

MÓGER RÓBERT – FELFÖLDINÉ KOVÁCS ÁGNES – CSEH FERENC – TITZ IMRE

## A léghevítők fűtése oxigénnel dúsított égéslevegő segítségével\*

**A léghevítők fűtése kohógáz és valamely nagy fűtőértékű dúsítógáz (földgáz, kamragáz) keverékével történik. Annak érdekében, hogy a léghevítőkben felhasznált energiahordozók költségét csökkentjük, újszerű megoldást javasolunk megvalósítani. A léghevítőket tisztán kohógáz tüzelésre állítanánk át, melyhez oxigénnel dúsított égéslevegőt vezetnénk. A cikkben a javasolt módosítások hatásait részletezzük.**

### Bevezetés

A nagyolvasztói léghevítők biztosítják a nyersvasgyártáshoz szükséges forró (>1000 °C) levegőt, kohógáz és kamragáz vagy földgáz keverékének elégetésével. A léghevítőknek fontos szerepe van a nyersvasgyártás ener-

**Dr. Móger Róbert** okleveles kohómérnök. A Miskolci Egyetem kohómérnöki karán 2014-ben PhD-fokozatot szerzett. Jelenleg az ISD Dunaferri Zrt. Technológiai Igazgatóság metallurgiafejlesztési főosztályvezetője.

**Felföldiné Kovács Ágnes** alakítástechnológus mérnök, minőségügyi és környezetvédelmi szakmérnök, EUREM energiazdász. Jelenleg az ISD Dunaferri Zrt. Technológiai Igazgatóság szakértője.

**Cseh Ferenc** kohómérnök. Jelenleg az ISD Dunaferri Zrt. Nagyolvasztóművének gyárvezetője.

**Titz Imre** kohómérnök. Jelenleg az ISD Dunaferri Zrt. Nagyolvasztóművének gyárvezetője.

\* A cikk másodközlés, megjelent a Dunaferri Műszaki Gazdasági Közlemények 2014/4. számában.

getikai rendszerében, mivel a nagyolvasztóban felhasznált hőmennyiség több mint 10%-át a kohóba befűjt forró levegő adja.

A léghevítők az egyik legnagyobb energiafelhasználó berendezések az acélpipari vállalatoknál, ezért a tüzelőanyag fajtájának és költségének optimalizálása alapvető fontosságú a nyersvasgyártás önköltsége szempontjából.

### Léghevítők felépítése, modernizálása

A léghevítők regeneratív kialakítású tüzelőberendezések, amelyek a nagyolvasztók forrószél-ellátását biztosítják. A felfűtési periódus során a tűzaknában történik meg a kohógáz-kamragáz (kohógáz-földgáz) keverék elégetése, a képződött füstgáz a kupolán keresztül áramolva a tűzálló rácsozatot felmelegíti. A léghevítő felfűtött állapotát a kupolahőmérséklet és a füstgáz hőmérséklet együttesen határozza meg. A felfűtést követően a léghevítőt fűvátási periódusba állít-

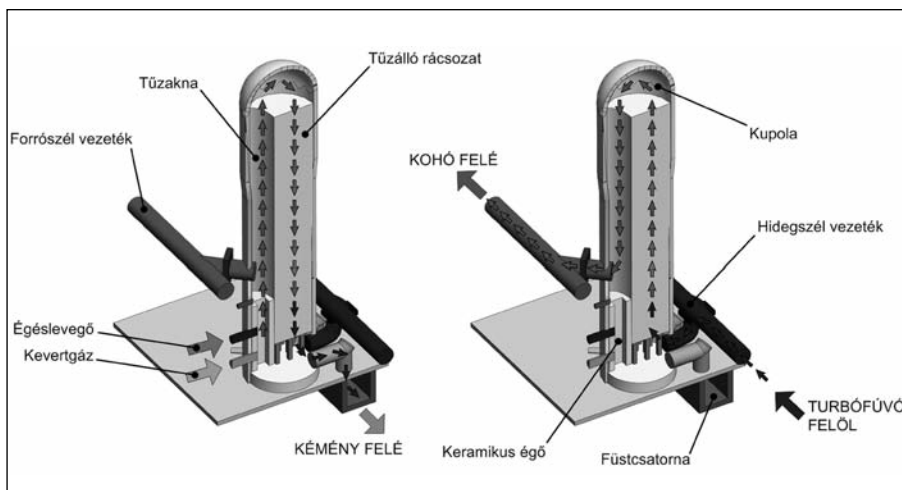
ják, mely során a turbófúvó felől érkező hideg (100 °C) levegőt a felhevített rácsozaton vezetik át. Az így felhevített forrószél (max. 1100 °C-os) biztosítja a nagyolvasztók levegőellátását. A léghevítők működési elvét az 1. ábra mutatja.

A léghevítők egyik legfontosabb része a gáz-levegő keverék előállítására szolgáló keramikuss égő. Megfelelő égővel érhető el a nagy hatásfok, és ezzel minimálisra csökkenthető a károsanyag-kibocsátás.

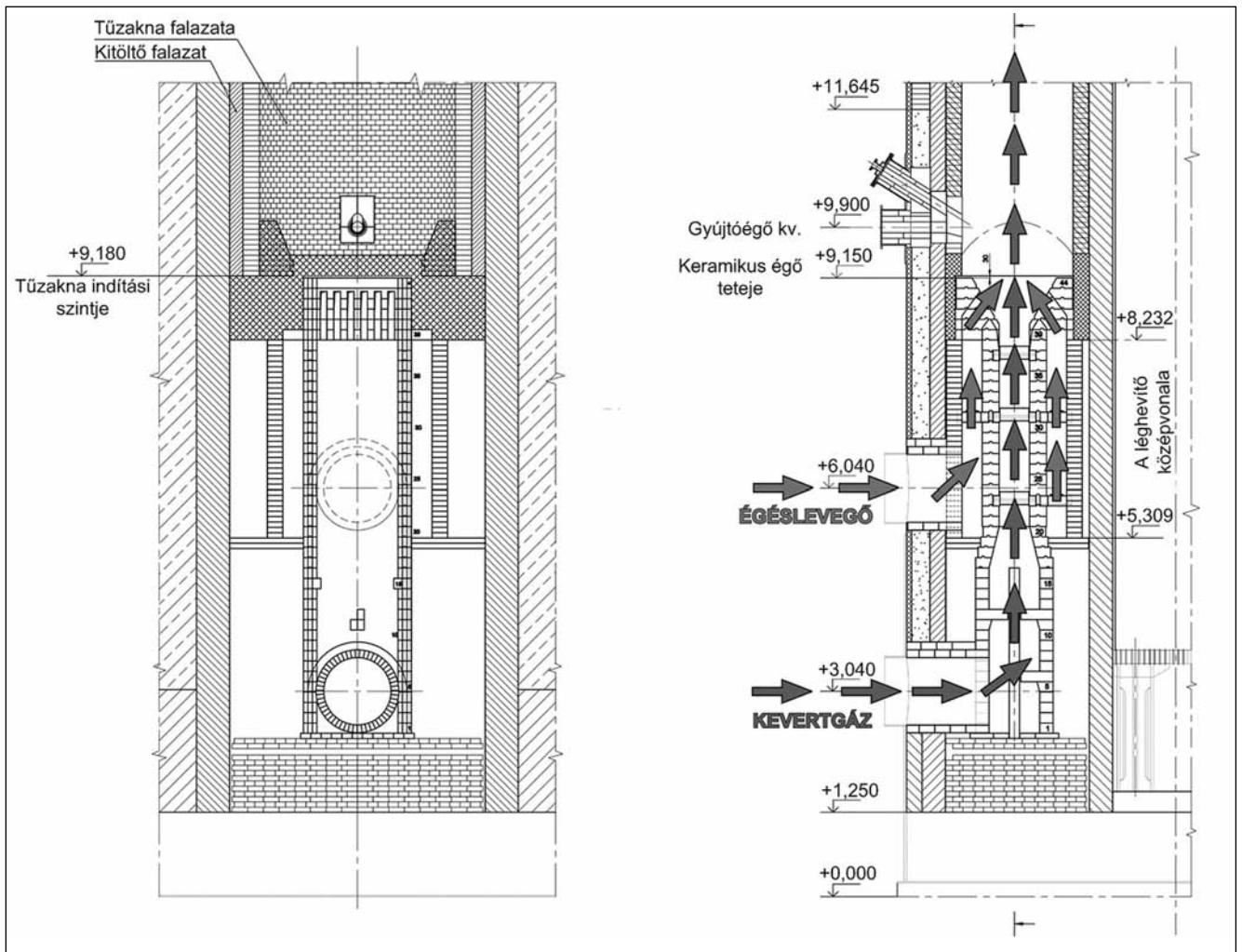
1996 és 2008 között mindkét nagyolvasztó léghevítőinek teljes tűzálló falazatát átépítették. A korábban alkalmazott Didier-típusú égőt a Hoogovens cég által tervezett keramikuss égő váltotta fel (2. ábra).

2007-ben megtörtént a léghevítők automatikus tüzelésszabályozásának kiépítése, melynek segítségével a léghevítők a szigorodó környezetvédelmi előírások szerint működnek.

Az elvégzett fejlesztéseknek köszönhetően a léghevítők biztosítani tudják a nagyolvasztók üzemeltetéséhez szükséges forrószél hőmérsékle-



1. ábra. A léghevítők felfűtési- és fűvátási periódusa



■ 2. ábra. A Hoogovens keramikus éóó metszeti képe és műóóködési vázlatá

tet. Mivel a nyersvasgyártás önköltségében a léóóvítókben felhasznált tüzelőanyagok jelentős részarányt képviselnek, így azok felhasználási mértékének optimalizálása elengedhetetlen a nyersvasgyártás gazdaságos műóóködtetéséhez.

A léóóvítókben felhasználható gázok szoros kapcsolatban vannak a vállalaton belül keletkező és felhasznált gázok arányával, mennyiségével, melynek összefüggéseit a 3. ábra mutatja. Az ábrán feltüntetett gázmennyiségek Nm<sup>3</sup>/h mértékegységben értendők.

### A léóóvítókben felhasznált tüzelőanyag-típusok optimalizálása

Annak érdekében, hogy a léóóvítókben felhasznált gázok költségét csökkentsük, többféle lehetőség adódik, melyek a következők:

- a felhasznált gázok részarányának optimalizálása;

- az elégetés hatásfokának javítása (a léóóvító átépítése);
- a keletkezett füstgáz hőmérsékletének hasznosítása (füstgáz hőhasznosítás).

A fenti felsorolásból egyértelműen látható, hogy a léóóvítók üzemeltetési költségét jelentős beruházás nélkül csak és kizárólag a felhasznált gázok részarányának optimalizálásával lehetséges csökkenteni.

Az 1. táblázatban a II. sz. nagyolvasztó léóóvítóiban 2013. évben felhasznált gázok egymáshoz viszonyított, GJ-ra vetített költségaránya, fűtő-

értéke, felhasznált mennyisége és ezek részaránya látható.

A táblázatból látható, hogy a dúsítógázok GJ-ra vetített ára lényegesen magasabb, mint a kohógáz ára, amiből az a következtetés vonható le, hogy **minél nagyobb a kohógáz-felhasználás mértéke, annál kisebb lesz a léóóvítók üzemeltetési költsége.**

A kohógáz fűtőértéke egy nagyságrenddel kisebb, mint a dúsítógázok (földgáz, kamragáz) fűtőértéke. Amennyiben a kohógázhoz a fenti dúsítógázokat hozzákeverjük, akkor a kevertgáz fűtőértéke nő.

1. táblázat. A II. sz. nagyolvasztó léóóvítóiban felhasznált tüzelőanyagok fontosabb jellemzői

	Árarány	Fűtőérték (KJ/m <sup>3</sup> )	Felhasznált mennyiségek (GJ)	Felhasználási arány (%)
Kohógáz	1,0	3 061,0	1 216 546,3	74,5
Kamragáz	14,2	18 099,0	396 948,4	24,3
Földgáz	17,2	34 540,0	19 386,5	1,2

Abban az esetben, ha a léghevítői tüzelőanyag-költségek csökkentése érdekében a dúsítógázokat nem használjuk fel a léghevítőkben, azaz tisztán kohógázzal tüzelünk, akkor a kisebb fűtőértékből adódóan az elméleti lánghőmérséklet csökken. Ez azt eredményezi, hogy a léghevítők kupolahőmérséklete és rácszata kisebb hőmérsékletű lesz, így a forrószél-hőmérséklet csökken, ami növeli a nagyolvasztó fajlagos kocszfelhasználásának mértékét, és így a nyersvasgyártás önköltségét.

A nagyolvasztóba befűjt forrószél hőmérsékletének állandó értéken tartásához tehát az szükséges, hogy a léghevítőkben felhasznált gázok elégetésével bevitt hőmennyiség és a gázok égése során kialakuló elméleti lánghőmérséklet állandó értékű legyen.

Az ISD Dunafer Zrt. nagyolvasztóinál az előírt kupola-hőmérséklet 1250 °C, melyet az alábbi eszközök felhasználásával érhetünk el:

- a kohógáz mellett dúsítógázokat használunk fel (jelenlegi állapot),
- növeljük a tüzelőanyagok és az égéslevegő hőmérsékletét (füstgáz hőhasznosító berendezés szükséges, amely komoly beruházási költséget jelent),
- a kohógázt oxigénnel dúsított égéslevegőt felhasználva tüzeljük el.

Vizsgálataink szerint az ISD Dunafer Zrt.-ben a léghevítők tisztán kohógázzal történő tüzelése során a szükséges égéshőmérsékletet – jelentősebb beruházás nélkül – kizárólag az égéslevegő oxigénnel történő dúsításával is fenn tudjuk tartani.

Az nagyolvasztói léghevítők égéslevegőjének oxigénnel történő dúsítása során tehát a **léghevítőkben felhasznált kevertgázt teljes egészében kohógázzal váltjuk ki.** Az elméleti égéshőmérséklet fenntartásához meghatározott mértékű **oxigéngázt keverünk az égéslevegőbe. A léghevítőkbe bevitt hőmennyiség nem fog változni,** mivel a kohógáz mennyiségét arányaiban megnöveljük. Mindezen változtatásokkal biztosítha-

**2. táblázat.** A II. sz. nagyolvasztó léghevítőinek tüzelése kohógáz+dúsítógáz ill. kohógáz+levegő+oxigén felhasználása mellett

		Kohógáz+dúsítógáz	Kohógáz+levegő+oxigén
Bevitt hőmennyiség	GJ/h	193	193
Forrószél-hőmérséklet	°C	1 000	1 000
Kohógáz mennyisége	Nm <sup>3</sup> /h	47 100	63 200
Kamragáz mennyisége	Nm <sup>3</sup> /h	2 700	-
Földgáz mennyisége	Nm <sup>3</sup> /h	67,0	-
Égéslevegő mennyisége	Nm <sup>3</sup> /h	50 200	34 910
Oxigén mennyisége	Nm <sup>3</sup> /h	-	2 100
Égéslevegő oxigén részaránya	%	21,0	25,7
Fűtőérték	KJ/m <sup>3</sup>	3 848	3 061
Elméleti lánghőmérséklet	°C	1 294	1 294
Füstgáz mennyisége	Nm <sup>3</sup> /h	90 770	87 970
Füstgázösszetétel			
H <sub>2</sub> O <sub>fg</sub>	%	4,9	1,5
CO <sub>2</sub> <sub>fg</sub>	%	24,5	31,6
N <sub>2</sub> <sub>fg</sub>	%	69,7	65,9
O <sub>2</sub> <sub>fg</sub>	%	0,96	0,92

to a léghevítők változatlan teljesítménye és így az állandó forrószél-hőmérséklet.

### A léghevítői égéslevegő oxigéndúsítása

Mivel a tüzelési periódus alatt a léghevítőkbe bevitt hőmennyiség nem csökkenhet, így a léghevítői dúsítógáz (kamragáz vagy földgáz) elhagyásával, a kieső hőmennyiséget a kohógáz mennyiség növelésével kell kompenzálni. Az elméleti égéshőmérséklet fenntartása érdekében pedig az égéslevegőbe tiszta oxigént kell bekeverni, melynek hatására az égéslevegő mennyisége jelentős mértékben csökken.

A 2. táblázatban a „kevertgáz+levegő” ill. a „kohógáz+levegő+oxigén” tüzelés legfontosabb paraméterei láthatók. A „kohógáz+levegő+oxigén” tüzelésre vonatkozó kalkulációkhoz kiindulási alapként a 2013-ban a II. sz. nagyolvasztó léghevítőiben felhasznált kevertgáztüzelés mért adatai szolgáltak. A táblázatban feltüntetett mennyiségek két léghevítő tüzelésére vonatkoznak.

A táblázat alapján megállapítható, hogy a felhasznált kohógáz mennyiség több mint 30%-kal növekedni fog

(a kevertgáz tüzeléssel történő üzemeléshez képest).

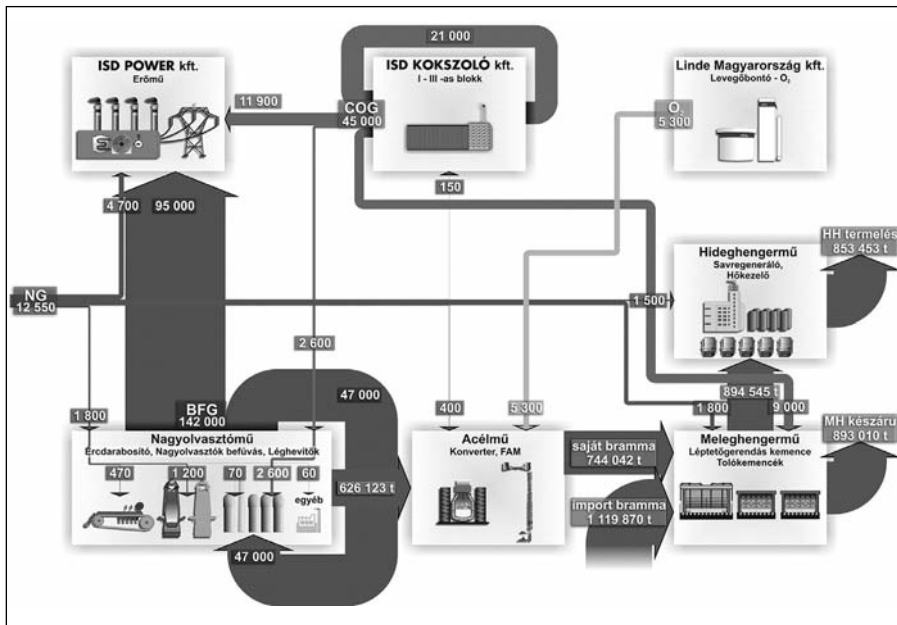
Az elméleti égéshőmérséklet fenntartása érdekében az égéslevegőt 4,7% oxigénnel kell dúsítani. A felhasznált oxigén mennyiségének növekedésével az égéslevegő jelentős mértékben (30%-kal) csökken.

A keletkezett füstgáz mennyisége kismértékben csökken a kohógáz összetételéből adódó kisebb oxigénigény és inertgáz (N<sub>2</sub>)-tartalom miatt.

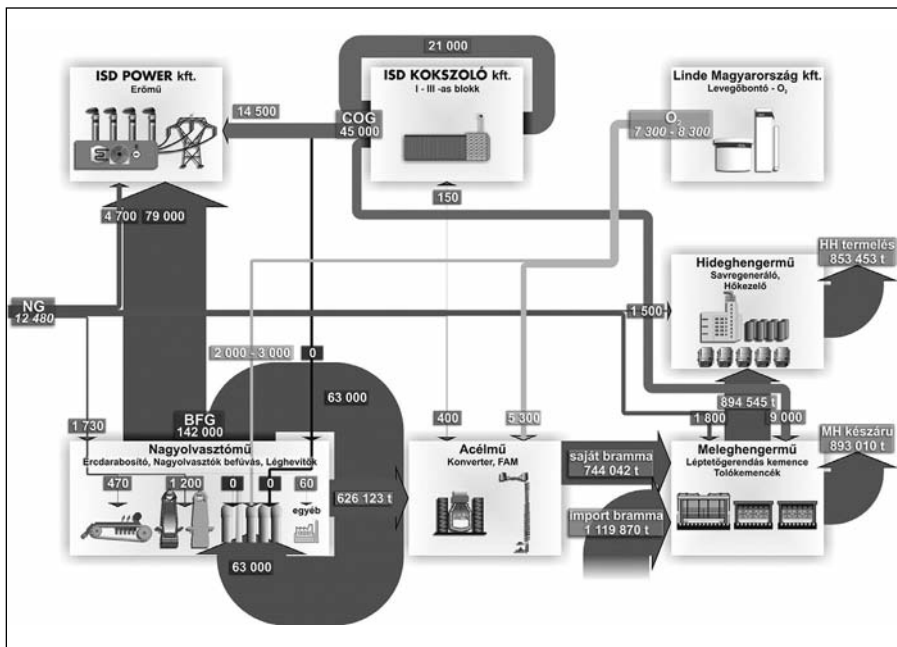
Az elégetett tüzelőanyag összetétele és az oxigéndúsítás miatt a füstgáz összetétele jelentősen változik. Annak vízgőz- és nitrogén-tartalma csökken, míg a CO<sub>2</sub>-tartalma növekszik. Ez utóbbi hozzájárul a füstgáz sugárzással történő hőátadásának javulásához.

Elkészítettük az ISD Dunafer Zrt. 2013. évi adatainak felhasználásával a vállalati gázrendszer módosított változatát (4. ábra) arra az esetre, ha a léghevítői égéslevegő oxigénnel történő dúsítását megvalósítanánk a Nagyolvasztóműben. Az ábrán feltüntetett gáz mennyiségek Nm<sup>3</sup>/h mértékegységben értendők.

A 4. ábrát a 3. ábrával összehasonlítva megállapítható, hogy az ISD Power felé átadott kamragáz mennyiség annyival növekszik meg,



■ 3. ábra. Az ISD DUNAFERR 2013. éves vállalati gázmérlege, valamint főbb termelési mutatói



■ 4. ábra. Az ISD Dunafer 2013. évi adatai alapján a léghevítők oxigéndúsítással történő működése esetén a módosított gázmérleg

amennyivel a léghevítői felhasználás csökken. Ugyanakkor a Nagyvastómű az általa termelt kohógázból nagyobb mennyiségben használ fel, ami csökkenti az erőmű felé átadott kohógázmennyiséget.

Az oxigénfelhasználás a vállalaton belül növekedni fog a léghevítői oxigénfelhasználás mértékével. Mindez azt jelenti, hogy hozzávetőleg az Acélmű jelenlegi acéltermeléséhez szükséges oxigén felét használnánk

fel a léghevítők égéslevegőjének dúsításához.

Annak érdekében, hogy az égéslevegő oxigénnel történő dúsítása megvalósítható legyen, az alábbi átalakítások szükségesek:

- az oxigénellátó rendszer kiépítése az oxigén gerincvezetékől a léghevítők egyedi betáplálásáig (csövezetek, szerelvények, biztonsági berendezések);
- a léghevítői tüzeléstechnikai szabá-

lyozási rendszer átalakítása (mérőműszerek, folyamatirányítási rendszer módosítása).

A gazdaságossági számítás eredménye és a beruházás tervezett költsége alapján a léghevítők égéslevegőjének oxigénnel történő dúsítása kevesebb mint 1/3 év alatt megtérülő beruházás lehet!

### Összefoglalás

A léghevítők égéslevegőjének oxigénnel történő dúsítása egy újszerű megoldás annak érdekében, hogy a vállalati energiaköltségeket csökkenteni lehessen. Ezt a megoldást ez idáig főként Kínában és az USA-ban alkalmazták.

A léghevítők égéslevegőjének oxigénnel történő dúsítása jelentős mértékben hozzájárulhat a metallurgiai fázis önköltségének csökkentéséhez. A legfontosabb előnyök az alábbiakban foglalhatók össze:

- a léghevítők fűtése az oxigénnel dúsított levegő és kohógáz felhasználásával gazdaságosabban oldható meg, mint kevertgáz esetén,
- a léghevítők oxigénnel dúsított levegővel történő üzemeltetése alatt is biztosítható a nagyvastómű szükséges forrészél-hőmérséklete,
- az ISD Dunafer Zrt. gázrendszerre rugalmasabbá válik,
- a Nagyvastómű gázellátás szempontjából önállóvá válik,
- az oxigénfelhasználás növekedése miatt az acélgártáshoz felhasznált oxigén ára is csökken, így az acél önköltsége közvetlenül csökken,
- a szükséges átalakítások beruházásigénye kicsi, a beruházás gyorsan megtérül.

### Irodalom

- [1] Linde's presentation: Oxygen enrichment for blast furnace stoves at FN Steel in Finland-2012.03.
- [2] Summaries of RFCS Projects 2003-2014 TGS1: Ore agglomeration and Ironmaking