



## Optimalizácia druhov mangánových rúd pre výrobu mangánových ferozliatin v OFZ, a. s., bez použitia aglomerátu.

Jún 2012

### Riešitelia:

1. doc. Ing. Jaroslav LEGEMZA, PhD. [Jaroslav.Legemza@tuke.sk](mailto:Jaroslav.Legemza@tuke.sk) +421 55 602 3155
2. Ing. Róbert FINDORÁK, PhD. [Robert.Findorak@tuke.sk](mailto:Robert.Findorak@tuke.sk) +421 55 602 3155
3. doc. Ing. Dana BARICOVÁ, PhD.
4. Ing. Filip BAKAJ [kmzz.hf@tuke.sk](mailto:kmzz.hf@tuke.sk) +421 55 602 3170

### Cieľ projektu:

Cieľom projektu bolo na základe dôkladnej analýzy trhu a analýzy v ňom reálne existujúcich mangánových rúd (resp. mangánových aglomerátov) navrhnúť a posúdiť možnosti výroby feromangánu uhľikátého (FeMnC) bez použitia aglomerátu v EOP s menovitým výkonom 34 MVA.

### Realizované úlohy:

1. tvorba informačnej databázy jednotlivých vlastností mangánových rúd a aglomerátov v rámci ich producentov, špecifikácia týchto vlastností: granulometrické zloženie, merná hmotnosť, vlhkosť, chemické zloženie (obsah Mn<sub>CELK</sub>, Fe<sub>CELK</sub>, pomer Mn/Fe, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, S, P, atď.), mineralogické zloženie, redukovateľnosť, atď.,
2. analýza vplyvu kvality mangánových rúd a aglomerátov na technológiu výroby mangánových ferozliatin (špeciálne pre výrobu feromangánu uhľikátého) a na ekonomické parametre procesu (napr. na spotrebu elektrickej energie, spotrebu redukovadiel, spotrebu tavidiel, množstvo vzniknutej trosky, atď.), analýza vplyvu kvality mangánových rúd a aglomerátov na výslednú kvalitu vyrábaných mangánových ferozliatin,
3. vplyv použitia aglomerátu na výrobu FeMnC v nadväznosti na používané rudy (JAR, Austrália, Brazília), nutnosť použitia aglomerátu (dôvody, minimálne pomery...), resp. možnosti výroby bez

### Použité metodiky:

1. literárna rešerš,
2. štúdium chemického zloženia a fyzikálnych vlastností mangánových minerálov,
3. štúdium sprievodných a škodlivých prímiesí v mangánových rudách,
4. analýza svetových mangánových zdrojov,
5. štúdium chemického zloženia mangánových rúd - Afrika,
6. štúdium chemického zloženia mangánových rúd - Austrália,
7. štúdium chemického zloženia mangánových rúd - Brazília,
8. štúdium chemického zloženia mangánových rúd - ostatný svet,
9. štúdium chemického zloženia mangánových aglomerátov – svet,
10. štúdium fyzikálno - chemické a metalurgické vlastnosti mangánových rúd a aglomerátov v rámci ich producentov,
11. analýza vplyvu kvality komerčných Mn rúd a aglomerátov (prevádzkové skúsenosti z JAR, Brazílie, Nórska, Francúzska, Ruska, Ukrajiny, Kazachstanu, Číny) na výslednú kvalitu vyrábaného FeMnC a na technologické a ekonomické parametre výrobného procesu,
12. analýza pomerov Mn ruda/Mn aglomerát vo vsádzke v rámci špičkových výrobcov FeMnC,
13. analýza pozitívnych a negatívnych faktorov využívania Mn rúd (resp. Mn aglomerátov) pri výrobe FeMnC,
14. analýza vplyvu pomeru Mn ruda/Mn aglomerát na technologické a ekonomické ukazovatele výroby FeMnC,
15. návrhy a doporučenia.

### Hlavná metodika:

Analýzy, štúdie, návrhy a doporučenia pre výrobu FeMnC.

### Výsledky:

1. Z analýzy svetových ložísk Mn rudy vyplýva, že najkvalitnejšie mangánové rudy v súčasnosti sú Comilog (Gabun) a Groote Eylandt (Austrália). Tieto rudy majú vysoký obsah mangánu (cca

---

50%), nízky obsah  $\text{SiO}_2$  (cca 4 – 5%) a fosforu (cca 0,08 – 0,10%). Veľmi kvalitná Mn ruda je aj Assmang 48 (JAR), ale s vyšším obsahom  $\text{Fe}_{\text{CELK}}$  (cca 10%). Všeobecne sú juhoafrické rudy zásaditejšie a majú najnižšie obsahy fosforu. Kvalitné Mn rudy s nízkym obsahom železa a fosforu sú v Kazachstane (spoločnosť ENRC).

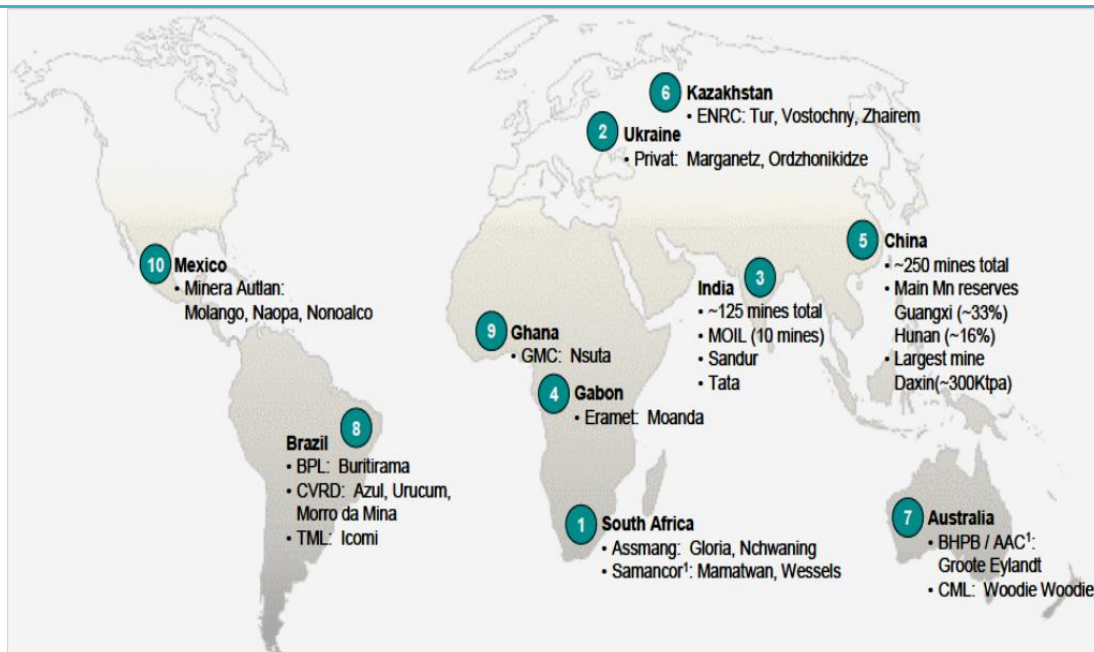
2. Najkvalitnejšie mangánové rudy Comilog a Groote Eylandt sú z mineralogického hľadiska tvorené majoritne pyroluzitom ( $\text{MnO}_2$ ), majú nízky index rozpadu a vysokú redukovateľnosť. Jednoduché a vyššie oxidy mangánu predstavujú najvhodnejšiu mineralogickú formu mangánovej rudy z hľadiska jej redukovateľnosti a aj ďalšieho využitia pri výrobe FeMnC. Množstvo podsitných podielov v týchto rudách nepresahuje 10%.
3. Rudy s vyšším indexom rozpadu a nižšou redukovateľnosťou sú tie, ktoré vykazujú niektorú mineralogickú fázovú premenu pri ohreve. Napr. brazílska ruda Azul má značný podiel hydratovaných minerálov, ktoré sa rozpadajú a priamo v EOP zvyšujú množstvo jemnozrnných podielov. Toto je dôležitý fakt, nakoľko prachové častice spôsobujú zníženie permeability vsádzky a vytvárajú nepriepustnú kôru. V konečnom dôsledku sa pri používaní takýchto druhov mangánových rúd zvyšuje spotreba elektrickej energie a spotreba redukovadla. Vlhkosť je dôležitý parameter v procese kontroly rozpadu mangánových rúd.
4. Z analýzy importu mangánových rúd do krajín, ktoré vyrábajú FeMnC vyplýva, že najvýznamnejší výrobcovia FeMnC (napr. Eramet Nórsko) dovážajú najkvalitnejšie Mn rudy (Gabun, JAR, Austrália).
5. Na základe analýzy 45 mangánových rúd a aglomerátov vo svete bolo zistené, že v súčasnosti existuje pomerne veľký výber kvalitných surovín na výrobu FeMnC, ktorých kombináciou (s uvažovaním vysokého pomeru Mn/P a nízkeho pomeru P/Mn) možno kvalitne a efektívne dlhodobo vyrábať FeMnC. Medzi takéto vstupné suroviny patria napr. mangánové rudy Comilog (Gabun), Groote Eylandt (Austrália), Assmang 48 (JAR), Wessels (JAR), Urucum (Brazília), Obikhingousky (Tadžikistan), Zhaiem (Kazachstan) a mangánové aglomeráty Comilog Sinter (Gabun), Amapa Sinter (JAR), Mamatwan Sinter (JAR) a Temco Sinter 75 (Austrália).
6. Z hľadiska porovnania Mn rúd a Mn aglomerátov vyplýva, že použitím Mn rúd pri výrobe FeMnC sa znižuje spotreba elektrickej energie a spotreba redukovadla a je dosahovaná vyššia výťažnosť Mn s nižším obsahom Si vo vyrobenom FeMnC. Naopak Mn aglomerát má vyššiu pevnosť za tepla a pôsobí na efekt stability pece a má vyšší pomer Mn/Fe.
7. Mangánové aglomeráty sa začínajú taviť a redukovať pri nižšej teplote v porovnaní s mangánovou rudou (približne o 100°C). Vzhľadom na vyššie množstvo ťažkoredukovateľného MnO je ale

---

redukovateľnosť aglomerátu nižšia a vyššia je aj teplotný interval tavenia a redukcie v dôsledku zvýšeného obsahu ťažkoredukovateľných silikátov v aglomerátoch.

8. Na základe charakteristiky fyzikálno – chemických vlastností Mn rúd bol vytvorený model na hodnotenie kvality mangánových rúd, ktorý hodnotí 9 kvalitatívnych parametrov Mn rudy (obsah Mn, pomer Mn/Fe, pomer P/Mn, bazicitu, obsah alkálií, obsah síry, vlhkosť, množstvo podsitných podielov a technologický benefit). Uvedený model si môže výrobca FeMnC upravovať a dopĺňať podľa vlastných potrieb (resp. podľa dostupných vlastností Mn komodity).
9. Na základe modelových prípadov vplyvu kvality Mn rudy a Mn aglomerátu na vstupno – výstupné parametre výroby FeMnC zo svetových závodov vyplýva, že v súčasnosti je možné v špičkových závodoch vyrábať FeMnC s obsahom až 78% Mn, pri spotrebe elektrickej energie 2150 kWh / t a spotrebe redukovadla na hranici teoretických predpokladov (t.j. 500 kg / t FeMnC). Tieto ukazovatele je možné dosiahnuť aj bez použitia mangánového aglomerátu (napr. Eramet Nórsko).
10. V súčasnosti vo svete predstavuje Mn aglomerát 22 až 45% podiel vo vsádzke na výrobu FeMnC (priemer 32,2%). V rámci analýzy boli v tejto správe uvedené pomery Mn ruda/Mn aglomerát pre výrobu FeMnC pri niektorých výrobcoch na úrovni 80 – 100 / 20 – 0. Súčasne boli analyzované vplyvy týchto pomerov na technologické a ekonomické ukazovatele výroby FeMnC. Riešiteľ odporúča v rámci skúšobného obdobia postupne minimalizovať množstvo mangánového aglomerátu vo vsádzke na výrobu FeMnC v podmienkach OFZ, a.s. Istebné až na nulový podiel.
11. Bola realizovaná detailná informačná databáza jednotlivých vlastností mangánových rúd a aglomerátov v rámci ich producentov – v súvislosti s tým boli navrhnuté alternatívy konkrétnych Mn rúd (resp. aglomerátov), ktoré by sa mohli vyskúšať v podmienkach OFZ, a.s. Istebné.

Obrazová príloha:



Obr. 1 Ložiská mangánových rúd vo svete a ich producenti (r. 2011)

<p>Vysoký obsah Mn v rude &gt; 45%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vyššia produktivita pece</li> <li>• vyššia výťažnosť Mn</li> <li>• nižšia merná spotreba elektrickej energie</li> <li>• nižšia spotreba redukovadla</li> </ul>	<p>Vysoký obsah SiO<sub>2</sub> v rude &gt; 8%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vyššie straty Mn v troske</li> <li>• vyššia merná spotreba elektrickej energie</li> <li>• vyššia viskozita trosky</li> <li>• vyššia spotreba zásaditých troskotvorných prísad</li> </ul>	<p>Vysoký obsah P v rude &gt; 0,12%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nižšia kvalita FeMnC</li> <li>• vyššia spotreba zásaditých troskotvorných prísad</li> <li>• vyššia merná spotreba elektrickej energie</li> </ul>
<p>Vysoký obsah H<sub>2</sub>O v rude &gt; 6%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nižšia produktivita pece</li> <li>• vyššia rozpadavosť zŕn</li> <li>• vyššia merná spotreba elektrickej energie</li> </ul>	<p>Vysoká pórovitosť rudy &gt; 30%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vyššia redukovateľnosť</li> <li>• nižšia spotreba redukovadla</li> <li>• nižšia merná spotreba elektrickej energie</li> <li>• vyššia stabilita chodu EOP</li> </ul>	<p>Vysoké množstvo podsítných podielov rudy &gt; 20%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nižšia priedušnosť vsádzky</li> <li>• vyššia spotreba redukovadla</li> <li>• vyššia merná spotreba elektrickej energie</li> <li>• nižšia stabilita chodu EOP</li> </ul>

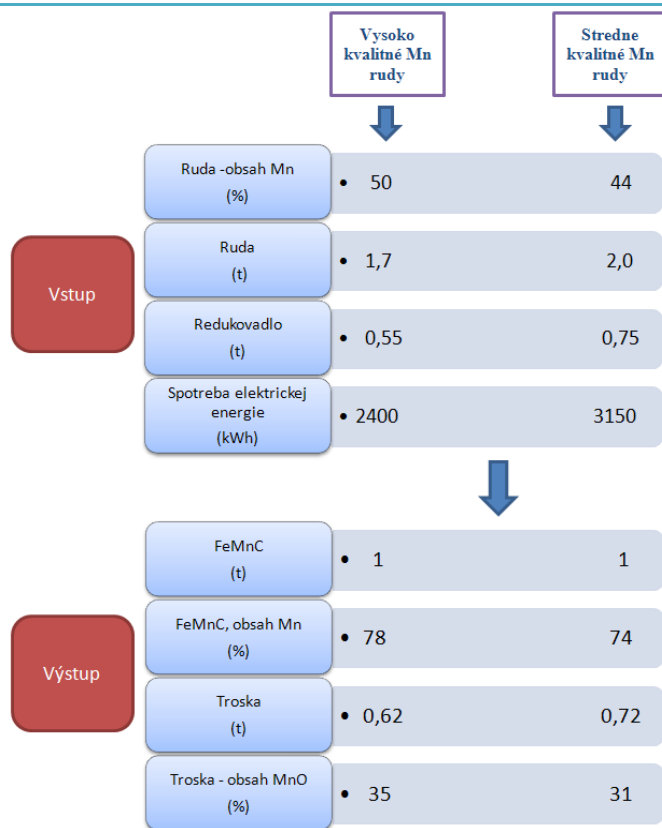
Obr. 2 Vplyv kvality Mn rudy na technologické a ekonomické parametre výroby FeMnC

Tab.1 Chemické zloženie odporúčaných mangánových aglomerátov

Mangánový aglomerát	Chemické zloženie [hm. %]							
	Mn <sub>CELK</sub>	Fe <sub>CELK</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O
Comilog Sinter Gabun	58,5	3,5	7,0	6,5	0,10	0,1	0,1	0,75
Amapa Sinter JAR	49,1	9,6	7,6	7,6	0,10	0,8	0,5	0,3
Mamatwan Sinter JAR	48,3	5,5	6,2	0,6	0,02	14,5	3,4	0,03
Temco Sinter 75 Austrália	56,0	6,5	7,1	3,7	0,11	0,4	0,1	1,5

Tab. 2 Chemické zloženie odporúčaných mangánových rúd

Mangánová ruda	Chemické zloženie [hm. %]							
	Mn <sub>CELK</sub>	Fe <sub>CELK</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O
Comilog MMA Gabun	50,5	2,7	4,0	5,5	0,10	0,2	0,3	0,70
Assmang 48 JAR	51,3	10,0	5,5	0,4	0,04	4,3	0,7	0,2
Wessels Samancor JAR	50,2	10,0	3,6	0,4	0,04	5,6	1,0	0,1
Gemco BHP Groote Eylandt	49,8	4,2	4,9	4,2	0,09	0,1	0,1	2,0
Gemco MF BHP Austrália	49,5	5,6	5,5	2,9	0,09	0,1	0,1	1,2
Obikhingousky Tadžikistan	50,0	2,8	6,7	1,2	0,10	1,5	0,4	0,02
Zhairem Kazachstan	42,5	2,5	5,7	3,8	0,08	2,2	1,0	-



Obr. 3 Vplyv kvality Mn rudy na vstupno – výstupné parametre výroby FeMnC (model vysokokvalitnej Mn rudy)