

PENK MÁRTON

A „zöld” alumínium – sürgető gondolatok

A globális felmelegedés tettekre készíti a világot, a gazdaság különböző területeit, nevezetesen az alumíniumipart is. A cikk áttekinti az iparág számára fontos célokat, a termelés számára vonzó követelmény, a „zöld” alumínium előállításának lehetőségeit. A legfontosabb cél rövid távon az alacsony karbonkibocsátás, a karbonsemleges, ill. karbonmentes termelés. A kézenfekvő módszer erre a „zöld” energiafelhasználás, a körforgásos alumíniumipar megvalósítása, a fosszilis tüzelőanyagok csökkentése, ill. kiiktatása. Magyarország számára hasonló fontosságú a célok megvalósítása, melyre az alapanyagfázisok hiánya gyorsabb megvalósítási lehetőséget biztosít. Ezt célozza meg a cikk szerzője a saját üzemében hidrogénbázisú alumínium olvasztási kísérletével.

1. A globális felmelegedés és az alumíniumipar

A világ talán legnagyobb problémája, de bizonyára a legnagyobb környezeti problémája a globális felmelegedés. Ma már minden valamennyire tájékozott ember közvetlenül is érezheti: nincs tovább, az emberiségnek csökkentenie kell az üvegházhatású gázok kibocsátását, konkrétan csökkenteni kell a szénbázisú tüzelőanyagokkal történő energiatermelést. E cél elérésére nemzetközi megállapodások sora született, a csúcsponton a 2015-ös Párizsi Egyezményrel [1]. Az EU [2] 2030-ra 40%-os CO₂-kibocsátás csökkentést javasolt, melyet később 55%-ra emelt. A kitűzött cél az EU-ban 2050-re a karbonsemlegesség. Ehhez lassan az egész világ csatlakozik (az USA visszalépett az egyezménybe, és még Kína is célul tűzte a karbonsemlegességet, de csak 2060-ra). A konkrét gazdasági beavatkozást a CO₂-kvóták bevezetése jelentette, azóta folyamatosan kiadásra kerülnek közismert korlátozó szabályozások (az energiatermelésre, a közlekedésre) [3].

A legnagyobb CO₂-kibocsátó az energiaipar, melyet a közlekedés követ, de jelentős a nehézipar, benne az alumíniumipar emissziója is. Az EU megrendelésére készült tanulmány [2] az alumíniumipar 2007-re vonatkozó adatgyűjtését mutatja (1. táblázat).

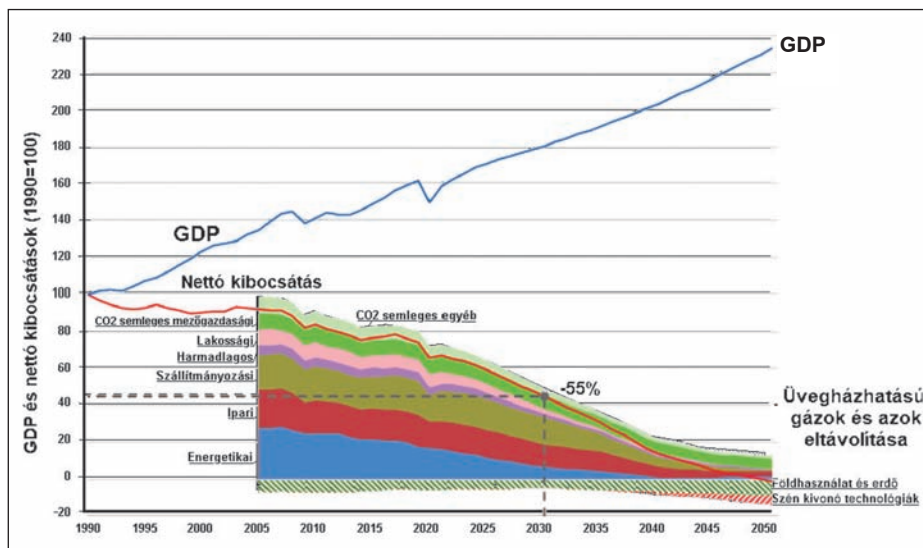
A táblázatból látszik, hogy a kulcskérdés a primer alumínium CO₂-kibocsátásának a csökkentése, ill. megszüntetése. Az EU-ban a primer alumínium kibocsátása 1990-hez képest 2015-re 1500-ról 670 kgCO₂/t Al-ra csökkent,

ami a korszerűsítésnek, részben pedig a legszennyezőbb kohók leállításának köszönhető. A European Aluminium Vision 2050 tanulmány [4] reálisnak látja, hogy 2050-re csak Norvégiában és Izlandon maradjon primer termelés (megújuló energia bázisán), így a CO₂-kibocsátás 2020 és 2050 között a 4-12% szintre csökkenhet.

A magyar alumíniumiparban primer alumínium termelése nem folyik, csak felhasználása történik újraolvasztással. Így a közvetlen kibocsátás megmarad a 270 kg CO₂/t Al szinten.

2. Felmerülő igény: lehessen „zöld” jelzővel illetni az alumíniumtermékeket

A marketing azon igénye, hogy „zöld” vagy legalább „kék” jelzővel illethessék az alumíniumból készült termékeket is, elemi erővel jelentkezik az utóbbi egy évben. Ez két oldal-



1. ábra. Az EU Parlament kutatási szolgálatának (EPRS) céljai [3]

Penk Márton kohómérnök, tüzeléstechnikai és automatizálási szakmérnök (Moszkvai Acél és Ötvözetek Egyetem – МИСиС, 1975), a Martin Metals Kft. ügyvezető igazgatója, az OMBKE Inotai Szervezete elnöke.

1. táblázat. Az alumíniumipar 2007-re vonatkozó adatgyűjtése [2]

Tevékenység	Termelés volumene EU27 (mt)	Direkt emisszió tartomány (kg CO ₂ /t)	GHG (ÜHG) emisszió (t/CO ₂ eq)
Timföldgyártás	6,8	400-830	4,18
Blokkanód gyártás	2,3	320-575 ¹	0,84
Elektrolízis	3,05 ⁴	1500-2500	5,6
(Anódkibocsátás ²)			(4,8)
PFC (perfluorkarbonok)			(0,8)
Primer öntés	3,65	70-200	0,4
Másodlagos újraolvasztás (remelting)	4,9	150-350	0,88
Másodlagos ötvözetgyártás (refinery)	3	250-390 ³	0,96
Hengerlés	4,8	20-235	0,35
Sajtolás	3,3	50-250	0,3
Összesen:			13,51⁴

¹ Hozzávetőleg a fele az anyag fogyasztásból, fele a fűtésből származik
² Az EAA (2008) 27. p. szerint 2005 a nettó anód/anódmassza kibocsátás 248 kg/t Al volt
³ Az adatok 9 EU27 gyártótól származnak (egyrészük részei az ETS-nek, egy részük nem)
⁴ Ellenőrző összehasonlítás az EU27 tüzelőanyag felhasználási NEA (2008) adattal 14 t CO₂-kibocsátást mutat (az elektrolízis és anódgyártás PFC kibocsátásán kívül)

ról is érhető, ill. öröndetes tendencia: egyrészt a köztudatban is megjelenik a környezettudatosság, másrészt gazdasági érdek a CO₂-kvótával, mint költségtényezővel való takarékoság. Mindehhez párosul egyfajta „zöld” divat is, mint a biotermékeké, ami pozitív hajtóerőt jelent a környezeti szempontokból is.

A CO₂-kvóta egyre fontosabb szerepet fog játszani a jövőben, ha felemelkedik az ára. Ez a folyamat már zajlik. 2021-ben az év elejéhez képest duplájára, 32-ről 62 €/t-ra nőtt [5]. Ezt a tendenciát a későbbi várható szigorítások erősíthetik.

Az alumíniumiparban dolgozók különösen élénken érzékelik ezt a fogyasztási cikkek, főleg a csomagolóanyagok (italosdobozok, illatszerflakonok stb.) terén. De megjelent ez a szerkezeti anyagok, járműipar területén is.

Az öncélú, technikailag nem megalapozott becsapós marketing ugyanakkor káros hatást is kiválthat, amikor arra ösztönzi a termelőket, hogy látszatt megoldásokkal akaszszanak zöld jelzőket a termékekre. A reklámcél, hogy az italosdobozra, vagy a dezodorflakonra ráírható legyen, hogy ez a termék 100%-ban újrafelhasznált alumíniumból készült, valótlan megoldásokra ösztönözheti a gyártókat. Közismert az autógyártónak a kibocsátásra vonatkozó hamis igazolása, ill. a körülötte keletkező botrány. Ez elkerülendő lenne az alumíniumiparban, szakmailag ugyanis nem elképzelhető (vagy csak extrém megoldásokkal), hogy 100%-ban visszaforgatott hulladékból történjen gyártás. Ez csak a technikai kérdésekben képzetlen reklámügynökök találmánya.

A gondolat azonban fontos. Megfelelő kritériumokkal és minősítési rendszerrel a „zöld” alumínium húzóerőt jelenthet a környezettudatos termelőknek.

3. Lehetséges utak a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére

Három útja van az alumínium „zöldítésének”:

a) A felhasznált villamos energia „zöldítése”

b) A már előállított alumínium újrafelhasználása;

c) A gyártás során a szénalapú anyagok felhasználásnak csökkentése, vagy annak megszüntetése.

3a. A felhasznált villamos energia „zöldítése”

E cikknek nem tárgya a zöld villamos energia termelésével összefüggő fejlesztések áttekintése. A villamosenergia-ipar ilyen irányú fejlesztéséről elérhető széleskörű ismeretanyagok a tudományos-népszerű és a szakmai irodalomban is. Az alumíniumipar eddig is – főleg a kohászati elektrolízis óriási áramigénye miatt – mindig a villamos erőművek tervezési szempontjai

között szerepelt, főleg azon területeken és erőműveknél, ahol szükség volt a zsinórfogyasztóra: vízi, geotermikus, atomerőműveknél. (Sajnos a fosszilis erőműveknél is voltak ilyen telepítési szempontok, de az ilyen erőművek és a melléjük telepített kohók rendre leállításra kerültek a fejlett országokban.)

3b. Az újrahaznosítás

Az alumínium, mint fém a fizikai és kémiai tulajdonságainak köszönhetően igen jól újrahaznosítható. A szakmai legendárium szerint az első tonna alumíniumból 777 kg még mindig a körforgásban vesz részt. A különböző szakmai források az újrahaznosítás környezeti lábnyomát 10-12-szer kisebbre taksálják, mint a primer alumíniumét. Persze ez attól is függ, hogy milyen úton előállított primer fémhez viszonyítjuk. A vízi, geotermikus, szél (vagyis természeti vagy megújuló) energiával előállított fém lábnyoma nyilvánvalóan sokkal kisebb, mint a fosszilis energiával elektrolizált alumíniumé. Ugyanakkor a táblázatból látszik, hogy az újrahaznosítás még teljesen zöld villamos árammal való elektrolízis esetén is kevesebb CO₂-kibocsátással jár, mint a bauxit-timföld-primerfém-kiöntés együtt. Tehát a hulladék újrahaznosítása önmagában csökkenti a CO₂-kibocsátást.

Az alumíniumipari szakma az újrahaznosításnak két útját tartja számon:

- újraolvasztás vagy átolvasztás (remelting) – a célötvözet közeli hulladékok saját anyagában történő hasznosítása;
- finomítás (refining) – a különböző összetételű és állagú hulladékokból egy új minőség, új ötvözetű nyers alumíniumtömb előállítása.

A félgyártmánygyártásban az újraolvasztás, átolvasztás a jellemző. Itt jelentkezik leginkább az igény, hogy a termékekre ráakasztható legyen a „100%-ban hulladékból gyártott” jelző. Ez a marketingeseknél jól hangzó jelző azonban nem teljesíthető a kohások számára, ugyanis

gyakorlatilag semmi nem gyártható 100% hulladékból. A szennyezőanyagoknak az átolvasztás során bekövetkező dúsulása mindig megköveteli a tisztább frissítő fémek adagolását, ami az alacsonyán ötvözött képlékeny alakítási anyagoknál gyakorlatilag primer fémet jelent. Ezért az ilyen szlogenek azt a veszélyt hordozzák magukban, hogy a hirdetője úgy jár, mint az autógyárak a már említett hami-sított emissziós információkkal.

Az átolvasztásra használt anyagok legtöbbször homogén, alacsonyán ötvözött, a félgyártmánygyártó üzemekben járatos kamrás kemencékben adagolható minőségű hulladékok, vagy „hulladék státusz” vége minősítésű másodnyersanyagok, többségében gyártási melléktermékek. A gyártók és felhasználók közötti hulladék-visszafor-gatást szolgáló zárt láncú (closed loop) anyagáramok terjedőben vannak. Ezek általában lerövidítik a kereskedelmi láncokat, ha vagy a gyártó vagy a felhasználó megfelelő hulladékkezelési-rendszert épít ki. A zárt láncú hulladék-áramok a CO₂-kibocsátás szempontjából nem mindig mutatnak kedvező képet, ha a szállítási emissziót is figyelembe vesszük. Ennél optimálisabb megoldásokat eredményez a „körforgásos” szemlélet, amely a nyersanyagtól a felhasználásig, és az elhasználódásig, ill. az utána következő újrahasznosításig kíséri figyelemmel az anyagáram emisszióját.

A finomítás elsősorban az öntészeti ötvözetgyártásnál használt módszer az ötvözetgyártó-tömböntő üzemekben. Ebben az értelemben a finomítás nem az alapfémtartalom növelését jelenti, hanem a kevert hulladékok elegyéből egy új minőség, egy új összetétel előállítását. Itt legtöbbször csak az ötvözőanyagokból használnak primer fémet, jellemzően a szilíciumból, ugyanis – néhány hiper-eutektikus Si-ötvözetet leszámítva – nincsenek olyan hul-ladékok, amelyek több Si-t tartalmaznak, mint a célötvö-zet, így nem használhatók Si-bevitelre. Kivételt képeznek a primer fémbázisú ötvözetek, ahol a szennyezők előírásai miatt csak primer alumínium lehet az alapanyag. Ezek az üzemek gyártanak dezoxidációs és képlékeny alakítási ötvö-zeteket is. Utóbbi esetben ezt egyszerű átolvasztással végzik általában szennyezett vagy egyéb okból a félgyártmány gyártóknál nem, vagy rosszul használható hulladékokból.

Az általános tendencia, hogy a hulladékhasznosítási igény mellett érzékelhető egy ennek ellentmondó, ezt gyengítő ten-dencia is: egyre több olyan, a szabványtól eltérő „szűkítés” jelenik meg a felhasználó üze-mi belső szabványokban, ami leszűkíti, egyes esetekben lehetetlenné teszi a hulladékfel-használást a gyártásnál. A szennyezők – sokszor a terve-

zők ismerethiányából eredő – „betűrése” a kohófém szint-jére kizárja a hulladék újrafelhasználásának lehetőségét. Ez a tapasztalatok szerint sokszor néhány % anyagmeg-takarítás miatt annál nagyobb % drágulást okozhat a termé-k árában. Különösen igaz ez akkor, ha az emissziós adatokat is figyelembe vesszük a kalkulációknál. Ez a ten-dencia jól nyomon követhető néhány esetben, amikor pusztán a felületkezelési igények (eloxálási igény a profi-loknál, vagy flakonoknál), vagy szilárdsági paraméterek miatt súlycsökkentési céllal az öntészeti ötvözeteknél tol-ják el az igények a gyártást a primer bázis felé.

Mindezek ellenére folyamatos és jelentős a hulladék újrahasznosítása az európai alumíniumiparban, ezt jól mutatja a European Aluminium grafikonja [6] (2. ábra).

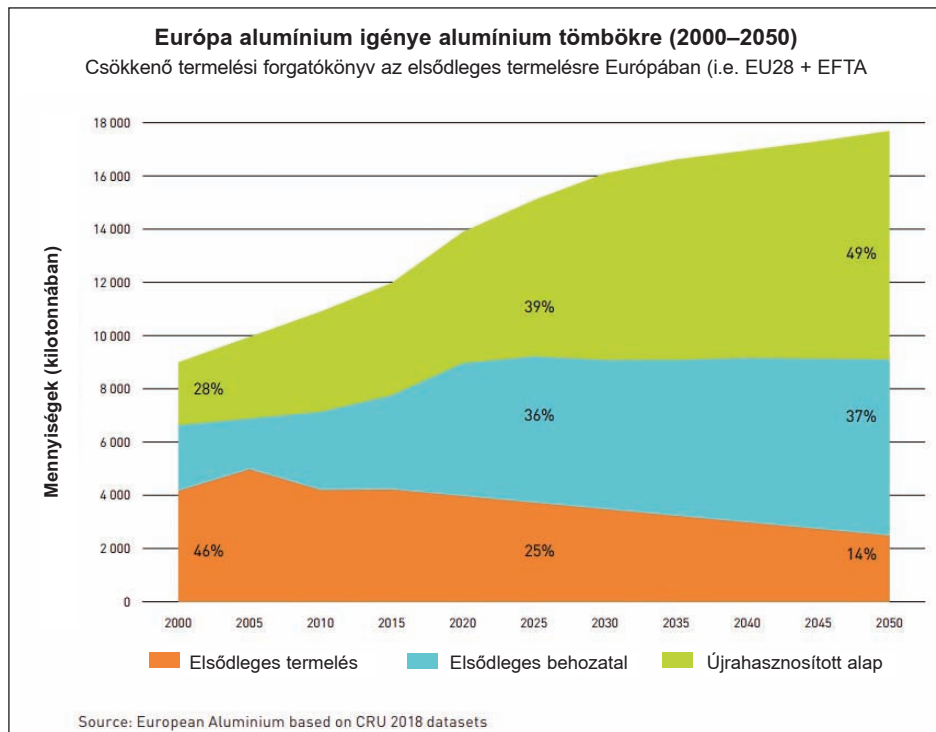
3c. Az emisszió csökkentésének lehetőségei az alu-míniumiparban

A primeralumínium-gyártás folyamatában a különböző technológiai szinteken különbözők a fosszilis energiahor-dozók kiküszöbölésének lehetőségei:

A bauxitbányászatban a CO₂-kibocsátás fő forrását a kőolajbázisú hajtóanyaggal működő anyagmozgató gépek jelentik. A feladat ezek átállítása villamos vagy nem CO₂-t kibocsátó motorokra.

A timföldgyártásnál a technológiai hő előállító hőgene-rátorok átállítása a feladat. Jelentős emissziót jelentenek a timföld kalcinálását végző kemencék, melyek tüzelőanya-gát kell átállítani (legtöbbször földgázzal vagy tüzelő olaj-ról) más tüzelőanyagra (ezt később tárgyaljuk).

A legnagyobb emissziót a primer fémelőállítás, az elektrolízis adja. Itt az átállást egyrészt a zöld áram, másrészt a karbonbázisú Hall-Héroult-elektrolízis fejlesztését igényli. Utóbbi megoldása nem egyszerű, hiszen az általá-



■ 2. ábra. Európa igénye alumínium tömbökre 2000–2050

ban petrolkokszból gyártott anódok maguk is szerves részét képezik az elektrolizáló kádak elektromos, kémiai és hőtechnikai rendszerének. Az elektrolízis során az áram szétbontja a timföldet alumíniumra és oxigénre. Utóbbi elég az anódon. Elvileg egyszerű lenne lecserélni a szénanódot valamilyen másra, amely nem ég el, és akkor oxigén válik ki az anódon. Ezt célozza meg a RUSAL ún. inert anódos [7] megoldása, amely fém-kerámia kompozit nem fogyó anóddal O₂-t és HF-ot bocsát ki (utóbbit a kriolit miatt minden elektrolízis kibocsátja, amit tisztítással eltávolítanak). Egy kád (cella) oxigéntermelése a gyártók állítása szerint 70 hektár erdő oxigéntermelésének felel meg.

A félgyártmány-gyártás CO₂-kibocsátása a villamos energián túl a kohófém-előtermék olvasztás-öntés, a meglehetősen technológiákhoz használt tuskóhevítés, valamint a hőkezelésekhez használt fosszilis fűtőanyagok, legtöbbször földgáz miatt történik.

Az újrahasznosítás, valamint az ötvözetgyártás és az öntészet számára is a legfontosabb járható út az emisszió csökkentésére a fosszilis tüzelőanyagok miatt kibocsátott CO₂ csökkentése.

Érdemes néhány gondolatot kifejteni a hazai alumíniumiparral kapcsolatosan is. A múltba merengő alumíniumkohászoktól sokszor hallunk olyan véleményt, miszerint a magyar alumíniumipar is leszálló ágba van, pedig az igazság az, hogy Magyarország még sosem bocsátott ki annyi alumíniumterméket, mint manapság (1985-ben mintegy 325 000 t, 2020-ban pedig 375 000 t volt a gyártott félgyártmány és kovácsolt vagy öntött termék). Mivel nincs sem bányászati, sem kohászati timföldgyártás, sem elektrolízis, így nálunk a fő figyelmet a tüzelőanyagra kell irányítani.

A CO₂-emisszió csökkentésére irányuló koncepciók között szerepelnek a kibocsátott gázok elnyelésére vonatkozó elképzelések, amelyek valamiféle füstgáztisztítási elképzelést fogalmaznak meg. Ezek lényege a szén-dioxid kivonása és lekötése, de nagyobb volumenű ilyen megoldások eddig nem születtek.

A másik irány az alternatív (nem szénbázisú) fűtőanyagok alkalmazása, amelyek között a leginkább alkalmazhatónak látszó anyag a hidrogén.

4. Körforgásos alumíniumipar

A korábban leírtak szerint az iparág emissziója az újrahasznosítás révén jelentősen csökkenthető. Az alumínium újrahasznosíthatóságához az előnyös fizikai és kémiai tulajdonságait azonban a nem a körforgásos gazdaság szemléletmódjával készített műszaki megoldások jelentősen lerontják. A fő gondolat, a körforgásos gazdaságban, hogy egy terméket úgy kell megtervezni, előállítani, használni, és visszagyűjteni, hogy hulladékból is gyártható legyen, és a hulladékká válása után teljes egészében (anyagában) újrahasználható legyen.

Ez nem mindig történt így a múltban, de most is kevés az olyan termék, amely igazán frappánsan megfelelné az elvárásnak. A leggyakoribb hibák:

- A termék anyagát néhány előny érdekében olyan tisztaságú anyagból gyártatják, hogy nem lehet hulladé-

kot használni hozzá (pl. akkor is elox minőségű profilt rendel a vevő, amikor az nem kellene, vagy primer bázisú öntvényt gyártatnak túlzó követelményből).

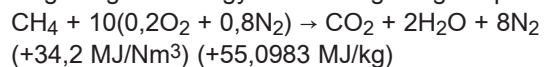
- A termék többféle anyagból áll össze (kompozit), így nem hasznosítható anyagában (lásd fém-papír tejes, üdítő doboz, viszont jó példa a tisztán alumínium italos doboz).
- Nem jól tervezett a termék és gyártásközi hulladékok (melléktermékek) kezelése, a szabályozások az észszerűség ellen hatnak.
- Nem átgondolt a felhasználás utáni tisztítás, vagy kibontás lehetősége (lásd kávékapszula, acélbetétes alkatrészek).

Mindezek ellenére az alumínium az egyik olyan anyag, amelynek a nagyobb része újra a körforgásba kerül.

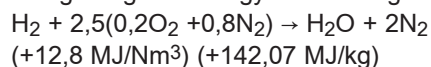
5. A hidrogén mint energiaforrás

A szénhidrogénnel szemben a hidrogén sok előnyös tulajdonsággal bír: nagy mennyiségben előállítható vízből (az égéstápláláshoz szükséges oxigénnel együtt), magas fűtőértékű tüzelőanyag, az égéstermék a föld klímájára nem veszélyes.

A földgáz égésének egyenlete levegős égéstáplálásnál:



A hidrogén égésének egyenlete levegős égéstáplálásnál:



Látható, hogy a hidrogén fűtőértéke térfogategységre kicsit kevesebb, mint harmada, súlyegységre több, mint 2,5-szöröse a metánénak.

A hidrogén alkalmazásánál fontos szempont, hogy ugyanazon égőtjeljesítményekhez a földgázénál kb. 3-szor nagyobb térfogatáramokkal kell számolni.

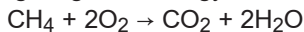
Ehhez párosul még a magasabb láng hőmérséklet és a kb. 7,5-ször nagyobb lángsebesség. Az is lényeges, hogy a magasabb láng hőmérséklet ellenére a láng szintelen, célszerű a láng festése.

A kohász kollégákkal a témában folytatott beszélgetéseknél érezhető a hidrogénnel szemben egyfajta tartózkodás amiatt, hogy az emberek többsége az oxigénnel való elegyét durranógázként ismeri, sokan a Hindenburg-katasztrófára asszociálnak. A fenntartások csökkennek, ha megemlítjük azokat a példákat, ahol már sikeresen alkalmazták a hidrogént tüzelőanyagként. A Space Shuttle űrrepülő hidrogén-oxigén hajtóművel repült, terjed a hidrogén üzemanyagcellás gépkocsi. Ugyanakkor nem szabad elfelejteni, hogy minden gáznemű fűtőanyag (földgáz és származékai, világítógáz) veszélyes, de megfelelő technikai eszközökkel ez a veszély csökkenthető vagy semlegesíthető.

Megjegyzendő, hogy mindkét esetben – földgáznál és hidrogénnél is – lecsökken a fűtőanyagigény, ha nem levegő, hanem tiszta oxigén táplálja az égést, hiszen ekkor a nitrogén nem von el hőt. A nitrogénre elpazarolt hő füstgáz hőhasznosítóval részben visszanyerhető, ezért a gyakorlatban csak mintegy 20%-kal kell több fűtőanyag a levegős égéstáplálásnál. Az oxigénes tüzelés előnyt jelent abból a szempontból is, hogy kisebb az NO_x gyökök keletkezésé-

nek lehetősége. A füstgáz mennyisége oxigénes égőknél kb. a harmadára csökken.

Oxigénégőkkel az egyenletek:



(+34,2 MJ/Nm³) (+55,0983 MJ/kg)



A hidrogén tüzelés még nem terjedt el a tüzeléstechnikában. Kaphatók már hidrogénégők a kazánfűtésre [8], beszerezhető ajánlatok fémolvasztó kemencékre [9] is, de nem ismerek még olyan helyet, ahol ezzel fűtenek.

A hidrogén tüzelőanyagként való felhasználásnak a földgázzal szemben az eddigiekben a legfőbb oka az volt, hogy nem fordul elő a természetben, csak vegyületeiben. Ebből a szempontból meglehetősen nagy a hasonlóság az alumíniummal. Az alumínium a földkéregben a harmadik leggyakoribb elem, a hidrogén pedig a földfelszínen a vízben az oxigénnel együtt a két leggyakoribb kémiai elem. Mindkettőnek az előállításához óriási villamosenergia-mennyiségre van szüksége. Felmerülhet a kérdés, hogy miért nem használjuk közvetlenül az áramot az alumíniumiparban olvasztásra, hevítésre és hőkezelésre. Valószínű, hogy az árammal – az ellenállásfűtésű vagy indukciós kemencékben – történő hőgenerálás a jövőben elerjed, de ehhez lényegesen nagyobb összegű kohászati beruházásokra van szükség, mint amennyit a meglévő lángkemencék hidrogénes égőkre való átállítása igényel.

A hidrogén előállítására az EU és Magyarország is kimunkálták az ún. hidrogénstratégiájukat [10]. Ezen dokumentumok a karbonmentes Európa egyik fő tényezőjének nevezik meg a hidrogén alapú energiatermelés, hajtó és tüzelőanyag bevezetését. Jelenleg azonban ipari méretű hidrogéntermelés az Unióban és Magyarországon is még a tervezés, az előkészítés szintjén van. A 3. ábra a tervezeteket mutatja:

Az alumíniumipar számára ezért a zöld hidrogén beszerzési lehetősége egyelőre várat magára. Marad a saját

előállítás lehetősége. Vízbontó aggregátokat már lehet kapni konténeres kiserelésekben. Célszerű lenne zöld energiával (nap- vagy szélenergia) előállítani az elektrolyzáláshoz szükséges áramot, ami jelentős beruházási igénytel bír, és valószínűleg az energiaipar feladata lenne.

6. A hidrogéntüzelés kísérlete Magyarországon

Magyarországon vagy a közeli országokban az információk szerint eddig nincsen hidrogéntüzelésű alumíniumolvasztó-kemence. A Martin Metals Kft. az oxigénes égők tapasztalatainak bázisán indított el egy projektet, melynek célja az egyik kemencén történő kísérleti fejlesztés oxigénes égővel való olvasztási technológia kimunkálása. A projekt a meglévő kemence jelentősebb beruházás nélküli hidrogén-oxigén tüzelésre való átalakítását célozza meg. A megvalósítás 2023-ra várható.

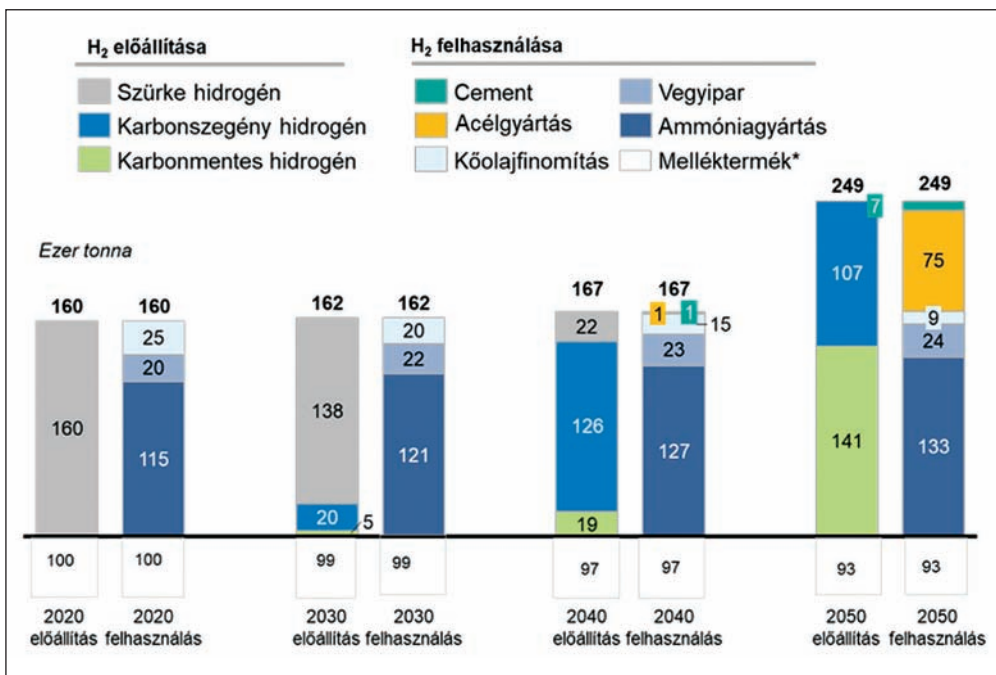
A projekt szakmai kihívásai közé tartoznak a következők:

- a) A hidrogén tüzelőanyag felhasználhatóságát kutató technikai feltételek:
 - megfelelő lángstruktúrával rendelkező hidrogénégő beszerzése, vagy fejlesztése,
 - égéstáplálási rendszer kimunkálása (oxigénes, vagy oxigénes-levegős égéstáplálással),
 - digitális égésvezérlés kimunkálása,
 - füstgázrendszer átalakítása az égéstermékek kezelésére.
- b) A hidrogén tüzelőanyag felhasználását biztosító olvasztási technológia :
 - a kemencetér atmoszférájának megteremtése az olvasztáshoz szükséges paraméterekkel,
 - a hidrogén folyékony alumíniummal való kölcsönhatásainak, szükség esetén a fém gáztalanítási eljárásainak kimunkálása,
 - az égésvezérlés szabályozási technológiájának kimunkálása

- az égéstermék tisztítás (füstgázsűrítés) kialakítását.

c) A kutatás-fejlesztés fontos feladatát jelenti az esetleges környezeti hatások vizsgálata:

- az égéstermékek összetételének vizsgálata az esetleges NO_x képződés elkerülésére,
- annak vizsgálata, hogy milyen hatással van a kemenceterekre és az égéstermékeket kezelő rendszerekre a vízgőz égéstermék,
- a feldolgozásra kerülő alumínium hulladékok por, olaj, műanyag és egyéb szennyeződések is tar-



■ 3. ábra. A hazai ipari hidrogén-előállítás és -felhasználás alakulása

talmaznak, vizsgálandó a hidrogénégő hatása az égéstermékekre és a keletkezett salakokra.

A kohászat, benne az alumíniumkohászat karbonmentessé tétele a közeli évtizedekben nem választás kérdése. Ha az ipar nem áll át, úgy visszafordíthatatlanná válhatnak a folyamatok. Vannak tudósok, akik szerint már most is ilyen a helyzet. A felelős hozzáállás mindenkitől elvárható, de ha nem teszi, a világ kikényszeríti azt.

A változtatás elkerülhetetlen, alkalmazkodnunk kell hozzá. Előnyt is kovácsolhatunk belőle. Rajtunk múlik!

Hivatkozások

- [1] https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- [2] https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/allowances/docs/bm_study-lime_en.pdf
- [3] [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/659370/EPRS_BRI\(2020\)659370_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/659370/EPRS_BRI(2020)659370_EN.pdf)
- [4] <https://www.european-aluminium.eu/media/2052/european-aluminium-environmental-profile-report-2018-executive-summary.pdf>
- [5] <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20210511/soha-sem-volt-meg-ilyen-magas-a-szen-dioxid-kvotak-ara-es-ez-meg-csak-a-kezdet-482664>
- [6] https://www.european-aluminium.eu/media/2545/sample_vision-2050-low-carbon-strategy_20190401.pdf
- [7] <https://rusal.ru/en/innovation/technology/inertny-anod/> és <https://www.lightmetalage.com/news/industry-news/smelting/rusal-produces-low-carbon-aluminum-using-inert-anode-technology/>
- [8] <https://www.generalfume-jf.com/low-nox-burner/gas-low-nox-burner/hydrogen-low-nox-burner.html>
- [9] <https://www.saacke.com/fileadmin/saacke/pdf/hydrogen-burners-industrial-decarbonization-white-paper.pdf>
- [10] https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-system-integration/hydrogen_en#documents, <https://kormany.hu/dokumentumtar/magyarorszag-nemzeti-hidrogenstrategiaja>

KULCSÁR TIBOR – TÖRÖK ANDRÁS

A nemesfémkinyerés másodlagos alapanyagokból a Metal Shredder Hungary Zrt.-nél

A Metal Shredder Zrt. a hazai piac kiemelkedő elektronikai hulladékhasznosítója lett az elmúlt években. Az alkalmazott technológiák moduláris felépítésükkel jól igazodnak a folyamatosan változó másodlagos alapanyagáramokhoz. A nemesfémek kinyerése mellett egyre fontosabbá válik a hordozó fémek és a további átmenetifém-bevonatok hasznosítása is. A társaság hazai és nemzetközi pályázatokon való részvételével folyamatosan bővíti gyártókapacitását. A megvalósuló beruházások keretében létrejön a szerbiai leányvállalata, amely a déli régió elektronikai hulladékgazdálkodási folyamatát kívánja ellátni. A társaság célkitűzései között szerepel az amortizációból származó berendezések, Li-ion tartalmú energiatároló eszközök és nap-elempanelék újrahasznosítása is, hogy a körkörös gazdaság elveit érvényesítve alapanyagként visszakerülhessenek a gazdaságba.

1. A múlt és a jelen a Metal Shredder Zrt.-nél

A Metal Shredder Hungary Zrt. több mint egy évtizedes szakmai múlttal rendelkező, 100%-ban magyar tulajdonban lévő vállalkozás, amely az elmúlt időszakban a szektor meghatározó, dinamikus fejlődő szereplőjévé vált az elektronikai hulladékbegyűjtő és újrahasznosító ágazatban. A társaság működésének első öt évében e-hulladék kezelésével és kereskedelmével foglalkozott. 2015-ben stratégiai változás következett be a vállalkozás életében,

hiszen a vezetés felismerte, hogy a másodlagos alapanyagok hasznosításával egyre nagyobb hozzáadott értékű termék hozható létre, ezáltal juttatva versenyelőnyhöz a társaságot. A vállalkozás elsődleges tevékenysége jelenleg a nemesfém-tartalmú elektronikai hulladékok újrafeldolgozása, hasznosítása és kereskedelme, a nemesfém-tartalom hatékony kinyerése és tisztítása lett. Ehhez a tevékenységhez a cég R4 és R12 hasznosítói engedélyekkel rendelkezik.

Az elektronikai hulladékok életciklusa a jelenlegi tech-

Dr. Kulcsár Tibor okleveles kohómérnök, 2017-ben szerezte meg PhD-oklevelét, majd a Miskolci Egyetem Öntészeti Intézet alkalmazottja lett. Adjunktusként az intézetben folyó kutatásokkal és oktatással foglalkozik. Az elmúlt 10 évben számos ipari kutatásban és fejlesztési projektben vett részt, amely a fémtartalmú másodlagos alapanyagok feldolgozására és hasznosíthatóságára irányult. 2021 januárjától a Metal Shredder Hungary Zrt. kutatás-fejlesztési igazgatója, ahol az elektronikai hulladékok komplex hidro- és pirometallurgiai hasznosításával foglalkozik.

Török András a Metal Shredder Hungary Zrt. alapító vezérigazgatója. Közel 20 éve tevékenykedik vezetői, felsővezetői pozícióban a hazai és nemzetközi piacon. Ismert import/export szakember, kiterjedt partnerségi hálózattal (beleértve Kínát és Indiát) az elektronikai és elektromos hulladékok újrahasznosítása üzletágban.