

## Hodnotenie vplyvu sušenia rudy pred suchou vysokointenzitnou magnetickou separáciou na efektívnosť výroby vysokopecných peliet v závode Siderit Nižná Slaná

Ján Spišák<sup>1</sup> a A. Kuffnerová<sup>2</sup>

### *The evaluation of the influence of drying the ore before the dry high - intensity magnetic separation on the efficiency production process of blastfurnace pellets in the Siderit Nižná Slaná plant*

*In the contribution is described the evaluation of the influence of the parameters on the input to the dry high - intensity magnetic separation (SVIMS), on the technological production process of the blastfurnace pellets in the condition of the company Želba, a.s., o.z. Siderit Nižná Slaná.*

*By the dry high - intensity magnetic separation (SVIMS) separates siderite from inherent rock by the activity effect of the strong magnetic field of the electromagnets. The realisation of the dry high - intensity magnetic separation has got the effect on the technical - technological parameters, as well as on the qualitative parameters of the final product - the blastfurnace pellets.*

*The aim of the solution of the author this article is to define the methodics, that it would permit the establishment practice to complex judges of the fall of the racionalization projects. The aim of this project it would be as first of all the total productions costs minimize, the work optimization and the increase of the economic efficiency work of the organisation.*

**Key words:** dry highintensity magnetic separation, efficiency SVIMS, separations line, total costs.

### Úvod

Pomocou suchej vysokointenzitnej magnetickej separácie (SVIMS) sa vplyvom pôsobenia silného magnetického poľa elektromagnetov oddeľuje siderit od sprievodnej horniny. Realizácia suchej vysokointenzitnej separácie má vplyv na technicko – technologické parametre, ako aj na kvalitatívne parametre finálneho produktu - vysokopecné pelety. Podmienkou efektívnej práce suchej vysokointenzitnej magnetickej separácie je:

- a) zabezpečenie požadovaných rozmerov vstupnej sideritovej rudy (0 – 20 mm),
- b) zabezpečenie priemernej vlhkosti vsádzky.

### Možnosti zefektívnenia práce SVIMS sušením vstupujúcej sideritovej rudy

Technologická operácia suchá vysoko-intenzitná magnetická separácia je typickou predúpravárskou operáciou, ktorej úlohou je odstránenie časti nežiaducich zložiek sideritovej rudy zo vsádzky do magnetizačného praženia pri súčasnom zvýšení jej kvality. Odstránením časti jaloviny a škodlivín vo vsádzke sa dosiahne významná úspora nákladov na praženie a ďalšiu úpravu a tiež vhodné zloženie rudy z hľadiska ekológie. Nedostatkom SVIMS je fakt, že spolu s jalovinou odchádza do odpadu aj určité množstvo úžitkovej suroviny, čo veľmi negatívne ovplyvňuje ekonomiku prevádzky. Pomer medzi množstvom odseparovanej jaloviny a obsahom železa vyjadruje kvalitu separácie a je závislý od rýchlosti otáčok separačných valcov, granulometrie vsádzky a najmä od vlhkosti vsádzky.

Pri súčasných prevádzkových podmienkach nie je proces separácie dokonalý a efektívny z dôvodu vysokej vlhkosti vstupujúcej sideritovej rudy. Cieľom technologického reinžinieringu rudy pred vysokointenzitnú magnetickú separáciu je zabezpečenie vlhkosti rudy maximálne do 0,8% u frakcie 0-4 mm, čo je množstvo, pri ktorom proces separácie už prebieha dokonale a nedochádza ešte k ďalšiemu zvyšovaniu nárastu prašnosti.

### Vplyv inštalácie sušičky pred SVIMS na ekonomiku závodu a životné prostredie

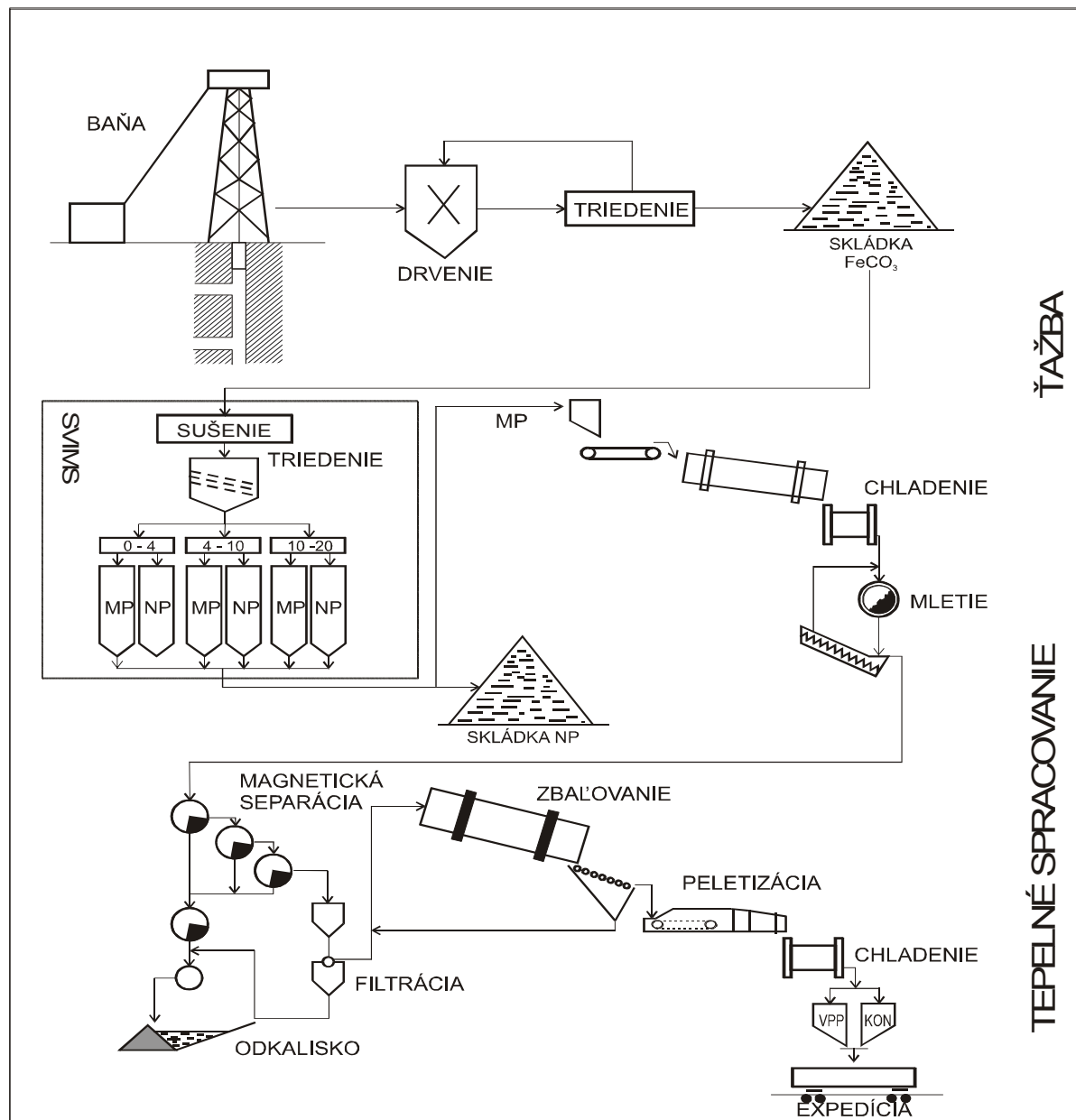
Aplikácia reinžinieringu technologického procesu môže zabezpečiť:

- zlepšenie separovateľnosti rudy a zníženie straty kovu,
- zníženie nákladov na praženie predohrevom materiálu a znížením vlhkosti rudy,
- oddelenie jalovinového podielu separáciou sa dosiahne úspora paliva, ktoré by bolo potrebné na jeho prepraženie,
- inštalácia sušičky rudy a následnou dokonalou separáciou dôjde k zníženiu exhalátov o CO<sub>2</sub> z rozkladu uhličitánov pri pražení z odseparovanej jalovinovej časti,
- zníženie obsahu arzenu v praženci a v spalinách,

<sup>1</sup> Ing. Ján Spišák, Katedra logistiky a výrobných systémov, Fakulta BERG Technickej univerzity v Košiciach,

<sup>2</sup> Ing. A. Kuffnerová, Katedra informatizácie a riadenia procesov, Fakulta BERG Technickej univerzity v Košiciach, (Recenzované a revidovaná verzia dodaná 30.5.2001)

- zníženie objemu síry a ostatných škodlivín v spalinách,
- zníženie poruchovosti SVIMS,
- odstránenie potreby temperovania budovy separácie v zime a chod separácie aj v zime.



Obr.1. Schéma výrobného procesu.

Fig.1. The schema of the structure production process.

### Vplyv na ostatné technologické procesy

Zaradenie nového zariadenia (sušičky) do technologického procesu úpravy sideritovej rudy vyvolá celý rad dopadov na technologické operácie pred, ale aj za inštalovaným zariadením.

V technologickej operácii ťažba vyvolá požiadavku na:

- zníženie vlhkosti ťaženej sideritovej rudy,
- zvýšenie objemu ťažby o odseparovaný podiel,
- zvýšenie kontinuálnosti ťažby .

V technologickej operácii drvenie vyvolá požiadavku na:

- zníženie maximálneho zrna pri nezvýšení podielu 0-4 mm,
- zníženie miery výskytu tzv. falošného zrna, t.j. zrna s jedným rozmerom nad 20 mm.

V technologickej operácii skladovanie na skládke sideritovej rudy vyvolá požiadavku na:

- minimalizáciu využitia skládky,
- snahu o využitie len počas sobôt a nediel, resp. len počas porúch.

V technologickej operácii vysokointenzitná magnetická separácia vyvolá požiadavku na:

- rozhodovanie o rozsahu frakcie sideritu, ktorá sa bude sušiť, napr. 0-4, 0-10, 0-20 mm,
- rozhodovanie o umiestnení sušičky v budove separácie, resp mimo nej,
- rozhodovanie o druhu použitého sušiaceho média
- optimalizáciu množstva odseparovaného podielu voči nákladom na ťažbu a nákladom na ďalšie spracovanie,
- optimalizáciu pomeru odseparovaného množstva jaloviny voči obsahu úžitkovej zložky v nej.

V technologickej operácii praženie v rotačných peciach vyvolá požiadavku na:

- optimalizáciu spotreby zemného plynu a elektrickej energie,
- optimalizáciu procesu praženia vzhľadom k zmeneným kvalitatívnym vlastnostiam vsádzky.

V technologickej operácii chladenie praženca vyvolá požiadavku na:

- optimalizáciu procesu chladenia vo väzbe na nový režim fungovania rotačných pecí.

V technologickej operácii mletie praženca vyvolá požiadavku na:

- minimalizáciu spotreby elektrickej energie a opotrebenia guľovej náplne vzhľadom na zmenené chemické zloženie praženca.

V technologickej operácii magnetická separácia vyvolá požiadavku na:

- optimalizáciu separačného pomeru na jednotlivých separátoroch vzhľadom na zmenené kvantitatívne a kvalitatívne vlastnosti praženca.

V technologickej operácii peletizácia vyvolá požiadavku na:

- optimalizáciu vzťahu množstva vyrábaných peliet k zvyšovaniu ich kovnatosti.

### Zvýšenie účinnosti separácie

Na základe poskytnutých údajov o konkrétnych separačných pomeroch pri súčasnej prevádzke, ako aj pri prevádzke SVIMS so suchým materiálom, boli vypočítané metódou extrapolácie parametre separačných kriviek pre jednotlivé alternatívy.

Metóda extrapolácie

Rovnica krivky:  $y = a \cdot x^b$

$$\begin{aligned} y_1 &= a \cdot x_1^b & y_2 &= a \cdot x_2^b \\ a &= \frac{y_1}{x_1^b} \end{aligned} \quad (1)$$

$$y_2 = \frac{y_1}{x_1^b} \cdot x_2^b = y_1 \cdot \frac{x_2^b}{x_1^b} = y_1 \cdot \left(\frac{x_2}{x_1}\right)^b = y_1 \cdot \left(\frac{x_2}{x_1}\right)^b,$$

$$\ln y_2 = \ln y_1 + \ln \left(\frac{x_2}{x_1}\right)^b$$

$$\ln y_2 - \ln y_1 = b \cdot \ln \left(\frac{x_2}{x_1}\right) = b \cdot (\ln x_2 - \ln x_1)$$

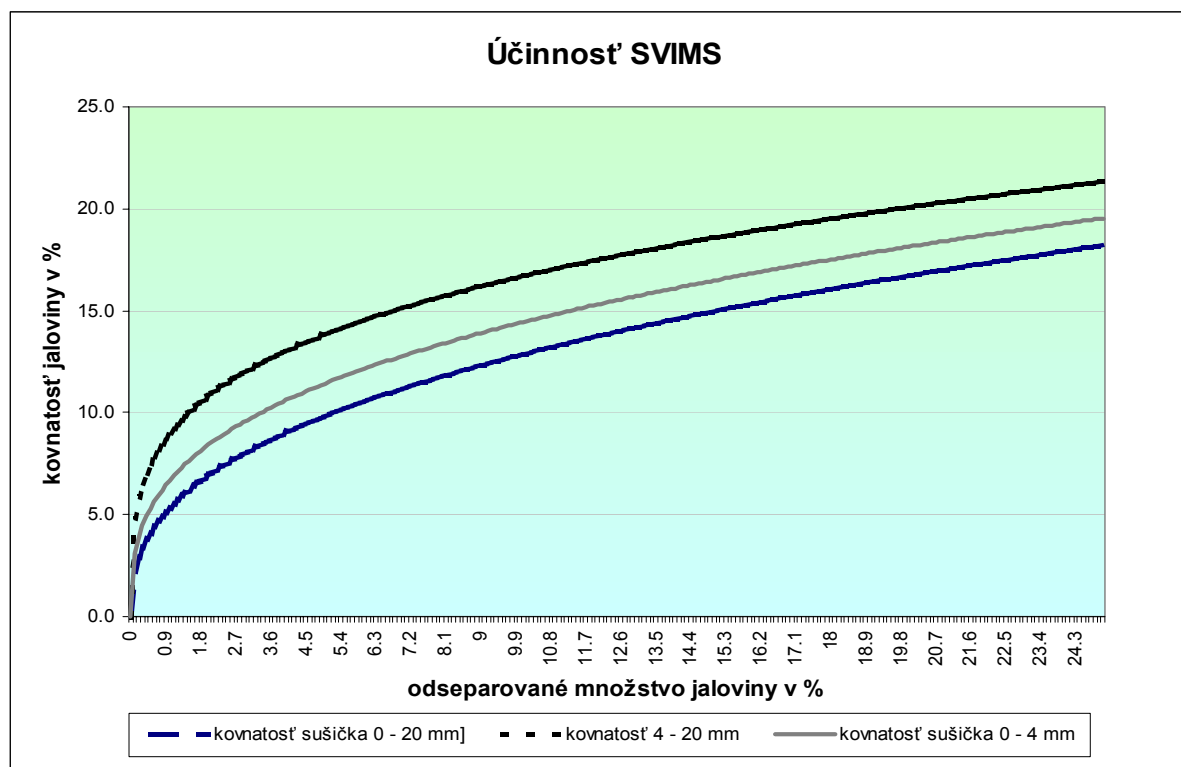
$$b = \frac{(\ln y_2 - \ln y_1)}{(\ln x_2 - \ln x_1)} = \frac{\left(\ln \frac{y_2}{y_1}\right)}{\left(\ln \frac{x_2}{x_1}\right)} \quad (2)$$

**Poskytnuté a použité údaje:** [výnos; výťažnosť] jaloviny v %

1. Súčasný stav bez sušenia:	[ 0 ; 0 ];	[ 4,8 ; 13,7 ];	[ 100; 31 ]
2. Sušenie frakcie 0-4 mm:	[ 0 ; 0 ];	[ 9,9 ; 14,35 ];	[ 100; 31 ]
3. Sušenie frakcie 0-20 mm:	[ 0 ; 0 ];	[ 15 ; 15 ];	[ 100; 31 ]

Vypočítané hodnoty parametrov kriviek pre jednotlivé varianty:

1. a = 8,9850, b = 0,2689;
2. a = 6,6872, b = 0,3305;
3. a = 5,3217, b = 0,3826.



Obr.2. Stanovené krivky účinnosti vysokointenzitnej magnetickej separácie sideritovej rudy.  
Fig.2. The supplied efficiency lines of dry highintensity magnetic separation of siderite ore.

### Postup výpočtu zmeny nákladov na výrobu peliet vplyvom zaradenia sušičky

1. Na základe definovaného priebehu separačnej krivky SVIMS pre navrhované alternatívy sušenia a súčasný stav bez sušenia, sa pre odseparované množstva jaloviny stanoví jej kovnatosť.
2. Po odpočítaní množstva jaloviny s príslušnou kovnatosťou od vstupu do SVIMS sa stanoví množstvo a kovnatosť vsádzky do rotačných pecí.
3. Pri stanovenom výnose praženca sa vypočíta jeho množstvo a kovnatosť. Tieto údaje budú považované za vstup do magnetickej separácie.
4. Na základe známych hodnôt vstupov do magnetickej separácie a výstupov z magnetickej separácie pri prevádzke bez SVIMS (krivka  $c_1$  na obr. 2.) a pri súčasnej prevádzke (krivka  $c_2$  na obr. 2.) sa extrapoláciou vypočítajú parametre separačných kriviek magnetickej separácie (krivka  $c_i$  na obr. 2.).
5. Pre dve rovnaké hodnoty odseparovaného množstva (jednou hodnotou je 100% množstva s príslušnou kovnatosťou) na krivkách  $c_1$  a  $c_2$  sa vypočíta pomer rozdielov kovnatostí .

$$P = \Delta k / \Delta c$$

6. Pre vypočítané nové hodnoty vstupov do magnetickej separácie sa na základe stanoveného pomeru definujú dva konkrétne body, cez ktoré sa preloží separačná krivka.

$$\Delta k_i = P * \Delta c_i$$

7. Pre konkrétne hodnoty nastavenia magnetickej separácie (nastavenie odseparovaného množstva) sa určia podľa separačnej krivky konkrétne hodnoty pre výstup zo separácie – koncentrát.
8. Po dosadení týchto hodnôt do kritériálnej funkcie sa vypočíta príslušná hodnota celkových výrobných nákladov pre dané nastavenie parametrov oboch separácií. (magnetickej separácie a SVIMS)

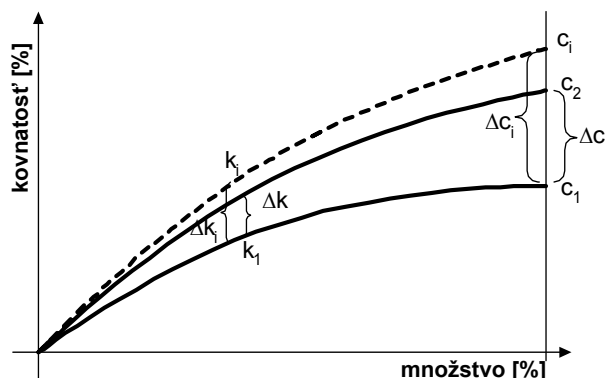
9. Najnižšia dosiahnutá úroveň celkových výrobných nákladov odpovedá optimálnemu nastaveniu oboch separácií.

### Zhodnotenie vplyvu sušičky na kvalitu a kvantitu peliet

Znížením vlhkosti sideritovej rudy vchádzajúcej do SVIMS, sa zlepši jej separovateľnosť. Zlepšením separovateľnosti rudy dojde k zníženiu obsahu škodlivín vo vsádzke do rotačných pecí, najmä obsahu síry, arzenu a alkálií.

Zníženie obsahu síry vo vsádzke do rotačných pecí je veľmi dôležitou kvalitatívnou požiadavkou, vyplývajúcou zo snahy podniku znížiť nepriaznivé ekologické dopady výroby vysokopecných peliet.

Zníženie obsahu arzenu je v súčasnosti jednou z hlavných požiadaviek na kvalitu vstupov do vysokopecného procesu. Vyplýva to najmä z orientácie odberateľa vysokopecných peliet na zvýšenie objemu výroby obalových plechov.



Obr.3. Model vzájomnej závislosti parametrov magnetickej separácie praženca.

Fig.3. The relationships model between parameters of scar magnetic separation.

Ďalšou požiadavkou odberateľa na kvalitu vstupov do vysokopecného procesu je požiadavka na zníženie obsahu alkálií vo vysokopecných peletách, pretože alkálie negatívne pôsobia na technologickú a ekonomickú efektívnosť vysokopecného procesu.

Potvrdením tohto tvrdenia sú aj doterajšie skúsenosti s prevádzkou separácie, z ktorých vyplýva nárast obsahu arzenu v odseparovanej jalovine na cca päťnásobnú úroveň oproti obsahu vo vsádzke do separácie.

Zlepšením separovateľnosti na SVIMS dôjde k nárastu množstva odseparovanej jaloviny a súčasnému zníženiu obsahu úžitkovej zložky v jalovine. Tým dôjde k zníženiu množstva vsádzky do rotačných pecí pri súčasnom zvýšení kovnatosti vsádzky.

Bez vykonania s tým súvisiacich opatrení

aj na magnetickej separácii na úpravni by došlo k zníženiu objemu výroby vysokopecných peliet pri výraznom náraste ich kovnatosti.

### Záver

Na základe vypočítaných parametrov SVIMS a magnetickej separácie, ktoré odpovedajú najnižším celkovým výrobným nákladom, je možné urobiť komplexné hodnotenie dopadov zmeny technologického postupu, resp. zaradenie novej technologickkej operácie do technologického postupu. Aplikáciou navrhovaného riešenia a vykonaním týchto úprav je možné zachovať objem výroby pri doterajšej kvalite, no pri nižších výrobných nákladoch. Zmena nákladov na výrobu peliet vplyvom zaradenia sušičky sa prejaví ako najnižšia dosiahnutá úroveň celkových výrobných nákladov, ktorá odpovedá optimálnemu nastaveniu oboch separácií. Po dosadení týchto hodnôt do kritériálnej funkcie sa vypočíta príslušná hodnota celkových výrobných nákladov pre dané nastavenie parametrov oboch separácií.

Cieľom riešenia autorov článku bolo definovať metodiku, ktorá by umožnila podnikovej praxi komplexne posúdiť dopady racionalizačných projektov.

### Literatúra

- MALINDŽÁK, D. a kol.: Reinžiniering výrobného procesu úpravy sideritovej rudy, Záverečná správa, december 2000, Košice, oponovaná.
- SPIŠÁK, J., MALINDŽÁK, D., KOŠTIAL, I., KUFFNEROVÁ, A.: Návrh reorganizácie materiálového toku pred vstupom do rotačných pecí, Záverečná správa VHČ, júl 2000, Košice, oponovaná.
- Želba, a.s., o.z. Siderit Nižná Slaná: Detailný technologický predpis úpravy sideritovej rudy, interný materiál, 1998.