

Technická univerzita v Košiciach

Fakulta baníctva, ekológie, riadenia procesov a geotechnológií

**Vybrané technologické objekty a procesy
v oblasti spracovania surovín - kyslíkový
konvertor**

Teória procesov

2019

Ing. Michal Takáč

Obsah

1	Kyslíkový konvertor	5
2	Vstupy a výstupy	9
3	Procesy v kyslíkovom konvertore	11

Zoznam obrázkov

1–1	Podiel výrobných metód ocele v percentách [2]	6
1–2	Výroba ocele v konvertore fúkaním kyslíka zhora [1].	6
1–3	Výroba ocele v konvertore fúkaním kyslíka zdola [1].	7
1–4	Výroba ocele procesom BOF a Q-BOP v LD konvertore s kombinovaným typom fúkania.	8
2–1	Teplotná závislosť spinovo-mriežkového relaxačného času	9

Zoznam tabuliek

2 – 1 Parametre získané z meraní spinovo-mriežkových relaxačných časov T_1 10

1 Kyslíkový konvertor

Kyslíkový konvertor

1. čo to je (o aký technologický proces sa jedná, vstupy, výstupy ...)
2. rozdelenie na elementárne procesy
3. stručne popísať jednotlivé elementárne procesy

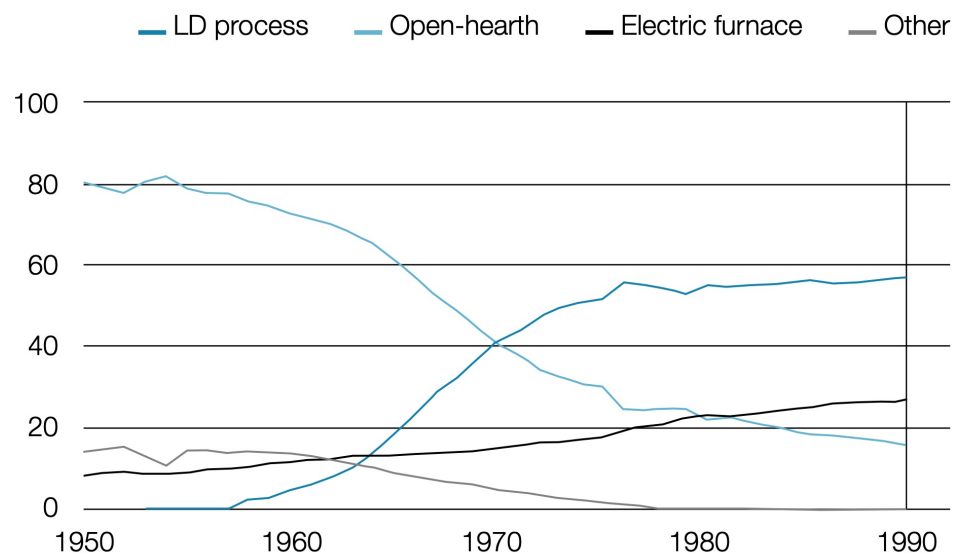
V oceliarstve nastal počas druhej polovice 20. storočia významný posun a progres vo vývoji technológií a procesov výroby ocele. Jedným z najdôležitejších milníkom bolo prvé spustenie komerčnej prevádzky výroby ocele vháňaním kyslíka do konvertora začiatkom 50. rokov minulého storočia v mestách Linz (firma VÖEST) a Donawitz (firma ÖAMG) v Rakúsku. Z názvov týchto miest pochádza aj pomenovanie spôsobu výroby ocele praktizovanom v kyslíkových konvertoroch, a to LD proces, a zároveň aj názov samotného kyslíkového konvertora (LD konvertor). Postupom času a zdokonaľovaním LD procesu sa LD konvertory rozšírili do celého sveta a už niekoľko rokov sú najvyužívanejšou technológiou pre výrobu ocele na celom svete.

Spomínaný LD proces sa v rôznych častiach sveta nazýva odlišne. Napríklad vo Veľkej Británii sa označuje ako BOS (basic oxygen steelmaking); v Amerike a v Ázijských krajinách BOF (basic oxygen furnace) s výnimkou americkej korporácie U.S. Steel, kde sa často označuje ako BOP (basic oxygen process) [1].

V 70. rokoch bol v Kanade a Nemecku vyvinutý (a následne komercializovaný) upravený typ konvertora s vháňaním kyslíka z dolnej časti. Tento proces sa v Európe označuje ako OBM a v iných častiach sveta ako Q-BOP.

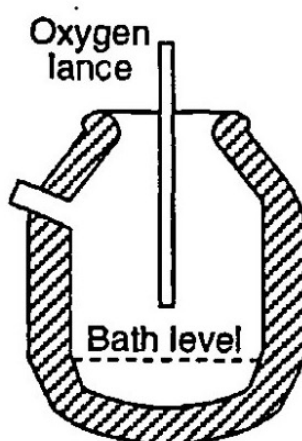
V konvertore pre Q-BOP proces sa v dolnej časti nachádzajú trysky vsadené do odnímateľného dna, cez ktoré sú vháňané kyslík (O_2) spolu s páleným vápnom a prstencová medzera okolo centrálnej rúry na priechod plynného uhľovodíka (napr. propán alebo metán). Po kontakte s tekutou ocelou uhľovodík disociuje na C a H_2 pri

Production method shares in %

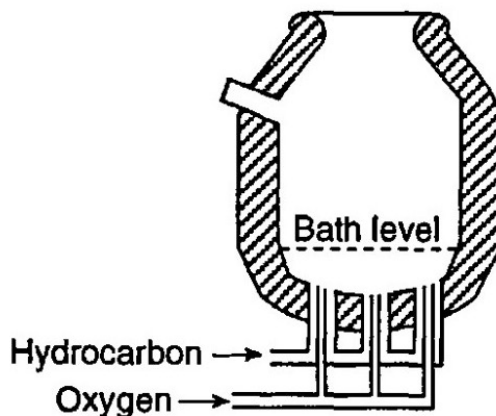


Shares of production methods in world crude steel production, 1950–1990.⁹⁰

Obrázok 1 – 1: Podiel výrobných metód ocele v percentách [2]



Obrázok 1 – 2: Výroba ocele v konvertore fúkaním kyslíka zhora [1].



Obrázok 1 – 3: Výroba ocele v konvertore fúkaním kyslíka zdola [1].

absorpcii tepla. Táto endotermická reakcia potláča prehrievanie hrotu vyhadzovača exotermickou reakciou kyslíka s tekutou oceľou.

Ďalší vývojovým krokom výroby ocele v kyslíkovom konvertore bolo spojenie typov fúkania kyslíka zhora a zdola.

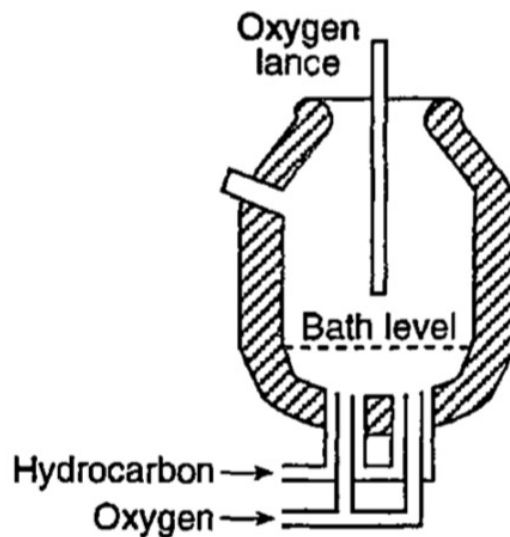
Basic oxygen furnace (BOF) steelmaking is a complex process and dynamic model is very important for endpoint control. It is usually difficult to build a precise BOF endpoint dynamic model because many input variables affect the endpoint carbon content and temperature.

BOF is a widely preferred and effective steelmaking method due to its high productivity and considerably low production cost. Therefore, almost 65% of the total crude steel productions in the world are melted by using the BOF method. BOF steelmaking is a very complex chemical physical process. The quality of scrap iron changes from batch to batch. The grades of steel produced vary frequently, and the components of raw materials fluctuate largely [3].

The main objective of controlling oxygen converter steelmaking is to obtain prescribed parameters for the steel when it is tapped from the furnace, including weight, temperature, and each element content. In practical steelmaking process, the crite-



(a) Kombinovaný BOF.



(b) Kombinovaný Q-BOP.

Obrázok 1 – 4: Výroba ocele procesom BOF a Q-BOP v LD konvertore s kombinovaným typom fúkania.

Whether the molten steel is acceptable or not is often decided by the endpoint carbon content and temperature.

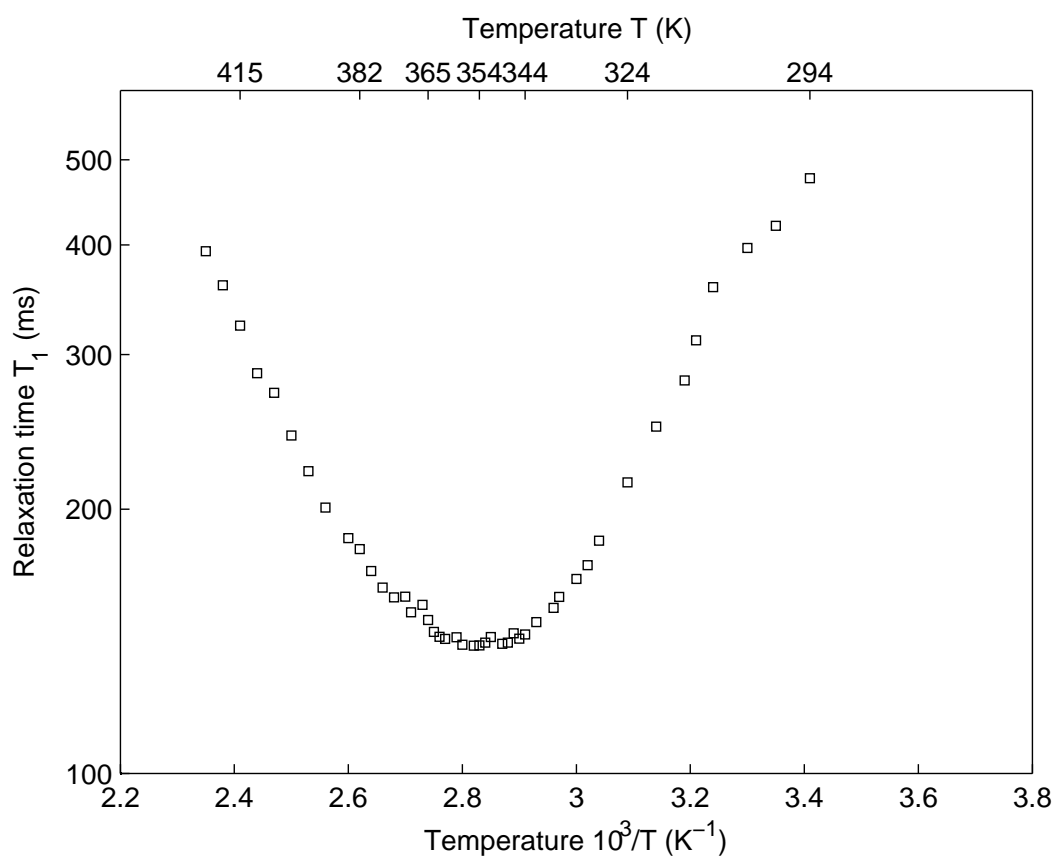
Pri tejto metóde musí byť ale ešte dodávaná tavenina, aby dávka nevychladla. Hotová oceľ sa potom vyleje z konvertora do panvy na ďalšie spracovanie. Cenovo skoro najvýhodnejší spôsob výroby ocele pre veľké množstvá.

2 Vstupy a výstupy

Začnime rovnicou

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} + y = 0, \quad y(0) = 1, \quad y'(0) = 15. \quad (2.1)$$

Grafický priebeh riešenia tejto rovnice vidíme na Obrázku 1–2.



Obrázok 2 – 1: Teplotná závislosť spinovo-mriežkového relaxačného času

Tabuľka 2 – 1: Parametre získané z meraní spinovo-mriežkových relaxačných časov T_1

	PP – 01	PP – 05	PP – 10	PP – 16	PP – 22
$C \cdot 10^8 \text{ (s}^{-2}\text{)}$	10,1	10,0	11,0	9,2	8
$\tau_0 \cdot 10^{-14} \text{ (s)}$	2,63	1,44	0,95	2,21	10,83
$E_a \text{ (kJ)}$	34,26	8,33	39,76	37,31	31,86
$T_{\min} \text{ (K)}$	354	367	367	369	367
$T_{1\min} \text{ (ms)}$	141	160	157	175	181
$\Delta M_2 \text{ (Gs}^2\text{)}$	5,49	5,66	5,16	5,09	5,02

3 Procesy v kyslíkovom konvertore

Kroky, ktoré sú súčasťou LD procesu:

- Vsádzka (charging)
- Fúkanie (blowing)
- Vzorkovanie (sampling)
- Tapping
- Slag off

Cílem kyslíkové výroby oceli je spálení (tj. oxidace) nežádoucích nečistot obsažených v kovové vsázce. Hlavními prvky, které tudíž přecházejí na oxidy jsou uhlík, křemík, mangan, fosfor a síra.

Účelem tohoto oxidačního procesu tedy je :

snížit obsah uhlíku na předepsanou úroveň (z přibližně 4% na méně než 1 %, ale často níže) upravit obsah potřebných cizích prvků odstranit nežádoucí nečistoty v maximálně možné míře Výroba oceli kyslíkovým pochodem je diskontinuální proces, který zahrnuje následující kroky :

přepřevu a skladování taveniny horkého kovu předúpravu taveniny horkého kovu (odsiřování) oxidaci v kyslíkovém konvertoru (oduhličení a oxidaci nečistot) úpravu sekundární metalurgií odlévání (kontinuální a/nebo do ingotů)

Podstatou výroby ocele v kyslíkovom konvertore je oxidácia prvkov z kovonosnej vsádzky s kyslíkom fúkaným do konvertora. Oxidy týchto prvkov prechádzajú do trosky alebo odchádzajú vo forme konvertorového plynu (Obr. 30). Intenzita oxidácie jednotlivých prvkov závisí od ich chemickej afinity ku kyslíku. Oxidácia uhlíka je jedným z najdôležitejších procesov. Uhlík sa v kove počas oceliarskeho pochodu oxiduje vplyvom kyslíka najmä na CO a čiastočne na CO₂ podľa reakcií



Mangán sa v konvertore oxiduje na MnO



Fosfor je v oceli nežiaduci a oxiduje sa na P_2O_5



Síra patrí medzi škodlivé prvky a prechádza do trosky vo forme CaS na základe reakcie CaO



pričom MnS vzniká podľa reakcie



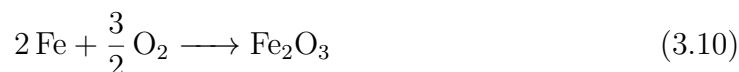
a síra taktiež odchádza aj vo forme plynu ako SO_2



Kremík ma vysokú afinitu ku kyslíku, čiže sa ľahko oxiduje pričom vzniká SiO_2



Potrebné je taktiež uvažovať aj straty železa vo forme FeO a Fe_2O_3

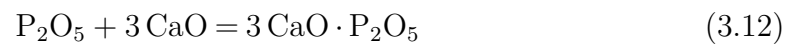


ktoré prechádzajú do trosky, resp. Fe_2O_3 odchádza v konvertorovom prachu. Kvapky kovového železa sa nachádzajú aj v troske (Obr. 30).

Vzniknutý SiO_2 (29) prechádza do trosky ako $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ podľa rovnice



a obdobne P_2O_5 (4) prechádza do trosky ako $3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ podľa rovnice



Literatúra

- [1] Turkdogan, E. T. [1996]. *Fundamentals of Steelmaking*, The Institute of Materials, London.
- [2] voestalpine AG [2012]. 40 Years of LD, *Unprinted sources - holdings 26*, voestalpine AG, Corporate Communication, Documentation Center. p. 26.
URL: <https://www.voestalpine.com/group/static/sites/group/.downloads/en/press/2012-broschuere-the-linz-donawitz-process.pdf>
- [3] Wang, X., Han, M. and Wang, J. [2010]. Applying input variables selection technique on input weighted support vector machine modeling for BOF endpoint prediction, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* **23**(6): 1012–1018.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.engappai.2009.12.007>