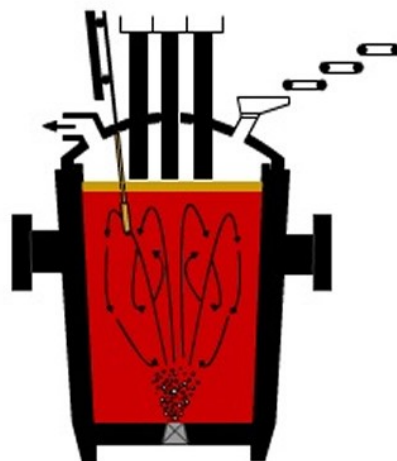


Mimopecné spracovanie ocele (MPO).



Dôvodom zavedenia mimopecného spracovania ocele bolo oddelenie technologického postupu výroby ocele vo výrobnom agregáte (KK, alebo EOP) od etáp úpravy ocele.

Výhody MPO sú:

- úspora času spracovania ocele vo výrobnom agregáte,
- zjednodušenie výrobných postupov rozdelením na jednotlivé etapy, možnosť špecializácie jednotlivých výrobných postupov,
- možnosť implementácie viacerých výrobných postupov do jedného zariadenia,
- zníženie výrobných nákladov.

Rozdelenie MPO podľa postupov:

- dezoxidácia,
- legovanie,
- tepelná a chemická homogenizácia ocele,
- odplynenie ocele (zníženie obsahu N_2 , H_2),
- zníženie obsahu sprievodných prvkov (Cu, Cr, Pb, As, Sb),
- odsírovanie,

Dezoxidácia ocele:

Rozpustnosť kyslíka v oceli klesá s teplotou, čiže pri odlievaní nedezoxidovanej ocele by dochádzalo počas jej tuhnutia ku tvorbe bubliniek kyslíka, ktoré by už nestihli vyplávať. Ďalším dôvodom pre dezoxidáciu ocele je legovanie ocele prvkami s vysokou afinitou ku kyslíku. V nedezoxidovanej oceli by vznikali tzv. **prepal legúr**, ktoré by zreagovali s kyslíkom a neplnili by v oceli svoju funkciu.

Zrážacia dezoxidácia:

Realizuje sa väčšinou pri odpichu ocele z KK alebo z EOP. Na dno panvy sa pridá časť dezoxidačných činidiel a zvyšná časť sa pridá počas odpichu ocele. Výhodou tohto spôsobu je využitie kinetickej energie prúdu ocele na premiešavanie a tým aj rýchle a efektívne využitie dezoxidovadiel prudkým zrazením obsahu kyslíka v oceli. Pri zrážacej dezoxidácii sa používajú najmä hliníkové bloky, ktorých potrebné množstvo sa stanoví na základe aktivity kyslíka v oceli pred odpichom. Všeobecná rovnica zrážacej dezoxidácie je popísaná reakciou (1). Príklad chemickej reakcie zrážacej dezoxidácie hliníkom popisuje rovnica (2).



Nevýhodou zrážacej dezoxidácie je tvorba dezoxidačných splodín, inklúzií, ktorých časť môže zostať v oceli vo forme oxidov, napr. Al_2O_3 ktoré negatívne ovplyvňujú vlastnosti ocele.

Difúzna dezoxidácia:

Difúzna dezoxidácia ocele využíva to, že nemiešateľné fázy – troska a kov si môžu navzájom vymieňať častice (ióny, atómy a molekuly) rozpustné v oboch fázach. Výhoda tohto spôsobu spočíva v tom, že zníženie aktivity kyslíka v kovovom kúpeli nie je sprevádzané tvorbou dezoxidačných splodín. Všeobecne to popisuje reakcia (3):



Podľa iónovej teórie sa dá napísať:



Vákuová dezoxidácia:

Dezoxidačná schopnosť uhlíka vo vákuu rastie a preto uhlík vystupuje ako silné dezoxidovadlo. Produktom sú plynné dezoxidačné splodiny. Z rovnice (5) vyplýva, že aktivita kyslíka v kove je pri danej aktivite uhlíka určená parciálnym tlakom oxidu uhoľnatého.

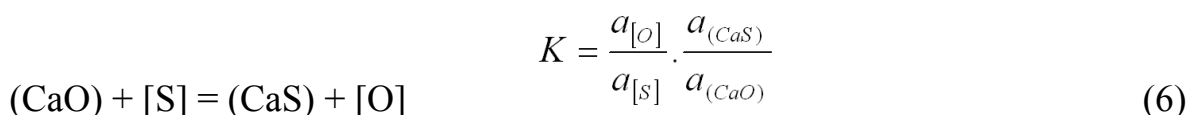
$$[\%C] + [\%O] = \{CO\} \quad a_{[O]} = \frac{P_{\{CO\}}}{K \cdot a_{[C]}} \quad (5)$$

Znižovaním tlaku prebieha reakcia smerom doprava. Teda so znižujúcim sa tlakom výrazne rastie dezoxidačná schopnosť uhlíka, ktorá je pri veľmi nízkych tlakoch vyššia než dezoxidačná schopnosť kremíka a hliníka.

Odsírenie ocele v panve:

Správanie sa síry v tavenine železa je podobné správaniu sa kyslíka. Síra a kyslík, ako nečistoty v oceli sú tiež nazývané metaloidy. Sú schopné vytvárať zlúčeniny so železom už pri relatívne nízkych obsahoch.

Základnou odsirovacou zložkou panvových trosiek je oxid vápenatý. Na základe toho je možné definovať základný proces odsírenia reakciou (6):



Vo všeobecnosti je možné sformulovať podmienky pre rýchle a hlboké odsírenie ocele následovne :

- pre odsírenie je nevyhnutné vytvorenie trosky s vysokou sulfidickou kapacitou,
- obsah kyslíka musí byť nižší než 4ppm – hlboko dezoxidovaná oceľ,
- pri vyššej teplote taveniny prebieha odsírenie rýchlejšie,
- prísun čerstvých reagentov na reakčné rozhranie kov – troska intenzívnym miešaním taveniny.

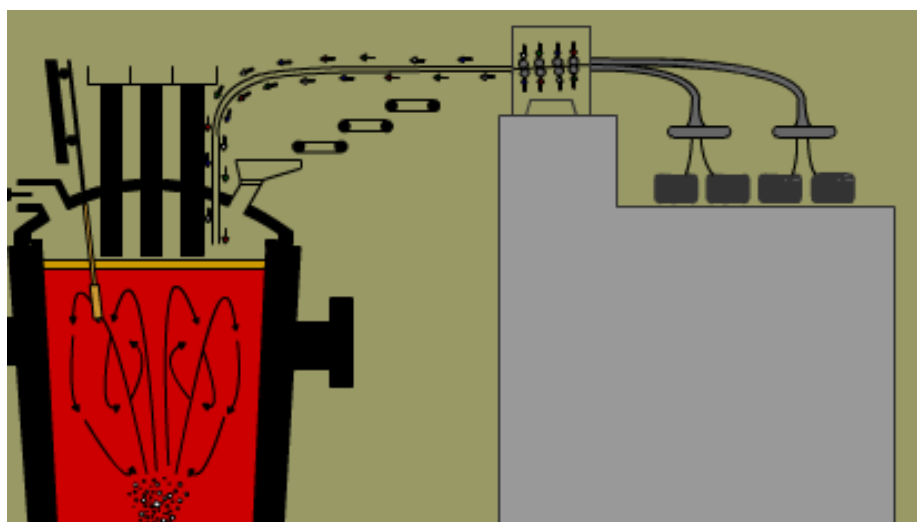
Legovanie ocele:

Prvky (Ti, W, Cr, Mo, Ti, atď), ktorých prídavkom vieme meniť najmä mechanické vlastnosti ocele nazývame legovacie prvky. Legovanie ocele sa realizuje v panve pridávaním legúr. Legúry je možné rozdeliť na 3 základné skupiny podľa afinity ku kyslíku:

- prvky plne oxidujúce – (napr. Ca, Zr, Al, Ti, Si) je možné legovať až po úplnej dezoxidácii ocele,
- prvky čiastočne oxidujúce (napr. C, Mn, Nb, S, P) sa legujú až po dezoxidácii ocele,
- prvky neoxidujúce (napr. Cu, Ni) je možné legovať aj pred dezoxidáciou ocele.

Injektáž plnených profilov:

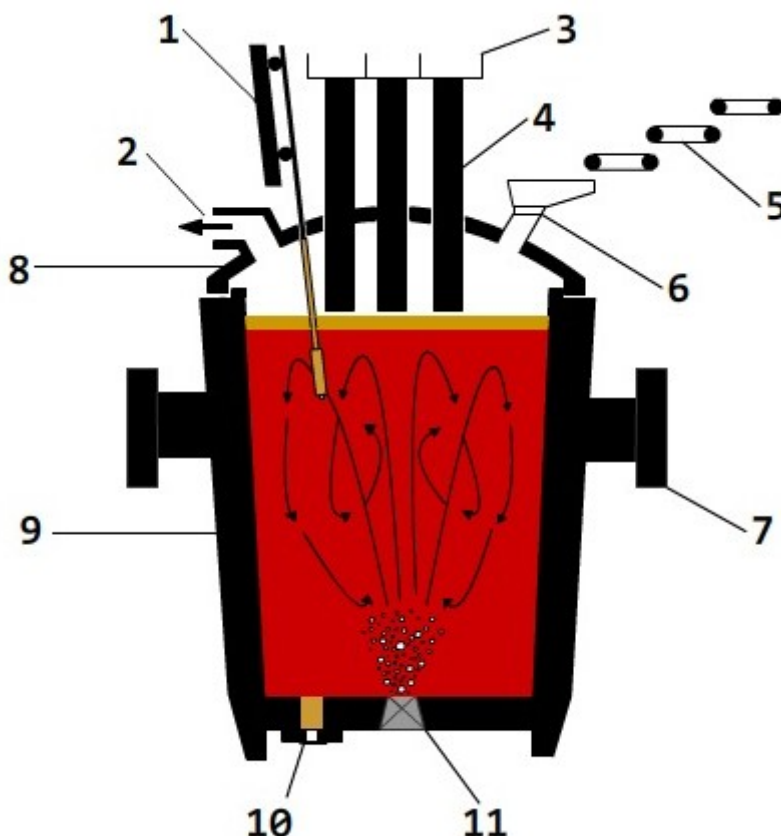
Modernou technológiou legovania ocele je injektáž plnených profilov do panvy. Týmto spôsobom sa dosahuje vysoká výtlačnosť legúr, veľmi presné dávkovanie a dokonalejšie rozpúšťanie. Používa sa dutý oceľový profil z tenkého plechu, ktorý je naplnený požadovanou prachovou zmesou. Moderné zariadenia sú schopné injektovať do taveniny naraz až 4 typy plnených profilov za súčasného miešania ocele inertným plynom (*obr.1*).



Obr. 1 Zariadenie na injektáž plnených profilov

Panvová pec:

Panvová pec je zariadenie na mimopecné spracovanie ocele ktoré v sebe spája viacero technológií súčasne. Slúži na úpravu teploty ocele elektrickým ohrevom, dezoxidáciu, odsírenie, legovanie, miešanie a rafináciu ocele od inklúzií. Skladá sa z veka a elektród, zariadenia na injektáž plnených profilov, dávkovača pridávanie kusových prísad, prípadne prachových za pomoci trysky. Do dna panvy sa privádza inertný plyn (*obr.2*).



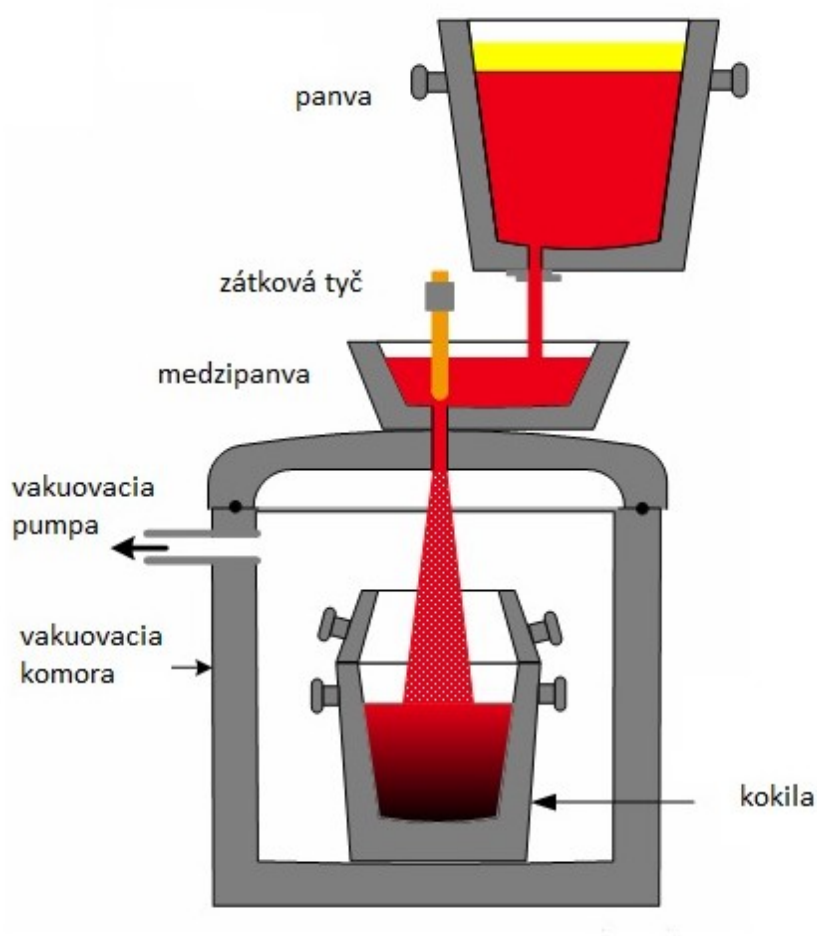
Obr. 2 Pánvová pec v rámci mimopecného spracovania ocele

- 1) manipulátor na odber vzoriek a meranie teploty,
- 2) potrubie na odsávanie spalín,
- 3) držiaky elektród, 4) elektródy,
- 5) pásový dopravník, 6) zavážací zásobník,
- 7) čapy na uchytienie panvy žeriavom, 8) veko,
- 9) liaca panva s oceľou,
- 10) šupátkový uzáver,
- 11) porézna tvárnica na prebublávanie argónom

Spôsoby mimopecného spracovania ocele:

1. Lti SD (Ladle to Ingot Streaming Degassing) – Vakuovanie pri liati z panvy do kokily:

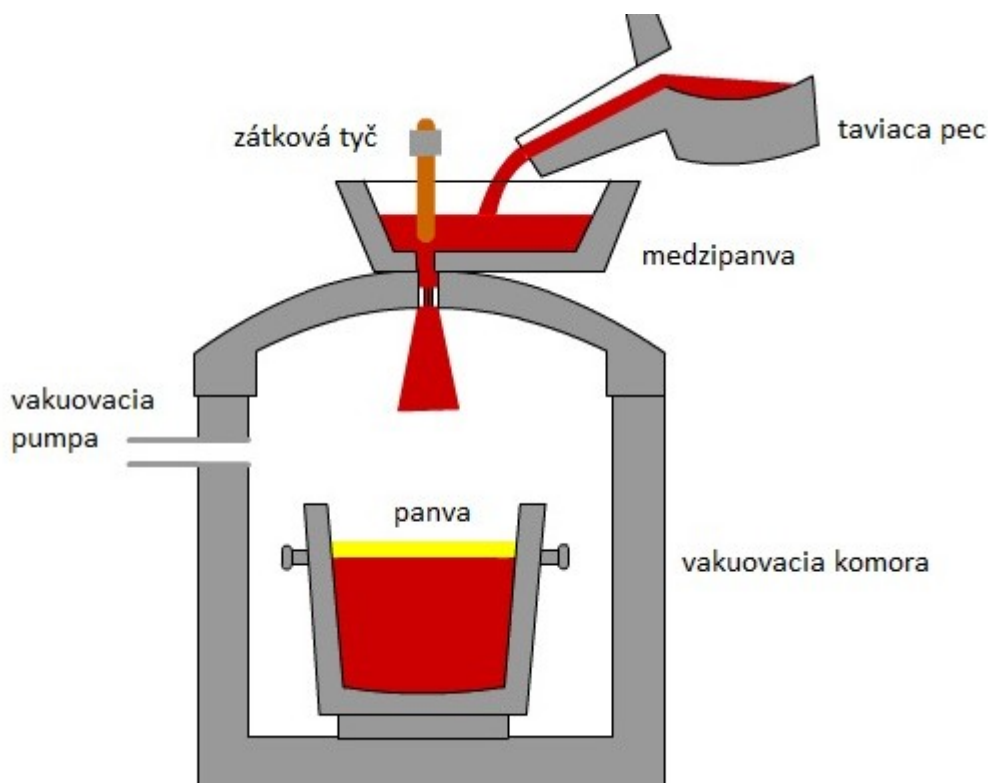
Hlavným cieľom je odplynenie ocele pri liati vo vákuu, tj. zníženie najmä obsahu H_2 , N_2 , O_2 . Oceľ sa leje buď z panvy menšieho objemu (podľa objemu pecí dodávajúcich oceľ), alebo špeciálne skonštruovanej medzipanvy, *obr.3*. V súčasnosti sa obyčajne oceľ odlieva z bežnej LP umiestňovanej priamo na vákuovú komoru bez medzikontajnera, ako je malá panva či medzipanva. Nevýhodou je, že takto možno odplyníť oceľ iba z jednej liacej panvy, lebo po vyprázdnení panvy sa vákuum poruší.



Obr. 3 Lti SD – Vakuovanie pri liati z panvy do kokily

2. SD (Streaming Degassing) – vákuovanie prúdu ocele pri liati:

Používa sa k odplyneniu prúdu ocele odlievaného priamo z taviacej pece cez upravenú medzipanvu. Odlievacia panva je špeciálne prispôsobená na odlievanie vo vákuu. Kryt panvy má špeciálnu komoru pod výlevkou medzipanve, ktorá oddeľuje vákuum v panve. Prúd ocele vstupujúci do tejto komory sa vplyvom vákua rozpráši na jemné kvapky, čím sa zvyšuje stupeň odplynenia ocele. Pokles teploty ocele pri tomto spôsobe vákuového odplynenia je relatívne vysoký – cca 50 °C. Rýchlosť odplynenia 8 - 9 t/min., *obr.4.*

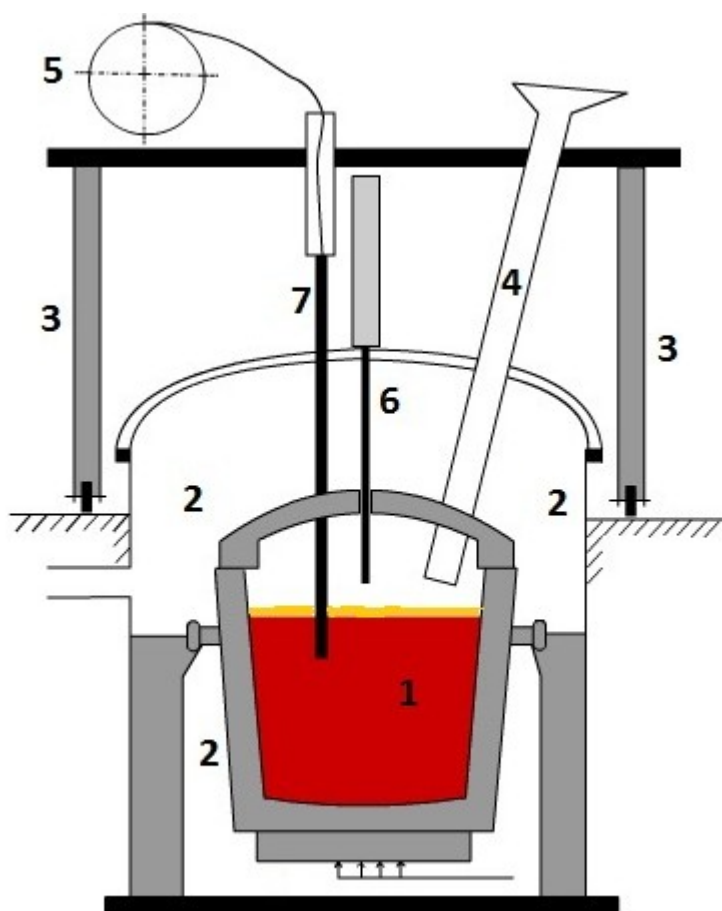


Obr. 4 SD – vákuovanie prúdu ocele pri liati

3. VTD (Vacuum Tank Degassing), VTD OB (Vacuum Tank Degassing Oxygen Blowing) – vákuové odpľyvenie ocele v tanku bez, alebo s fúkaním kyslíka:

Obidva spôsoby vákuového spracovania, (*obr.5*), ocelí boli vyvinuté s nasledovnými cieľmi:

- zabezpečiť efektívnu chemickú a tepelnú homogenizáciu taveniny s aplikáciou najmodernejších spôsobov spodného prebublávania argónom,
- výrazné zníženie obsahu H_2 pri krátkych dobách spracovania,
- zníženie obsahu N_2 ,
- realizovať vákuové oduhličenie s konečným obsahom $C = 0,01 - 0,008 \%$,
- odsírenie ocele pod $0,002 \%$,
- efektívnu flotáciu nekovových vtrúsenín (vyčistenie tavby).



Obr. 5 VTD, VTD OB – vákuové odpľyvenie ocele v tanku bez a s fúkaním kyslíka

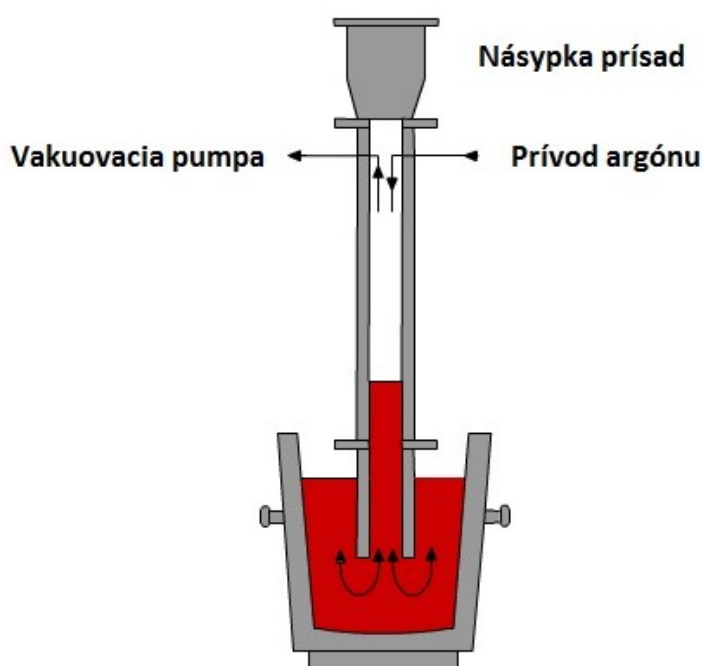
Legenda k obr. 5:

- 1) liaca panva s krytom, 2) vákuová nádoba (tank),
 3) voz s krytom tanku, 4) otvor dávkovania legúr s vákuovým uzáverom,
 5) podávač plnených profilov, 6) tryska fúkania kyslíka,
 7) manipulátor odberu vzoriek a merania teploty

4. PM (Pulsating Mixing) – vákuové oduhličenie pulzačným miešaním taveniny:

Charakteristickou časťou zariadenia je dlhá keramická rúra, ktorá je ponorená do taveniny. Rúra je pripojená na vákuum a súčasne na prívod Ar, *obr.6*. Oceľ v rúre je striedavo pohybovaná smerom hore a dole dôsledku cyklických zmien podtlaku, ktoré sa dosahujú striedavou zmenou inertného plynu privádzaného nad hladinu ocele. Možný komerčný potenciál PM procesu je založený na nasledovných charakteristikách:

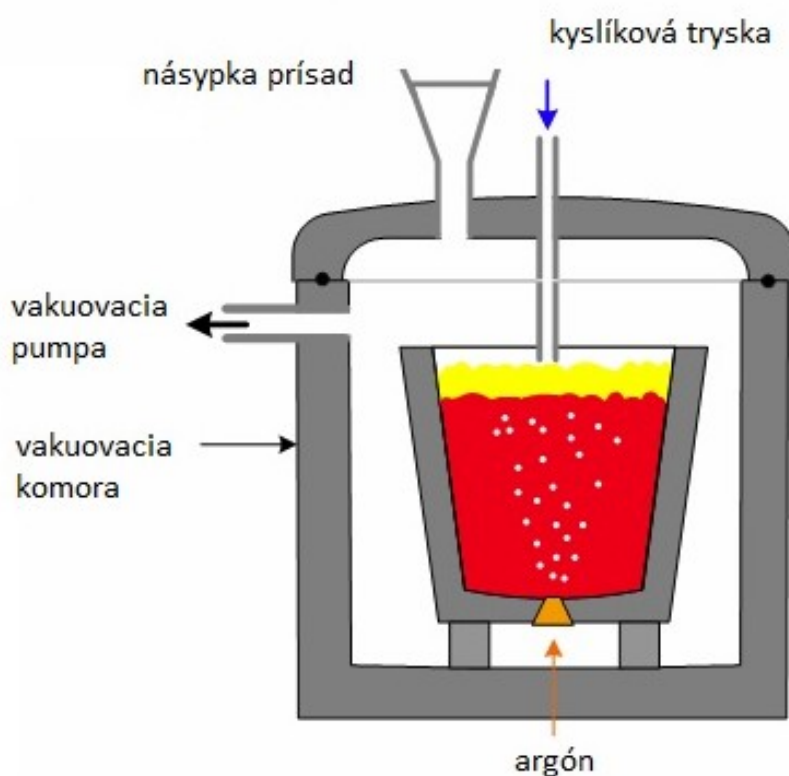
- efektívne miešanie,
- dobrý pomer medzi dezoxidáciou a stupňom čistoty ocele,
- stabilita obsahov Ca, Al.



Obr. 6 PM – Vákuové oduhličenie pulzačným miešaním taveniny

5. VOD (Vacuum Oxygen Decarburisation) – vákuové oduhličenie s fúkaním kyslíka:

VOD systém bol vyvinutý pre výrobu nehrdzavejúcich ocelí a pracuje v kombinácii s EOP, alebo s konvertorom, *obr.7*. Vďaka nízkemu parciálnemu tlaku CO vo vákuu je možné hlboké oduhličenie vysokolegovaných ocelí na minimálny obsah C, pritom je súčasne možný vysoký obsah Cr bez rozsiahlejšieho skujňovania. Súčasne môže prebiehať odsírenie pri intenzívnom miešaní inertným plynom. VOD garantuje výrobu ocelí o vysokej čistote vhodných pre odlievanie na ZPO.



Obr. 7 VOD – Vákuové oduhličenie s fúkaním kyslíka

6. RH (Ruhrstahl Hereaus) – vákuovací systém s obehom taveniny:

Vakuovací obehový systém RH je vhodný do oceliarní s rýchlym sledom tavieb. Hmotnosť vákuovanej ocele môže dosahovať až 400 t. Pri RH systéme sa dosahujú veľmi malé tepelné straty (nie je potrebný príhrev taveniny), nie sú potrebné mimoriadne požiadavky na parametre trosky, dosahujú sa veľmi uspokojivé výsledky odplynenia taveniny, jednoduchá kontrola vákuovaného oduhličovacieho procesu neupokojených ocelí pre dosiahnutie veľmi nízkych obsahov C, veľmi dobrá homogenita taveniny aj v prípade pridávania vysokých množstiev legúr na báze Si, *obr.8*.



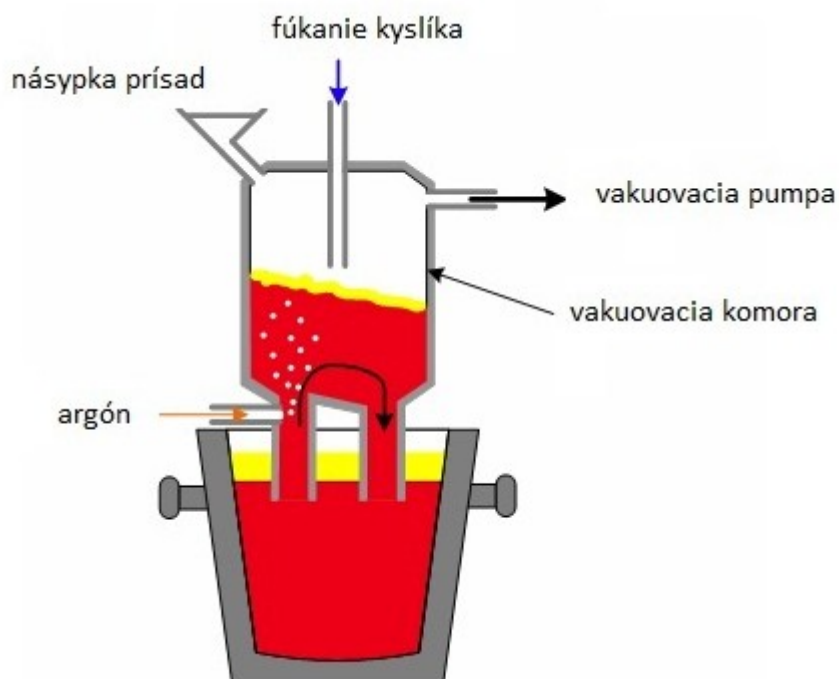
Obr. 8 RH – Vákuovací systém s obehom taveniny

7. RH-KTB (Kawasaki Top BLowning) – cirkulačný systém s fúkaním kyslíka do taveniny tryskou zhora:

Obehový systém vákuového oduhličenia s pomocou fúkania kyslíka tryskou zhora. RH-KTB vyvinula fy Kawasaki Steel Corporation, Japonsko, *obr.9*.

Úlohou zariadenia je:

- výrazne podporiť reakciu oduhličenia vo vákuu,
- zabezpečiť príhrev taveniny, čo umožňuje zníženie odpichových teplôt v konvertore. Rýchlosť príhrevu je 5°C/min. (zrovnateľná s príhrevom v panvovej peci (LF – Ladle Furnace),
- zvýšiť produktivitu a kvalitu výroby ocelí so super nízkym obsahom C<0,002% (ULC ocele),
- umožniť masovú výrobu ULC ocelí.



Obr. 9 RH-KTB – Cirkulačný systém s fúkaním kyslíka do taveniny tryskou zhora