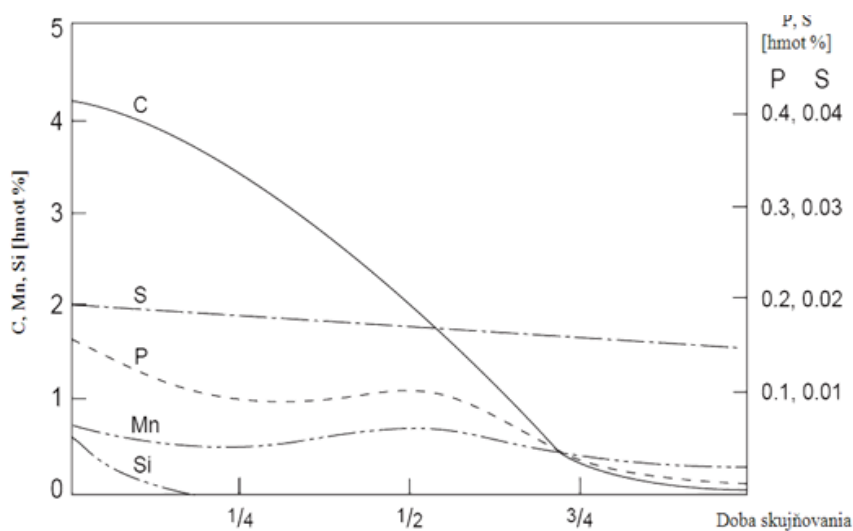


## Výroba ocele v KK.



Oceľ je zliatina železa s uhlíkom a legovacích prvkov (mangán, chróm, volfrám, kremík a iné). Obsah uhlíka v oceli je nižší ako je jeho maximálna rozpustnosť v austenite, čo je 2,14%. **Oceľ** sa môže vyrábať v rámci integrovanej výroby v **kyslíkovom konvertore** (KK), kedy sa oxiduje vsádzka majoritne zložená z tekutého surového železa a minoritne z oceľového šrotu. Ku znižovaniu prímiesových prvkov v KK dochádza ich oxidáciou, čiže reakciou s fúkaným kyslíkom. Hovoríme tomu vyhorenie prvkov. Oxidy týchto prvkov prechádzajú do trosky alebo odchádzajú vo forme plynov.

Intenzita oxidácie jednotlivých prvkov nie je rovnaká, pretože závisí od ich chemickej afinity ku kyslíku, stability vzniknutého oxidu a od koncentrácie daného prvku v kove. Vyhorenie prvkov v KK je znázornené na *obr.1*.



*Obr.1* Priebeh vyhorenia prvkov v kyslíkovom konvertore

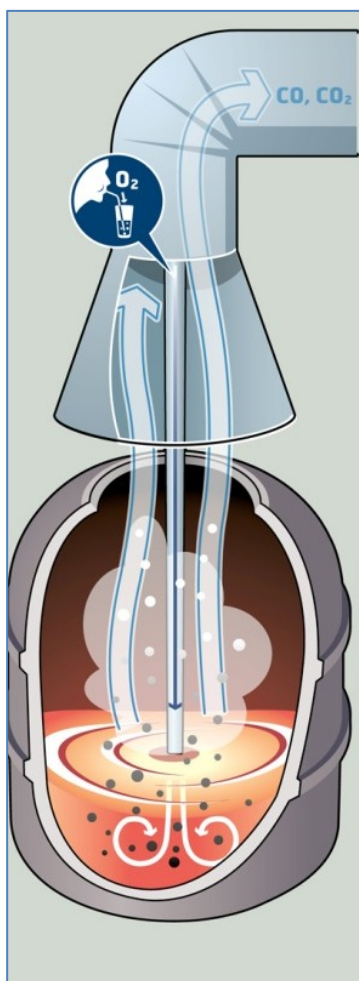
## Oxidácia uhlíka:

Pri výrobe ocele je oxidácia uhlíka jeden z najdôležitejších chemických procesov. Uhlík sa do vsádzky KK dostáva najmä zo surového železa, čiastočne aj z ocelového odpadu. Pri spracovaní surového železa v ktoromkoľvek oceliarskom agregáte musí dochádzať ku znižovaniu obsahu uhlíka.

Uhlík sa v kove počas spracovania pri teplote oceliarskych pochodov oxiduje vplyvom kyslíka rozpusteného v kove najmä na CO a čiastočne aj na CO<sub>2</sub> podľa reakcií (1) a (2).



Plynný produkt týchto reakcií odchádza z roztaveného kovového kúpeľa vo forme bublín, čo spôsobuje takzvaný **var**. Tento var má za následok premiešavanie a homogenizáciu roztaveného kovu, *obr.2*.



Obr.2 Fúkanie kyslíka a var ocele

Vzniknuté bubliny so sebou strhávajú tuhé nečistoty z taveniny. Okrem oxidácie uhlíka prebiehajú pri výrobe ocele aj ďalšie oxidačné reakcie, napr. oxidácia mangánu, kremíka, fosforu a síry. Všetky uvedené reakcie sú exotermické.

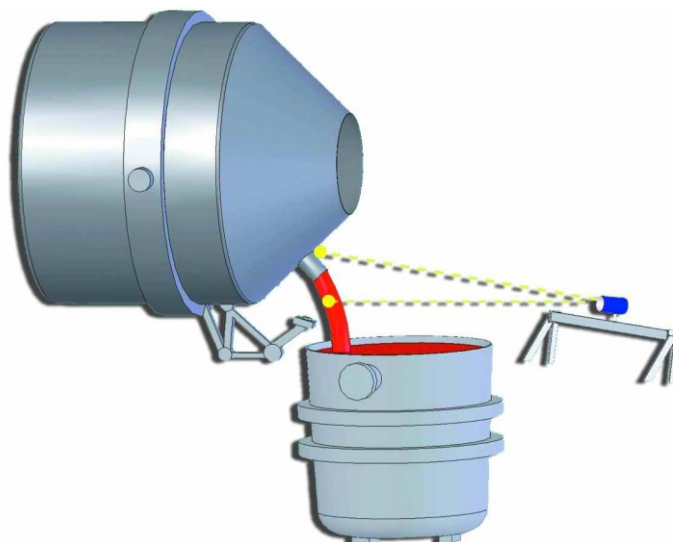
### Tvorba trosky v kyslíkovom konvertore:

Troska sa vo všeobecnosti skladá z troskotvorných prísad, oxidov výmurovky a tzv. splodín z rafinácie kovu (z oxidačných reakcií). Má viacero úloh – izolovať hladinu kovu od atmosféry, tepelne izolovať hladinu kovu, pohlcovať a viazať škodlivé prímеси odstránené z ocele.

**Tvorba trosky** je zložitým procesom skladajúcim sa z týchto etáp:

1. ohrev kusových materiálov – troskotvorných prísad,
2. tvorba prvotnej železitej a železito kremičitanovej ľahkotaviteľnej trosky,
3. oxidácia a prechod nežiaducich prvkov z kovu do trosky,
4. tavenie ťažkotaviteľných zložiek trosky,
5. nasýtenie trosky zásaditými oxidmi a zvyšovanie jej teploty až po jej odpich.

Teplota trosky v KK je pred odpichom cca 1640 – 1720 °C, preto je potrebné zabezpečiť jej oddelenie od tekutej ocele. V súčasnosti sa pri odpichu používajú inteligentné systémy monitorovania (napr. pomocou infračerveného žiarenia) a následného stopnutia odpichu ocele, v momente, keď tečie aj tekutá troska, *obr.3*.



*Obr.3 Monitorovanie tekutej ocele pri odpichu*

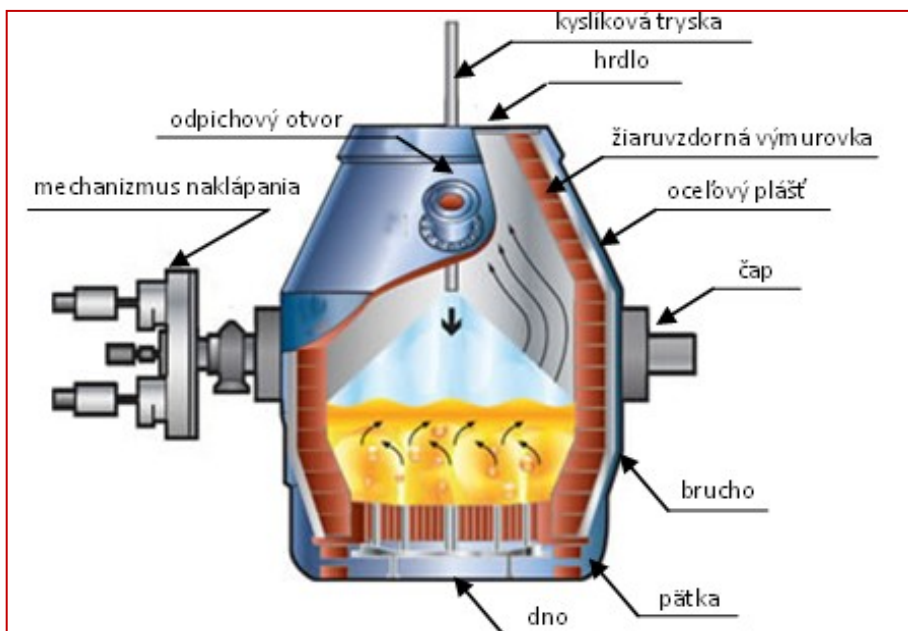
## Konvertorový plyn:

Počas skujňovania surového železa dochádza ku vzniku veľkého množstva plynov, ktorých zloženie aj množstvo sa mení počas celej doby tavby. Plyn obsahuje najmä CO (50 - 90%) a CO<sub>2</sub> (10 - 40%), ďalšími zložkami sú dusík a kyslík. Množstvo vznikajúcich plynov je približne rovné dvojnásobku množstvu fúkaného kyslíka. Teplota odchádzajúcich plynov sa pohybuje v rozsahu 1400 až 1800°C. Plyn odchádzajúci z konvertora so sebou strháva aj tuhé častice kovu a trosky, ktoré obsahujú aj oxidy ťažkých kovov. Plyn je po ochladení čistený od týchto tuhých častíc buď mokrou alebo suchou cestou čím vzniká konvertorový kal alebo prach. Konvertorový plyn je možné buď dospaľovať priamo za konvertorom v odsávacom trakte, alebo je možné ho zachytávať a používať ako palivo. Konvertorový plyn má nestále chemické zloženie a nízku výhrevnosť, preto je jeho použitie ako paliva značne obmedzené.

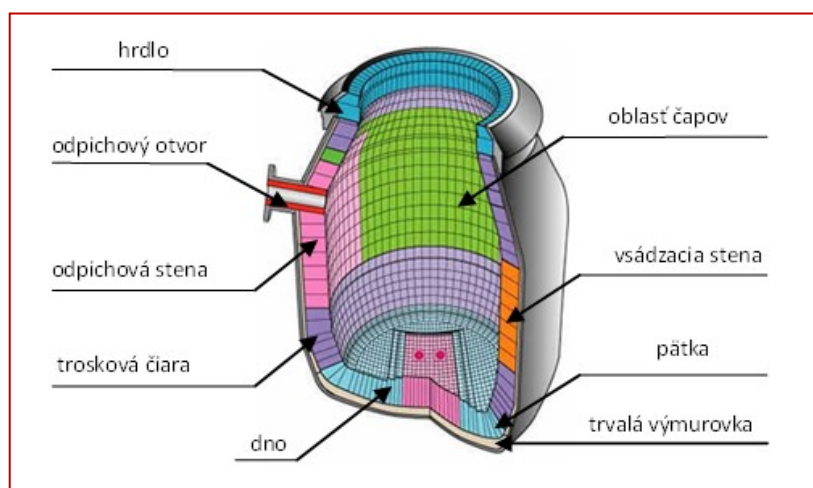
## Konštrukcia KK:

Kyslíkový konvertor je nádoba so zúženým hrdlom a dnom ktorá má oceľový plášť. Z vnútornej strany má žiaruvzdornú výmurovku. Na oceľový plášť sú z vonkajšej strany pripevnené čapy, ktoré umožňujú naklápanie konvertora na obidve strany. Základné časti KK sú na *obr. 4*. Pomer objemu konvertora voči objemu kovového kúpeľa je okolo 1:4. Umiestnenie, tvar a sklon odpichového otvoru umožňujú zamedzenie prieniku konvertorovej trosky do panvy.

Výmurovka konvertora je vystavená vysokým teplotám, mechanickému opotrebeniu najmä počas vsádzania oceľového odpadu a tiež teplotným zmenám pri jednotlivých cykloch. V súčasnosti je najrozšírenejšie použitie magnéziouhlíkových stavív, čiže MgO – C s obsahom uhlíka 7 až 30%, kde je keramická väzba nahradená uhlíkovou, *obr.5*.



*Obr. 4 Rez kyslíkovým konvertorom*



*Obr. 5 Výmurovka kyslíkového konvertora*

### Technológia tavby v KK:

- 1) Vsádzanie: Na základe teploty a chemického zloženia surového železa, požadovanej kvality ocele a zásaditosti trosky a požadovanej odpichovej teploty sú matematickým modelom stanovené množstvá jednotlivých vsádzkových materiálov. KK sa naklopí a prevedie sa kontrola stavu žiaruvzdornej výmurovky. V prípade potreby sa urobí tzv. medzitavbová oprava, kedy sú opotrebené oblasti opravené torkrétovaním. Pomocou vsádzacích košov sa do KK vsadí oceľový odpad, najprv ľahký a potom ťažký kvôli zamedzeniu nárazov ťažkých kusov odpadu na výmurovku. Konvertor sa postaví do zvislej polohy čím sa vsadený odpad rovnomerne rozloží.

Konvertor sa opäť nakloní, aby sa do neho mohlo z liacej panvy naliať surové železo. Nalieva sa do  $\frac{1}{2}$  plánovaného množstva surového železa. Počas tohto procesu sa uvoľňuje značné množstvo plynov. Približne po dvoch minútach dochádza ku zníženiu vývinu plynov a môže byť naliata zvyšná časť surového železa.

- 2) Fúkanie kyslíka: Po spustení kyslíkovej trysky sa začne **fúkanie technicky čistého kyslíka** (obsah kyslíka 99,99 %). Fúkanie začína pri vyššej polohe trysky nad taveninou. Ocelový odpad sa rozpúšťa a poloha trysky sa znižuje. Na základe vypočítaných hodnôt, množstva, zloženia a teploty odchádzajúcich plynov z konvertora, jeho vibrácií a mnohých ďalších snímaných veličín je v priebehu tavby upravovaná intenzita fúkania kyslíka, výška trysky a doba tavby. Hovoríme tomu dynamický model riadenia tavby. V mieste dopadu kyslíka na hladinu vzniká primárna reakčná zóna s teplotou až 2500 °C.
- 3) Troskový režim: Pridávanie troskotvorných prísad sa robí v dvoch fázach. Ich množstvo závisí najmä od obsahu kremíka v surovom železe. Čím je jeho obsah vyšší, tým viac vápna bude nutné pridať aby bola dosiahnutá požadovaná bazicita trosky. Prvá dávka vápna a dolomitického vápna sa pridáva na začiatku fúkania, druhá dávka po vytvorení prvotnej trosky približne v 3. až 6. minúte fúkania.
- 4) Dohotovenie tavby a odpich: Fúkanie kyslíka sa preruší po nafúkaní vypočítaného množstva kyslíka ( $M \cdot m^{-3}$ ) a odoberie sa vzorka na rýchloanalýzu. Zároveň sa odmeria teplota. V prípade vysokej teploty ocele sa vrhodením ocelového odpadu, vápna, pokývaním konvertora teplota zníži. Ak je teplota ocele nižšia než požadovaná, robí sa dofuk. Ide o ďalšie fúkanie kyslíka v trvaní od niekoľkých sekúnd až po niekoľko minút. Po skončení tavby sa vytiahne kyslíková tryska, konvertor sa naklopí a robí sa odpich do liacej panvy. Počas odpichu sa robí tzv. zrážacia dezoxidácia väčšinou za pomoci hliníkových blokov, pričom sa využíva kinetická energia dopadajúcej ocele do panvy na premiešavanie. Zároveň je možné legovanie počas odpichu na spodnú hranicu predpísaného obsahu legúr pre oceľ.

## Súčasnú nové technológie vo výrobe ocele v kyslíkovom konvertore.

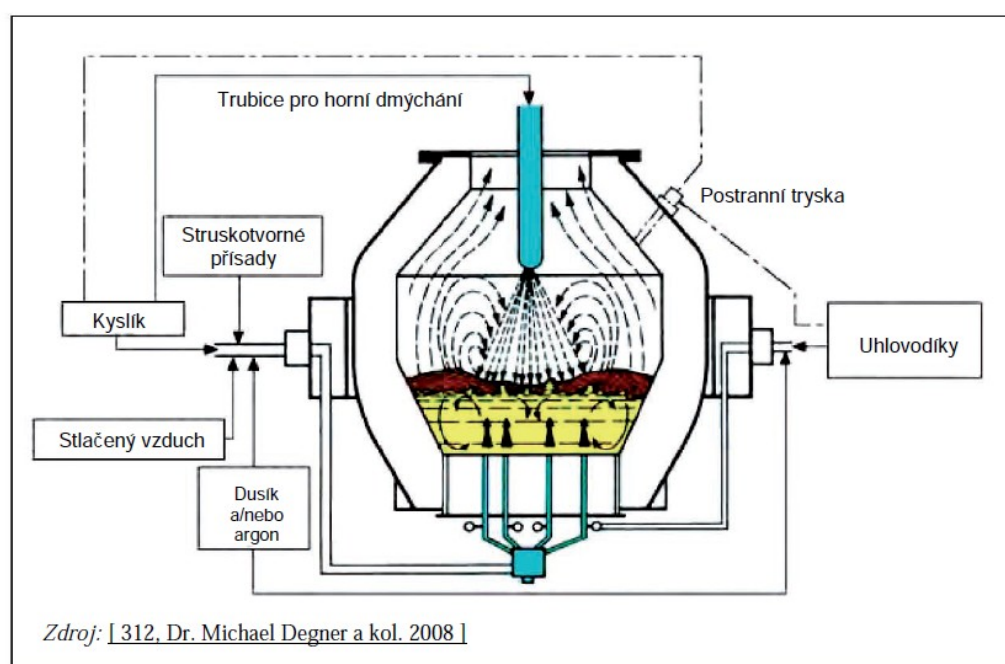
### 1. Redukcia prachu z predúpravy taveniny železa:

V priebehu troch krokov predúpravy taveniny surového železa, t. j. odsírenie, odtroškovanie, preprava s vážením taveniny, dochádza k vzniku prachových emisií. Medzi kľúčové opatrenia rekuperácie prachu patrí využitie veka panvy, riadené zavážanie odsírovacích činidiel, integrované operácie odtroškovania, využitie uzáverov so systémom odťahovania a inštalácia pohyblivých procesných dverí. Znečistenie odsávaných plynov predstavuje 10 000 mg/Nm<sup>3</sup> prachu.

Akonáhle je prach účinne odsávaný a následne vedený cez tkanivový filter, alebo ESP, je možné dosiahnuť emisie nižšie ako 10 mg/Nm<sup>3</sup>. Napr. v závode Voestalpine Stahl GmbH, Linec, dosahujú touto odprašovacou technológiou priemernú ročnú úroveň emisií prachu na úrovni 7,1 mg/Nm<sup>3</sup>.

### 2. Kombinované technológie fúkania kyslíka a inertných plynov:

Tieto technológie využívajú intenzifikačné systémy, pomocou ktorých sa injektuje zo spodu argón alebo dusík. Výsledkom je intenzívnejšia cirkulácia taveniny a zvýšenie kinetiky reakcie kyslíka s taveninou, *obr.6*.



Obr. 6 Schéma systému kombinovaného fúkania kyslíka a inertných plynov

### 3. Úprava vody z mokrého odprášenía:

Vo väčšine zariadení sa pre výrobu ocelí pre redukcii emisií z prúdenia primárneho – konvertorového plynu používajú pračky. Týmto sa potenciálne prenášajú škodliviny zo vzduchu do vody, takže odpadná voda musí byť pred vypúšťaním recyklovaná a upravovaná. Voda z pračiek obsahuje predovšetkým rozptýlené tuhé častice, hlavne ťažké kovy zinok a olovo. Veľkú časť nerozpustených látok v okruhu vody pračky je možné odstrániť hydrocyklonážou a /alebo odlučovaním. Po úprave pH je možné recyklovať väčšinu vody.

Týmto opatrením sa zvýši recirkulácia pracej vody. Vysoký stupeň recirkulácie je možné dosiahnuť pomocou dvojstupňového sedimentačného procesu v toku pracej vody, injektovaním oxidu uhličitého pred druhým stupňom sedimentácie s cieľom intenzifikovať zlučovanie uhličitanov. Injektovanie CO<sub>2</sub> je však možné iba v systémoch využívajúcich potlačené spaľovanie. Kal, ktorý vzniká pri tejto technologickej operácii, je nutné upraviť sedimentáciou a filtráciou.

Ďalšie emisné zaťaženie životného prostredia je možné dosiahnuť pomocou nasledujúcich techník:

- rekuperácia energie z konvertorového plynu,
- zvýšenie energetickej účinnosti v oceliarni pomocou automatizácie,
- takmer čisté tvarové odlievacie pásy,
- recyklácia konvertorovej trosky ako taviace činidlo pri výrobe ocele v EOP.

Na nasledujúcej stránke je kompletný súbor pre najlepšie techniky využívané v metalurgických technológiách výroby železa a ocele.

<http://www.ippc.cz/dokumenty/DF0475/preklad/bref-zelezo-final-v2>