

Technická univerzita v Košiciach
Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií

Písomná príprava k predmetu Informačné
technológie v riadení procesov

Obsah

1	Úvod	1
2	SCADA	2
2.1	Virtuálna a rozšírená realita	4
3	Distribúované riadiace systémy	4
4	Monitorovanie a zber dát	5
5	Spracovanie dát	6
6	Uchovanie dát	6
7	Komunikačné protokoly	6
7.1	OPC UA	7
7.2	MTConnect	8
7.3	OMG DDS	9
8	Procesy v kyslíkovom konvertore	10
9	Riadenie procesov v kyslíkovom konvertore	11

1 Úvod

Informačné systémy v procesnom riadení sú implementované pre rôzne škály riadiacich systémov, ktorých môže tvoriť niekoľko modulárnych panelových automatov až po veľké, vzájomne prepojené a interaktívne distribuované radiacie systémy s mnohými tisíckami prevádzkových pripojení.

Najjednoduchšie radiacie systémy sú založené na malých diskretných regulátoroch, z ktorých každý má jednu regulačnú slučku. Zvyčajne sú namontované na panel, ktorý umožňuje priame odčítanie hodnôt z predného panela a poskytuje prostriedky na manuálny zásah operátora, a to buď na manuálne riadenie procesu, alebo na zmenu požadovaných riadiacich hodnôt.

Pre ložitejšie zariadenia PCS sú robotické a vykonávajú veľa úloh. Zariadenia PCS môžu komunikovať svoje údaje s počítačovou aplikáciou podnikového plánovania podnikových zdrojov (ERP) prostredníctvom softvéru middleware nazývaného systém vykonávania výroby (MES).

Cieľom riadenia procesu je udržiavať kľúčové parametre prevádzky procesu v úzkom rozmedzí referenčnej hodnoty alebo požadovanej hodnoty. Niekdajšiu potrebu riadiť túto činnosť manuálne v súčasnej dobe nahrádzajú programovateľné automaty a regulátory v snahe ovládať premennú automatizovane. Jednoduchý regulátor môže udržiavať procesnú veličinu v slučke na rovnomernej úrovni, pokiaľ nedôjde k nadmernému rušeniu. Pri komplexných procesoch, ako sú tie v metalurgii, sa využívajú desiatky až stovky takýchto regulátorov, niektoré s integrovanými LCD panelmi (Al-Megren and Ruddie; 2016).

Potreba zdokonaľovania a vývoja nových systémov riadenia bola tradične poháňaná požiadavkou presnejšej a nákladovo efektívnejšej výroby. Je to stále hlavná hnacia sila, no environmentálne otázky majú na tento vývoj zásadný vplyv aj dnes (Widlund et al. (1998)).

Hlavným cieľom riadenia výroby ocele s kyslíkovým konvertorom je získanie predpísaných parametrov ocele, keď sa odoberá z pece, vrátane hmotnosti, teploty a obsahu každého prvku. V procese výroby ocele je kritériom o tom, či je roztavená ocel prijateľná alebo nie, konečný obsah uhlíka a teplota taveniny Wang et al. (2010).

2 SCADA

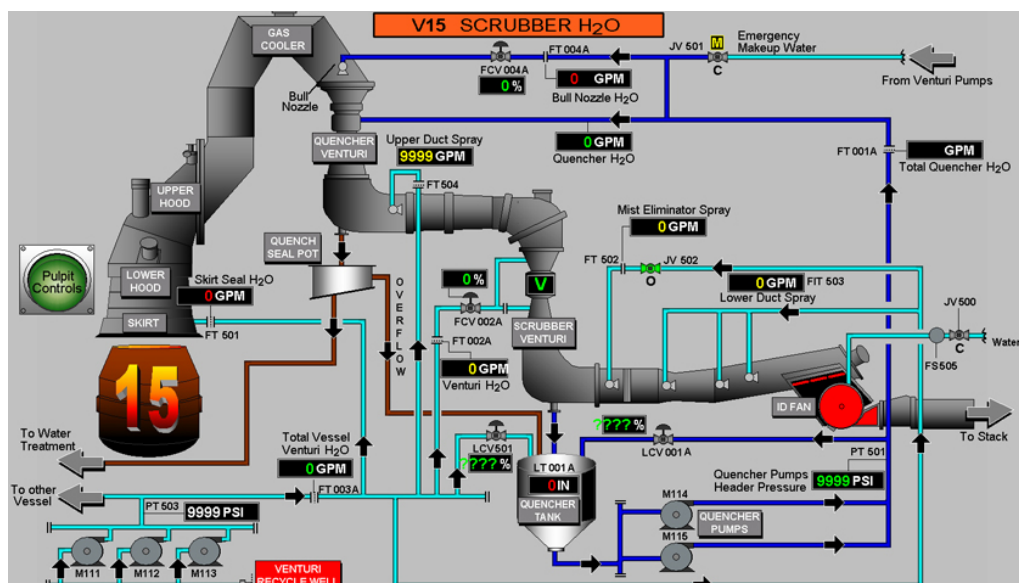
SCADA (z anglického "Supervisory Control and Data Acquisition") je softvérový systém pre správu dát, riadenie a monitorovanie priemyselných procesov, ktorý je prevádzkovaný na vyššej úrovni nad hardvérom (PLC, I/O moduly, senzory, merače, atď). SCADA systémy sprostredkovávajú konektivitu medzi technologickými procesmi, z ktorých zberajú dáta. Komunikácia s okolitým prostredím prebieha prostredníctvom štandardizovaných komunikačných protokolov (Modbus, S7, SNMP, BACnet, atď) cez priemyslové linky RS-232, RS-485, Profibus, ako aj klasickou počítačovou sieťou Ethernet. Ukladanie zbieraných dát je prevádzané od jednoduchého zápisu do textových súborov až po databázové servere (SQL/NoSQL). Vďaka štandardom, modularite a podpore všeobecne využívaných databázových systémov sa dajú SCADA systémy dobre škálovať. Môžu teda byť využité na spracovanie veľkého množstva dát, od pár vstupných premenných až po státisíce.

Využitie si SCADA systémy našli v priemyselných odvetviach, kde je vysoký nárok na správny, bezproblémový priebeh procesov a veľký objem spracovaných dát, napr. elektrárne, teplárne, rozvodne, výmenníkové stanice, výrobné linky, chemické podniky, baliarne, skladové systémy, čističky odpadových vôd, atď. Zároveň sa využívajú častejšie aj mimo priemyslu, a to napríklad v systémoch "chytrých" domov (smart houses).

Vývoj SCADA systémov prešiel štyrmi generáciami:

1. V prvej generácii šlo o nákladné, jednoúčelové systémy

Historie SCADA systémů



Obr. 2 – 1: Operatíva čistenia odchádzajúceho plynu z procesu výroby ocele v konvertore - HMI rozhranie (SCADA), zdroj: Matrix Technologies.

- rozmach v priemyselne rozvinutych zemich v 60. letech 20. stolecia - centralizovaná, hierarchická, izolovaná architektúra (mainframe, terminály) - komunikácie proprietálnymi uzavřenými protokolmi (nejsú štandardy) - vysoké nároky na obsluhu (nutná odbornosť, veľký počet užívateľov) - vysoké náklady na realizáciu a prevádzku

1. generácia - ostrovné systémy - izolované, nákladné jednoúčelové systémy - centrálny podnikový mainframe - prístup

2. generácia - distribuované systémy - propojenie väčšieho počtu menších staníc proprietálnymi (uzavřenými, neveřejnými) komunikačnými protokolmi - jednotlivé stanice majú špecifické funkcie

3. generácia - sieťové systémy - rozmach počítačových sietí - používanie otvorených, štandardizovaných komunikačných protokolov - propojenie staníc - PCN (Process Control Network)

4. generácia - internet of things v sieti internet môže byť propojeno takmer všetko - začínajú dominovať cloudové služby systémy teraz masívne integrujú Web technológie

a nabízejí možnost vzdáleného přístupu a dohledu prostřednictvím Internetu. Mimo klasické PC je tedy nyní možné monitorovat technologie také vzdáleně na tabletech, smartphonech, atd.

SCADA systémy, ktoré

2.1 Virtuálna a rozšírená realita

Úlohou v priemysle je navrhnuť a implementovať integrovanú Systémy MR, ktoré by mohli zlepšiť výrobné procesy, ako aj vývoj produktov a procesov, čo vedie ku kratším dodacím lehotám, zníženým nákladom a zvýšenej kvalite. MR je v mnohých ohľadoch stále v ranom štádiu a existuje veľa technických obmedzení, ktoré treba riešiť (Soete et al.; 2015)

Okrem hardvéru existujú ďalšie výzvy, ktoré je potrebné riešiť, keď sú mobilné zariadenia v hre. Väčšina z nich súvisí s technikami počítačového videnia, ako je rozpoznanie prostredia bez markérov, dynamická registrácia a spracovanie v reálnom čase. Využitie virtuálnej a hlavne rozšírenej reality v riadiacich systémoch je stále v začiatkoch.

3 Distribuované riadiace systémy

Distribuovaný riadiaci systém (DCS) je digitálny riadiaci systém pre proces alebo zariadenie, v ktorom sú regulátory a jednotlivé moduly systému distribuované na rôznych lokalitách. Pri väčšom počte regulačných obvodov je DCS ekonomicky výhodnejší.

Jednotlivé regulátory a hierarchie regulátorov sú v DCS prepojené komunikačnými sieťami, ktoré sú zároveň prepojené s centrálnym grafickým rozhraním no takisto môžu byť ovládané jednotlivo na jednotlivých stanovištiach pri regulátore. Tieto komunikačné siete bývajú postavené na proprietárnych ako aj otvorených komunikačných protokoloch. DCS podporujú taktiež komunikačné zbernice ako napríklad

Fieldbus, PROFIBUS, HART alebo Modbus, cez ktoré tečú informačné toky vstupných a výstupných signálov, údajov, správ a chybových hlásení.

4 Monitorovanie a zber dát

Za účelom monitorovania a riadenia procesu je možné použiť rôzne meracie systémy na poskytnutie spätnej väzby operátorovi alebo priamo existujúcemu systému na automatizované riadenie. Tieto merania môžu byť priame alebo nepriame, ako aj s časovým oneskorením alebo bez neho Widlund et al. (1998).

Senzory

Na výrobných linkách sa môže vykonať veľké množstvo meraní. Senzor zariadenia môže snímať veľa meraní vrátane tlaku, prietoku, hustoty, kyslosti, rýchlosti, rýchlosti, napätia, teploty a hmotnosti.

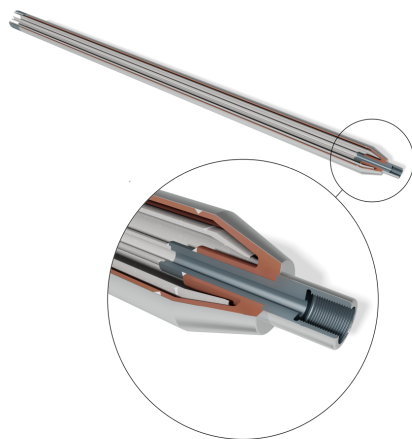
Senzory môžu tiež zistiť, či došlo k operácii, ako je plnenie fľaše, či bol dosiahnutý správny tlak alebo či bola dosiahnutá určitá teplota.

Na výrobných linkách existuje veľa senzorov, ktoré spadajú do niektorých rôznych oblastí, ako sú tlakové senzory, prietokomery, silové senzory a teplotné senzory.

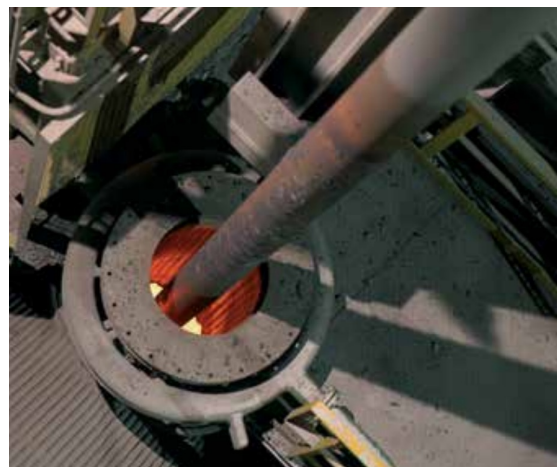
Nepriame meranie

Priame meranie

Odberná sonda je dôležitým nástrojom pri výrobe ocele LD procesom. Poskytuje operátorovi cenné informácie o procese tavby akými sú teplota taveniny a jej zloženie. Zavádza sa automatizovane do vnútra konvertora cez bočný otvor kým je teleso konvertora v zvislej polohe, a to 2-krát počas tavby bez nutnosti jej prerušenia. Prvé zavedenie sondy zväčša býva po vyfúkaní 90% objemu kyslíka vyčleneného pre danú tavbu, kedy sa meria teplota, objem uhlíka, zloženie trosky, výška ocelového kúpeľa a úrovně trosky. Druhé zavedenie sa uskutočňuje po procese fúkania.



(a) Odberná sonda od Berry Metal Company (Berry Metal; 2020).



(b) Odber vzorky taveniny odbernou sondou v praxi.

Obr. 4 – 1: Odberná sonda.

Moderné konvertory prevádzkujú merania odbernými sondami v spojení s kombinovaným statickým a dynamickým modelom riadenia procesu (SDM). Informácie získané z odbernej sondy sú ďalej spracované riadiacim systémom, ktorého optimalizačný model sa v konečnom dôsledku snaží o zvýšenie produkcie a dosiahnutie požadovaných vlastností ocele.

5 Spracovanie dát

6 Uchovanie dát

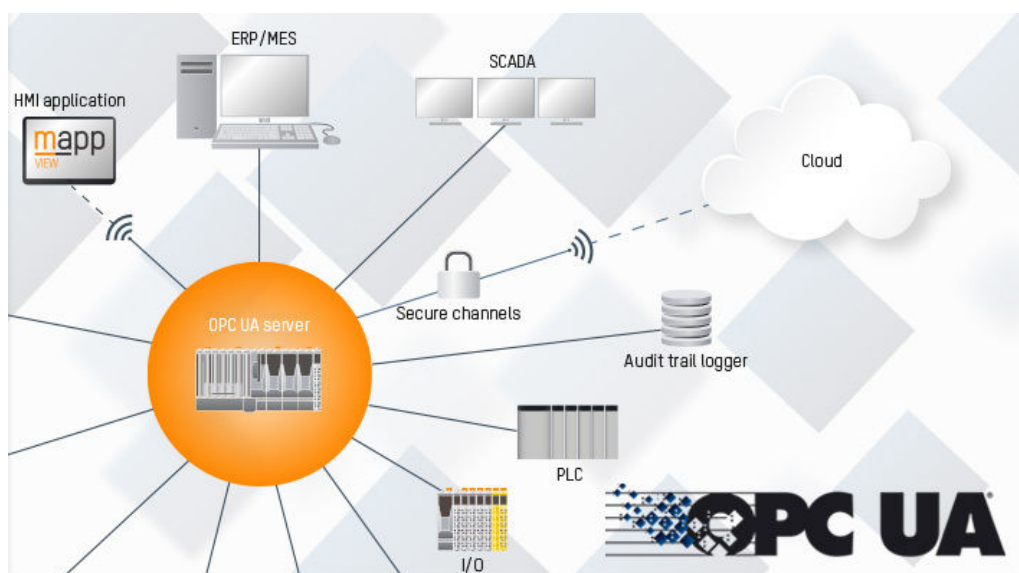
7 Komunikačné protokoly

OPC - Object Linking and Embedding for Process Control

priemyselné konzorcium OPC Foundation vytvára a udržiava viacero štandardov pre otvorené pripojenie zariadení a systémov priemyselnej automatizácie, ako sú priemyselné riadiace systémy a riadenie procesov všeobecne

7.1 OPC UA

OPC Unified Architecture (OPC UA) je komunikačný protokol nezávislý od dodávateľa pre aplikácie priemyselnej automatizácie. Je založený na princípe klient-server a umožňuje plynulú komunikáciu z jednotlivých senzorov a akčných členov až do ERP systému alebo cloudu. Protokol je nezávislý od platformy a má zabudované bezpečnostné mechanizmy. Pretože OPC UA je flexibilný a úplne nezávislý, považuje sa za ideálny komunikačný protokol pre implementáciu Industry 4.0.

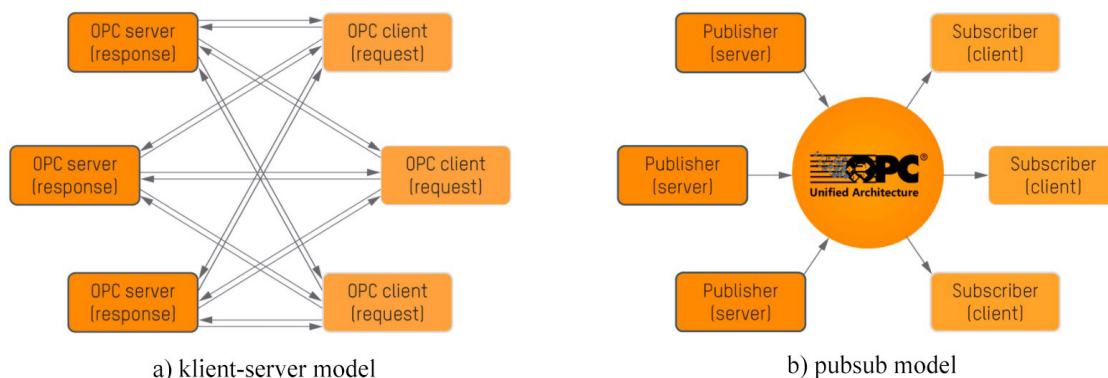


Obr. 7 – 1: Grafická reprezentácia architektúry komunikačného protokolu OPC UA, zdroj: B&R Automation.

OPC UA premostňuje priepasť medzi svetom IT založeným na IP a výrobnou úrovňou. Rozhrania, brány a súvisiaca strata informácií sú minulosťou, pretože všetky údaje o výrobných procesoch sa prenášajú prostredníctvom jediného protokolu - v stroji, medzi strojmi alebo medzi strojom a databázou cloud. OPC UA eliminuje potrebu tradičných systémov priemyselnej zbernice na úrovni výroby (B&R Automation; 2020).

Pokiaľ ide o zložité aplikácie, ako sú bezpečnosť, riadenie pohybu a komunikácia v reálnom čase, OPC UA má však svoje obmedzenia. Od rozšírenia o model publi-

kovania a prihlásenia na odber (pub / sub) a štandardu Ethernet citlivého na čas (TSN) je OPC UA teraz schopná komunikovať v reálnom čase.






Obr. 7 – 2: Rozdiel medzi architektúrou klient/server a publish/subscribe (počúvanie zmien po ju), zdroj: B&R Automation.

7.2 MTConnect

Priemyselné systémy tvorí množstvo zariadení, často od rôznych výrobcov s rôznymi konkurenčnými výhodami. Od integrácie hardvéru do uceleného riešenia výrobných systémov vo výrobných podnikoch je v súčasnosti neoddeliteľná aj časť implementácie softvérovej nadstavby. Práve schopnosť adaptovateľnosti softvéru ako informačného systému pre podporu riadenia výrobných procesov podniku udáva, do akej miery je možné architektúru systému škálovať. Táto schopnosť v priemysle závisí vo vysokej miere na štandardoch. Súčasne dostupné softvérové riešenie preto využívajú štandardizáciu údajov a dát zo zariadení, pričom počítajú s tým, že každý výrobca môže označovať tieto dáta inak.

Norma MTConnect (ANSI/MTC1.4-2018) štandardizuje údaje a dáta výrobných zariadení naprieč rôznymi výrobcami. Ponúka sémantickú slovnú zásobu pre výrobné zariadenia na poskytovanie štruktúrovaných, kontextualizovaných údajov bez proprietárneho formátu.

	Brand X	Brand Y	MTConnect ANSI/MTC1.4-2018
	exec position tool_number	EXECUTION:STATE POSTION:ABS TOOL:POT_NO	Execution Position ToolNumber
	part_ct path_feed_ovr pgm_name	COUNT:PART OVERRIDE:PATH_FEED PROGRAM:NAME	PartCount PathFeedrateOverride Program
	estop rotary_speed motion_mode	SAFETY:READY VELOCITY MOTION:MODE	EmergencyStop RotaryVelocity ControllerMode
	+100s of standard terms +unlimited extension tags

Obr. 7–3: Tabuľka s ukážkou sémantickej výbavy normy MTConnect, zdroj: mt-connect.org.

MTConnect poskytuje doménovo-spezifickú slovnú zásobu a dátové modely, je rozširiteľný a je ho možné kombinovať s inými štandardmi. Vďaka jednotným údajom sa vývojári a integrátori môžu sústrediť skôr na užitočné produktívne výrobné aplikácie než na preklady premenných. MTConnect ale nie je softvér; je to štandard, ktorý definuje dátové štítky a správanie sa softvérového agenta (časti informačného systému pre správu dát). Zdroje údajov zahŕňajú obrábacie stroje, výrobné zariadenia, senzory s ich ovládačmi a ďalší hardvér výrobcu. Aplikácie, ktoré spotrebúvajú údaje MTConnect, poskytujú efektívnejšie operácie a zlepšenú optimalizáciu výroby, čoho výsledkom je zvýšenie produktivity.

Za viac ako 10 rokov od prvého vydania tejto normy sa jej používanie rozšírilo na viac ako 50 000 zariadení od vyše 300 výrobcov vo viac ako 50 krajinách; existuje cez 1000 softvérových riešení implementujúcich túto normu.

7.3 OMG DDS

Služba distribúcie údajov (DDS) je middlewarový protokol a štandard API pre konektivitu zameranú na údaje z Object Management Group (OMG). Integruje

komponenty systému dohromady a poskytuje dátové pripojenie s nízkou latenciou, extrémnu spoľahlivosť a škálovateľnú architektúru, ktorú potrebujú obchodné a kritické aplikácie internetu vecí (IoT).

V distribuovanom systéme je middleware softvérová vrstva, ktorá leží medzi operačným systémom a aplikáciami. Umožňuje rôznym komponentom systému ľahšiu komunikáciu a zdieľanie údajov. Zjednodušuje sa vývoj distribuovaných systémov tým, že sa vývojári softvéru môžu zamerať skôr na konkrétny účel svojich aplikácií než na mechaniku prenosu informácií medzi aplikáciami a systémami (DDS Foundation; 2020).

8 Procesy v kyslíkovom konvertore

Kyslíkový konvertor alebo v niektorých oblastiach sveta nazývaný aj základná kyslíková pec (basic oxygen furnace - BOF) pozostáva z radu komplexných procesov s nebezpečnými vlastnosťami, napríklad z dôvodu vysokej teploty, prachu a vibrácií. V konvertore prebieha množstvo chemických reakcií a fyzikálnych javov, medzi ktorými sa nájdu aj také, ktorým úplne nerozumieme z dôvodu ich komplexnosti.

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. LD proces sa skladá z nasledujúcich elementárnych procesov:

1. Vsádzanie šrotu
2. Nalievanie tekutého surového železa
3. Fúkanie kyslíka a pridávanie troskotvorných a legujúcich prísad
4. Meranie teploty a zloženia ocele
5. Odpich ocele

6. Odpich trosky

V moderných oceliarnach sa vyrobí cca 300t ocele v priebehu 30-40 minútového cyklu. Pre prispôsobenie akosti ocele a tvorbu trosky sa počas pochodu pridávajú rozličné prísady. Počas vsádzania a odpichu je konvertorová pec naklonená. Počas fúkania kyslíka má konvertor zvislú polohu.

V závislosti od miestnych prevádzkových podmienok, dostupnosti šrotu, vysokopecného železa a rozsahu predúpravy, je kovová vsádzka do konvertora (LD/BOF, Q-BOP) tvorená 75 až 95 % surovým železom a zvyšok je oceľový šrot. Používané druhy šrotu sú zvyčajne tie, ktoré sa vyrábajú v oceliarni: šrot z plechu, poškodené formy, plechovky a podobne Turkdogan (1996).

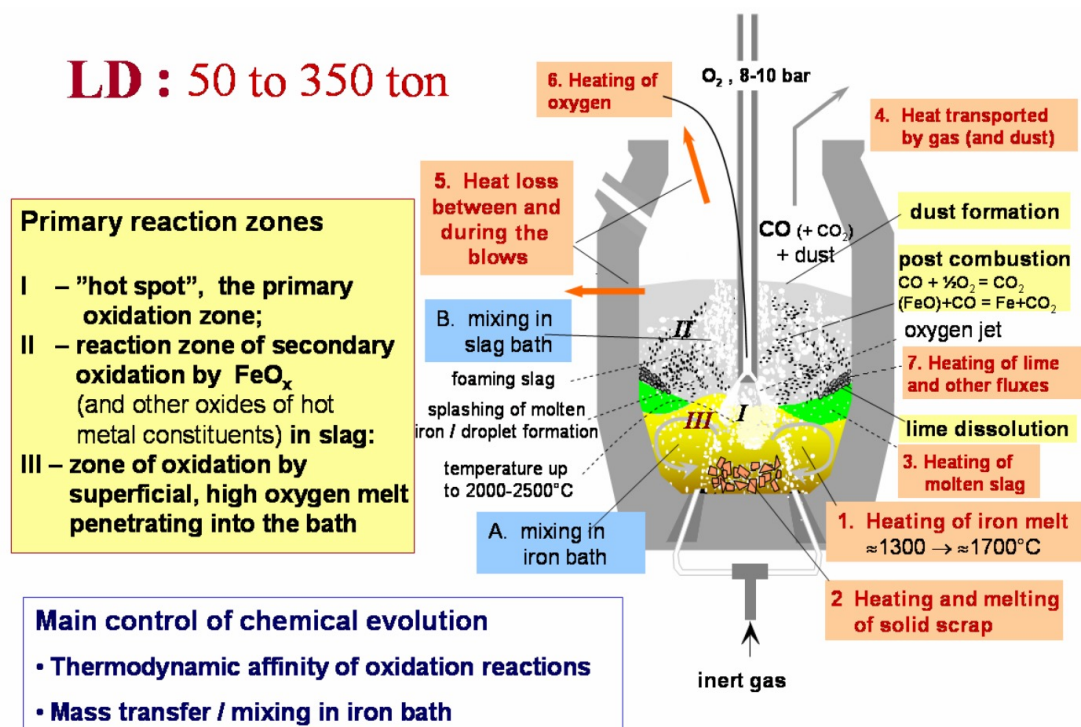
Kyslík je fúkaný vysokou rýchlosťou (až do dvojnásobnej rýchlosti zvuku) na povrch kovového kúpeľa v konvertore a v oblasti povrchu sa vytvára tzv. horúce miesto, kde prúd kyslíka naráža na povrch. Oxidačné produkty sa rozpustia v troske s výnimkou oxidu uhoľnatého, ktorý prechádza vrstvou trosky a tvorí hlavnú zložku konvertovaného plynu. Intenzita oxidácie jednotlivých prvkov závisí od ich chemickej afinity ku kyslíku. Oxidácia uhlíka je jedným z najdôležitejších procesov.

9 Riadenie procesov v kyslíkovom konvertore

Keďže cieľom výroby ocele v kyslíkových konvertoroch je spálenie (tzv. oxidácia) nežiadúcich nečistôt obsiahnutých v kovovej vsádzke, účelom tohto oxidačného procesu teda je:

- znížiť obsah uhlíka na predpísanú úroveň (z približne 4 % na menej ako 1 %, ale často nižšie),
- upraviť obsah potrebných cudzích prvkov,
- odstrániť nežiadúce nečistoty v maximálne možnej miere.

Následnou úlohou riadiaceho procesu je potom získanie predpísaných parametrov



Obr. 8–1: Grafické znázornenie chemických a termodynamických procesov v LD konvertore (Jalkanen; 2006).

oceľ, ktorá sa odpichuje z konvertora, vrátane hmotnosti, teploty a obsahu každého prvku. Na základe týchto parametrov sa rozhoduje o tom, či je roztavená oceľ prijateľná alebo nie.

Počítačom podporované výpočty vsádzky sa robia pre každú tavbu. Asi 80 percent modelu riadenia vsádzky je založený na rovnováhe tepla a materiálu, zvyšok je založený na empirických vzťahoch, ktoré sa medzi jednotlivými taviarňami líšia. Pretože každá oceliarená má svoju vlastnú formuláciu modelu riadenia vsádzky Turkdogan (1996).

Literatúra

Al-Megren, S. and Ruddle, R. A. (2016). Comparing Tangible and Multi-touch Interaction for Interactive Data Visualization Tasks, *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction - TEI '16* pp. 279–286.

URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2839462.2839464>

Berry Metal (2020). Sublance product overview.

URL: <https://www.berrymetal.com/products-services/bof-products/sublances/>

B&R Automation (2020). Opc ua.

URL: <https://www.br-automation.com/en-us/technologies/opc-ua-for-motion-control-safety-and-real-time-applications/>

DDS Foundation (2020). Data distribution service.

URL: <https://www.dds-foundation.org/>

Jalkanen, H. (2006). Experiences in physicochemical modelling of oxygen converter process (BOF), *2006 TMS Fall Extraction and Processing Division: Sohn International Symposium* **2**: 541–554.

Soete, N., Claeys, A., Hoedt, S., Mahy, B. and Cottyn, J. (2015). Towards Mixed Reality in SCADA Applications, *IFAC-PapersOnLine* **48**(3): 2417–2422.

URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405896315006898>

Turkdogan, E. T. (1996). *Fundamentals of Steelmaking*, The Institute of Materials, London.

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>

Widlund, D., Medvedev, A. and Gyllenram, R. (1998). Towards Model-Based Closed-Loop Control of the Basic Oxygen Steelmaking Process, *IFAC Proceedings Volumes* **31**(23): 69–74.

URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)35858-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1474-6670(17)35858-5)