5. ábra. Foltosodásra hajlamos melegen hengerelt mintalemez



■ 6. ábra. Foltosodásra nem hajlamos magnetites revéjű mintalemez hevítés előtti és utáni állapotban



■ 7. ábra. A behengerelt revéhiba leggyakoribb formája

a hólyag alatti alapfém oxidációja lelassul a kevesebb oxigén jelenléte miatt. A hólyag melletti rész viszont tovább revésedik, emiatt ezen a részen vastagabb revé keletkezik. Amikor kivesszük a kemencéből az előmelegített anyagot, a hólyagokat alkotó revé lehül, képlékenysége jelentősen lecsökken [3], a hőtágulás miatt pedig össze akar húzódní. A belül lévő gáznnyomás viszont tovább fújná fel a hólyagot, melynek eredménye az lesz, hogy a hólyag kidurran. A kidurrant hólyag helyén sokkal vékonyabb a frissen képződő reveréteg, ami azt eredményezi, hogy melegalakítás során a szerszám nyomásának hatására ezeken a helyeken kitéremkedések jönnek létre. A felület tisztítása, bevonása, festése után a hólyagok helyén lévő foltok esztétikai problémát jelentenek. A probléma megoldását olyan tercier reveréteg létrehozása jelenti, mely nagyon jó tapadóképességű, és nem teszi lehetővé a hólyagok képződését. Ezt szilíciumötvözéssel értük el. A 6. ábrán látható Si-mal ötvözött mintalemez hevítés előtti és hevítés utáni állapotban. A mintalemezen magnetites reveréteg volt jelen ellentétben az 5. ábrán bemutatott mintale-

mezzel, mely hematitos revét tartalmazott. A foltosodási problémák tehát a revetípus céltudatos módosításával elkerülhetők. Az ISD Dunafer Zrt. melegalakításra szánt lemezeinél a foltosodással kapcsolatos problémák az említett megoldás alkalmazása óta megszűntek.

5. Behengerelt revé – amikor a nem tapadó revé előnyös

A tapadó jellegű revé jelenléte az előbb említett alkalmazáson kívül gyakorlatilag minden egyéb esetben káros. A tapadó revé a szalagok pácolásakor eltávolítási nehézséget, lassított pácolást, ezzel termeléscsökkenést eredményez. A meleghegyszerlés során pedig behengerelt revéhiba kialakulásához vezethet. A behengerelt revé igazából egy gyűjtőfogalom, mely legalább 3-4 revéhibatípust és ezek ugyanennyi gyökérokat és keletkezési körülményeit foglalja magában. A 7. ábra a leggyakrabban előforduló behengerelt revéhibát mutatja.

6. Összefoglalás

A lágycél szalagokon jelentkező revésedés a melegalakítás kísérőjelensége. Az ISD Dunafernél végzett vizsgálatok szerint a melegen hengerelt szalagokon lévő tercier revé nagyrészt hematitos, vagy magnetites jellegű. Wüstit, illetve a szilíciumos minőségekre jellemző fayalit ritkábban detektálható. Az eddigi kutatások azt mutatják, hogy a revésedés éves szinten 20-30 ezer tonna veszteséget jelent. A reveréteg vastagsága és típusa alapvetően meghatározza az acél melegalakításakor, valamint pácolása

során mutatott viselkedését. Ez a viselkedés céltudatos technológiai módosításokkal kézben tartható.

Köszönetnyilvánítás:

A szerző köszönetét fejezi ki a DLabor Kft.-nek az anyagvizsgálatok elvégzéséért. Ugyancsak köszönet illeti az ISD Dunafer Meleg- és Hideghenger-mű Kikészítő üzemeit a mintalemezek összegyűjtéséért.

Irodalom

- [1] Dénes Éva: A szilícium és nikkal együttes hatása a gyengén ötvözött szerkezeti acélok revéképződési folyamatára, PhD-értekezés, BME, 2002.
- [2] Illés Péter, Kürtösi Ernő: Revéhiba alakulása az ISD Dunafer Zrt. meleghegyszerművében, ISD Dunafer Műszaki Gazdasági Közlemények 54., 2016. 12–20.
- [3] Hikaru Okada: Deformation Behavior of Oxide Scale in Hot Strip Rolling, NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL TECHNICAL REPORT No. 111 MARCH 2016, 73–78.
- [4] Sergio de Oliveira Lima Júnior, Júlio Cezar Bellon, Paulo Antônio de Souza Júnior, Fernando Gabriel da Silva Araújo, André Barros Cota: Effect of Processing Parameters on Scale Formation During Hot Steel Strip Rolling, Materials Research. 2010; 13(1), 11–14.
- [5] Husein Abulwafa: Scale Formation in a Walking-Beam Steel Reheat Furnace, Master thesis, McGill University, February 1992.
- [6] S. Chandra-ambhorna, T. Phadungwong, K. Sirivedin: Effects of carbon and coiling temperature on the adhesion of thermaloxide scales to hot-rolled carbon steels, Corrosion Science 115 (2017) 30–40.