

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
Hutnícka fakulta

Katedra metalurgie železa a zlievarenstva

**Ľubomír Mihok, Mária Fröhlichová,
Dana Baricová, Alena Pribulová**

ZÁKLADY HUTNÍCKYCH TECHNOLOGIÍ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH

HUTNÍCKA FAKULTA

Prof.Ing.Lubomír Mihok, DrSc.
Doc.Ing.Mária Fröhlichová, CSc.
Ing.Dana Baricová, PhD.
Doc.Ing.Alena Pribulová, CSc.

ZÁKLADY HUTNÍCKYCH TECHNOLOGIÍ

Dočasná vysokoškolská učebnica
pre I.ročník bakalárskeho štúdia

Košice, september 2004

Táto dočasná vysokoškolská učebnica bola vydaná s významnou pomocou

Zväzu hutníctva, ťažobného priemyslu a geológie SR

Recenzenti : Doc.Ing. Milan Pivovarčí, CSc

Ing. Imrich Jelč, CSc

Obsah

Úvodom.....	1
I. Hutnícka fakulta TU, historické zázemie, vývoj a súčasný stav.....	2
II. Železo a oceľ, rudy a ich zásoby. Vývoj výroby železa, ocele, neželezných kovov a žiaruvzdorných materiálov na Slovensku od r. 1989.....	11
III. Výroba materiálov vysokopečnej vsádzky – koks, vysokopečné pelety, železoručný aglomerát.....	18
IV. Vysokopečná výroba surového železa	24
V. Výroba ocele.....	30
VI. Výroba ferozliatin.....	42
VII. Hutnícka energetika: palivá, pece.....	44
VIII. Metalurgia neželezných kovov.....	46
IX. Tvárnenie kovov.....	52
X. Zlievarenstvo.....	56
XI. Žiaruvzdorné materiály.....	63
XII. Konštrukčné kovové materiály.....	68
XIII. Vlastnosti materiálov a ich skúšanie.....	71
XIV. Hutníctvo a životné prostredie.....	74

Úvodom

Dočasná vysokoškolská učebnica „Úvod do hutníckych technológií“ má za cieľ poskytnúť študentom 1. ročníka vo všetkých študijných programoch bakalárskeho štúdia na Hutníckej fakulte základnú informáciu o technológiách, používaných v hutníckom priemysle a v priemysle výroby žiaruvzdorných materiálov. Táto informácia je potrebná pre úspešné štúdium disciplín teoretického základu na fakulte. Predmet nemá za cieľ vychovať bakalárov alebo inžinierov hutníctva už v prvom ročníku. Podáva len stručnú informáciu o procesoch, ich nadväznosti a význame, vysvetľuje základné pojmy.

Do učebnice sme zaradili aj hlbšiu informáciu o Hutníckej fakulte, o jej historických koreňoch, o súčasnej štruktúre štúdia, ktorú ponúka. Spolu s bulletinom „Informácia o štúdiu“, vydaným Hutníckou fakultou, môže pomôcť našim študentom vo formovaní spôsobu ich ďalšieho štúdia, hlavne v inžinierskych študijných programoch.

Ako podklad pri písaní nám slúžila dočasná vysokoškolská učebnica rovnakého zamerania, ktorú vydal Dr.h.c. prof. Ing. Lumír Kuchař, DrSc., čestný doktor našej univerzity. Učebnica sa používa na Fakulte metalurgie a materiálového inžinierstva Vysokej školy báňskej – Technickej univerzity Ostrava. Tri kapitoly (Hutnícka energetika, Materiály, Skúšanie materiálov) boli z tejto výbornej učebnice prevzaté prakticky bez zmeny. Aj tento fakt chápeme ako pokračovanie výborných vzťahov a spolupráce prof. Kuchařa, vynikajúceho vedca a učiteľa, s našou fakultou.

Košice, september 2004.

Kolektív autorov

I. Hutnícka fakulta TU, historické zázemie, vývoj a súčasný stav.

Pred dvanásťtisíc rokmi zoznámil sa praveký človek s novým vynikajúcim pomocníkom–kovom. Ukázalo sa, že táto známosť ostala známosťou trvalou a podstatným spôsobom ovplyvnila rozvoj ľudskej civilizácie. Kov na jednej strane pomáhal tvoriť a produkovať, na druhej strane sa stal symbolom hrozby a nebezpečia. Etniká, ktoré najlepšie zvládli majstrovstvo tavenia a spracovania kovov, často si podrobovali iné národy a ovládali rozsiahle územia. Príkladom môžu byť Chetiti, ktorí uviedli do masového používania nový kov - železo, alebo Kelti, ktorí ovládli polovicu Európy vďaka mnohým invenciám v metalurgii železa.

Hutníctvo píše svoju históriu od doby, keď sa praveký človek naučil taviť z rudy kov. Prvé dôkazy o výrobe medi z medených rúd sa datujú do 5. tisícročia p.n.l. a sú lokalizované do blízkovýchodnej ázijskej oblasti. Nálezy najstarších medených predmetov na území Slovenska sú datované do prelomu 4. a 5. tisícročia p.n.l. Veľmi bohaté nálezy bronzových, zlatých a strieborných predmetov na našom území, datovaných do doby bronzovej, už naznačovali, že práve toto územie svojou bohatosťou rudných zdrojov, lesov a vôd bolo predurčené, aby výroba a spracovanie kovov ako priemyselné odvetvie na ňom dominovali.

Hutníctvo železa sa rozšírilo zo stredomorskej oblasti do strednej Európy v 6. storočí p.n.l., prudký rozvoj tak tavenia, ako aj spracovania železa je nerozlučne spojený s keltskou civilizáciou, ktorá na našom území reflektovala v Púchovskej kultúre. Po kvalitatívnom poklese v germánskom období úroveň keltskej metalurgie železa dosiahli až Slovania vo Veľkomoravskej ríši. Po začlenení územia Slovenska do ranofeudálneho uhorského štátu pretrvávajú v hutníctve veľkomoravské tradície. K veľkej zmene dochádza v 13. a 14. storočí, keď sa začína železo vyrábať vo väčších výrobných jednotkách s desať až pätnásťkrát väčšou produkciou. Na prvotné spracovanie vytaveného železa začína sa používať hámor.

Veľmi zaujímavý je fakt, že vôbec najstarší údaj o existencii hámrov, a teda aj o existencii väčšej taviacej pece, pochádza z roku 1243 zo Štítnika. Masová výroba železa, keď taviace pece a klepanie hámrov sa stali typickými pre hornaté časti Slovenska, urobila toto územie významným centrom hutníctva v monarchii. Rozvíja sa výroba a spracovanie neželezných a drahých kovov, hlavne medi, zlata, striebra. Na strednom Slovensku vzniká mediarska Thurzovsko-Fuggerovská spoločnosť. Slovenskí výrobcovia dodávajú železo a meď nielen do celej monarchie, ale exportujú ich do mnohých častí Európy.

Nástup techniky nepriamej výroby kujného železa, teda vysokopecnej techniky, prichádza na Slovensko asi so storočným spozdením. Vyplývalo z prírodných podmienok Slovenska, ktoré limitovali dopravné možnosti a preferovali maloobjemovú priamu výrobu kujného železa pre lokálnu spotrebu. Toto spozdenie sa vyrovnáva v 18. storočí, keď metalurgia železa sa rozsiahle rozvíja obidvoma spôsobmi. Na Slovensku vznikol štátny železiarsky podnik so sídlom v Hronci, najväčší železiarsky podnik v monarchii. Rozsiahla hutnícka činnosť v oblasti železných, neželezných a drahých kovov, vychádzajúca z bohatých tradícií, viedla k rozhodnutiu, ktoré dalo vysokoškolskej výučbe na našom území punc jedinečnosti.

Mária Terézia (1717-1780), kráľovná česká a uhorská, arcivojvodkyňa rakúska, ako manželka Františka I. rímsko-nemecká cisárovná, po predchádzajúcich posúdeniach svojim dekrétom zo dňa 13. 12. 1762 založila prvú vysokú školu banícku a hutnícku na svete – Banskú akadémiu v Banskej Štiavnici. Spolu s našou Hutníckou fakultou svoje korene si od tejto slávnej školy odvodzuje mnoho stredoeurópskych fakúlt z oblasti hutníctva, baníctva, chémie a lesníctva.

Prvou katedrou, ktorá zahájila výučbu na Banskej akadémii, bola Katedra chémie, mineralógie a hutníctva, ktorú zriadil vedec Mikuláš Jozef Jacquin. Po nej zahájila výučbu Katedra matematiky, mechaniky a hydrauliky, neskoršie Katedra pre štúdium banských diel. Mária Terézia vydala 2. 4. 1770 komplexný výchovný štatút školy, čím ukončila vývoj a štruktúru školy a nazvala ju Banskou akadémiou.

Od prvopočiatku vzniku Banskej akadémie sa nevyučovalo hutníctvo na samostatnej katedre. Výučbu hutníctva zabezpečovala katedra chémie, mineralógie a hutníctva. Na tejto katedre prednášali profesori: Mikuláš Jozef Jacquin, Giovanni Antonio Scopoli, Anton Ruprecht, Michal Patzier, Michal Hörnig, Alojz Wehrle, Jozef Bachmann a Anton Hauch. Okrem profesorov učili na akadémii aj suplenti, ktorí prichádzali obyčajne z výrobných závodov a na prechodnú dobu. Na obsadzovanie suplentov nariadila dvorská komora v obvode hlavného komorgrófskeho úradu konkurz. V ňom sa dokladal vek, vzdelanie a bezúhonnosť. Výučba hutníctva nebola v tom čase osobitne špecializovaná a okruh záujmu profesorov bol značne široký. Ako príklad sa dá uviesť meno banského radcu Alojza Wehrleho (1791-1855), profesora chémie, mineralógie a hutníctva. Pochádzal z Kroměříža, zomrel vo Viedni. Napísal učebnicu skúšobníctva a hutníctva, ale vo svojej publikačnej činnosti sa zaoberal širšou problematikou, dotýkajúcou sa aj baníctva a chémie. Po jeho smrti suploval toto miesto Jozef Ertl, skúšač v huti v Žarnovici.

S postupom času sa výučba hutníctva stále viac ohraničovala a spájala s praxou. Anton Hauch (1823-1903) pochádzal z obce Kosz v Haliči. Vyštudoval univerzitu v Lvove a Banskú akadémiu v Banskej Štiavnici. Pracoval v solných baniach vo Wieliczke a v banskom a hutníckom závode v Javorzne. V r. 1851-1857 pôsobil ako odborný asistent a suplujúci profesor na Banskej akadémii. Po odchode pôsobil ako prednosta huty v Malužinej, od r. 1858 ako prednosta huty v Smolníku., od r. 1884 pôsobil ako prednosta skúšobného ústavu v Zalathne v Sedmohradsku. Ďalším stupňom vo vývoji akadémie bol vznik samostatných hutníckych katedier. Takou bola aj Katedra hutníctva železa, ktorá vznikla v r. 1872, 110 rokov po vzniku Banskej akadémie.

Druhá polovica 19. storočia bola spojená s výraznými kvalitatívnymi zmenami v hutníctve. Bol to predovšetkým vznik opakovaných hospodárskych kríz a zánik menších hutníckych, napr. železiarskych podnikov na našom území. Na druhej strane, bol tu zase nástup nových technológií, vyššie využívanie vedeckých poznatkov v hutníctve a výstavba moderných hutí. V železiarstve zanikajú drevouhoľné pece a sú nahradzované koksovými novej konštrukcie. V oceliarstve doznieva zvrátkový spôsob výroby ocele (pudlovanie) a nastupujú plávkové postupy (Martinov, Bessemerov a Thomasov). Zlievarenstvo železných zliatin sa odpútava od vysokopečného procesu, vznikajú kuplové pece. Na prelome 19. a 20. storočia sa objavujú elektrické pece. Narastajú nové poznatky v náuke o kovoch a v chémii. Na tieto veľmi rýchle a výrazné zmeny musela reagovať aj Banská akadémia. Osobitnou problematikou bol ďalší rozvoj akadémie, zvyšovanie jej úrovne a prestíže. Počet vysokých škôl s montánnym zameraním sa v Európe zvyšoval a v samotnej Rakúsko-Uhorskej monarchii boli v r. 1849 dekrétom cisára zriadené ďalšie dve Banské akadémie v Leobene (Rakúsko) a v Příbrami (Česko). Od vzniku Banskej akadémie v Banskej Štiavnici, počas jej 157 ročnej existencie, prebiehal v nej neustály vývoj. Išlo predovšetkým o profilovanie jednotlivých častí akadémie na odbory montánnych vied, ďalej o budovanie materiálnej časti a napokon o prispôsobovanie sa novým poznatkom vo vede a technike. Na konci 19. storočia existovali tu odbory baníctvo, hutníctvo a lesníctvo. Zvýšené požiadavky na výučbu si vyžadovalo aj rozšírenie objektov akadémie a vybudovanie laboratórií. Problematika sa výrazne riešila od polovice 19. storočia. Základná koncepcia spočívala vo vybudovaní

akademickej štvrte mimo centra mesta a vo vybudovaní laboratórií na najvyššej možnej úrovni. Významnú úlohu v ďalšej výstavbe akadémie zohral profesor železiarstva Viliam Sóltz, najskôr ako dočasný vedúci akadémie (1892), potom ako jej riaditeľ (1896). Dal návrh na výstavbu nových budov akadémie a svojou húževnatosťou napokon na ministerstve financií tento návrh aj presadil.

Nové objekty akadémie boli budované veľkoryso, v dobovom štýle, blízkom neorenesančnému. Ako prvý sa v r. 1892 začal budovať objekt Lesníckej akadémie, za tým v r. 1898 objekt baníckej a hutníckej fakulty akadémie a v r. 1911 budova laboratórií. Budovy tvoria štýlový architektonický komplex včlenený do krajiny, tieto „nové budovy akadémie“ tvoria akademickú štvrť a jednu z dominánt v panoráme Banskej Štiavnice. Štvrť tvorí uzavretý architektonický celok situovaný na pokraji botanickej záhrady, ktorá tvorila súčasť akadémie. Zriaďovala sa v niekoľkých etapách od r. 1857 do r. 1873. Budova laboratórií bola vybudovaná komplexne. Na dvoch podlažiach sa nachádzali štyri laboratórne haly a v strede medzi nimi stupňovitá poslucháreň. Bolo tu centrálné kúrenie a rozvod plynu. K technickým objektom patrilo ešte objekt elektrárne a ďalšie. Za botanickej záhradou boli vybudované vilky pre profesorov, ktoré sa zachovali dodnes. Ďalšie objekty boli v centre mesta. Z nich je najvýraznejší tzv. Fritzov dom, ktorý od začiatku 19. storočia slúžil ako kresliareň pre zbierky a ako knižnica akadémie. Po prestavbe v r. 1891 sídlil v budove rektorát akadémie. S činnosťou akadémie súvisela aj publikačná činnosť, vydateľská činnosť a knižnica. Dochoval sa celý rad publikácií, ktoré dokumentujú spôsob výučby a technický stav hutníctva. Knihy boli vydané v Banskej Štiavnici.

Jedinečné postavenie Banskej akadémie v Rakúsko-Uhorsku začína upadať po rakúsko-uhorskom vyrovnaní a po posilnení národnostného maďarizačného hnutia. Českí a rakúski študenti zo školy odchádzajú a v r. 1849 vznikajú vysoké banské školy v Leobene a v Příbrami. V r. 1867 bola na Banskej akadémii zaradená ako vyučovacia reč maďarčina.

Po zániku Rakúsko-Uhorska v r. 1918 došlo v roku 1919 aj k zániku Banskej akadémie. Táto skutočnosť vyplynula z politických pomerov v novo sa formujúcej strednej Európe, pretože hutníctvo na území Slovenska si až do konca I. svetovej vojny udržiavalo svoje pozície, Pohornádska oceliarska a.s. v Krompachoch bola najväčšou oceliarskou spoločnosťou v Uhorsku. V januári 1919 prichádzajú zástupcovia československej vlády do Banskej Štiavnice prevziať Banskú akadémiu. Rektor školy prof. Gejza Réz a prof. dr. Ladislav Fedor menom profesorského zboru odmietli zložiť prísahu Československej republike. Maďarskí profesori odchádzajú, zbierky, knižnica a učebné pomôcky sú prevezené na územie Maďarska.

V období I. československej republiky dochádza k poklesu hutníckej výroby na Slovensku, mnohé závody boli zastavené, medzi nimi aj oceliarne v Krompachoch. Vysokoškolskú výučbu hutníctva zabezpečovala v celej republike Vysoká škola báňská v Příbrami. Na Slovensku postupne narastali tlaky na zriadenie vysokého technického školstva, až Národné zhromaždenie v r. 1937 zriadilo štátnu vysokú školu technickú v Košiciach. Začiatok výučby na tejto škole sa kryl s obdobím rozpadu republiky, preto sa škola hneď sťahovala do Martina a následne do Bratislavy, kde začala činnosť ako Slovenská vysoká škola technická. Na nej vznikol odbor špeciálnych náuk, ktorý mal oddelenie baníckeho a hutníckeho inžinierstva. K otvoreniu úplného hutníckeho štúdia však nedošlo.

Vysokoškolská výučba hutníctva na Slovensku sa otvorila až zriadením Vysokej školy technickej v Košiciach v roku 1952, keď Hutnícka fakulta sa stala jednou z jej troch zakladajúcich fakúlt. Rozhodnutie o zriadení fakulty vyplývalo tak z historických hutníckych tradícií, ako aj z plánov priemyselného rozvoja Slovenska. Hutnícka fakulta sa stala zdrojom

vysokoškolsky vzdelaných odborníkov pre oceľiarske podniky v Košiciach a Podbrezovej, pre výrobcu medi v Krompachoch, hliníka v Žiari nad Hronom, výrobcu ferozliatin na Orave a mnohé ďalšie menšie hutnícke a zlievarenske podniky, často v spojení s podnikmi ťažkého strojárstva.

V prvom školskom roku 1952/53 nastúpilo na štúdium 88 adeptov hutníctva a 50 z nich ukončilo štúdium v roku 1957 v troch študijných odboroch:

- *Hutníctvo neželezných kovov*
- *Náuka o kovoch a tepelné spracovanie kovov*
- *Zlievarenstvo*

Študijný odbor Zlievarenstvo bol v ďalších rokoch zrušený, od školského roku 1964/65 bol zavedený študijný odbor Hutníctvo železa a zlievarenstvo. V rokoch 1970 až 1990 sa v niektorých odboroch skrátila dĺžka štúdia na štyri roky a vyučovali sa študijné odbory:

- *Hutníctvo železa*
- *Hutníctvo neželezných kovov*
- *Automatizované systémy riadenia výrobných procesov v hutníctve*
- *Zlievačstvo*
- *Materiálové inžinierstvo*
- *Tepelná energetika*

Od školského roku 1990/91 bola zavedená nová koncepcia výchovy hutníckych inžinierov. Dĺžka štúdia sa znovu upravila na päť rokov. Štúdium bolo realizované v jednom študijnom odbore Hutníctvo s desiatimi zameraniami:

- *Hutníctvo železa a ocele*
- *Hutníctvo neželezných kovov*
- *Zlievarenstvo*
- *Materiálové inžinierstvo*
- *Tepelná energetika*
- *Tvárnenie kovov*
- *Technológia keramických materiálov*
- *Ekonomika a manažment v priemysle*
- *Plynárenstvo*

Charakteristickým pre toto štúdium bola široká ponuka voliteľných predmetov, najmä v zameraniach.

Od roku 2001 inžinierske štúdium na Hutníckej fakulte bolo organizované v šiestich akreditovaných študijných odboroch s jedenástimi špecializáciami:

Hutníctvo

špecializácia:

- Hutníctvo železa a ocele*
- Hutníctvo neželezných kovov*
- Zlievarenstvo*

Materiálové inžinierstvo

špecializácia: *-Materiálové inžinierstvo kovových a nekovových materiálov*
-Hutnícke tvárnenie kovov

Energetické inžinierstvo

špecializácia: *-Tepelná energetika*
-Doprava a využitie plynu

Priemyselná keramika

špecializácia: *-Žiaruvzdorná keramika*
-Technická keramika a sklo

Environmentalistika

špecializácia: *-Spracovanie a recyklácia odpadov*

Inžinierstvo riadenia priemyslu

špecializácia: *-Integrovaný manažment v hutníctve*

V súčasnosti je v súlade so zákonom č.131/2002 Z.z. o vysokých školách štúdium organizované jako trojstupňové: bakalárske, inžinierske, doktorandské. Bakalárske a inžinierske štúdium je organizované v študijných odboroch:

Hutníctvo**Materiály****Energetika****Chemické technológie****Kvalita produkcie****Environmentálne inžinierstvo**

v nasledujúcich akreditovaných bakalárskych študijných programoch:

Hutníctvo***Kovové a nekovové materiály******Tepelná energetika a plynárenstvo******Žiaruvzdorná keramika******Integrované systémy riadenia******Spracovanie a recyklácia odpadov***

a v nasledujúcich akreditovaných inžinierskych študijných programoch:

Hutníctvo železa a ocele***Hutníctvo neželezných kovov******Zlievarenstvo******Materiálové inžinierstvo kovových a nekovových materiálov******Tvárnenie kovov******Tepelná energetika******Doprava a využitie plynu******Žiaruvzdorná keramika******Technická a úžitková keramika******Integrované systémy riadenia******Spracovanie a recyklácia odpadov******Environmentálna analýza***

Štúdium je organizované tak v dennej forme, ako aj vo forme štúdia popri zamestnaní. Štandardná dĺžka bakalárskeho štúdia je tri roky a absolvent získava titul bakalára. Štandardná dĺžka inžinierskeho štúdia je dva roky a absolvent získava titul inžinier. Podmienkou pre prijatie na inžinierske štúdium je ukončené bakalárske štúdium.

Vyššie uvedené odbory a ich programy indikujú rozsah pôsobenia fakulty, ktorá prípravou vysokoškolských odborníkov oslovuje všetky podniky a inštitúcie v oblasti hutníctva, zlievarenstva, materiálového inžinierstva, žiaruvzdornej keramiky, technickej keramiky a skla. Svojimi odbormi oslovuje aj celú oblasť energetiky, plynárenstva, strojárstva, manažérstva kvality, životného prostredia a spracovania odpadov a všetky podniky a inštitúcie, prevádzkujúce a využívajúce tepelné zariadenia.

Postavenie Hutníckej fakulty v systéme vysokých škôl, resp. fakúlt v SR je jedinečné, fakulta je jediným poskytovateľom vysokoškolského vzdelávania v oblastiach, prezentovaných vyššie uvedenými odbormi a programami. Nejedná sa len o vyhranené hutnícke odbory a ich programy, ale aj v ďalších odboroch má výučba na fakulte presne definované pôsobenie, ktoré nekoliduje s pôsobením iných fakúlt.

V súčasnosti výučbu na Hutníckej fakulte zabezpečuje 80 učiteľov na plný úväzok, z toho 14 profesorov, 33 docentov a 33 odborných asistentov. Počet profesorov a docentov z celkového počtu učiteľov na fakulte presahuje 55%, toto percento ďaleko prevyšuje celoslovenský priemer. Všetci profesori a docenti majú vedeckú hodnosť, 3 profesori hodnosť DrSc. Z 33 odborných asistentov má 20 vedeckú hodnosť CSc. alebo PhD. Fakulta má stabilizovaný počet študentov, po doporučených navýšeníach počtu z úrovne MŠ SR počet študentov, prijímaných do prvého ročníka, je okolo 300. Záujem o štúdium popri zamestnaní vykazuje určitú variabilitu, počet študentov, prijímaných do prvého ročníka, je v rozmedzí 100 až 150.

Štúdium v bakalárskom a inžinierskom štúdiu na Hutníckej fakulte je veľmi náročné, založené na hlbokých znalostiach prírodovedných disciplín a technologických disciplín. Počet absolventov inžinierskeho štúdia je v súčasnosti ročne okolo 100, celkove vychovala Hutnícka fakulta počas svojej existencie 4187 hutníckych inžinierov, z toho vyše 100 zo zahraničia - z Alžírsku, Angoly, Ekvádoru, Etiópie, Jemenu, Jordánska, Kórei, Kuby, Laosu, Madagaskaru, Mongolska, Nigérie, Peru, Sýrie a Vietnamu. Náročnosť štúdia sa následne odráža na úspešnom uplatnení absolventov fakulty v praxi.

Už v roku 1961 začali na Hutníckej fakulte prvé obhajoby dizertačných prác vo vedeckej ašpirantúre, ktoré boli v prvých rokoch cielené hlavne na zlepšovanie kvalifikačnej štruktúry vlastných zamestnancov. Kandidáti technických vied sa vychovávali v štyroch vedných odboroch:

- *Hutníctvo kovov*
- *Fyzikálna metalurgia a medzné stavy materiálov*
- *Chemická metalurgia*
- *Analytická chémia*

Po roku 1990 došlo k formálnej aj obsahovej zmene vedeckého štúdia. V súčasnosti je realizované na fakulte doktorandské štúdium v odboroch:

- **Hutníctvo kovov**
- **Materiály**
- **Fyzikálna metalurgia**
- **Energetika**

- **Anorganická technológia a materiály**
- **Kvalita produkcie**
- **Environmentálne inžinierstvo**
- **Analytická chémia**

v nasledujúcich akreditovaných študijných programoch:

Hutníctvo kovov

Náuka o materiáloch a materiálové inžinierstvo

Tvárnenie materiálov

Fyzikálna metalurgia

Tepelná energetika

Priemyselná keramika

Inžinierstvo kvality produkcie

Spracovanie a recyklácia odpadov

Analytická chémia

Hutnícka fakulta vychovala doposiaľ 282 kandidátov vied a 32 PhD. (philosophiae doctor), v súčasnosti v dennej aj externej forme v doktorandskom štúdiu študuje okolo 80 študentov. Doktorandské štúdium je trojročné, v externej forme päťročné. Absolvent získava titul PhD. Hutnícka fakulta uskutočňuje habilitácie docentov a vymenúvacie pokračovania za profesorov. Hutnícka fakulta poskytuje rôzne formy celoživotného vzdelávania na základe požiadaviek praxe. Pre všetky tieto činnosti je Hutnícka fakulta akreditovaná.

Prvými katedrami Hutníckej fakulty boli Katedra chémie a Katedra hutníctva. V nasledujúcich rokoch vzrástol počet katedier na 4: Katedra chémie, Katedra náuky o kovoch, tepelného spracovania a tvárnenia kovov, Katedra pecí a hutníckej energetiky, Katedra kovhutníctva. V šk. roku 1959/60 bola založená Katedra železiarstva, v šk. roku 1964/65 Katedra tvárnenia kovov. V roku 1966 bola rozdelená Katedra chémie na Katedru chemických základov hutníctva a Katedru analytickej chémie, v ďalšom vývoji fakulty došlo znovu k vytvoreniu jednej Katedry chémie. V roku 1968 bol zriadený Ústav zlievárenstva, ktorý bol v r. 1973 pričlenený ku Katedre železiarstva. Od roku 1963 je súčasťou fakulty vedeckovýskumné pracovisko, delimitované zo SAV pod pôvodným názvom Laboratórium hutníckej technológie.

V súčasnosti Hutnícka fakulta má vrátane dekanátu deväť pracovísk:

- ***Katedra chémie***
- ***Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov***
- ***Katedra náuky o materiáloch***
- ***Katedra pecí a teplotníky***
- ***Katedra metalurgie železa a zlievárenstva***
- ***Katedra tvárnenia kovov***
- ***Katedra keramiky***
- ***Katedra integrovaného manažérstva***
- ***Dekanát***

Na čele pracoviska je vedúci, ktorý je priamo podriadený dekanovi fakulty. Na pracoviskách sú napĺňané všetky hlavné činnosti fakulty v oblasti vzdelávania, vedy a výskumu a styku s praxou.

Organizačná štruktúra fakulty je daná Štatútom fakulty. Rozsah právomocí zodpovedností a pôsobenia jednotlivých funkcionárov fakulty je určený Štatútom fakulty, prípadne Štatútom Technickej univerzity a Zákonom o vysokých školách.

Na čele fakulty je dekan, je štatutárnym zástupcom fakulty, riadi ju a koná v jej mene.

Fakulta má troch prodekanov, ktorí zastupujú dekana v ním určených oblastiach.

Tajomníčka fakulty riadi útvary dekanátu a metodicky riadi ekonomické a prevádzkové činnosti fakulty. Za svoju činnosť zodpovedá dekanovi fakulty, ktorý ju do funkcie vymenoval.

Dekan, prodekan a tajomníčka fakulty tvoria vedenie fakulty.

Akademickými orgánmi fakulty sú:

- **Akademický senát**

- **Vedecká rada**

Akademický senát je najvyšším samosprávnym orgánom fakulty. Má 27 členov, z nich 18 volia členovia akademickej obce z radov zamestnancov, 9 členov senátu zastupuje študentov fakulty. Akademický senát sa pri svojej práci riadi právomocami, udelenými Zákonom o vysokých školách. Za svoju činnosť sa zodpovedá akademickej obci fakulty.

Vedecká rada je vrcholným vedeckým a odborným orgánom fakulty. Má 33 členov, 11 z nich nie je zamestnancami fakulty. Okrem členov vedenia fakulty, vedúcich pracovísk a predsedu senátu, pôsobia v nej profesori fakulty. Predsedom Vedeckej rady je dekan, členstvo vo Vedeckej rade je zhodné s funkčným obdobím dekana. Oblasti pôsobenia, zodpovednosti a právomoci Vedeckej rady sú dané Štatútom fakulty, Štatútom Technickej univerzity a Zákonom o vysokých školách. Vedecká rada Hutníckej fakulty má tri pravidelné rokovania za rok.

Okrem akademických orgánov pracuje na fakulte Kolégium dekana, zložené z členov vedenia, z vedúcich pracovísk, predsedu senátu, predsedu odborov a zástupcov študentov. Kolégium dekana je poradným orgánom dekana a diskutuje o otázkach, zasahujúcich do všetkých činností fakulty. Na fakulte pracuje aj pedagogická komisia a komisia pre vedeckovýskumnú činnosť.

Vysoká kvalifikačná štruktúra pracovníkov fakulty sa odráža aj na výborných výstupoch z vedeckovýskumnej činnosti. Tento fakt je hlavnou oporou ďalšieho hlavného poslania fakulty, základného výskumu procesov v oblastiach, definovaných odborními a špecializáciami inžinierskeho štúdia a aplikácie výsledkov výskumu pri riešení rozvojových zámerov v praxi. Fakulta má vynikajúcu úspešnosť pri získavaní grantovej podpory vedeckých projektov

Základný aj aplikovaný výskum na Hutníckej fakulte je orientovaný do oblastí výroby surového železa a ocele, panvovej metalurgie ocele a plynulého odlievania, hutníctva neželezných kovov, vplyvu hutníckej výroby na životné prostredie, výskumu a vývoja nových materiálov a technológií, tvárnenia kovov, výroby žiaruvzdorných materiálov, povrchových úprav a ochrany kovov, matematického a fyzikálneho modelovania procesov, vývoja nových metód pre hodnotenie vlastností materiálov, energetických rovnováh tepelných procesov a zariadení, využitia energetických zdrojov, recyklácie a zužitkovania odpadov, moderných zlievarenských technológií, riadenia kvality a životného prostredia v priemyselných podnikoch.

Hutnícka fakulta je významným vedecko-výskumným pracoviskom, ktoré v tejto oblasti spolupracuje s priemyselnými podnikmi, patriacimi do jej sféry. Pracovníci fakulty riešili a riešia výskumné problémy mnohých podnikov, medzi ktorých patria najmä U. S.

Steel Košice, Železiarne Podbrezová, Závody SNP Žiar nad Hronom, Kovohuty Krompachy, OFZ Istebné, SMZ Jelšava, Slovomag Lubeník, Slovenský plynárenský priemysel, Slovenské elektrárne, mnohé zlievarenske podniky a ďalšie.

Fakulta má vynikajúce zázemie v priemyselnej sfére. Je členom Zväzu hutníctva, ťažobného priemyslu a geológie SR, Slovenského plynárenského a naftového zväzu, Zväzu zlievarní a kováčňí SR, Zväzu sklárskeho priemyslu. Vedenie fakulty je v stálom styku s manažmentom priemyselných podnikov v sfére svojej pôsobnosti a neustále kontroluje a hodnotí účinnosť svojich pedagogických a vedeckovýskumných výstupov smerom k priemyselnej sfére.

Fakulta má vysokú akceptáciu v zahraničí. Má uzatvorených 21 dvojstranných medzinárodných zmlúv o pedagogickej a vedeckovýskumnej spolupráci s fakultami a vedeckovýskumnými inštitúciami zo 4 kontinentov a garantuje spoluprácu s 3 ďalšími inštitúciami, zmluvy s ktorými uzavrela Technická univerzita v Košiciach. Medzi veľmi významné aktivity fakulty patrí vydávanie odborného časopisu Acta Metallurgica Slovaca s čitateľským zázemím v 24 štátoch. Časté sú príspevky práve zo zmluvných partnerských pracovísk v zahraničí.

Fakulta s pravidelnou ročnou periodicitou tradične usporiada Študentskú vedeckú a odbornú konferenciu, ktorá má výbornú úroveň, je veľmi populárna a jej hlavným cieľom je naučiť študentov fakulty prezentovať, diskutovať a obhajovať svoje výsledky. Konferencie sa pravidelne zúčastňujú aj študenti z partnerských fakúlt, Fakulty metalurgie a materiálového inžinierstva VŠB TU Ostrava, Fakulty materiálového inžinierstva, metalurgie a dopravy Sliezskej technickej univerzity Katovice, Fakulty zlievarenstva AGH Krakov. Študenti fakulty sú aktívnymi členmi Medzinárodnej federácie študentov baníctva a hutníctva a pravidelne usporiadávajú pre svojich partnerov Medzinárodné študentské týždne. Študenti inžinierskeho aj doktorandského štúdia sa zúčastňujú pobytov na zahraničných univerzitách, hlavne v rámci programu Socrates – Erasmus.

Fakulta si chráni a rozvíja tradície, naviazané na svojho predchodcu, Banskú akadémiu v Banskej Štiavnici. V priestoroch fakulty je inštalovaná stála výstava o histórii Banskej akadémie, najlepší absolventi inžinierskeho štúdia a všetci absolventi doktorandského štúdia sú odmenení premiantskou medailou, ktorá je vyrobená podľa premiantskej medaily, udeľovanej na Banskej akadémii. Niektoré tradičné zvyky Banskej akadémie sa uplatňujú aj v súčasnej činnosti Hutníckej fakulty. Najvýznamnejším je tradičná hutnícka slávnosť „Šachták“, imatrikulácia študentov prvého ročníka, organizovaná podľa pôvodného scenára z Banskej akadémie.

II. Železo a oceľ, rudy a ich zásoby. Vývoj výroby železa, ocele, neželezných kovov a žiaruvzdorných materiálov na Slovensku od r. 1989.

Železo je jedným z rozšírených prvkov v zemskej kôre. 1 km kubický zemskej kôry obsahuje takmer 119 mil.t. železa. Priemerný obsah železa v zemskej kôre je relatívne vysoký, cca 5% hmotnostných. Z kovových prvkov je viac len hliníka, ktorého obsah v zemskej kôre je 8,13% hmot.

Železné rudy sú horniny, obsahujúce v dostatočnom množstve kovonosné minerály. Obyčajne obsahuje ruda aj istý podiel ďalších minerálov, z hľadiska využitia rudy jalových.

Kovonosné minerály železných rúd sú najčastejšie oxidy železa, ako napr. magnetit, obsahujúci kovonosný minerál magnetovec, Fe_3O_4 , alebo hematit /krevel/ Fe_2O_3 , či limonit $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Menší význam má siderit, obsahujúci uhličitan železnatý FeCO_3 . Existujú tiež rudy obsahujúce kremičitany alebo hlinitokremičitany železa, ako napr. chamosit, ich využitie je len lokálne.

Priemerný percentuálny obsah železa v zemskej kôre je hlboko pod minimálnym obsahom, ktorý musí mať surovina, aby bola ako surovina pre výrobu železa prijateľná. Preto možno za primárnu surovinu pre výrobu železa /za železnú rudu/ považovať len horniny z prírodných nahromadení /ložísk/, obsahujúce dostatočne vysoký podiel kovonosných minerálov. Ako minimálna kovnosť železnej rudy sa dnes považuje obsah 30% Fe. Pritom však rudy s obsahom len okolo 30% železa sa dnes považujú za ekonomicky využiteľné len vtedy, ak splňujú špecifické podmienky využiteľnosti. Sú to predovšetkým tieto podmienky:

- a. možnosť lacnej ťažby – hlavne povrchovým spôsobom,
- b. ekonomicky prijateľná upraviteľnosť na dostatočne kovnatý koncentrát,
- c. blízkosť miestu využitia.

Ak nemá ruda samotná dostatočne vysokú kovnosť, musí byť predovšetkým efektívne upraviteľná na koncentrát vyhovujúci dnešným vysokým nárokom metalurgie – za prijateľnú kovnosť pre vsádzanie do vysokej pece sa dnes považuje obsah minimálne 55% Fe.

Svetové bilančné zásoby sa uvádzajú v rozličnej veľkosti. Jeden z prameňov uvádza svetové bilančné zásoby železných rúd okolo 254 mld t podľa obsahu železa. Iné pramene, zahrnuté v tabuľke I, udávajú zásoby okolo 80 – 90 mld t obsahu Fe.

V každom prípade je možné usudzovať, že súdobe stanovené zásoby sú dostatočné na dosť dlhú dobu, asi okolo 300 rokov, aby kryli svetovú spotrebu. Mimo toho existuje mimoriadna potenciálna zásoba v mangánových konkréciách, tabuľka II, ktoré obsahujú okolo 207 mld t Fe.

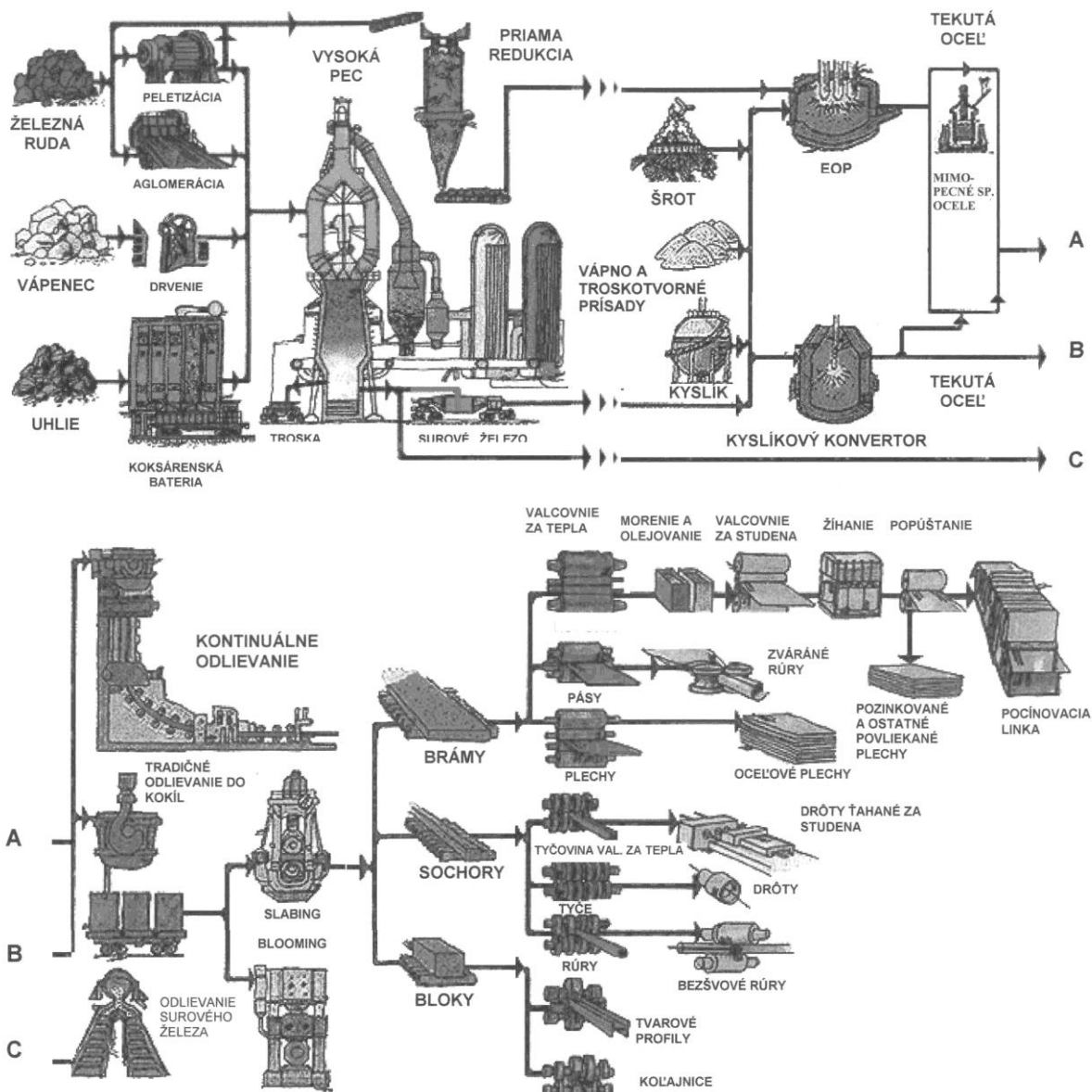
Železná ruda je základnou surovinou pre výrobu surového železa. Z neho sa ďalej primárnymi oceliarskymi procesmi vyrába surová oceľ. Pri výrobe surovej ocele sa mimo surového železa uplatňujú druhotné suroviny väčšinou na báze železa, železný a oceľový šrot. V súčasnosti podiel šrotu je okolo 60%. Recyklácia železa a ocele vo forme šrotu posúva dostatočnosť zdrojov pre výrobu ocele na nasledujúcich 450 až 500 rokov.

Spotreba surovej ocele sa vykazuje ako tzv. „zjavná spotreba“, definovaná výroba + dovoz – vývoz. Zjavná spotreba teda nerešpektuje zmeny zásob ani u výrobcov, ani u spotrebiteľov.

Ukazovatele zjavnej spotreby ocele vo vyjadrení jednak ako spotreba na jedného obyvateľa zeme, jednak ako náročnosť národného hospodárstva na spotrebu ocele, sú dôležité ekonomické ukazovatele, ktoré súvisia s úrovňou ekonomického rozvoja.

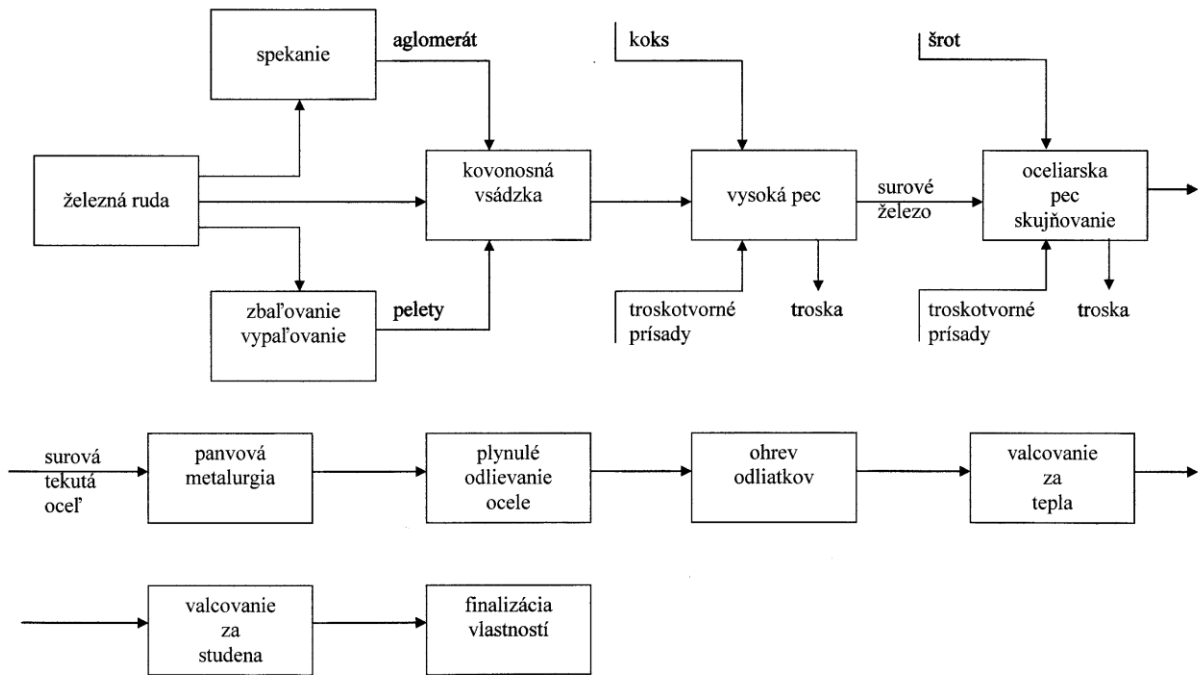
Závislosť zjavnej spotreby ocele na jedného obyvateľa na ekonomickej úrovni /vyjadrenej tvorbou HDP na jedného obyvateľa/ má charakter prakticky lineárnej funkcie. Spotreba ocele na obyvateľa zhruba rovnomerne vzrastá s tvorbou HDP na obyvateľa.

Základná výrobná schéma podniku hutníctva železa a ocele je na obr.1 a obr.2.

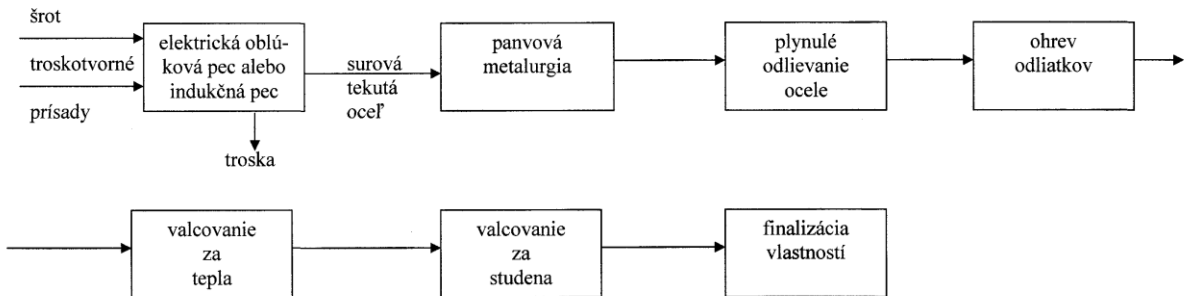


Obr.1 Výrobná schéma hutníckeho podniku hutníctva železa a ocele

Alternatíva I



Alternatíva II



Obr.2 Výrobná schéma hutníckeho podniku hutníctva železa a ocele

Alternatíva I na obr.2 predstavuje tzv. rudnú cestu. Základnou vstupnou surovinou je železná ruda, ktorá buď priamo alebo po úprave skusovením v aglomeračnom alebo pelletizačnom závode tvorí kovonosnú vsádzku, ktorá spolu s koksom a troskotvornými prísadami sa vsádza do vysokej pece ako vysokopečná vsádzka. Výsledkom redukčných procesov vo vysokej peci je surové železo, ktoré vzhľadom k vysokému obsahu uhlíka (viac než 4%) a ďalších prvkov sa nedá tvárniť. Priame použitie pri výrobe železných výrobkov nemá. Tekuté surové železo sa vsádzkuje do oceliarskej pece spolu so šrotom a troskotvornými prísadami. V peci prebieha skujňovanie, teda odstránenie uhlíka a ďalších prvkov zo skujňovaného kovu. Podiel šrotu je vzhľadom k tepelno – teplotným podmienkam okolo 20%. Surová tekutá oceľ sa ďalej upravuje na stanici panvovej metalurgie. Tekutá oceľ s požadovaným zložením a vlastnosťami sa odlieva na zariadení pre plynulé odlievanie. Pevné oceľové odliatky po ohreve sa tvárnia valcovaním za tepla, v prípade potreby

valcovaním za studena alebo inými tvárniacimi procesmi. Procesmi úpravy štruktúry a vlastností ocelových výrobkov a úpravou ich povrchov výroba ocelových výrobkov končí.

Alternatíva II na obr.2 predstavuje tzv. šrotovú cestu. Pre výrobu ocele sa nepoužíva tekuté surové železo, ale len šrot a troskotvorné prísady. Vsádzka je pevná, kovonosná vsádzka tvorí šrot. Roztavenie kovovej vsádzky sa robí v elektrickej oblúkovej peci alebo indukčnej peci. Ďalšia úprava ocele je rovnaká, ako u alternatívy I.

Územie Slovenska, hlavne jeho stredná a východná časť, bolo jedným z hlavných producentov kovov v 18. a 19. storočí v rakúsko – uhorskom mocnárstve. V 20. storočí metalurgia na Slovensku prechádza obdobiami úpadku, rastu aj stabilizácie. Došlo k úpadku rudného baníctva, čo však neplatí o ťažbe magnezitu, ktorý je jednou z hlavných strategických surovín v republike. Vývoj ťažby niektorých rudných surovín od r. 1989 je podaný v tabuľke III.

Výroba ocele na území Slovenska je realizovaná v dvoch podnikoch. U.S.Steel Košice, bývalé VSŽ, vyrába oceľ rudnou cestou. Vyrába ploché oceľové výrobky. Železiarne Podbrezová vyrábajú oceľ šrotovou cestou, sú producentom oceľových rúr. Vývoj oceliarskej produkcie od r.1989 je v tabuľke IV. Obidva podniky využívajú špičkové svetové technológie a špičkovú techniku, majú stabilizovanú pozíciu na svetových trhoch a významné rozvojové plány.

V tabuľke V je podaný vývoj výroby neželezných kovov na území Slovenska od r. 1989. Došlo k ukončeniu výroby väčšiny na našom území vyrábaných neželezných kovov, výrazne poklesla výroba medi. Jej jediným producentom u nás sú Kovohuty Krompachy. Obrátená situácia je u výroby hliníka, ktorý sa vyrába v závode Slovalco Žiar nad Hronom. Vzhľadom k expanzii výroby hliníka v závode údaje za rok 2003 sú podstatne vyššie. Závod má postavenie rozhodujúceho výrobcu hliníka v stredoeurópskej oblasti.

Jediným výrobcom ferozliatin na Slovensku je závod Oravské ferozliatinárske závody (OFZ) Istebné. Vývoj výroby ferozliatin od r. 1989 je v tabuľke VI. Ako je vidno z tabuľky, pôvodne široký sortiment výroby ferozliatin sa v poslednom období zúžil na tri: ferosilícium, feromangán a ferosilikomangán. Výroba týchto troch ferozliatin má relatívne stabilnú úroveň. Zo sortimentu zmizli v minulosti vyrábané a úspešne predávané ferozliatiny, ako ferochróm, feromolybdén, ferotitán, ferovolfrám.

Zlievarne majú v sústave hutníckeho priemyslu špecifické postavenie, viaceré sú súčasťou podnikov ťažkého strojárstva. Zo zlievarní ocele a liatiny majú najvýznamnejšie postavenie zlievarne VSŽ Košice, VSS Košice, SEZ Krompachy, Prakovská oceliarska spoločnosť, Zlievarne Trnava, Strojchem Svät. Významné postavenie a veľkú perspektívu rozvoja majú zlievarne hliníka, sústredené okolo výrobcu hliníka Slovalco Žiar nad Hronom: Rautenbach, Foundry Žiar nad Hronom, Zlievareň Žiar nad Hronom, Four Trade Banská Štiavnica.

Výroba žiaruvzdorných materiálov, založená na bohatých a kvalitných domácich surovinách, má na Slovensku dlhodobú tradíciu, dobrú súčasnú výkonnosť a sľubnú perspektívu. Medzi najvýznamnejšie podniky patria Slovenské magnezitové závody Jelšava, Slovomag Lubeník, Lovinit Lovinobaňa. Významnú pozíciu vo výrobe žiaruvzdornej keramiky pre oceliarsky priemysel majú závody vo vlastníctve U.S.Steel, špeciálne žiaruvzdorné hmoty pre hutníctvo produkujú firmy Intocast Košice a Hačava, Vesuvius Slovensko.

Tab.I – Prehľad svetových zásob železných rúd – mil. t obsahu Fe (zásoby geologické)

Krajina	Geologické zásoby (mil. t)
Austrália	10700
Brazília	16350
Británia	900
Čína	2800
Francúzsko	1650
India	5650
JAR	1100
Kanada	10890
Libéria	640
Nemecko	700
Rusko a Ukrajina	28200
Španielsko	750
Švédsko	2000
USA	3630
Venezuela	1280
Celkom svet	93600

Tab.II – Predpokladané celkové zásoby niektorých kovov v mangánových konkréciách a porovnanie týchto zásob s pravdepodobnými zásobami kovov v klasických ložiskách na zemi.

Kov	Zásoby v mangánových konkréciách, mld. t	Zásoby v klasických ložiskách, mld. t
Mangán	358,0	3,63
Železo	207,0	93,60
Hliník	43,0	7,60
Horčík	25,0	-
Nikel	14,7	0,056
Titan	9,9	2,015
Meď	7,9	0,726
Kobalt	5,2	0,005
Olovo	1,3	1,36

Tab.III – Ťažba a spracovanie vybraných nerastných surovín (tis. t) v SR

Výrobok	1989	1994	1996	1998	2000	2002
Ťažba železných rúd	1461,3	900,4	940,1	976,4	1010,3	683,6
Železné rudy predajné	758,3	479,0	472,0	485,9	477,4	326,3

V tom: koncentrát	475,2	102,1	74,5	49,8	29,6	10,3
V tom: pelety	283,1	376,9	397,5	436,1	447,8	316,1
Ťažba surového magnezitu	1464,4	499,3	1054,1	1090,0	1189,7	1096,3
Výroba Mg sypkých hmôt	294,8	135,4	236,0	305,4	357,6	326,8
Výroba zásaditých žiaruvzd. hmôt	-	1,3	9,7	18,3	23,3	27,5
Šamotové tvarovky	58,2	35,0	24,7	22,1	16,5	18,4
Zásadité tvarovky	23,2	7,7	7,9	8,9	11,9	7,7
Žiarobetóny	2,9	4,4	4,0	3,8	5,1	4,5

Tabuľka IV – Výroba základných hutníckych výrobkov, hutníctvo železa (tis. t) v SR

Výrobok	1989	1994	1996	1998	2000	2002
Koks	2285,2	1895,5	1708,5	1515,1	1705,5	1806,1
Aglomerát	3894,0	3319,0	3373,0	3219,0	3598,9	3486,1
Surové železo	3515,0	3330,0	2928,0	2756,0	3166,4	3533,2
Surová ocel'	4626,3	3948,3	3554,1	3387,9	3706,2	4255,5
SM pece	176,1	-	-	-	-	-
Elektrické pece	116,7	143,2	208,9	278,8	259,1	281,0
Kyslíkové konvertory	4333,5	3805,1	3345,2	3109,1	3447,1	3974,5
ZPO, %	25,6	66,1	100,0	100,0	100,0	100,0
Valcovaný materiál celkom	3791,5	3513,5	3243,6	3060,1	3389,7	3786,5
Ploché výrobky	3002,2	3144,7	2990,7	2819,8	3143,1	3552,0
Oceľové rúry	292,7	141,9	172,9	186,4	198,0	207,5

Tabuľka V – Výroba základných hutníckych výrobkov, výroba neželezných kovov (tis. t),SR

Výrobok	1989	1994	1996	1998	2000	2002
Meď	26,9	19,7	28,0	23,8	0,2	7,0
Hliník primárny	69,3	32,7	115,2	108,0	109,8	111,6
Oxid hlinitý	204,6	97,8	52,6	26,5	0,4	-
Nikel	3,252	-	-	-	-	-
Kobalt	0,047	-	-	-	-	-
Mangán	0,705	-	-	-	-	-
Zinok	2,625	-	-	-	-	-
Antimón	0,742	-	-	-	-	-
Olovo	0,071	-	-	-	-	-

Tabuľka VI – Výroba ferozliatin (tony) v SR

Výrobok	1989	1994	1996	1998	2000	2002
Ferozliatiny celkom 100% z.k.	165507	145286	149700	149700	126402	119337
Ferosilícium	20997	38159	52511	52511	34066	22164
Feromangán	63518	34737	22807	22807	36659	43031
Ferochróm	29844	32887	12084	12084	10643	2046
Ferowolfrám	1213	14	-	-	-	-
Feromolybdén	1392	-	-	-	-	-
Ferosilikomangán	43590	37071	57695	57695	45023	51747
Ostatné	4953	5418	4603	4603	11	349

III. Výroba materiálov vysokopecnej vsádzky – koks, vysokopecné pelety, železoruďný aglomerát

Výroba koksu

Koks je pevná pórovitá odplynená hmota oceľovošedej farby a má vlastnosti, ktoré sú požadované pre jeho použitie vo vysokých peciach, zlievarňach a inde, kde pôsobí ako nositeľ tepelnej energie aj ako redukčné činidlo. Koks sa vyrába zo zmesi vhodných druhov rozomletých čiernych uhľí ich tepelným rozkladom pri teplotách okolo 1000°C bez prístupu vzduchu v koksovacích komorách. Tento postup sa nazýva karbonizácia uhľia. Karbonizáciou uhľia vzniká koks a plynné látky, z ktorých sa zachytáva decht, čpavok, benzol, naftalén a iné chemické produkty koksovania. Ich odlúčením sa získa technicky čistý plyn, používaný na energetické účely.

Hlavné výrobné strediská koksovne sú:

- a. príprava uholnej vsádzky (uholná služba)
- b. koksárenské batérie
- c. triediarnie koksu (koksová služba)
- d. chemické prevádzky.

Uholná služba sa začína vykládkou praného uhľia a zahŕňa uskladňovanie, homogenizáciu, mletie, dávkovanie a miešanie rôznych druhov uhľia na koksárenskú vsádzku a jej dopravu a uskladňovanie v uholných vežiach batérie.

Koksárenské batérie. Do tohto úseku sa zahrňujú práce s odberaním uhľia z uholných veží, ďalej plnenie komôr, obsluha, údržba a ohrev pecí, vytlačovanie a hasenie koksu až po vysypanie uhaseného koksu na šikmú koksovú rampu.

Ku koksovej službe patrí obsluha koksovej rampy, triedenie koksu v hrubej a jemnej triediarni, doprava a nakladanie vytriedených druhov koksu.

Chemická časť koksovne má tieto hlavné úseky:

- chladenie a dopravu plynu, kde je zariadenie na chladenie surového koksárenského plynu, jeho odsávanie, dopravu a odstraňovanie dehtovej hmly,
- čpavkáreň, kde sa získava čpavok z plynu aj čpavkovej vody a spracúva sa na síran amónny,
- benzolku, ktorá obsahuje zariadenie pre koncové chladenie plynu, vypieranie benzolu, destilačné zariadenie pre výrobu surového benzolu a naftalénu,
- fenolku, kde je zariadenie na vypieranie fenolov z čpavkovej vody a ich spracovanie na fenolát sodný.

Vlastnosti uholných vsádzok a priebeh karbonizácie uhľia.

Koksovaná uholná vsádzka je vlhký sypký materiál, skladajúci sa z jednotlivých zŕn rôznej veľkosti. Pod koksovacími vlastnosťami sa rozumie celková schopnosť uhľia pôsobiť na priebeh koksovacieho procesu a na kvalitu vyrábaného koksu. Túto schopnosť určujú najmä spekavosť, plasticita a puchnutie uhľia.

Pod spekavosťou rozumieme schopnosť rozomletého uhľia spieť sa pri koksovaní na pevný koksový zbytok. Uhlie sa speká tak, že jeho časť prechádza do plastického stavu a zmáča ostatné netaviace sa zložky. Dobrá spekavosť je podmienená plasticitou, t.j. schopnosťou niektorých zložiek uhľia prejsť v intervale teplôt 320 až 450°C do plastického stavu, v ktorom sa uhlie dobre odplyňuje a pevné častice sa vo vznikajúcej tavenine rovnomerne rozptýlia. Pri určitej teplote začína uhlie mäknúť (začiatok plasticity) a tento stav

sa končí pri vyššej teplote, keď sa začína tvoriť polokoks (koniec plasticity). Medzi obidvoma teplotami leží oblasť plasticity, ktorá je pre rôzne druhy uhlia rôzna. Puchnutie je zväčšovanie objemu uhlia v oblasti jeho plastického stavu a je spôsobené vyvíjajúcimi sa plynmi, ktorým vytvorená plastická hmota kladie odpor. U puchnúceho uhlia pokračuje zväčšovanie objemu až do vyplnenia určitého priestoru, potom zväčšovanie objemu ustáva bez toho, aby uhlie vyvíjalo na steny priestoru podstatnejší tlak. Pri prechode uholnej hmoty nad teploty okolo 500°C vzniká polokoks, ktorý sa ďalším odplynením obvykle zmršťuje, čím vzniká pnutie, vyvolávajúce trhliny, v ktorých sa zrelý koks rozpadá. Teploty karbonizácie dosahujú až 1050°C, doba karbonizácie až 24 hod.

Koksárenské batérie

Tvorí ich určitý počet koksovacích pecí. Tie sú tvorené koksovacími komorami s ohrievacími stenami, regenerátormi, spalinovými kanálmi a komínom, základmi a vystužením pecí, pecnými dverami a strojným zariadením. Koksovacia komora, je tvorená podlahou, klenbou, dverami a ohrevnými stenami a máva rozmery: dĺžku 12000 až 16000 mm, výšku 3000 až 7000 mm, šírku 410 až 480 mm. Ohrevové steny sú tvorené sústavou kanálikov, ktoré umožňujú rovnomerné spaľovanie ohrevového plynu. Ohrev koksárenskej batérie môže byť vysokopecným plynom, koksárenským plynom alebo obidvoma.

Žeravý koks sa po odňatí dverí vytláča vytlačiacím strojom. Žeravý koks, vytlačený z komory do koksárenského voza, hasí sa vodou v hasiacej veži. Prv sa koks sprchuje asi 150 sek s vodou, potom sa na 30 min vyklopí na koksovú rampu na odparenie povrchovej vody. Potom sa dopravuje do triediarne, kde prebieha hrubé triedenie na roštoch a jemné triedenie na sitových triedičoch. Hasenie koksu v hasiacej veži je doprevádzané vznikom veľkého množstva vodnej pary, ktorá sa rozptyľuje do okolia.

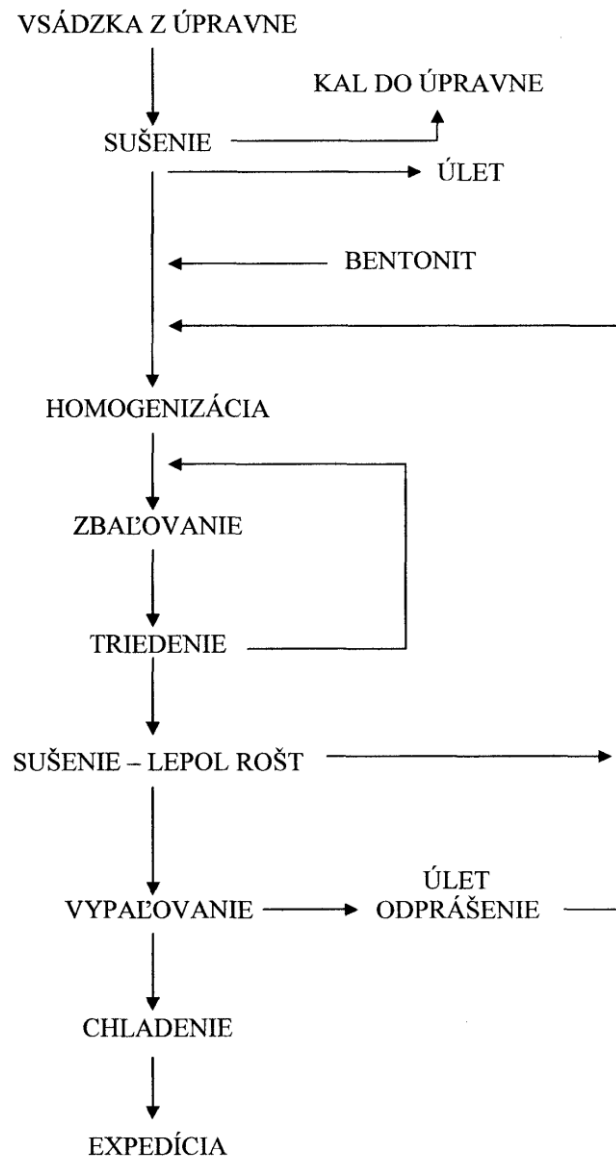
Chemické vlastnosti koksu. Organickú hmotu koksu tvorí predovšetkým uhlík a nevelké množstvo vodíka, kyslíka, dusíka a síry. Do koksu prechádza 65 – 75% síry z uhlia, fosfor prechádza úplne do koksu.

Fyzikálne vlastnosti koksu. Skutočná hustota je okolo 1,8 g.cm⁻³, zdanlivá hustota 0,9 – 1,1 g.cm⁻³. Merná tepelná kapacita koksu závisí na obsahoch uhlíka, bezvodej horľaviny a popola a býva v rozmedzí 28 – 30 MJ.kg⁻¹. Zápalná teplota býva okolo 650°C.

Výroba vysokopecných peliet

Peletizácia je spôsob skusovenia materiálov zrnitosti spravidla menšej než 0,2 mm. Z navlhčených jemnozrnných materiálov vznikajú v zbaľovacom zariadení surové zbalky o pevnosti 7 až 30 N na zbalok. Pretože táto pevnosť pre priame použitie vo vysokopecnom procese nepostačuje, zbalky sa spevňujú a premeňujú na pelety vypaľovaním na 1250 až 1350°C v oxidačnej atmosfére. Vypálené pelety sa vyznačujú pravidelným guľovitým tvarom, vysokým obsahom železa, vysokou pevnosťou v tlaku 1700 až 3900 N na peletu, vysokou pevnosťou v odere a dobrými metalurgickými vlastnosťami. Schéma procesu výroby peliet je na obr.3, z ktorého je zrejmé, že tento proces pozostáva z dvoch samostatných častí, z výroby surových zbalkov a z ich spevňovania.

KVANTITATÍVNA SCHÉMA PELETIZÁCIE



Obr.3 - Schéma výroby vysokopecných peliet

Výroba surových zbalokov.

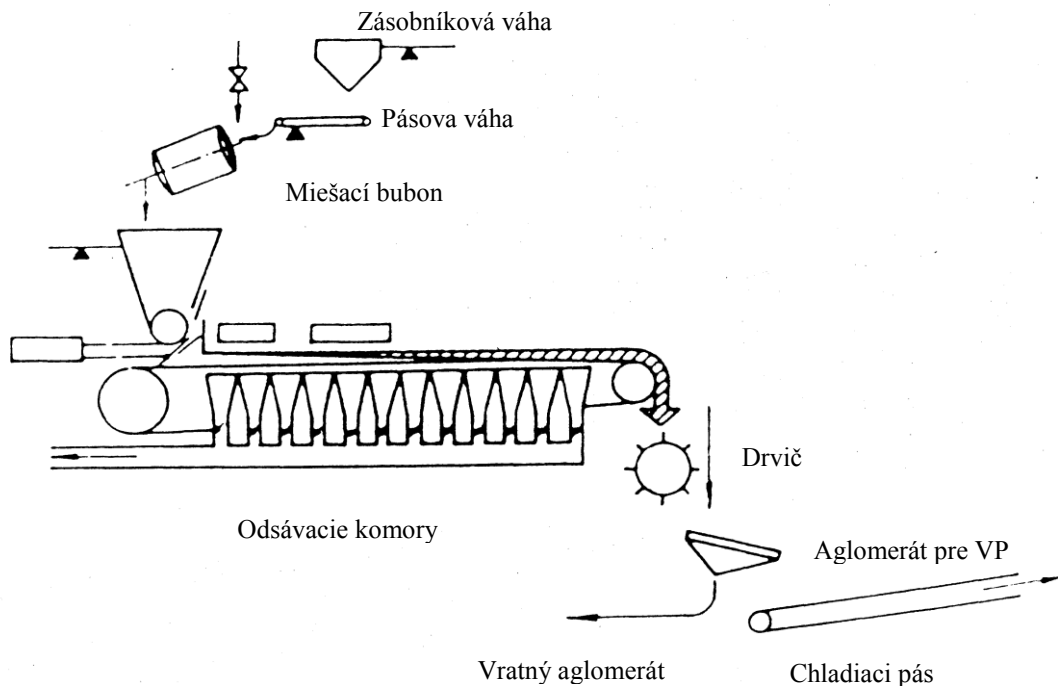
Surové zbaloky začínajú vznikať pri vlhčení materiálu v zbaľovacích bubnoch alebo zbaľovacích misách jemne rozptýlenými kvapkami vody. V mieste dopadu vody sa materiál prvlhčuje a vytvárajú sa vodné filmy a kvapalinové mostíky, pomocou ktorých sa zrníčka materiálu spájajú sieťou kapilár do zhlukov. Po niekoľkých otáčkach zbaľovacieho zariadenia menia sa zhluky na zárodoky zbalokov. Vznik zárodokov zbalokov je prvou etapou tvorby zbalokov, na ktorú nadväzuje etapa rýchleho rastu zbalokov, v ktorej sa rozmer zbalokov rýchle zväčšuje ďalším nabaľovaním jemnozrnného materiálu. Zariadenia na výrobu surových zbalokov sú zbaľovacie bubny a zbaľovacie misy. Zbaľovacie bubny majú priemer 1,2 až 3,3 m, dĺžku 2,3 až 3 násobok priemeru, uhol sklonu je 6 až 8°. Maximálny výkon zbaľovacieho bubna je 1200 až 1500 t za deň.

Vysokoteplotné spevňovanie zbalokov.

Začína sušením zbalokov a pokračuje ich postupným ohrevom na teploty 1250 až 1350°C. Po odstránení vody mení sa zbalok na krehkú hmotu. Odstránením vody zanikajú kapilárne sily. Ak zbalok obsahuje dostatočné množstvo koloidných častíc, ktoré po vysušení stuhnú a vytvoria mostíky maltového charakteru, pevnosť zbalokov rastie. V opačnom prípade je potrebné zvýšiť prídavok látok, pôsobiacich ako spojivo – bentonit, cement a i. Zbaloky možno vypaľovať v každom zariadení, ktoré umožňuje dosiahnuť optimálnu teplotu vypaľovania pri rýchlosti primeranej vypaľovanému materiálu a jeho vlhkosti. Vypaľovanie peliet sa v súčasnosti robí v ťachtových peciach, na priamych vypaľovacích pásoch a v kombinovaných zariadeniach priamy pás (Lepol rošt) – rúrová otáčavá pec – chladič. Vypaľovanie peliet sa deje spravidla v oxidačnej atmosfére, spaliny z vypaľovania sa využívajú na sušenie a ohrev zbalokov.

Výroba železoruďného aglomerátu

Železoruďný aglomerát sa vyrába spekaním (aglomeráciou) železných rúd a ďalších substancíí. Podobne ako peletizácia, je to spôsob skusovenia jemnozrnných železoruďných materiálov, ktorý umožňuje, aby produkt, železoruďný aglomerát, mal vlastnosti, ktoré sú pre proces výroby surového železa vo vysokej peci najvhodnejšie. Technologická schéma aglomeračného procesu je na obr.4.



Obr. 4 – Výroba železoruďného aglomerátu

Agglomeračný závod sa delí na studený a teplý úsek. V studenej časti prebieha príprava aglomeračnej vsádzky, v teplej časti prebieha spekanie vsádzky za tvorby železoruďného aglomerátu, jeho drvenie a triedenie.

Výroba aglomerátu môže prebiehať nepretržite (spekací pás) alebo prerušovane (spekacia panva). Aglomeračný proces vyznačuje sa univerzálnosťou, t.j. nie je veľmi závislý na vlastnostiach východných surovín. Z toho dôvodu sa spekaním skusovujú železné rudy, železoruďné koncentráty a rôzne druhotné suroviny s dostatočne vysokým obsahom železnej substancie. Do vsádzky mimo železonosných materiálov o zrnitosti 0 až 10 mm pridávajú sa aj troskotvorné prísady (vápenec, dolomit) o zrnitosti 0 až 3 mm v množstve nutnom na dosiahnutie požadovanej zásaditosti aglomerátu, podľa potreby jemnozrnná mangánová ruda a koks o zrnitosti 0 až 3 mm v takom množstve, aby sa vytvorili teplotné podmienky v spekanej vrstve 1400 až 1500°C.

Jednotlivé suroviny, podľa možnosti homogenizované, miešajú sa na sucho, pridáva sa k nim vratný aglomerát, dovlhčujú sa a v bubnovom miešacom zariadení sa predpeletizujú. Predpeletizovaná aglomeračná zmes, pozostávajúca prevažne z mikrobalkov o zrnitosti 1 až 3 mm, dávkuje sa do spekacieho zariadenia. Predpeletizovaná aglomeračná zmes sa uloží a roštnice spekacieho zariadenia vo výške 200 až 600 mm a zapáli sa silným zdrojom tepla na

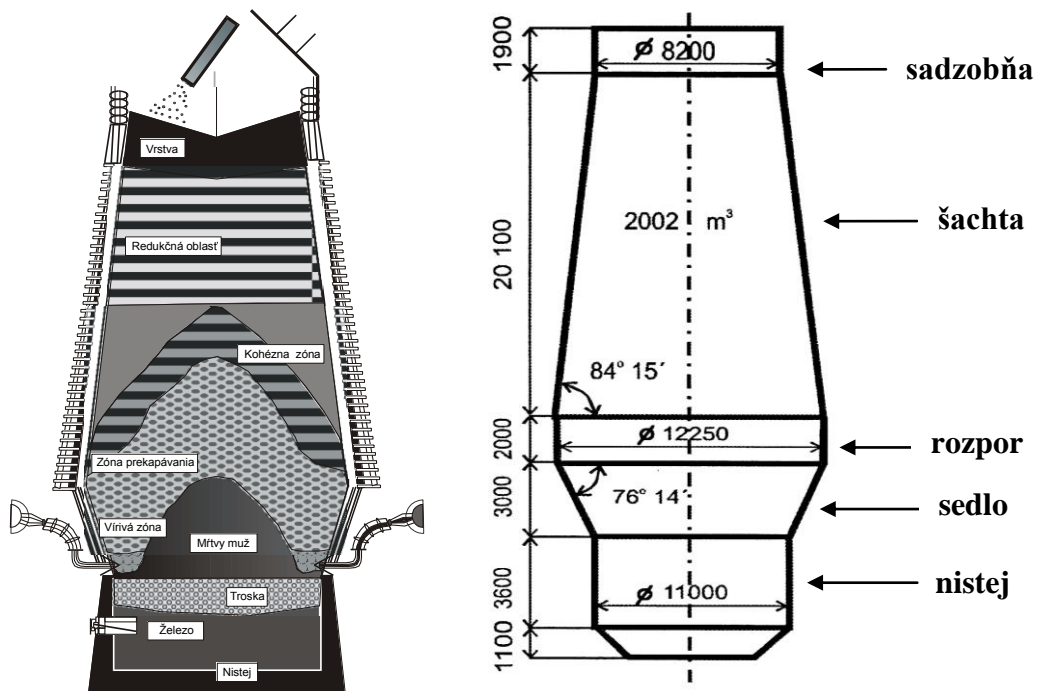
povrchu vrstvy, cez vrstvu sa začne presávať vzduch. Horenie paliva prebieha v úzkom pásme horenia a spekania, ktoré sa presúva v smere presávaného vzduchu. Proces horenia paliva a spekania neuskutočňuje sa v celej vrstve vsádzky súčasne, ale v horizontálnej vrstve, ktorá sa presúva naprieč vsádzkou a dosahuje hrúbku do 40 mm. Rovnomerné zapálenie predpeletizovanej zmesi, položenej na pás, dosahuje sa zapaľovacou hlavou. Zapaľovacia teplota je 1200 až 1300°C. K vytvoreniu podtlaku v odsávacích komorách pod aglomeračným pásom slúži exhaustor. Odsávané plyny prechádzajú cyklónmi a prašnými komorami, kde sa očistia od prachových podielov a dymovými kanálmi prechádzajú cez komín do ovzdušia.

Aglomerát vypadávajúci zo spekacieho pásu sa drví, triedi, chladí a dopravuje do zásobníkov vysokých pecí. Aglomerát o zrnitosti 0 až 10 mm sa vracia späť do aglomeračnej zmesi ako tzv. vratný aglomerát. Výkon spekacieho pásu závisí od druhu spracovávaných rúd a býva 25 až 45 t.m⁻².deň⁻¹.

IV. Vysokopecná výroba surového železa

Vysokopecný spôsob výroby surového železa, ktorý je vo svojom princípe známy už viac než 5 storočí, dosiahol za posledné desaťročia mimoriadneho rozvoja. Tento úspech sa dosiahol na jednej strane neustálym zväčšovaním užitočného objemu vysokých pecí a na druhej strane cieľavedomým zdokonaľovaním úpravy vysokopecnej vsádzky a vysokopecnej technológie.

Podstata vysokopecnej výroby spočíva v karbotermickej redukcii železorudných surovín vo vysokej peci. Vysoká pec je v podstate šachtová pec, vybudovaná zo žiaruvzdorného materiálu, ktorý je stiahnutý hrubým pancierovým plášťom. Profil a rozmery vysokej pece sú prispôbené technológii procesu. Celková výška pece dosahuje niekoľko desiatok metrov (zvyčajne do 30 m), maximálny pričný rozmer väčšinou nepresahuje priemer 15m. Jednotlivé funkčné priestory vysokej pece majú svoje štandardné názvy: sadzobňa, šachta, rozpor, sedlo a nistej, obr.5.



Obr. 5 - Profil vysokej pece a jej základné zóny

Sadzobňa – zabezpečuje zavážanie vysokopecnej vsádzky a odvod vysokopecného plynu. **Šachta** – zabezpečuje výmenu tepla medzi plynmi a pevnou vsádzkou. **Rozpor** – zabezpečuje usmernenie prúdu plynu vysokou pecou. Prechod vsádzkových materiálov do tekutého stavu je spojený so zmenšením objemu materiálu, čo si vyžaduje zmenšenie prierezu pece, túto funkciu plní **sedlo** pece. Tekuté produkty vysokopecnej tavby, surové železo a vysokopecná troska, sa hromadia vo valcovitej časti nazvanej **nistej**, z ktorej sa v pravidelných intervaloch, u veľkých pecí kontinuálne, vypúšťajú. Pod spodným okrajom sedla sú do výmurovky pece zabudované vodou chladené **výfučne**, cez ktoré sa do vysokej

pece fúka horúci vietor obohatený kyslíkom. Počet výfuční závisí od priemeru nisteje a je tým väčší, čím je väčší priemer. Najdôležitejšou časťou nisteje vysokej pece je **odpichový otvor**, ktorým sa vypúšťa z pece surové železo a vysokopecná troska.

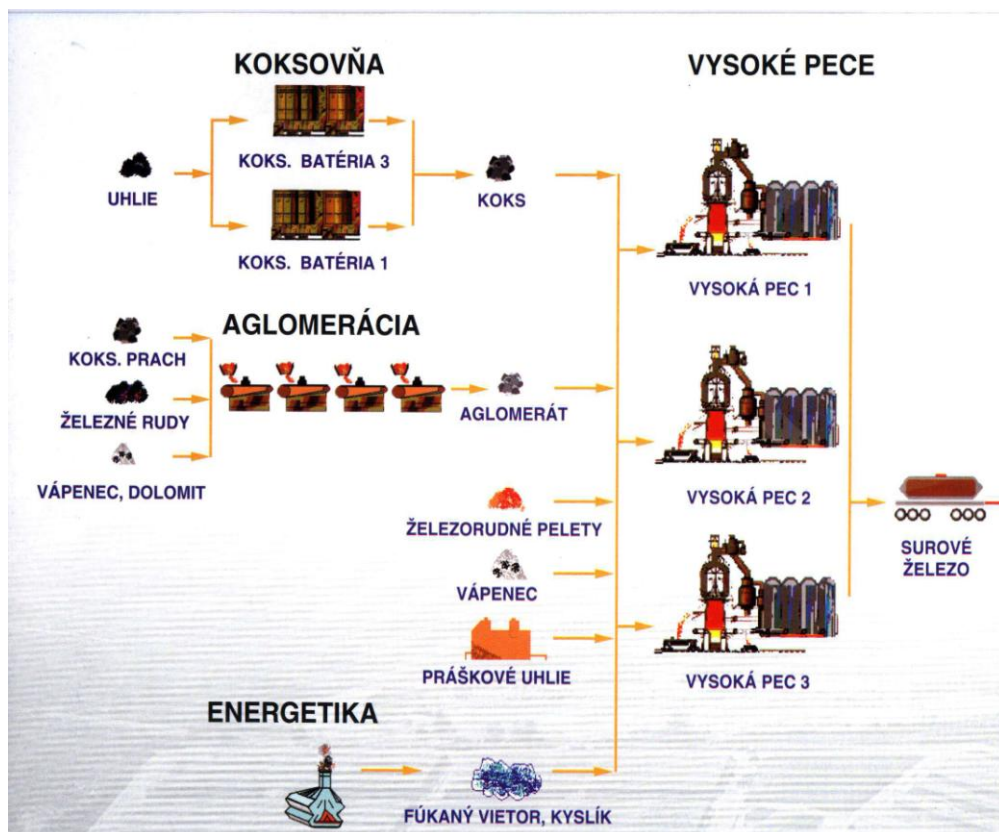
Celá pec stojí na mohutnom betónovom základe, ktorého výšku určuje výška potrebná pre vypúšťanie trosky a železa. Vnútro pece je vymurované žiaruvzdornými materiálmi, ktorých druh a kvalita po výške pece sa menia. Druh použitého materiálu odpovedá spôsobu namáhania v jednotlivých častiach vysokej pece. Pre prevádzku každej vysokej pece je mimoriadne dôležité a nevyhnutné intenzívne chladenie výmurovky s výnimkou hornej časti šachty a celej sadzobne. Životnosť vysokej pece je daná životnosťou žiaruvzdorných materiálov nisteje a mala by byť najmenej desať rokov.

Charakteristika vysokej pece

Vysoká pec je veľkovýrobné zariadenie s nepretržitou prevádzkou a protiprúdovým systémom, s plynulým zavázaním, s periodickým vypúšťaním tekutých produktov a plynulým odvodom plynu. Vysoká pec sa vyznačuje vysokým stupňom využitia tepla, vysokou výťažnosťou (98%) Fe a vysokým stupňom odstránenia síry (90%). Závažným nedostatkom vysokopecného procesu sú vysoké nároky na akosť koksu a kovonosnej vsádzky.

Vysokopecná výroba surového železa v porovnaní s inými spôsobmi výroby železa má najnižšiu mernú spotrebu energie.

Vysoká pec je energeticky najnáročnejšia časť technologického cyklu – koksovňa – aglomerácia – vysoká pec – oceliareň, obr. č. 6.



Obr. č. 6 Technologický cyklus koksovňa – aglomerácia – vysoká pec

Vysokopecná vsádzka

Vsádzka pre vysoké pece je tvorená kovonosnými materiálmi, troskotvornými látkami a palivom. Kovonosnou časťou vsádzky sú železné a mangánové rudy, aglomerát, pelety a taktiež niektoré odpady z priemyselnej výroby. Upravené rudné materiály, hlavne aglomerát a pelety, predstavujú vo väčšine prípadoch 80 až 100% železonosnej vsádzky.

Troskotvornú časť vysokopecnej vsádzky tvoria zásadité troskotvorné prísady - vápenec a dolomitický vápenec alebo kyslé troskotvorné prísady – kremenec, bauxit a hlinité bridlice. Kyslé rudy t. j. rudy, ktoré majú kyslú povahu hlušiny si vyžadujú zásadité troskotvorné prísady. Zásadité rudy si naopak vyžadujú kyslé troskotvorné prísady. Väčšina prírodných rúd je kyslej povahy.

Palivová časť vysokopecnej vsádzky je zložená hlavne z vysokopecného koksu a náhradného paliva. Ako náhradné palivo sa používa zemný plyn, oleje a v súčasnosti najčastejšie práškové uhlie.

Na uvedené vsádzkové materiály sú kladené vysoké požiadavky z hľadiska chemického zloženia, fyzikálnych a metalurgických vlastností.

Zavážanie surovín do vysokej pece

Všetké suroviny tvoriace vysokopecnú vsádzku, okrem prídavného paliva, sa zavážajú do zásobníkov rudného mosta, ktorý plní úlohu zásobovania. Spôsob dopravy je riešený formou dopravných pásov z rudných skládok, aglomerácie a koksárenských batérií. Rudný most pomocou vibrotriedičov plní aj funkciu triedenia. Pomocou dopravných pásov je materiál dopravovaný do vážiacich nádob, kde sa váži, aby do vysokej pece boli jednotlivé vsádzkové materiály zavezené v požadovanom množstve.

Materiál z rudného mostu je do vysokej pece dopravovaný skipovým výt'ahom odkiaľ sa presype cez posuvnú skipovú presypku do materiálového zásobníka. Materiálové zásobníky sú tlakové nádoby vyložené oteruvzdornými doskami, v ktorých sa hromadí materiál, kým sa nedosiahne potrebná váha vsádzky. Obidva materiálové zásobníky sú opatrené na vstupe a výstupe tesniacimi klapkami, ktoré sa v cykle zavážania otvárajú alebo zatvárajú. Zásobníky sa plnia striedavo, kým jeden zásobník zaváža vsádzku do vysokej pece, druhý zásobník sa plní. Materiál sa cez usmerňovacu výsypku dopravuje na otočný žľab. Rýchlosť otáčania žľabu je meniteľná a po každej jeho otáčke sa mení jeho uhol a jeho sklon, takže sa v sadzobni vytvára ľubovoľný profil násypu a mení sa aj hrúbka vrstvy v jednotlivých sektoroch. Čas vysypávania vsádzky z materiálového zásobníka sa rovná času otáčania žľabu, aby materiál mohol byť rovnomerne rozdelený po celých kružniciach.

Spôsob zavážania surovín do vysokej pece riadi plynodynamiku vysokopecného procesu, t.j. rozdelenie prúdov plynu po priereze vysokej pece a zabezpečuje rovnomerný pokles vsádzky. Spôsob zavážania spolu so zložením vsádzky je najdôležitejší parameter pre riadenie vysokopecného procesu.

Vysokopecný proces

Vysokopecný proces môžeme charakterizovať, ako súbor chemicko-fyzikálnych dejov, ktoré prebiehajú vo vsádzkových materiáloch pri ich spracovaní vo vysokej peci. Vsádzkové materiály sa pohybujú od sadzobne k nisteji a plynné produkty v smere opačnom t. j. od výfuční k sadzobni. Vo vysokej peci účinkom tepelnej a chemickej energie dochádza k chemickým zmenám vsádzkových materiálov.

Najdôležitejšou chemickou zmenou je redukcia oxidov železa a oxidov neželezných kovov. Procesy redukcie sú doprevádzané chemickými procesmi vzniku karbidov – nahličovania železa a procesmi tavenia hlušiny a prísad – vznikom trosky. Všetky uvedené procesy prebiehajú za prítomnosti plynných redukčných činidiel vznikajúcich horením uhlíka pred výfučňami alebo pevným uhlíkom, prípadne vodíkom vznikajúcim z vodnej pary a uhl'ovodíkov.

Deje prebiehajúce vo vysokej peci

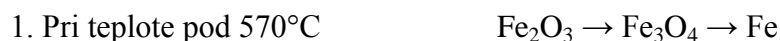
Vsádzkové suroviny zavezené do vysokej pece už na sadzobni sa ohrievajú v dôsledku ich styku s horúcimi plynmi, ktoré prúdia vysokou pecou v protismere s pohybom vsádzky. Teplota po horizonte vysokej pece sa mení a na jednotlivých horizontoch prebiehajú chemické reakcie odpovedajúce teplote daného horizontu

Vplyvom teploty už na sadzobni vysokej pece dochádza k odstraňovaniu hygroskopickéj vody. Pri teplote 200 až 400°C dochádza k disociácii hydrátov. Chemicky viazaná voda a kryštalová voda sa začína odstraňovať pri teplote nad 400°C. Proces odstraňovania vody je ukončený pri teplote cca 1000°C. Prchavé látky, ktoré sa nachádzajú vo vysokopecnom kokse, odchádzajú tiež už na sadzobni.

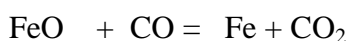
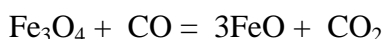
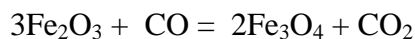
Proces disociácie uhličitanov je závislý od teploty a parciálneho tlaku CO₂ vo vysokej peci, napr. disociácia vápenca (CaCO₃) začína pri teplote cca 680°C a úplný rozklad nastáva pri teplote cca 1000°C.

Redukčné procesy prebiehajú takmer v celom priestore pece, okrem oblasti pred výfučňami, kde je oxidačná atmosféra a kde dochádza k horeniu paliva. Vo vysokej peci dochádza nielen k redukcii oxidov železa ale aj oxidov sprievodných prvkov – hlavne mangánu, kremíka, fosforu, chrómu, niklu, atď. Redukcia oxidov môže prebiehať pôsobením redukčných činidiel t. j. pevným uhlíkom, vodíkom a oxidom uhoľnatým. Redukcia uhlíkom sa nazýva priama redukcia a redukcia vodíkom a oxidom uhoľnatým nepriama redukcia.

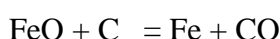
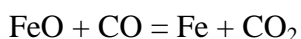
Redukcia oxidov železa prebieha od najvyššieho oxidu železa až na kovové železo, postupnosť je nasledujúca:



Redukcia vyšších oxidov železa na nižšie prebieha v hornej časti vysokej pece a pre túto oblasť je charakteristická nepriama redukcia. Ako príklad nepriamej redukcie je uvedená redukcia s CO:



Priama redukcia prebieha v oblasti nad 1000°C tzn. v spodnej časti pece za účasti Boudouardovej reakcie (CO₂ + C = 2CO):



Stupeň redukcie oxidov železa dosahuje 99 až 99,8% z čoho je možné usudzovať, že vo vysokej peci dochádza takmer k úplnej redukcii. Nízky obsah železa (0,2 až 1,0%) prechádza do vysokopecnej trosky, ktorá vzniká ako vedľajší a nevyhnutný produkt vysokopecného spôsobu výroby surového železa.

Redukcia oxidov neželezných kovov, prebieha u niektorých prvkov úplne, niektoré sa redukujú len čiastočne. Vyredukované prvky prechádzajú buď úplne do surového železa, alebo sa rozdelia medzi surové železo a trosku.

Vznik surového železa vo vysokej peci je proces postupný. Začína v spodnej časti šachty nízkoteplotným nahličením vyredukovaného železa. Proces vzniku surového železa pokračuje ďalej v smere poklesu vsádzky a zvyšujúcej sa teploty, prechodom vyredukovaného železa do tekutého stavu a prechodom ostatných prvkov do železa. Surové železo s požadovaným chemickým zložením sa zhromažďuje v nisteji vysokej pece, odkiaľ sa v pravidelných intervaloch vypúšťa spolu s troskou.

Vysokopecná troska vzniká roztavením hlušiny kovonosnej časti vsádzky a troskotvorných prísad. Je zložená z oxidov prvkov, ktoré sa vo vysokej peci neredukujú vôbec, alebo sa redukujú len čiastočne. Sú to najmä oxidy CaO, MgO, SiO₂, Al₂O₃, MnO a FeO. Na tvorbe trosky sa podieľa aj popol koksu.

Proces tvorby trosky začína mäknutím vsádzky, ktoré je charakterizované prechodom medzi tuhým a tekutým stavom. Tomuto prechodnému stavu hovoríme plastické pásmo alebo pásmo kohézne. Miesto vzniku trosky nie je stále a závisí od chemického zloženia spracovávaných materiálov, spotreby paliva, teploty vetra, plynodynamických podmienok práce vysokej pece. Teplota začiatku vzniku trosky sa pohybuje okolo 1000°C . Prechod hlušiny kovonosnej časti vsádzky a prísad do trosky ako aj redukcia väčšiny FeO z trosky je ukončená pri teplote cca 1300°C.

V prvom štádiu formovania vysokopecnej trosky vzniká troska primárna, ktorá sa vyznačuje vysokým obsahom FeO (cca 30%) a MnO. Stekanie primárnej trosky do nisteje je spojené s redukciami FeO, MnO a SiO₂. V oblasti výfuční dochádza k prechodnej zmene chemického zloženia trosky, v dôsledku oxidácie už vyredukovaných oxidov vzniká tzv. prechodná troska. Konečná troska sa formuje pod oxidačnou oblasťou, kde dochádza k vyrovnaniu chemického zloženia po priereze nisteje vysokej pece.

Chemické zloženie a fyzikálne vlastnosti konečnej vysokopecnej trosky závisia od druhu vyrábaného surového železa. Z chemického hľadiska je najdôležitejší stupeň zásaditosti trosky, ktorý vyjadrujeme nasledovnými vzťahmi:

$$\text{jednoduchá zásaditosť} \quad p_1 = \frac{CaO}{SiO_2}$$

$$\text{rozšírená zásaditosť} \quad p_2 = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}$$

Okrem zásaditosti (bazicity) sú dôležité tiež absolútne obsahy MgO a Al₂O₃, od ktorých závisí viskozita trosky. Z fyzikálnych vlastností trosky je najdôležitejšia teplota tavenia a viskozita.

Úlohou vysokopecnej trosky je chrániť surové železo pred oxidáciou a zabezpečiť podmienky pre výrobu surového železa požadovaných vlastností. Vlastnosti trosky ovplyvňujú aj stupeň odsírenia surového železa. Síra má nepriaznivý účinok na vlastnosti surového železa, preto jej obsah musíme znížiť na požadovanú hodnotu.

Na vznik surového železa a vysokopecnej trosky je potrebné teplo, ktoré je zabezpečované horením koksu v nisteji vysokej pece. Teplo vznikajúce spaľovaním koksu je prenášané plynmi do vyššie položených miest, kde ohrieva a súčasne redukuje vysokopecnú vsádzku.

Vysokopecný koks vsádzaný do vysokej pece cez sadzobňu prechádza šachtou, rozporom, sedlom až do nisteje v pevnom stave. V oblasti vyfučni prichádza do styku s fúkaným vetrom a dochádza k jeho horeniu. Proces horenia uhlíka koksu je spojený so vznikom veľkého množstva tepla a redukčného plynu CO, ktoré sú potrebné pre priebeh redukčných procesov.

V nisteji vysokej pece pod oxidačnou oblasťou sa hromadí surové železo a vysokopecná troska požadovaných chemických a fyzikálnych vlastností.

Cez odpichový otvor je surové železo spolu s troskou vypúšťané z vysokej pece. Surové železo sa vypúšťa do pojazdného miešača, ktorým je dopravované na oceliareň k ďalšiemu spracovaniu. Troska sa vypúšťa do troskovej panvy a dopravuje sa na ďalšie spracovanie. Chemické zloženie produktov vysokopecnej tavby sú uvedené v tab. č. 1.

Tab. č. VII. Chemické zloženie produktov vysokopecnej tavby

Surové železo		Troska		Vysokopecný plyn	
Obsah prvkov		Obsah zložiek		Obsah zložiek	
C	4,5 %	CaO	40 %	CO₂	20 %
Si	0,7 %	MgO	9 %	CO	23 %
P	0,1%	SiO₂	38 %	H₂	3 %
Mn	0,5 %	Al₂O₃	7 %		
Teplota odpichu	1450°C	Teplota odpichu	1550°C	Teplota v sadzobni	200°C

V. Výroba ocele

Čo je to oceľ? Oceľ je zliatina železa s uhlíkom a ďalšími sprievodnými prvkami (kremík, mangán, fosfor a síra) pričom obsah uhlíka je pod 2,14 %. Základnými vsádzkovými zložkami používanými na výrobu ocele sú surové železo, oceľový odpad a troskotvorné prísady ktoré slúžia na vytvorenie trosky. V tabuľke č. VIII. je uvedené približné chemické zloženie surového železa, oceľového odpadu a ocele.

Tabuľka č. VIII.: Približné chemické zloženie surového železa, oceľového odpadu a vyrobenej surovej ocele.

Surovina	Obsah prvkov [%]					
	C	Mn	Si	P	S	Fe
<i>Chemické zloženie vstupných surovín</i>						
Surové železo	4,2	0,6	0,8	0,06	0,05	94,290
Oceľový odpad	0,25	0,50	0,10	0,04	0,04	99,070
<i>Chemické zloženie vyrobenej ocele</i>						
Oceľ	0,1	0,25	0,08	0,025	0,02	99,525

Z tabuľky je zrejmé, že surové železo, oceľový odpad i oceľ majú chemické zloženie veľmi príbuzné. Obsah sprievodných prvkov v oceli je však nižší. Je nutné si však uvedomiť, že i minimálna zmena v obsahu sprievodných prvkov spôsobuje rapidne zmeny mechanických vlastností materiálov. Pokiaľ surové železo je veľmi krehké a prakticky netvárne, oceľ je už konštrukčným materiálom vhodným pre ďalšie spracovanie.

Úlohou procesu výroby ocele je teda odstrániť zo vstupných surovín surového železa a oceľového odpadu nežiaduce prímесové prvky: C, Mn, Si, P, S v takej miere, aby bola vyrobená oceľ s požadovaným chemickým zložením, aby bola dostatočne tvárna za tepla aj za studena a mala požadované chemické vlastnosti. Tento proces sa realizuje v taviacom agregáte (kyslíkový konvertor, elektrická oblúčková pec (EOP)).

Prísadou železnej rudy (FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4), okovín (zoxidovaná povrchová vrstva ocele vznikajúca pri tvárnení za tepla vo forme FeO), alebo fúkaním technicky čistého kyslíka nastáva pri tavení vsádzky čiastočná oxidácia železa na oxid železnatý FeO , ktorý sa rozpúšťa v kovovom kúpeli roztaveného kovu a oxiduje prímесové prvky obsiahnuté v tavenine. Zoxidované prímесové prvky opúšťajú kovový kúpeľ a odchádzajú do trosky, prípadne do plynu.

Pre presnejšie zobrazenie priebehu jednotlivých reakcií sa používajú rôzne druhy zátvoriek na označenie pôvodu jednotlivých fáz.

[] – látka v kovovej tavenine

() – látka v troske

{ } – látka v plyne

Potom hlavné deje pri výrobe ocelí sa dajú vyjadriť uvedenými rovnicami:



Oxid uhoľnatý $\{CO\}$ ako plyn uniká z taveniny, ostatné oxidy spolu s oxidmi troskotvorných prísad vytvárajú tekutú trosku na povrchu taveniny.

Pri odstraňovaní fosforu z taveniny sa musí pracovať s prebytkom vápna, aby sa vznikajúci P_2O_5 viazal do trosky na stabilný fosforečnan vápenatý. Ďalšou podmienkou je dostatočné množstvo FeO v kovovom kúpeli.



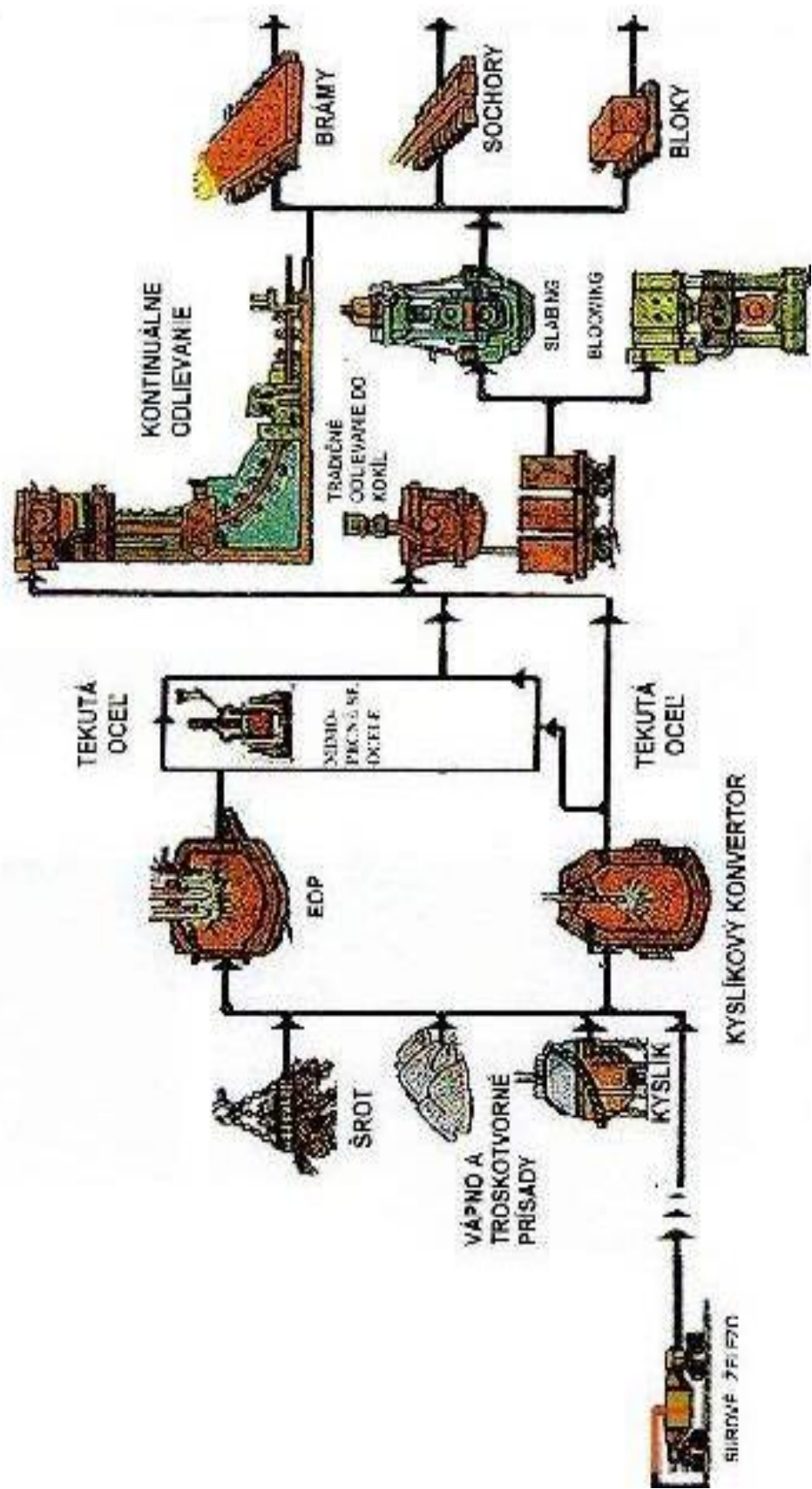
Odstraňovanie síry z taveniny predbieha účinne za prítomnosti väčšieho množstva CaO v troske a súčasne za minimálneho obsahu FeO v tavenine.



Po procese výroby ocele, v ktorom sa pracuje s prebytkom kyslíka, musí nasledovať proces, ktorý znižuje obsah rozpusteného kyslíka v oceli a nazýva sa dezoxidácia (rozpustený kyslík v oceli znižuje mechanické vlastnosti). Realizuje sa prídavkom prvkov ktoré majú vyššiu afinitu ku kyslíku ako železo, pričom ich splodiny opúšťajú kovový kúpeľ. K základným dezoxidáčnym prvkom patria feromangán ($FeMn$), ferosilícium ($FeSi$) a hliník (Al). Finálne zloženie ocele sa upravuje prísadou legujúcich prvkov, ktoré majú za úlohu finalizovať chemické zloženie ocele. Tieto procesy dezoxidácie a legovania sa realizujú mimo taviaceho agregátu, na stredisku mimopecného spracovania ocelí.

Posledným a nie menej dôležitým článkom výroby ocele je jej samotné odlievanie. To môže byť prevedené klasickým spôsobom odlievaním do kokíl, alebo odlievaním na zariadení plynulého odlievania ocelí.

Celková technologická schéma výroby ocele je zaznamenaná na obrázku č. 7.



Obr. č. 7 - Technologická schéma výroby ocele.

Výroba ocele

Ako už bolo uvedené vyššie, podstatou výroby ocele je zníženie obsahu sprievodných prvkov nachádzajúcich sa v surovom železe a ocelovom odpade. Na výrobu ocele sa v súčasnosti používajú dva typy agregátov:

- Kyslíkový konvertor,
- Elektrická oblúčková pec (EOP).

Kovová vsádzka v oboch prípadoch je tvorená surovým železom a ocelovým odpadom. Ak u kyslíkového konvertora je pomer surového železa k ocelovému odpadu približne 70:30, pričom surové železo je v tekutom stave, v prípade elektrickej oblúčkovej pece to je približne 10:90, pričom je možné v tejto peci pracovať so 100% ocelovým odpadom a celá vsádzka môže byť v tuhom stave.

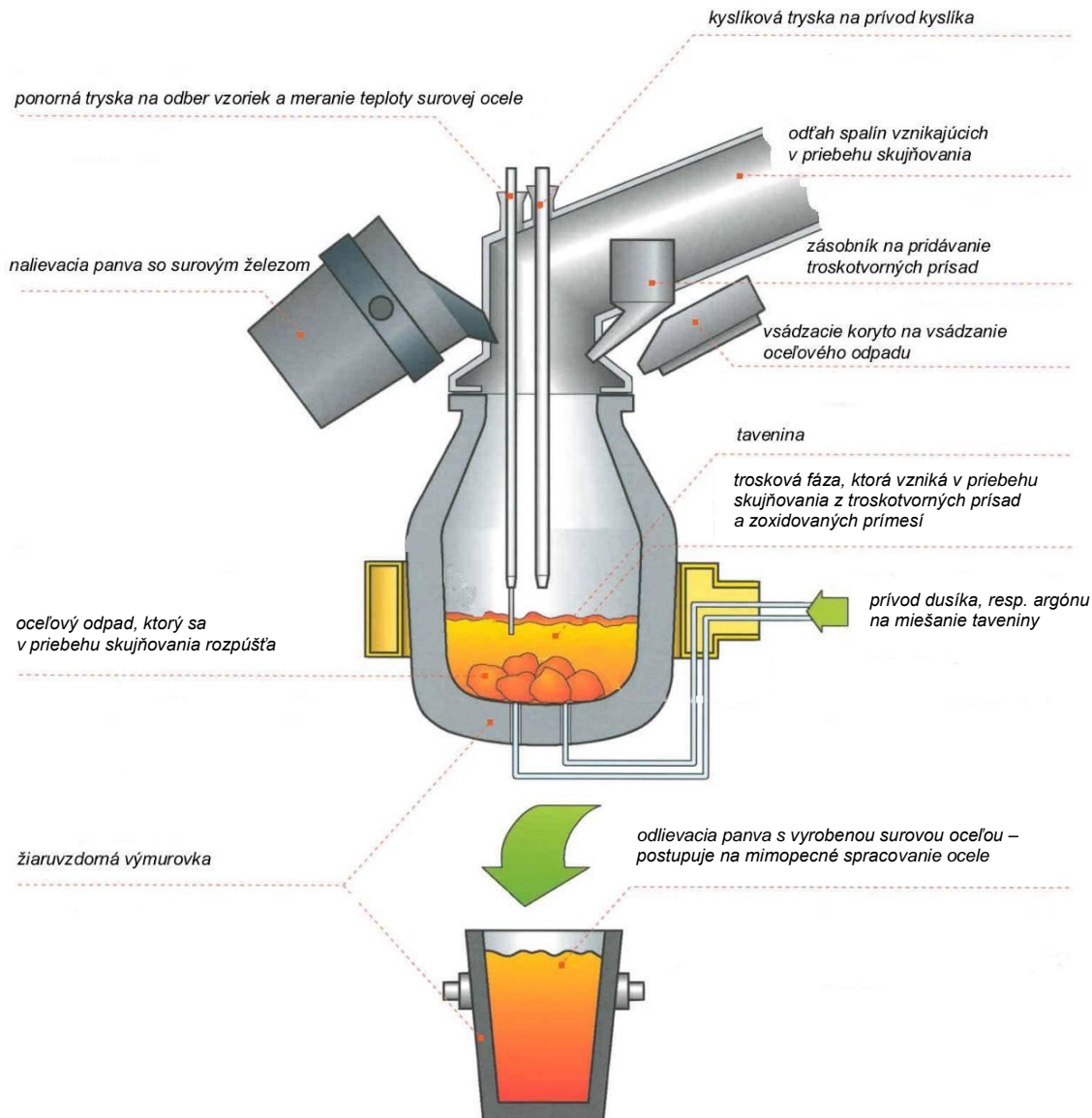
Pre kyslíkový konvertor je charakteristické, že pracuje bez vonkajšieho zdroja tepla. Teplo na roztavenie vsádzky sa získava z reakcií kyslíka so sprievodnými prvkami, ktoré sú silne exotermické a teda uvoľňujú značné množstvo tepla. V elektrickej oblúčkovej peci sa teplo na roztavenie vsádzky získava z elektrického oblúka ktorý vzniká v pecnom priestore pece. Výber agregátu v značnej miere bude teda závisieť od surovínovej základne a od ceny elektrickej energie v danom regióne.

Zariadenia na výrobu ocele

Kyslíkový konvertor

Nádoba konvertora má hruškovitý tvar. Jej plášť je tvorený z ocelového plechu. Obsah súčasných konvertorov je 100 až 300 ton. Nádoba konvertora je zvnútra vymurovaná viacerými vrstvami žiaruvzdornej výmurovky na ochranu proti vysokej teplote železnej taveniny, ktorá sa v nej spracováva.

Podstatou výroby ocele v kyslíkových konvertoroch je oxidácia prvkov (C, Mn, Si, P) z kovonosnej vsádzky pomocou fúkaného kyslíka. Kyslík hrá rozhodujúcu úlohu pri výrobe surovej ocele. Pôsobí ako oxidovadlo pre odstraňovanie sprievodných prvkov zo vsádzkových surovín počas skujňovacieho procesu (hlavne C, Si, Mn, P atď.). Potrebné množstvo kyslíka je možné dodať: fúkaním cez trysku zhora (vrchné fúkanie), cez fúkacie elementy v dne konvertora (spodné fúkanie), alebo kombinované fúkanie zhora aj zo spodu s prídavkom dusíka, resp. argónu ktoré slúžia na intenzifikáciu procesu miešania taveniny. Kyslíkový konvertor s kombinovaným fúkaním je znázornený na obr. č.8.



Obr.č. 8 - Kyslíkový konvertor s kombinovaným fúkaním.

Technológia vedenia tavby v kyslíkovom konvertore

Proces výroby ocele v kyslíkovom konvertore začína naklopením konvertora a tzv. medzitavbovou opravou žiaruvzdornej výmurovky pomocou torkrétovacieho stroja. Po oprave výmurovky sa ako prvý vsádza ocelový odpad pomocou vsádzacích korýt, ktorý tvorí približne 30 % celkovej kovonosnej vsádzky. Ďalej nasleduje naliatie surového železa z nalievacej panvy (približne 70 % z celkového množstva kovonosnej vsádzky) o požadovanom chemickom zložení a teplote. Kyslíkový konvertor sa vráti do zvislej polohy a zhora sa spustí kyslíková tryska (v prípade vrchného, resp. kombinovaného fúkania). Fúkaním technicky čistého kyslíka (99,9 %) sa začína skujňovací proces. Pri fúkaní prúd kyslíka vniká do kovovej taveniny, oxiduje ju a vytvára v nej reakčnú zónu, v ktorej vznikajú veľmi vysoké teploty (2500°C) v dôsledku oxidačných exotermických reakcií.

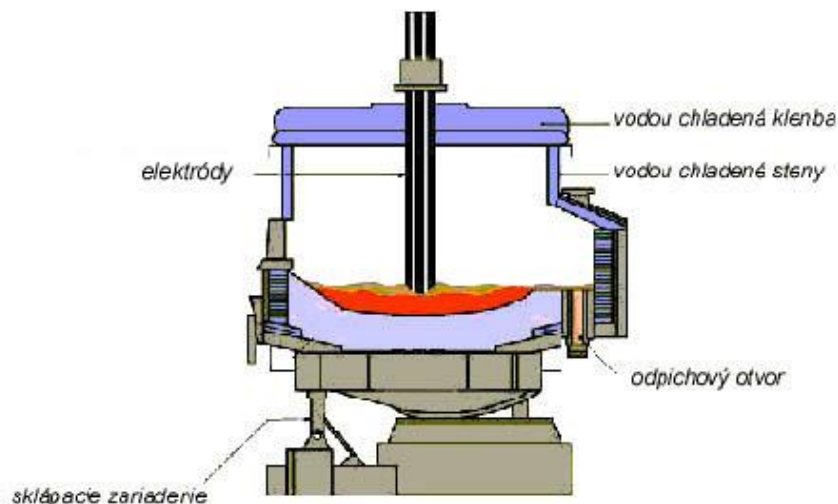
Do druhej minúty skujňovania sa do konvertora nasyjú troskotvorné prísady. Samotné fúkanie trvá 15 – 20 minút. Pred koncom skujňovacieho procesu sa odoberie vzorka taveniny a podrobí sa chemickej analýze. Zisťuje sa aktivita kyslíka, chemické zloženie ocele, trosky a teplota kúpeľa. Ak nie sú dosiahnuté požadované hodnoty, nasleduje dofuk a opätovná

analýza. Ak analýza spĺňa požadované kritéria, kyslíková tryska sa vráti do východzej polohy. Kyslíkový konvertor sa naklopí a prevedie sa odpich. Odpich ocele sa vykonáva cez odpichový otvor do panvy. Počas odpichu sa vykonáva dezoxidácia kusovým hliníkom a prvotné legovanie (FeMn, FeSi). Surová oceľ v panve postupuje na ďalšie spracovanie – sekundárnu metalurgiu. Troska sa vyleje cez otvor hrdla konvertora do troskovej panvy a ďalej sa spracúva na troskovom hospodárstve.

Elektrická oblúková pec

Priame tavenie materiálov s obsahom železa, ako je napr. šrot sa obvykle prevádza v elektrických oblúkových peciach (EOP), obr. č. 9. Dnes dosahuje percentuálne množstvo oceli vyrobenej v elektrickej oblúkovej peci cca 35,5 % celkovej výroby ocele v Európskej únii.

V elektrických peciach vzniká teplo potrebné pre skujňovanie premenou elektrickej energie na tepelnú priamo v pracovnom priestore pece. Dosahuje sa pri tom vysokých teplôt ktoré sa dajú ľahko regulovať.



Obr.č. 9 - Elektrická oblúková pec

Elektrická oblúková pec je v podstate nistejová pec s kruhovým prierezom a kužeľovitým dnom. Zdrojom tepla je elektrický oblúk medzi grafitovými elektródami vnikajúcimi do pecného priestoru a vsádzkou.

Hlavnou vsádzkovou surovinou do elektrickej oblúkovej pece je oceľový odpad, ktorý môže tvoriť odpad z vlastných oceliarní (napr. odrezky brám), odstrižky zo spracovania oceľových výrobkov a komunálny alebo spotrebiteľský šrot (napr. výrobky po uplynutí doby životnosti). Ako ďalšie vsádzkové suroviny môže slúžiť surové železo, resp. priamo redukované železo (DRI). Rovnako ako v prípade kyslíkových konvertorov sa ako troskotvorná prísada v prípade elektrických oblúkových pecí sa využíva vápno, ktoré viaže nežiadúce prímеси z ocele do trosky.

Technológia vedenia tavby v elektrickej oblúkovej peci

Proces výroby ocele v elektrickej oblúkovej peci možno rozdeliť na niekoľko etáp:

medzitavbová oprava vymurovky, vsádzanie, tavenie, skujňovanie a odpich. Oceľový odpad sa obvykle vsádza vsádzacími košmi spolu s vápnom a dolomitickým vápnom, ktoré sa používa ako troskotvorná prísada pre tvorbu trosky. Pecné elektródy sa pri vsádzaní zdvihnú hore a klenba pece sa pritom odklopí. Na začiatku je bežné s prvým košom pridať okolo 50-60 % oceľového odpadu, klenba sa potom uzavrie a elektródy sa spustia dole ku oceľovému odpadu. Vo vnútri, 20-30 mm nad oceľovým odpadom vznikne oblúk. Potom, čo sa roztaví prvá vsádzka, sa pridá zbytok šrotu z druhého, alebo aj tretieho koša.

Na začiatku tavenia je použitý nižší príkon energie, aby sa zabránilo škodám na pecných stenách a klenbe pôsobením žiarenia z elektród. V okamihu keď sa elektrické oblúky skryjú v okolitom šrote, môže výkon narastať až do úplného roztavenia. Stále častejšie sa používajú kyslíkové trysky alebo kyslíkové horáky, aby napomáhali v začiatočnom štádiu tavenia. Palivo tvorí zemný plyn a olej. Okrem toho sa môže do tekutej oceli vháňať špeciálnymi tryskami v dne a v stenách elektrickej oblúkovej pece kyslík. Kyslík sa používa za účelom odstránenia uhlíka a ďalších nežiaducich prvkov, akými sú fosfor, mangán, kremík a síra.

Priebeh tavby je rozdelený na dve periódy – perióda tavenia vsádzky a perióda dohotovenia taveniny. Počas periódy dohotovenia sa do taveniny fúka pomocou kyslíkovo – uhlíkového manipulátora kyslík a v nosnom médiu dusíka antracit na napenenie trosky za súčasného ohrevu pomocou elektrického oblúka na odpichovú teplotu 1630 – 1650°C. Pre vyrovnanie teploty a k premiešavaniu taveniny je možné použiť argón alebo ďalšie inertné plyny injektované do taveniny. Touto technikou sa súčasne zlepšuje rovnováha medzi kovom a troskou. Pred koncom skujňovacieho procesu sa odoberie vzorka taveniny a podrobí sa chemickej analýze. Zisťuje sa aktivita kyslíka, chemické zloženie ocele, trosky a teplota kúpeľa. Ak analýza spĺňa požadované kritéria nasleduje odpich.

Trosku je nutné ku koncu ohrevu pred odpichom odstrániť. Pec sa nakloní a cez troskové dvere troska vyteká do troskovej panvy a postupuje na ďalšie spracovanie.

Odpich ocele sa vykonáva cez odpichový otvor do panvy. Počas odpichu sa vykonáva dezoxidácia kusovým hliníkom a prvotné legovanie (FeMn, FeSi). Na konci odpichu sa pridáva vápno a kazivec za účelom vytvorenia rafinačnej trosky.

Mimopecné spracovanie ocele

Ešte pred niekoľkými desaťročiami sa proces výroby ocele prakticky ukončoval v taviacom agregáte a panva bola určená na presun tekutej ocele od taviaceho agregátu k odlievaniu resp. k súprave kokíl. Rastúce požiadavky odberateľov na kvalitu aj množstvo vyrobených ocelí vedú k tomu, že sa u vyspelých výrobcov ocelí zavádzajú nové rafinačné procesy pri spracovaní ocelí. Aj preto sa hlavné výrobné agregáty pre výrobu ocele (konvertory, elektrické oblúkove pece, ...) považujú už len za jednoduché výrobné jednotky, ktoré sú doplnené o technologické operácie zabezpečujúce požadovanú kvalitu surovej ocele, ktoré sa realizujú *mimopecne*, v panvách.

Výhody rafinácie v panve, v porovnaní s primárnou pecou, sú :

- rast kapacity produkcie,
- zníženie spotrebovanej energie,
- zlepšenie kvality ocele.

Medzi základné úlohy mimopecného spracovania patrí:

- ***tepelná homogenizácia*** (vyrovnanie teploty v celom objeme panvy, realizuje sa miešaním taveniny a to buď prebublávaním taveniny inertným plynom (N, Ar), alebo elektromagnetickým miešaním)

- **chemická homogenizácia** (vyrovnanie chemického zloženia taveniny v celom objeme panvy, realizuje sa miešaním taveniny, a to buď prebublávaním taveniny inertným plynom (N, Ar), alebo elektromagnetickým miešaním)
- **dezoxidácia** (odstránenie kyslíka ktorý sa nachádza v tavenine po odpichu z taviaceho agregátu, realizuje sa prídavkom prvkov ktoré majú vysokú afinitu ku kyslíku, pričom ich splodiny opúšťajú kovový kúpeľ)
- **legovanie** (pridávanie legujúcich prvkov, ktoré upravujú finálne chemické a mechanické vlastnosti ocelí, legujúce prvky sa môžu pridávať vo forme prášku, v kusovej forme, alebo vo forme plneného profilu)
- **odstránenie nekovových inklúzií** (odstránenie inklúzií ktoré sa dostali do procesu skúňovania ocele, resp. v procese skúňovania vznikli a negatívne ovplyvňujú chemické vlastnosti ocelí, odstránenie je možné bublaním, pričom inklúzie sa zachytávajú do troskovej fázy)
- **odplynenie** (odstránenie dusíka a vodíka z taveniny ocele, to je možné uskutočniť buď znížením celkového tlaku v plynnej atmosfére t.j. vákuovaním, alebo prebublávaním iným plynom ktorý pre rozpustený dusík a vodík pôsobí ako mikrovákuum)
- **odsírenie a odfosforenie** (realizuje sa pomocou syntetických trosiek ktoré do seba navažiu nežiadúcu síru, resp. fosfor)
- **príhrev ocele** (realizuje sa za účelom zvýšenia teploty ocele, k najpoužívanejším metódam príhrevu patria: oblúkový príhrev, indukčný príhrev a príhrev sálaním tepla z odporového prvku. Okrem týchto spôsobov sa môže použiť plazmový príhrev, plynové horáky a exotermické zmesi, teda chemický príhrev.)

Možnosti panvovej metalurgie sú veľké, pričom sa využíva kombinácia niekoľkých technologických operácií súčasne pri rafinácii ocelí v panve.

Zariadenie panvovej rafinácie by malo byť schopné:

- pracovať ako regulátor medzi pecou a plynulým odlievaním
- presne nastaviť teplotu kovu pred odlievaním
- zvýšiť produktivitu oceliarnu, a to minimalizáciou činností v peci
- zvýšiť čistotu ocele, ktorá opúšťa panvu.

Odlievanie ocele

Odlievanie ocele je dôležitou operáciou pri výrobe ocele ktorá má zabezpečiť vysokú kvalitu odlievaných produktov. Technicko – ekonomické ukazovatele práce oceliarskeho závodu závisia na množstve vyhovujúcich odliatkov a nie od množstva vyrobenej ocele. Odlievanie ocele je náročná úloha – v pomerne krátkom čase odliatť pomerne veľké množstvo kovu.

Rozdelenie spôsobov odlievania

1. Odliatky odliate do kokíl

V minulosti sa všetky ocele na tvárnenie odlievali do kokíl, dnes sa do kokíl odlievajú ingoty len na osobitné použitie vyrábané v malých sériách, ide prevažne o legované ocele. Do

kokíl sa odlievajú veľké odliatky (veľké výkovky) určené na kovanie, ktoré sa nedajú odliat' na zariadení plynulého odlievania.

2. Odliatky odliate na zariadení plynulého odlievania

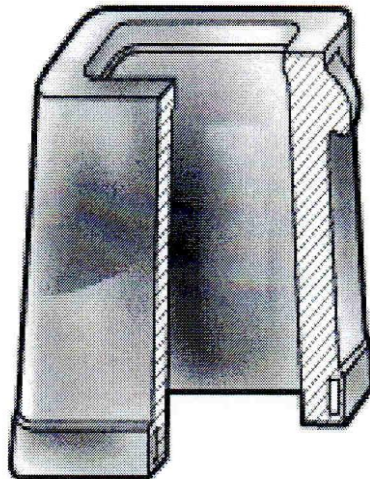
V súčasnosti sa väčšina ocele odlieva na zariadení plynulého odlievania. Jednotlivé typy sa líšia prierezom odliatku: bramy, bloky, sochory, ktoré sú určené na valcovanie.

V súčasnosti sa vo svete odlieva klasickým spôsobom odlievaním do kokíl len 10 % z celkového množstva vyrobených ocelí a približne 90 % ocelí sa odlieva plynulým odlievaním.

Odlievania ocele do kokíl

Odlievania do kokíl je najjednoduchší, ale najnákladnejší spôsob odlievania ocele. Pri tomto spôsobe odlievania dochádza k vysokej spotrebe pomocného materiálu, väčším stratám kovu, väčším stratám tepelnej energie a vysokej spotrebe kokíl.

Po ukončení tavby sa ocel vypúšťa z taviaceho agregátu do liacej panvy a z nej sa odlieva do kokíl. Kokily sú masívne kovové (liatinové) formy, obr.č. 10. Rozmer kokily závisí od rozmerov a tvaru požadovaného finálneho ingotu. Hmotnosť ingotov sa môže pohybovať od 1,5 až do 250 ton. Dno kokily tvorí podložka pod kokilu.



Obr. č.10 - Kokila.

Životnosť kokily je 80 – 120 taviieb. Od správnej konštrukcie kokíl závisí bezchybný povrch ingotov a ich kvalita.

Pred odlievaním sa ponechá panva odstáť, čas odstátia je rôzny podľa hmotnosti panvy. V tomto období je nutné zabezpečiť vyplavenie nekovových inklúzií, vyrovnanie teploty a chemického zloženia, výhodné je použitie bublania inertným plynom.

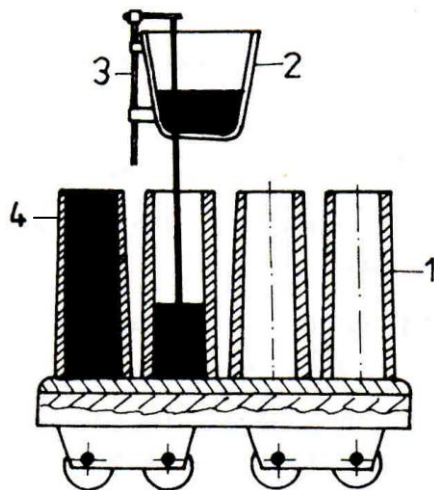
Teplota liatia je odvodená od chemického zloženia ocele a od tvaru kokily, pohybuje sa v rozmedzí 20 -130°C nad T likvidu.

Spôsoby odlievania ocele do kokíl:

- odlievanie ocele z vrchu
- odlievanie ocele zo spodu
- ostatné spôsoby odlievania ocele do kokíl

Odlievanie ocele z vrchu

Pri odlievaní ocele z vrchu sa kov odlieva do kokily priamo z panvy v tom prípade je možné odliat iba jeden ingot, prípadne cez medzipanvu, vtedy je možné odlievať niekoľko (max. 4) ingotov súčasne. Je to najjednoduchší spôsob odlievania. Kov je odlievaný do kokíl ktoré sú umiestnené v liacej jame, alebo na plošinových vagónoch obr. č.11.

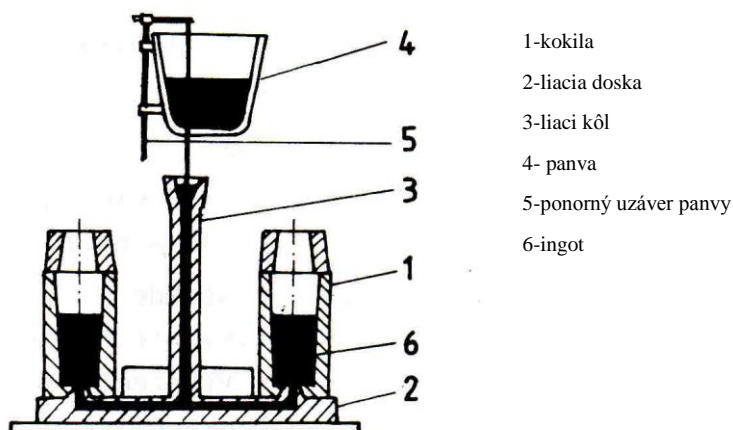


Obr. č. 11 - Odlievanie ocele do kokíl z vrchu.

1-kokila, 2-panva, 3-ponorný uzáver panvy, 4-ingot

Odlievanie ocele zo spodu

Pri odlievaní ocele zo spodu používajú sa statické alebo pojazdné liacie súpravy. Os výtokového kanálu v liacej platni smerujúca do kokily musí byť v osi kokily, aby sa neopotrebovali steny kokily jednostranne a tiež aby sa nečistoty a inklúzie nehromadili v najvzdialenejších častiach od výtokového otvoru, obr. č. 12.



Obr. č. 12 - Odlievanie ocele do kokíl zo spodu.

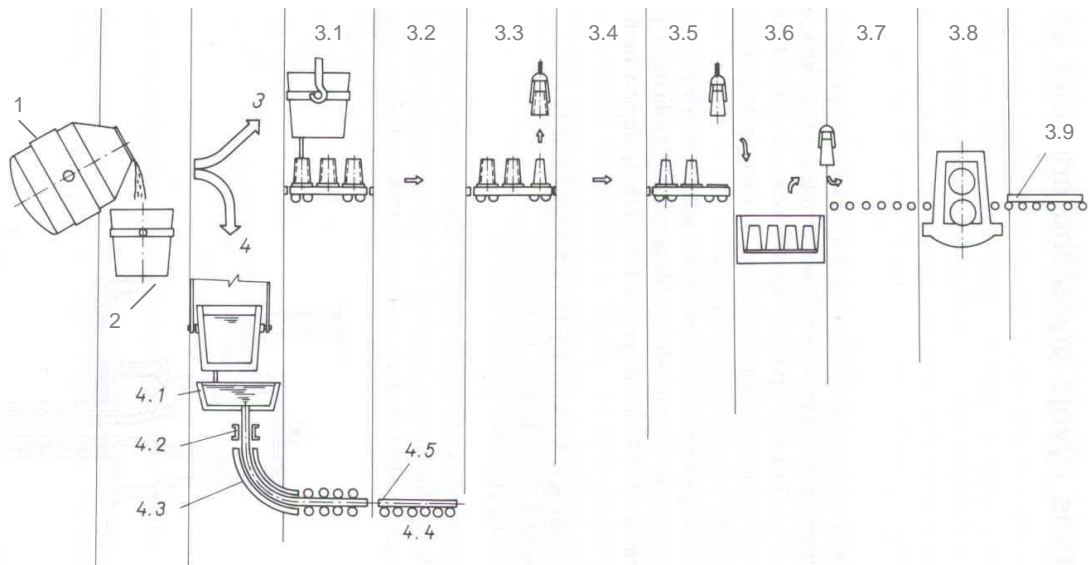
Kokily sú umiestnené na podložke v strede v ktorej je umiestnený liaci kôl ukončený nálevkou. Kokily sa umiestňujú na podložku symetricky k hlavnému vtokovému kanálu. Všetky liacie tvárnice sú šamotové a pred liatím sú zohriaté na teplotu min 100 °C. Celý

systém sa pred uložením kokíl na podložky prefúkava stlačeným vzduchom. Kokily musia mať dostatočnú konicitu za účelom uvoľnenia ingotu, ktoré nazývame stripovanie.

Kokily sa naplňajú zdola na princípe spojených nádob. Nálevka musí byť vyššie ako je hladina kovu v kokilách rozdiel 0.2-0.5 m. Dĺžka cesty tekutého kovu v závislosti na počte odlievajúcich kokíl dosahuje až 2 – 3,5 m.

Plynulé odlievanie ocelí

Porovnanie výroby brám pri klasickom spôsobe odlievania do kokíl a plynulom odlievaní je zobrazené na obrázku č.13.



Obr. č. 13: Porovnanie výroby brám pri klasickom spôsobe odlievania do kokíl a plynulom odlievaní.

1-konvertor, 2-odlievacia panva, 3-klasický spôsob výroby brám, 3.1-odlievanie do kokíl, 3.2-doprava do stripovacej haly, 3.3-stripovanie, 3.4-doprava do valcovne, 3.5-vsádzanie do hlbinných pecí, 3.6-ohrev v hlbinných peciach, 3.7-doprava k slabingu, 3.8-valcovanie na slabingu, 3.9-brama, 4-plynulé odlievanie brám, 4.1-medzipánva, 4.2-kryštalizátor, 4.3-sekundárne chladenie, 4.4-výbeh, 4.5-brama

Z uvedeného obrázku je zrejmé, že pri výrobe bramy klasickým odlievaním do kokíl je nutné previesť omnoho väčší počet technologických operácií ako pri výrobe bramy plynulým odlievaním.

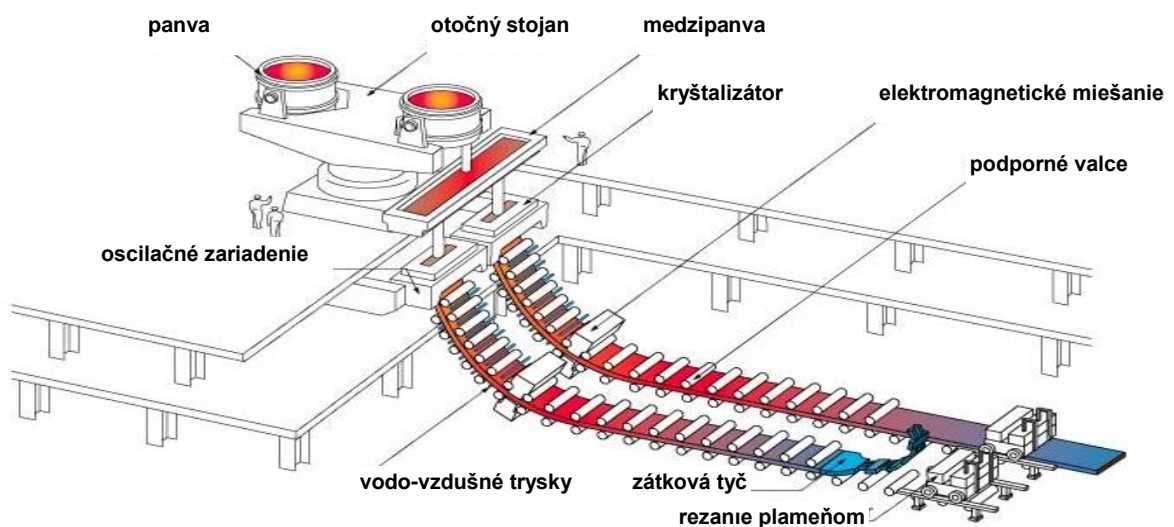
Odlievanie na zariadení plynulého odlievania ocelí vyžaduje zložitejšie zariadenia, ktoré vyžadujú prevádzkovú údržbu a presné dodržiavanie parametrov. Vykazuje však vysoké úspory kovu, energií a zvyšuje výkon.

Kontinuálne odlievanie ocele predstavuje revolúciu v technológiách odlievania. V prvom rade odstránilo hrubé operácie a umožnilo radikálny vzrast ziskov ako dôsledok výraznej úspory energie a výrobných nákladov.

Pri porovnaní klasického odlievania do ingotov s plynulým odlievaním ocele zistíme základné rozdiely:

- Došlo ku štandardizácii odlievaného profilu, znížili sa teploty odlievania a priblížili sa ku teplote likvidu ocele
- Zlepšili sa podmienky vnútorného tuhnutia
- Zlepšila sa povrchová kvalita odlievanej ocele
- Zlepšila sa mikročistota odlievanej ocele
- Znížili sa zásahy človeka do procesu odlievania

Proces plynulého odlievania ocelí môžeme definovať ako technologický postup, pri ktorom je tekutá oceľ priebežne odlievaná na odliatok. Väčšinou ide o odliatok neobmedzenej dĺžky a jeho prierez je prispôsobený požiadavkám tvárnenia za tepla. Schéma zariadenia plynulého odlievania ocele je znázornená na obrázku č. 14.



Obr. č.14 : Plynulé odlievanie ocele.

Tekutý kov po mimopecnom spracovaní postupuje k pracovisku plynulého odlievania ocelí. Panva s oceľou po príchode na pracovisko je vložená do otočného stojana. Oceľ vyteká z panvy do medzipanvy a z medzipanvy postupuje do kryštalizátora. Medzipanva slúži ako zásobník ocele. Po vyprázdnení panvy sa otočný stojan otočí a prázdna panva nad medzipanvou sa vymení za plnú, pričom proces odlievania kontinuálne pokračuje. Oceľ postupuje do medeného kryštalizátora ktorý je tvorený vodou chladenými stenami, pričom obvykle osciluje (kmitá) vertikálne sinusoidným pohybom nezávisle na zariadení privádzajúcom oceľ. Kryštalizátor na začiatku odlievania je uzatvorený zátkovou tyčou, takto vzniknutý predliatok je priebežne z kryštalizátora vyťahovaný. V kryštalizátore vzniknutá liacia kôra tvorí plášť tekutého jadra, ktorý potom pri prechode liacim strojom tuhne. Odvod tepla musí byť riadený tak, aby predliatok vystupoval z kryštalizátora s dostatočne pevnou a hrubou liacou kôrou. Po opustení kryštalizátora je predliatok chladený v zóne sekundárneho chladenia vodo-vzdušnými tryskami takou intenzitou, aby pred delením bol stuhnutý po celom priereze. Delenie odliatku na požadovanú dĺžku sa väčšinou realizuje kyslíkovo-acetylénovými horákmi.

VI. Výroba ferozliatin

Ferozliatiny sú buď zliatiny železa s jednotlivými prvkami (napr. ferosilícium je zliatina železa s kremíkom, feromangán je zliatina železa s mangánom, feromangán je zliatina železa s mangánom a pod.), alebo zliatiny železa s viacerými prvkami (napr. ferosilikomangán je zliatina železa s kremíkom a mangánom), prípadne zliatiny rôznych prvkov (napr. silikokalcium je zliatina kremíka s vápnikom, silikomangán je zliatina kremíka a mangánu). Z uvedeného je zrejmé, že názov „ferozliatina“ je názov tradičný a zaužívaný, ktorý môže označovať aj zliatinu, ktorá neobsahuje ako hlavný prvok železo. Ferozliatiny sa používajú na dezoxidáciu a legovanie ocele (odstránenie rozpusteného kyslíka v tekutej oceli, príprava požadovaného zloženia ocele), na viazanie a odstránenie škodlivých prímiesí v oceli, niekedy na zlepšenie štruktúry kovu. Ferozliatiny mimo základného prvku, obvyčajne železa alebo kremíka, obsahujú jeden alebo viac základných prvkov, určujúcich danú ferozliatinu, malé prísne ohraničené množstvá nežiadúcich prímiesí a škodlivé prímiesi, ktorých prípustné množstvá sú limitované v tisícinách percenta.

Použitie ferozliatin v porovnaní s čistými kovmi je výhodnejšie z týchto dôvodov: uľahčuje sa pridávanie hlavného prvku do ocele a jeho využitie je väčšie (nižší prepal), teplota tavenia ferozliatin je nižšia než teplota tavenia čistých kovov a cena prvku vo ferozliatine je podstatne nižšia v porovnaní s cenou prvku v čistom stave. Ferozliatiny sa vyrábajú v elektrických peciach, niektoré metalotermicky v špeciálnych šachtách bez prívodu tepla. Východzími surovinami pre výrobu ferozliatin sú rudy alebo koncentráty. Na výrobu základných ferozliatin, ferosilícia, feromangánu, ferochrómu, sa používajú rudy, pretože obsah kremíka, mangánu alebo chrómu v nich je dostatočne vysoký. Pri výrobe iných, napr. ferovanádu, ferotitanu, je výskyt základného prvku v rudách taký nízky, že je potrebné tieto rudy obohatovať a ferozliatiny sa vyrábajú z koncentrátov.

Ferozliatiny sa vyrábajú redukciami príslušných prvkov z ich oxidov, preto je veľmi dôležitá otázka voľby redukovačla a podmienok redukcie. Ako redukovačla sa najčastejšie používajú uhlík, kremík a hliník. Najlacnejší z nich je uhlík, ktorý sa však nemôže použiť na výrobu ferozliatin s obmedzeným obsahom uhlíka. Redukcie s uhlíkom sú endotermické, teda spotrebúvajú teplo, takže je potrebné privádzať teplo z vonkajšieho zdroja, napr. privádzaním elektrickej energie v elektrických oblúkových peciach. Redukcie oxidov kremíkom sú exotermické, teda produkujú teplo, vznikajúce teplo však nestačí a je potrebné dodávať teplo z vonkajšieho zdroja. Redukcie oxidov kremíkom prebiehajú obvyčajne pri vysokých teplotách. Pri redukcii oxidov hliníkom sa uvoľňuje veľké množstvo tepla, takže niektoré ferozliatiny je možné vyrábať redukciami hliníkom mimo elektrickej pece bez prívodu vonkajšieho tepla. Tieto procesy sa nazývajú aluminotermické a pri súčasnom použití kremíka a hliníka v úlohe redukovačiel procesy silikoaluminotermické

Výroba ferosilícia.

Kremík sa vzhľadom k veľmi dobrému dezoxidačnému účinku používa pri dezoxidácii mnohých druhov ocelí. Na výrobu ferosilícia sa používajú kremeň a kremenec s obsahom SiO_2 minimálne 97 až 98,5%. Ako redukovačlo sa používa uhlík vo forme koksu, čierneho alebo dreveného uhlia, prípadne v inej forme. Zdrojom železa sú triesky uhlíkových ocelí, okoviny a železná ruda. Ferosilícium sa vyrába v otvorených alebo uzavretých oblúkových peciach. Vyrába sa niekoľko druhov ferosilícia s obsahmi kremíka 40 až 95%. Obsah kremíka je vyznačený v označení ferosilícia: FeSi45 obsahuje 45% kremíka.

Výroba silikokalcia

Vápnik je účinné dezoxidačné a odsírujúce činidlo, jeho výroba je však drahá a jeho skladovanie je zložité. Omnoho lacnejšou náhradou je silikokalcium. Surovinami pre výrobu silikokalcia sú kremenec, karbid vápnika, koks, prípadne aj uhlie. Silikokalcium obsahuje 63 až 67% kremíka a 22 až 31% vápnika.

Výroba feromangánu a silikomangánu

Feromangán a silikomangán sa používajú na dezoxidáciu skoro všetkých akostí upokojenej aj neupokojenej ocele. Základnou surovinou pre výrobu feromangánu je mangánová ruda, prípadne koncentrát s obsahom mangánu až 50%. Pri výrobe silikomangánu pridáva sa ako zdroj kremíka kremeň. Ako redukovač sa pri výrobe feromangánu a silikomangánu používa metalurgický koks, ako tavidlo vápno, vápenec alebo kazivec. Ak je potrebné, pridávajú sa oceľové triesky. Výrobným agregátom je elektrická oblúčková pec. Vyrába sa niekoľko druhov feromangánu v závislosti na obsahu mangánu a uhlíka. Zloženie uhlíkatého feromangánu je 6 až 8% uhlíka a 70 až 75% mangánu. Feromangán affíné obsahuje až 95% mangánu. Zloženie silikomangánu je 60 až 65% Mn a 13 až 24% Si.

Výroba ferrochrómu

Chróm patrí k najdôležitejším legovacím prvkom. 60% vytŕaženého chrómu sa využíva v hutníctve železa a ocele. Ferrochróm podľa obsahu uhlíka môže byť uhlíkový s 4,01 až 8% C, so stredným obsahom uhlíka 0,51 až 4% C, s nízkym obsahom uhlíka 0,1 až 0,5% C a bezuhlíkový s 0,05 až 0,09% C. Uhlíkový ferrochróm sa vyrába redukciou chrómovej rudy pevným uhlíkom v otvorených alebo uzavretých elektrických oblúčkových peciach. Ako redukovač sa používa triedený koks. Pre výrobu akostí ferrochrómu s nízkymi obsahmi uhlíka sa využívajú rôzne modifikácie silikotermického spôsobu.

VII. Hutnícka energetika: palivá, pece

Druhy palív v metalurgii

Kategorizácia palív vychádza z kritérií charakterizujúcich určité vlastnosti, napr. skupenstvo /pevné, kvapalné, plynné/, stupeň spracovania /prírodné, zušľachtené/, pôvod /fosílny, recentný/ a pod.

O použití konkrétneho paliva v daných podmienkach rozhodujú nielen technologické, ale tiež ekonomické, ekologické a dispozičné problémy.

Prvoradým kritériom, a to zvlášť v metalurgii vysokých teplôt, je spaľovacia teplota, ktorá musí byť vyššia než teplota v požadovanej technológii. Spaľovanie palív musí tiež vyhovovať ekonomickým a ekologickým požiadavkám. Nároky na veľké množstvá energie súvisiace s energetickou náročnosťou procesov a hromadnou výrobou potom vyžadujú veľké dispozičné kapacity paliva.

Z hľadiska jednotlivých druhov palív sú v metalurgii prednostne používané plynné a kvapalné palivá, z pevných palív sa vo väčšej miere využíva koks /vysoké pece, kuplove pece, šachtové pece/, ktorý má však funkciu aj redukčného, prípadne nahličujúceho prostriedku. Uhlie sa využíva zvlášť v kotloch /výroba elektriny, pary, ohrev/ alebo ako surovina pre výrobu koksu.

Plynné palivá sú v metalurgii najrozšírenejšie, a to pre rad predností. Ľahká doprava, jednoduchá regulácia a kontrola spaľovania /prebytok vzduchu, výkon horáka, zmena teploty, dodržanie požadovanej pecnej atmosféry, možnosť predohrevu/ prevažujú nad nedostatkami, ktoré súvisia s nízkou hustotou a problémami so skladovaním. Mimo prírodného paliva, ktorým je zemný plyn a ktorého používanie sa neustále rozširuje, používa sa koksárenský plyn, vysokopecný plyn a konvertorový plyn, ktoré sú vedľajšími produktami hutníckych technológií. Tieto plyny, resp. zmesný plyn, vyrábaný ich zmiešaním, používajú sa na ohrev koksovacích komôr, ohrievačov vetra, valciarskych ohrievacích pecí, atď.

Kvapalné palivá majú tiež rad predností /ľahká doprava, regulácia spaľovania, nízky obsah popolovín, dobrá skladovateľnosť/. Nedostatkami je vysoká cena a malé dispozičné kapacity. Mimo ľahkých topných olejov sa v hutiach využívajú predovšetkým ťažké topné oleje pre taviace agregáty.

Typy hutníckych pecí

Pec definujeme ako priestor, oddelený od okolia, v ktorom sa z chemickej, elektrickej alebo inej energie získava teplo, potrebné pre priebeh technologického procesu. Je to agregát, v ktorom sa teplo generuje a prenáša do zóny, v ktorej prebieha vlastné technologické spracovanie materiálu. Každá pec teda predstavuje spojenie zóny generácie tepla a zóny technologického procesu. Obidve zóny sa môžu úplne /kyslíkový konvertor/ alebo čiastočne /vysoká pec/ prekrývať, prípadne môžu byť vzájomne oddelené /komorová pec/.

Tepelná práca pece je súhrnom všetkých procesov výmeny tepla, prebiehajúcich v pecnom priestore. Zahrňuje javy spojené s generáciou tepla, jeho premenou a využitím. Tepelná práca sa delí na užitočnú – predanie tepla spracúvanému materiálu /vsádzke/ a neužitočnú – zahrňujúcu všetky ostatné druhy tepla spotrebované v peci.

Metalurgické pece môžeme klasifikovať podľa najrôznejších hľadísk. Hlavnou úlohou pecí je vytvorenie optimálnych podmienok pre priebeh určitého technologického procesu, teda najčastejšie delenie je podľa technologického určenia.

Podľa technologického určenia rozlišujeme tieto základné typy hutníckych pecí:

sušiacie – slúžia na odstraňovanie atmosférickej vlhkosti z materiálu, pracujú s relatívne nízkymi teplotami. Ohrev pecí býva elektrický, teplovzdušný alebo horúcimi spalinami,

kalcinačné - na odstraňovanie chemicky viazanej vody /kryštalickej, hydroxidickej/ a rozklad vyšších zlúčenín /vápenca, dolomitu, sideritu a i./.

Typy pecí – šachtové, komorové, tunelové, rotačné, rúrové,

pražiacie - na prepracovanie surovín pre účel zmeny chemického zloženia. Používané typy sú pece etážové, pece pre praženie vo vznose, fluidné aglomeračné pásy pre spekové praženie,

destilačné - využíva sa prchavosť niektorých zložiek spracúvaného materiálu, napr. koksárenské komory, pece retortové /destilácia zinku/, odháňacie, odkurovacie a prevaľovacie,

taviace - určené:

- na výrobu kovov pyrometalurgickým spôsobom
- na rafináciu kovov
- na výrobu zliatin
- na pretavovanie kovov a zliatin.

Základné typy taviacich pecí:

pece šachtové - napr. vysoká pec železiarska, šachtové pece pre výrobu olova, medi, kupľové pece atď.,

pece nístejové - napr. oceliarska martinská pec,

pece elektrické - odporové, oblúkové, indukčné – nízkofrekvenčné /s jadrom/, - vysokofrekvenčné /bez jadra/,

pece ostatné a zvláštne - téglkové pece, konvertory, pece na elektrónové tavenie, pece na plazmové tavenie, pece na zonálnu rafináciu a pestovanie monokryštálov, pece na tavenie vo vznose, pece na cyklónové tavenie,

ohrievacie komorové alebo tunelové - na ohrev materiálov pred tvárnením za tepla /valcovaním, kovaním, lisovaním/ s ohrevom plynovým alebo elektrickým,

pre tepelné spracovanie - na ohrev materiálov pre rôzne druhy žihania a popúšťania, ohrev pred kalením, pre cementovanie a nitridáciu a pod. s ohrevom plynovým alebo elektrickým, prípadne v soľnej tavenine.

K hlavným ukazovateľom práce každej pece patria aj výkonnosť a účinnosť. Výkonnosť nám udáva, aké množstvo materiálu sa v peci prepracuje /vytaví, ohreje, vysuší, vypáli a pod./ za jednotku času. Veľkosť hmotnostných a časových jednotiek sa volí podľa typu a veľkosti pece, preto sa výkonnosť udáva v kg/sek, t/h, t/deň. U pecí, kde sa materiál priamo vyrába, ako sú napr. vysoké pece, miesto pojmu výkonnosť sa tiež používa pojem výrobnosť.

Účinnosť pece je pomer užitočne spotrebovaného tepla k príkonu pece. Do položky užitočného tepla sa u ohrievacích pecí zahrňuje teplo ohriateho kovu a okovín, u taviacich pecí teplo roztaveného kovu, roztavenej trosky, teplo na rozklad troskotvorných prísad a pod.

$$\text{Účinnosť} = \frac{Q_{\text{užitočné}}}{Q_{\text{privedené}}} \cdot 100\%$$

VIII. Metalurgia neželezných kovov

Technické roztriedenie kovov

1. Železo a zliatiny železa
2. Ťažké neželezné kovy
 - a. so strednou teplotou tavenia: Cu, Ni, Co, Mn
 - b. s nízkou teplotou tavenia: Zn, Cd, Hg, Pb, Bi, Sn, Sb, Ga, In, T
3. Ľahké kovy /0,53 až 3,75 g.cm⁻³
 - a. so strednou teplotou tavenia: Al, Mg, Be, Ca, Sr, Ba
 - b. s nízkou teplotou tavenia: Li, Na, K, Rb, Cs
4. Ušľachtilé /drahé/ kovy
 - a. so strednou teplotou tavenia: Ag, Au
 - b. s vysokou teplotou tavenia: Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt
5. Ťažkotaviteľné kovy
 - a. s kubickou mriežkou stereocentrickou: W, Ta, Nb, Mo, V, Cr
 - b. s hexagonálnou mriežkou: Ti, Zr, Hf, Tc, Re
6. Rozptýlené kovy a lantanoidy
7. Rádioaktívne kovy, transurány a transaktinidy
8. Polovodiče: Si, Ge, As, Se, Te

Surovinové zdroje v metalurgii neželezných kovov

V prvom rade sú to rudy a koncentráty, z ktorých je možné hospodárne v priemyslovom merítke vyrábať kovy.

Ruda sa skladá z kovonosnej zložky a hlušiny. Obsahy kovov v rudách sú veľmi rozdielne, napr. v bauxite 50 – 60% Al₂O₃, v medených rudách 0,5 – 6% Cu, u zlatonosných rúd okolo 0,0002%. Preto sa rudy často upravujú na koncentráty, buď kolektívne – polymetalické /napr. sulfidy Cu, Pb, Zn, Fe/, alebo selektívne – monometalické /napr. galenity, PbS/.

Úpravárenské procesy spočívajú v mechanickom spracovaní drtením, mletím a triedením /úprava kusovitosti alebo zrnitosti/, alebo obohacovaním /zvýšenie kovnatosti/ praním, gravitačným rozdužovaním, rozdužovaním v ťažkých kvapalinách alebo suspenziách, magnetickou separáciou, elektrostatickým rozdužovaním alebo flotáciou.

Ďalšími surovinovými zdrojmi sú:

- a. hutnícke medziprodukty a odpady
 - kamienky /vytavené zmesi sulfidov ťažkých kovov/
 - miešanky /vytavené zmesi arzenidov a antimonidov kovov/
 - trosky /oxidické produkty tavenia, pokiaľ obsahujú oxid niektorého kovu vo využiteľnom množstve
 - úlety a prachy, plyny a exhaláty z priemyslových pecí
- b. kovový odpad ako najvýznamnejšia druhotná surovina
 - z vlastnej výroby
 - zo zberovej cesty
 - zo strojárstva
 - z elektrotechnickej výroby

- c. kovonosné odpady z iných priemyslových odvetví
 - z chemickej výroby
 - z výroby stavebných hmôt
 - z energetiky
- d. priemyslové roztoky a kvapaliny /moriace kúpele, elektrolyty, odpadné roztoky z galvanovni, banské vody, morská voda.

Rozdelenie kovohutníckych procesov

- a. Procesy žiarové – pyrometalurgické – pri ktorých reakcie, vedúce k získavaniu kovov, prebiehajú pri zvýšených alebo vysokých teplotách.
- b. Procesy hydrometalurgické – procesy mokrou cestou, pri ktorých sa na rudy pôsobí vodnými roztokmi rozličných činidiel.
- c. Procesy elektrometalurgické – ktoré využívajú pre výrobu kovov buď elektrické teplo, alebo elektrochemické deje.

Pyrometalurgické procesy a ich charakteristiky

Sušenie - odstránenie atmosférickej vlhkosti

Kalcinácia - termický proces na odstránenie kryštalickej, chemicky viazanej vody a na rozklad zlúčenín

Praženie - pyrometalurgický proces na zmenu chemického zloženia pri hlavnom pôsobení plynného prostriedku na pevnú vsádzku

Druhy praženia: oxidačné, sulfatačné, chloračné, chloridačné, redukčné

Spekanie - rozkladné spekanie na zmenu chemického zloženia alebo aglomeračné spekanie na zmenu kusovosti materiálu

Tavenie - proces pri vyšších teplotách, spojený už so zmenou skupenstva

Hlavné typy taviacich procesov:

- redukčné
- oxidačné a rafinačné
- koncentračné
- pretavovanie kovov a príprava zliatin

Destilácia a sublimácia – využitie prchavosti kovov, prípadne zlúčenín kovov

Hydrometalurgické procesy a ich charakteristiky

Lúženie – hydrometalurgická operácia, pri ktorej sa žiadané zložky rúd a koncentrátov prevádzajú do roztoku vo vhodnom rozpúšťadle, ktorým môže byť voda, roztoky kyselín, zásad a solí

Oddelovanie výluhu od lúženca – mechanické oddelenie nerozpustného zbytku, lúženca, od výluhu

Chemické čistenie výluhu – odstraňovanie nežiadúcich rozpustených zlúčenín z výluhu

Spracovanie výluhu – na elementárny kov – cementácia, čím sa rozumie vytesňovanie ušľachtilejšieho kovu z roztoku kovom menej ušľachtilým

- elektrolyza vodných roztokov na chemický koncentrát, chemické zrážanie, hydrolýza, destilačné zrážanie, kryštalizácia solí z roztokov
- zvláštne metódy delenia adsorbciou, iónovou výmenou, kvapalinovou extrakciou.

Elektrometalurgické procesy a ich charakteristiky

Sú to procesy na výrobu kovov a zliatin, ktoré používajú elektrickú energiu ako zdroj tepla v elektrických peciach alebo elektrickú energiu pre elektrolýzu.

Elektrotermické ohrevy sú – odporový, oblúkový, indukčný, plazmový, elektrónový, iónový, solárny, laserový a i.

Elektrochemické procesy sú:

- elektrolýza vodných roztokov /výroba Cu, Ni, Co, Zn a i./
- elektrolýza soľných tavenín /výroba Al, Mg, Na a i./

Hliník a jeho zliatiny

Hlavnou surovinou pre výrobu hliníka je bauxit $/Al_2O_3 \cdot H_2O$ s oxidom železitým ako hlavnou nečistotou/. Veľké náleziská bauxitu sú v Maďarsku, Francúzsku, Guyane, Jamaike, Indii, Indonézii. Rusko má bauxity v oblasti Sankt Peterburgu, Uralu, v západnej a východnej časti Sibíri. Na Slovensku sú malé ležiská v Markušovciach a v Drienovci pri Košiciach.

Z celkovej výroby hliníka sa spotrebuje asi 38% na výrobu polotovarov z čistého hliníka, ostatné sú zliatiny hliníka (Al – Si, Al – Mg, Al – Cu, Al – Si – Zn).

Atómová hmotnosť - 29,98

Hustota - 2699 kg.m⁻³

Teplota tavenia - 660,1 °C

Výroba čistého kovového hliníka sa v priemyselnom meradle robí len elektrolýzou oxidu hlinitého rozpusteného v roztavenom kryolite. Tento postup teda vyžaduje prv vyrobiť bezvodý oxid hlinitý. Najviac sa používajú zásadité spôsoby výroby tohto oxidu. Možno ich rozdeliť do troch skupín:

1. Bayerova metóda
2. Spekacia metóda
3. Kombinované metódy.

Hliník sa vyrába elektrolýzou taveniny Al_2O_3 –kryolit $/Na_3AlF_6/$. Oxid hlinitý v tavenine disociuje, ióny hliníka sa vybijajú na katóde. Čistý kovový hliník sa odlieva do polotovarov, ktoré sa ďalej spracúvajú.

Meď a jej zliatiny.

Hlavnými sulfidickými minerálmi medi sú chalkozit, chalkopyrit, bornit. Medzi oxidické minerály patria hlavne malachit, azurit, kuprit. Najväčšie náleziská sú v USA, Chile, Zambii, Zaire, Rusku, Kazachstane, Kanade, Španielsku, Cypre. U nás sú chudobné ložiská v Smolníku, Slovinkách, Rudňanoch, Španej Doline.

Meď je kov červenej farby, ktorý má výbornú elektrickú a tepelnú vodivosť.

Atómová hmotnosť - 63,54

Hustota - 8940 kg.m⁻³

Teplota tavenia 1083°C

Asi 55% medi sa spotrebuje na výrobu medených výrobkov, asi 45% na výrobu rôznych zliatin. Pre technickú prax sú najdôležitejšie zliatiny medi so zinkom – mosadze a zliatiny medi s ostatnými kovmi – bronzy.

Nakoľko obsah medi v ťažených rudách je v súčasnosti pod 1%, obohacujú sa pre samotným hutníckym spracovaním flotáciou. Klasické technológie, ktoré sa používajú na spracovanie medených koncentrátov, pozostávajú z týchto operácií:

Praženie.

Cieľom praženia je odstrániť časť síry z koncentráta a tým v nadväzujúcej operácii – koncentračnom tavení, zvýšiť prechod železa do trosky. To zabezpečí vyšší obsah medi v kamienku. Vzhľadom k tomu, že sa v súčasnosti vyrábajú bohaté koncentráty, táto operácia sa nepoužíva.

Tavenie koncentráta.

V tejto technologickej operácii sa taví medený koncentrát s troskotvornými prísadami /kremeň a vápenec/ a s vratnou konvertorovou troskou za vzniku medeného kamienka a odvalovej trosky. Zloženie kamienka je rozličné. U nás sa vyrábala kamienok s obsahom Cu do 38%. Na koncentračné tavenie sa používajú hlavne plamenné pece.

Konvertorovanie.

Kamienok z koncentračného tavenia sa spracúva v konvertoroch fúkaním vzduchu za prítomnosti kremeňa. V prvej fáze sa oxiduje len sulfid železnatý a vzniká tzv. biely kamienok, ktorý obsahuje len sulfid meďný. V druhej fáze sa privádzaným vzduchom oxiduje sulfid meďný a získava sa konvertorová meď s obsahom do 99% Cu.

Pyrometalurgická rafinácia.

Pri tejto operácii sa z konvertorovej medi odstráni podstatná časť primiešanín oxidáciou kyslíkom pri teplotách do 1200°C. Vznikajúce oxidy sa viažu do trosky alebo prchajú. Po skončení rafinácie sa meď odleje do anód. Pre pyrometalurgickú rafináciu sa používajú hlavne sklopné plamenné pece.

Elektrolytická rafinácia.

Anódová meď sa rafinuje elektrolyticky za použitia elektrolytu, obsahujúceho Cu a H₂SO₄. Väčšina primiešanín sa zhromažďuje na dne elektrolyzéra v nerozpustnom anódovom kale. Elektrolytickou rafináciou sa získavajú medené katódy, ktoré obsahujú až 99,99% Cu.

Nikel a jeho zliatiny

Používajú sa sulfidické aj oxidické rudy. Najväčšie náleziská sú v Kanade, Novej Kaledónii, Fínsku, Grécku, v Rusku na Kolskom poloostrove a na Urale v oblasti Jekaterinburgu. U nás sú v malom množstve v oblasti Dobšinej.

Nikel je kov bielej farby, pomerne tvrdý a dobre leštiteľný. Patrí spolu so železom a kobaltom do skupiny feromagnetických kovov. Odolnosť voči korózii v rôznych prostrediach, veľká stálosť na vzduchu, dobré mechanické vlastnosti pri normálnych aj zvýšených teplotách robia z niklu dôležitý konštrukčný materiál v priemyselnej výrobe. Viac ako 50% niklu sa spotrebuje pri výrobe rôznych druhov vysokokvalitných ocelí.

Atómová hmotnosť - 58,71

Hustota - 8908 kg.m⁻³

Teplota tavenia - 1453°C

Výroba niklu prechádza nasledujúcimi operáciami:

Redukčné praženie.

Ruda sa drví a melie. Potom sa redukuje konvergovaným zemným plynom v etážových peciach.

Lúhovanie.

Redukovaná ruda sa lúhuje lúhovadlom, ktoré obsahuje uhličitan a hydroxid amónny. Kobalt a nikel prechádzajú do roztoku.

Raфинácia výluhu.

Z výluhu sa odstráni zbytok železa a kobalt.

Regenerácia lúhovacieho činidla.

V tomto kroku sa nikel vyzráža ako uhličitan $\text{NiCO}_3 \cdot \text{Ni}/\text{OH}/_2$.

Elektrolýza.

Uhličitan niklu sa kalcinuje, získa sa oxid niklu, z ktorého sa pri elektrolýze vylučuje na katóde čistý nikel.

Mangán a jeho zliatiny

Mangán je krehký, lesklý, polymorfny kov. Je jednou z najdôležitejších prísad pri výrobe ocele, kde eliminuje nepriaznivý vplyv síry, pôsobí dezoxidačne a zlepšuje mechanické a fyzikálne vlastnosti ocele.

Všetky využívané mangánové minerály sú oxidického typu. Hlavné ložiská sa na Ukrajine, v Gruzínsku, Indii, Ghane, Maroku, Juhoafrickej republike, Brazílii, Egypte, USA a na Kube. Mangán tvorí s niektorými ďalšími neferomagnetickými kovmi feromagnetické zliatiny.

Atómová hmotnosť - 54,93

Hustota - $7430 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Teplota tavenia - 1245°C

Výroba mangánu pozostáva zo štyroch operácií:

Mletie

Lúhovanie

Raфинácia výluhu

Elektrolýza

Olovo a jeho zliatiny

Olovo je mäkký, ťažký kov modrošedej farby. Používa sa v akumulátoroch, pri oplášťovaní káblov, vo farbách. Má veľmi dobrú odolnosť proti korózii v kyseline sírovej. Najčastejším minerálom olova je gehlenit. Najznámejšie ložiská sú v USA, Mexiku, Austrálii, Kanade a v Rusku. U nás sú menšie zdroje pri Banskej Štiavnici.

Atómová hmotnosť - 207,19

Hustota - $11343,7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Teplota tavenia $327,43$

Vytážené olovené rudy sa upravujú flotáciou. Pri redukčnom spôsobe výroby olova proces pozostáva z troch operácií:

Praženie.

Odstraňuje sa síra z koncentrátu a sulfid olova prechádza na oxid.

Aglomerácia.

Robí sa spoločne s pražením v jednom zariadení. Cieľom je skusovenie prachového koncentrátu.

Tavenie v šachtovej peci.

Agglomerát sa v šachtovej peci taví v redukčnej atmosfére $/\text{CO}/$, vyredukuje sa väčšina olova z aglomerátu. V peci rozoznávame tri pásma – prípravné, redukčné, taviace.

Surové olovo sa ďalej môže podrobiť raфинácii na odstránenie primiešaní.

Zinok a jeho zliatiny

Zinok je namodralo biely kov. Jeho charakteristickou vlastnosťou je dobrá zlievateľnosť. Najviac zinku sa používa na povrchovú ochranu kovov a na výrobu zliatin.

Hlavným minerálom je sfalerit ZnS. Najväčšie ložiská Zn rúd sú v USA, Kanade, Austrálii, Mexiku, Nemecku, Poľsku, Rusku. Na Slovensku v okolí Banskej Štiavnice.

Atómová hmotnosť - 65,38

Hustota - 7133 kg.m^{-3}

Teplota tavenia - 420°C

Zinok sa vyrába pyrometalurgicky buď redukciou vypražených zinkových koncentrátov alebo redukciou Pb – Zn koncentrátu v šachtovej peci. Stále viac sa presadzuje hydrometalurgia, ukončená elektrolýzou.

IX. Tvárnenie kovov

Plastická deformácia

Oceľ, ktorá je najčastejšie tvárneným kovom za tepla aj za studena, je zliatinou železa, uhlíka a ďalších prímесových prvkov. Okrem toho obsahuje nežiadúce nečistoty. Hlavný vplyv na vlastnosti ocele má uhlík, ktorý so železom tvorí karbidy Fe_3C . Ak budeme kov postupne zaťažovať a následne odľahčovať s cieľom sledovať jeho deformácie, budeme zo začiatku pozorovať, že sa po odľahčení vracia do pôvodného stavu. Až po určitom zvýšení zaťaženia dôjde k trvalej – plastickej deformácii. Niekedy ju označujeme ako deformáciu nevratnú.

Plastická deformácia sa uskutočňuje sklzom, difúziou, dvojčatením. V súčasnosti mechanizmy plastickej deformácie spoľahlivo objasňuje teória dislokácií.

Tvárnenie za tepla

Tvárnenie prebieha v rozmedzí hornej a spodnej teploty tvárnenia. Horná teplota tvárnenia je u väčšiny ocelí určená medzou, ktorá je o 150 až 200°C nižšia ako teplota solidu v diagrame Fe – C. Spodná tvárniaca teplota je v oblasti nad teplotou rekryštalizácie. Ohrevom pri tvárnení za tepla znižujeme pretvárny odpor materiálu a súčasne zvyšuje tvarovateľnosť. Optimálne parametre technologického ohreву závisia na fyzikálno – mechanických vlastnostiach ocele a na podmienkach prenosu tepla v peci.

Tvárnenie za studena

Tvárnenie za studena prebieha zásadne pod teplotou rekryštalizácie tvárneného materiálu. Materiál mení svoje fyzikálno mechanické vlastnosti. Dochádza k spevneniu a k výraznej orientácii štruktúry. Vzniká textúra. Vplyvom vonkajších síl, pôsobiacich na materiál, kovové kryštály sa deformujú. Deformácie obsahujú pružno – elastické, vratné zmeny a tiež trvalo – plasticke, nevratné zmeny. Plasticke zmeny prevažujú. Vedľa deformácie sklzom veľká časť deformácie sa uskutočňuje dvojčatením. Pri tvárnení za studena sa plastická deformácia dopĺňa o povrchovú úpravu. Materiál je kovovo čistý, kvalitou povrchu odpovedá povrchu tvárniaceho nástroja. Uľahčujú sa tým všetky operácie, spojené s úpravou povrchu.

Spôsoby tvárnenia

Kovanie rozdeľujeme na kovanie voľné a na kovanie v zápustkách. Pri kovaní sa mení tvar a štruktúra materiálu. Mechanické vlastnosti výkovku sú proti vstupnému materiálu lepšie. Preto sú výkovky predurčené pre prácu v najnáročnejších prevádzkových podmienkach. Na priebeh kovania má vplyv celý rad činiteľov teplotnej a mechanickej povahy. Podľa charakteru práce používame na kovanie buchary a lisy.

Valcovanie patrí k spojitým procesom tvárnenia. Tvárnenie kovov sa deje v medzere medzi otáčajúcimi sa valcami. Plasticke deformácie pri valcovaní umožňuje trenie medzi povrchom valca a tvárneným materiálom, tvar pracovného nástroja, fyzikálne vlastnosti a chemické zloženie materiálu. Valcovanie pozdĺžne sa uskutočňuje medzi valcami, ktorých osi sú rovnobežné a valce sa otáčajú proti sebe. Tak sa valcujú profily, plechy, pásy, drôt. Valcovanie šikmé prebieha medzi valcami, ktorých osi sú mimobežné a otáčajú sa súhlasným

smerom. Valcovaný materiál rotuje medzi nimi smerom opačným a navyše vykonáva postupný pohyb. Takto sa valcujú rúrky.

Ťahanie je technologický postup tvárnenia, kde polotovár preťahujeme prievlakom. Prierez sa znižuje, menia sa fyzikálne mechanické vlastnosti materiálu. Ťahanie sa robí prevažne za studena – pod rekryštalizačnou teplotou. Ťahaním sa vyrábajú rúrky, drôt, tyče. Na ťahanie sa používajú ťahacie stolice. Prievlaky sa vyrábajú z nástrojových ocelí alebo zo slinutých karbidov.

Lisovanie – pri lisovaní spracúvame plech alebo pás na výlisky. Lisovaním sa zhotovujú výrobky spotrebiteľského priemyslu – nádoby, diely karosérií automobilov, výrobky, používané v stavebníctve.

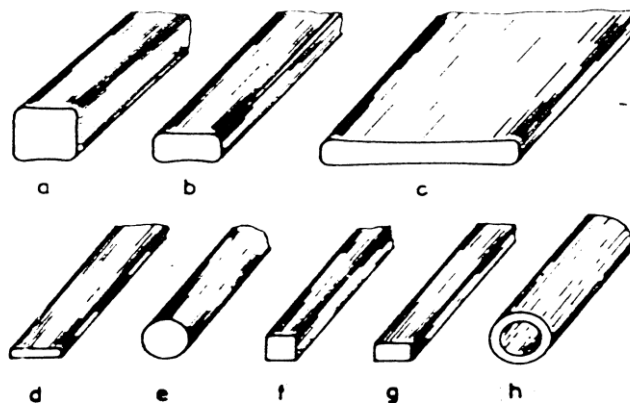
Profilovanie je spojité tvarovanie vstupného polotovaru – pásu – na tvar profilu, medzi otáčajúcimi sa dvojicami valcov. Deformácia materiálu prebieha za studena. Profilovanie je určené pre výrobu profilov, ktoré majú stále polomery zakrivenia po celej dĺžke. Vyrábajú sa z nich zvarované rúrky, uzatvorené profily rôzneho tvaru, otvorené profily – napr. profil pre výrobu zárubní dverí.

Preťahovanie je progresívny spôsob tvárnenia ocele, hliníku, medi, zinku a ich zliatin a iných materiálov. Zhotovujú sa rozmanité tvarované plné a duté súčiastky a súčasne sa podstatne zvyšuje pevnosť. Preťahovanie sa rozšírilo v odvetviach hutníctva neželezných kovov, strojárnej a elektrotechnickej výroby aj hutnickej druhovýroby. Je tu dokonalé využitie materiálu, preťahované výrobky majú vynikajúce mechanické vlastnosti, dokonalý povrch a nevyžadujú ďalšie obrábanie.

Hlavné druhy valcovaných výrobkov

Podľa účelu použitia, spôsobu výroby a tvaru rozdeľuje sa hutnícky materiál do nasledujúcich hlavných skupín:

1. Predvalky – majú stály priečny prierez, používajú sa na ďalšie tvárnenie. Vyrábajú sa valcovaním za tepla, kovaním alebo plynulým odlievaním. Najčastejšie vyrábané typy predvalkov sú na obr.15.



Druhy predvalkov
a - štvorcový blok, b - obdĺžnikový blok,
c - brama, d - ploština, e - kruhový sochor,
f - štvorcový sochor, g - obdĺžnikový sochor,
h - rúrový sochor

Obr.15-Druhy predvalkov

2. Tyče (profily) – majú stály alebo periodicky sa meniaci priečny prierez. Vyrábajú sa valcovaním alebo pretláčaním za tepla, ťahaním za studena, prípadne voľným kovaním.
3. Drôty – majú stály priečny prierez, vyrábajú sa valcovaním za studena alebo ťahaním za studena.
4. Plechy – majú stály alebo periodicky sa meniaci obdĺžnikový priečny prierez. Vyrábajú sa valcovaním za tepla alebo studena. Mechanické vlastnosti plechov sa zaručujú v pozdĺžnom aj priečnom smere.
5. Široká oceľ – má konštantný obdĺžnikový priečny prierez s rovnými bočnými stenami, vytvorenými valcovaním za tepla.
6. Pásky – majú konštantný obdĺžnikový priečny prierez. Vyrábajú sa valcovaním za tepla alebo za studena spojitým spôsobom.
7. Rúrky – ich priečny prierez tvorí medzikružie.
8. Tenkostenné profily – delia sa na profily s otvoreným alebo uzavretým prierezom.

Valcovanie

Hlavným zariadením valcovne je valcovacia trať, ktorá je súborom strojov a zariadení, na ktorých sa uskutočňuje plastická (nevratná) deformácia kovu a zariadení, ktoré slúžia pre ďalšie spracovanie valcovaného materiálu (chemické a tepelné spracovanie, povrchové spracovanie a úpravy). Mimo valcovacích tratí na valcovňu patria ohrievacie a žihacie pece, uskladňovacie rošty, žeriavy a iné.

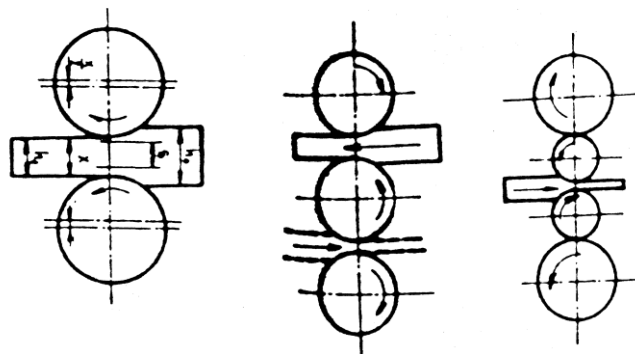
Valcovacie trate delíme:

- podľa konštrukcie stolíc a počtu valcov,
- podľa valcovaného sortimentu a priemeru valcov,
- podľa zmyslu otáčania valcov a podľa usporiadania a spôsobu práce.

Podľa konštrukcie stolíc a počtu valcov:

- duo, má dva horizontálne pracovné valce, ktoré môžu pracovať priebežne alebo reverzne,
- trio, má tri pracovné valce, potom priechod sa uskutočňuje medzi horným a stredným alebo dolným a stredným valcom,
- kvarto, skladá sa z dvoch pracovných a dvoch oporných valcov. Pracovné valce majú malý priemer, čo je z hľadiska záberu kovu výhodné, ich priehybu v dôsledku pôsobenia valcovacej sily zamedzujú valce oporné s veľkým priemerom. Pracujú priebežným a reverzným spôsobom a slúžia pre výrobu plochých vývalkov.
- viacvalcové stolice,
- špeciálne stolice.

Schématické znázornenie práce duo, trio a kvarto stolíc je na obr.16



Obr.16 – Schématické znázornenie duo, trio a kvartostolíc

Podľa priemeru valcov a podľa sortimentu delíme valcovacie trate na
-*Predvalkové trate* (blooming, slabing, sochorové trate).

-*Profilové trate*:

1. Ťažké trate – pre valcovanie koľajníc a ťažkých nosníkov. Priemer valcov je 700 až 900 mm.
2. Hrubé trate – pre valcovanie menších nosníkov. Priemer valcov je 550 až 700 mm.
3. Stredné trate – pre valcovanie tyčových vývalkov stredných rozmerov. Priemer valcov je 400 až 550 mm.
4. Jemné trate – pre valcovanie tyčových vývalkov a jemných tvarových vývalkov. Priemer valcov je 250 až 400 mm.
5. Drôttrate – s veľkým počtom stolíc usporiadaných do viacerých poradí. Priemer valcov je 240 až 300 mm.

- *Trate pre ploché vývalky*:

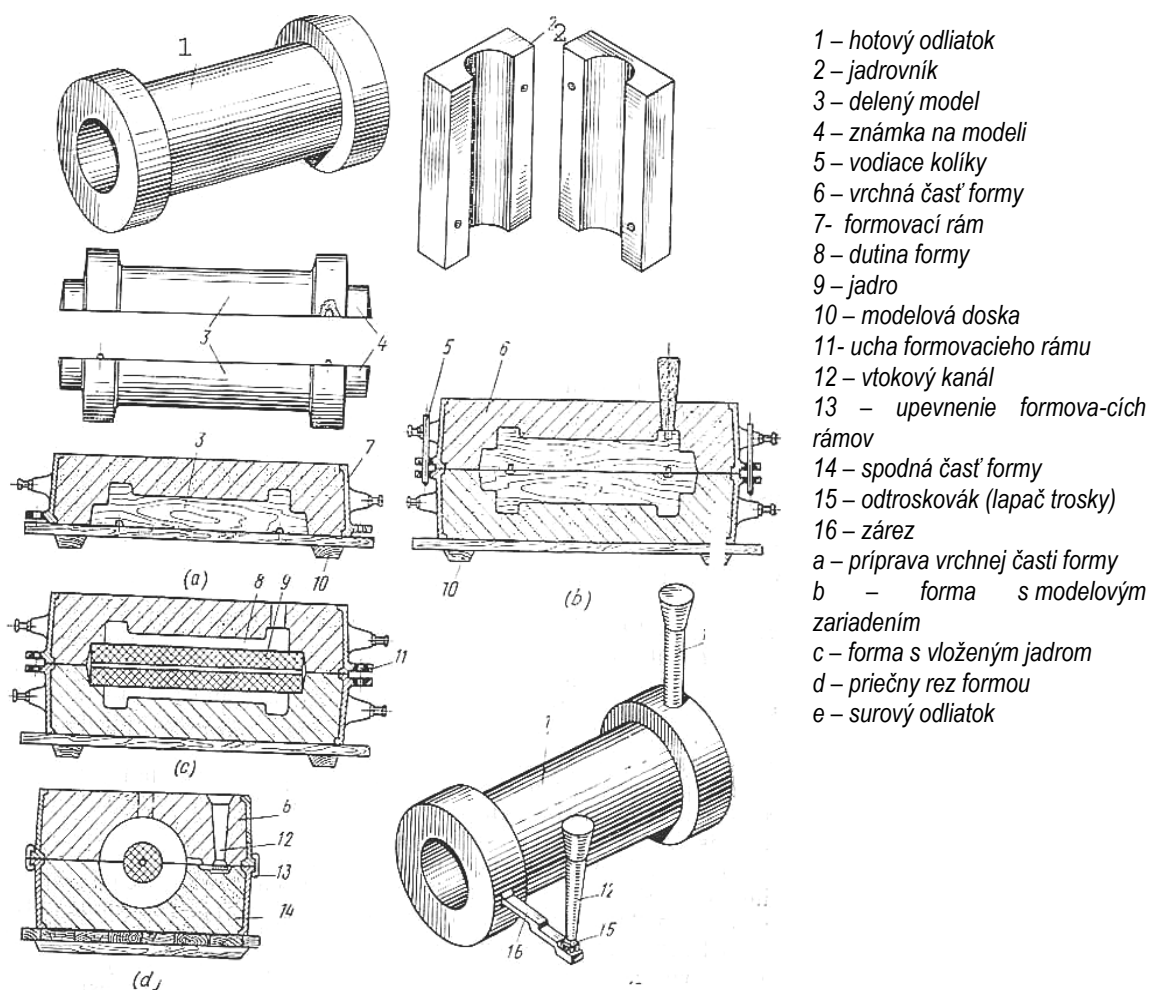
1. Plechotrate – pre valcovanie pancierových dosiek a hrubých plechov. Spravidla sa skladajú z dvoch stolíc, predvalcovacej (duo alebo kvarto) a dovalcovacej (kvarto).
2. Pásovate trate – pre valcovanie pásov za tepla, sú vybavené kvarto stolicami v dvoch poradiach.
3. Pre valcovanie plechov a pásov za studena – tandemy, v ktorých pracuje 2 až 6 kvarto stolíc spojitým spôsobom, alebo samostatné kvarto stolice pracujúce reverzným spôsobom.

Valcovanie plechov, pásov a profilov prebieha v určitom počte priechodov, pričom sa má dosiahnuť presne stanovený tvar a rozmery prierezu a požadované vlastnosti vývalku. Valcovanie jednotlivých kovových hutníckych materiálov sa robí presne určeným špecifickým spôsobom. Jednotlivé postupy využívajú spôsoby valcovania za tepla a valcovania za studena spolu s priebežnou úpravou valcovaného materiálu. Minimálna hrúbka pásov, valcovaných za tepla, je 1,5 mm, minimálna hrúbka plechov, valcovaných za studena, je 0,2 mm. Pri valcovaní musia sa priebežne z povrchu odstraňovať vrstvy oxidov, vznikajúcich pri ohreve valcovaných materiálov a počas samotného valcovania. Odstraňovanie týchto oxidov, nazývaných okoviny, robí sa mechanickým alebo chemickým spôsobom.

X. ZLIEVARENSTVO

Zlievarenstvo patrí ku kľúčovým výrobným odvetviam s veľkým významom pre iné výrobné odvetvia, najmä pre strojárstvo. Odlieváním tekutého kovu v **zlievarňach** sa vyrábajú odliatky s hmotnosťou od niekoľkých gramov až do niekoľkých ton. Odlievajú sa súčiastky najjednoduchších tvarov, ale aj tvarovo veľmi zložité súčiastky, ktoré nie je možné vyrobiť inými metódami.

Zlievarne existujú buď samostatne, alebo sú súčasťou strojárenského podniku. Podľa odlievaného kovu ich môžeme rozdeliť na: zlievarne oceľových odliatkov, zlievarne liatiny a zlievarne neželezných kovov. Podľa veľkosti odliatkov sa zlievarne rozdeľujú na: zlievarne malých odliatkov (do 80kg), zlievarne stredne veľkých odliatkov (80 až 1000 kg) a zlievarne veľkých odliatkov (nad 1000 kg). Podľa stupňa mechanizácie formovania sa zlievarne rozdeľujú na: zlievarne s ručným formovaním, zlievarne so strojovým formovaním a zlievarne s automatizovanými formovacími linkami. Podľa spôsobu odlievania ich rozdeľujeme na: zlievarne s gravitačným liatím, s odlievaním pod tlakom, s odstredivým odlievaním a zlievarne s netradičnými spôsobmi odlievania. Podľa sériovosti výroby môžeme hovoriť o zlievarňach: s kusovou výrobou, so sériovou výrobou a s hromadnou výrobou. Súčasné zlievarne častokrát využívajú rôzne spôsoby formovania alebo odlievania a vyrábajú rôzne série odliatkov.

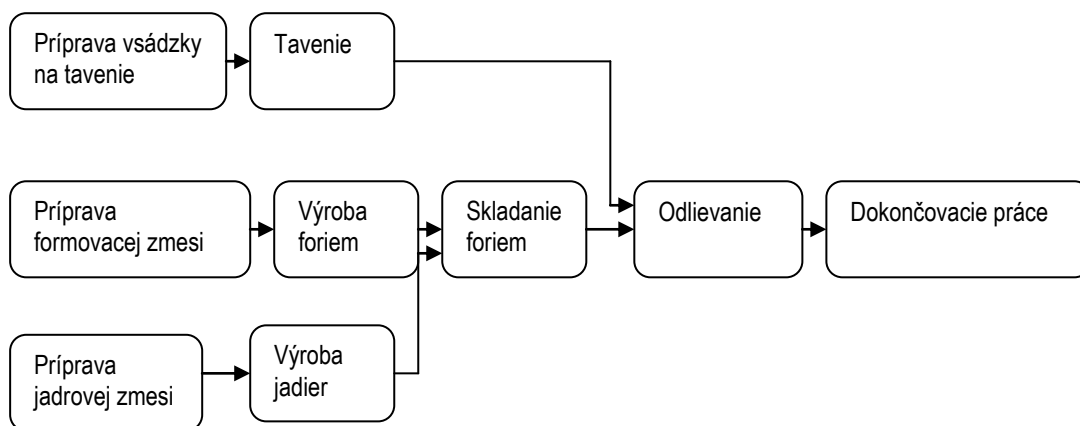


Obr.17- Jednotlivé stupne výroby formy

V súčasnosti je na Slovensku okolo 40 zlievarni, z ktorých viac ako polovica je zameraná na odlievanie odliatkov z neželezných kovov, predovšetkým zo zliatin hliníka.

Odliatok (*obr.17.1*) je výsledným produktom zlievarene, získame ho stuhnutím roztaveného kovu (taveniny) vo forme. **Forma** (*obr.17.c*) je nádoba zhotovená zo žiaruvzdorného materiálu, ohraničeného **formovacím rámom** (*obr.17.7*), ktorý je potrebný na výrobu vrchnej a spodnej polformy. Do dutiny formy, ktorá tvorí negatív odliatku, sa odlieva tekutý kov a nechá sa v nej stuhnúť. Dutina vo forme sa vytvára pomocou **modelu** (*obr.17.3*). Dutina v odliatku sa vytvára pomocou **jadra** (*obr.17.9*), ktoré sa zhotovuje v **jadrovníku** (*obr.17.2*). Jadro je vo forme uložené v **lôžku jadra**, časti jadra, ktoré sú uložené v lôžku sa nazývajú **čapy jadra**. Lôžka sú vo forme vytvorené **známkami modelov**. V niektorých prípadoch sa na zabezpečenie polohy jadra používajú **podpierky**. Aby bolo možné vliť kov do dutiny formy, musí byť forma opatrená **vtokovou sústavou** (*obr.17.12*) s jedným alebo niekoľkými vtokmi. K unikaniu vzduchu a plynov, tvoriacich sa pri liatí, slúžia **výfuky** (*obr.17.17*). K dopĺňovaniu dutín v odliatku, vznikajúcich sťahovaním tuhnuceho kovu, sa používajú **náliatky**. Umiestňujú sa spravidla na masívne časti alebo na tepelné uzly odliatku. **Prieduchy** sa používajú na vyvedenie plynov a pár z dutiny formy. Túto úlohu plnia aj otvory v stene formovacieho rámu. Správne zloženie polforiem zabezpečujú **vodiace kolíky** (*obr.17.5*).

Ucelenosť postupov, ktoré vedú k výrobe odliatku v technologickom slede sa nazýva **technologický proces**, ktorý pozostáva z veľkého počtu postupov. Preto je potrebné technologický proces výroby odliatkov rozdeliť do jednotlivých stupňov, ako to ukazuje *obr.18*. Tri technologické procesy: tavenie, výroba foriem a výroba jadier prebiehajú súčasne. Týmto procesom predchádza príprava spracovávaných materiálov alebo surovín. Po založení jadier a zložení formy sa forma plní tekutým kovom, ktorý v nej stuhne a ochladí sa. Odliatky sa nakoniec podrobia dokončovacím operáciám.



Obr.18 - Schéma technologického procesu výroby odliatkov do pieskových foriem

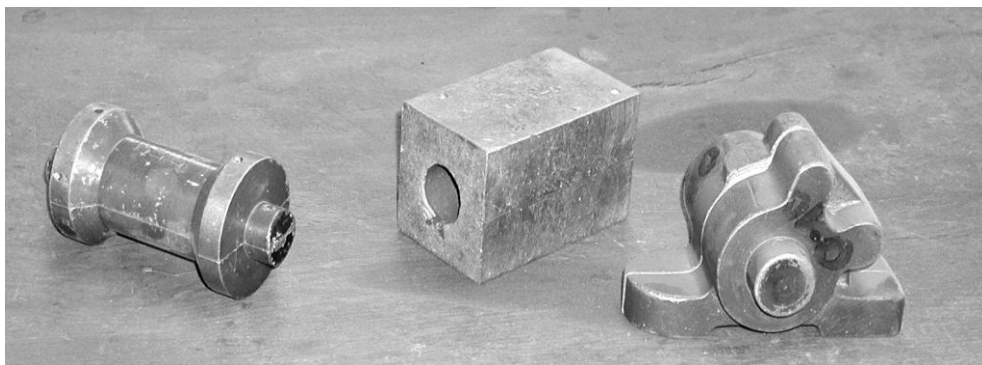
V procese **prípravy vsádzky na tavenie** sa kovové a nekovové zložky vsádzky zostavujú tak, aby sa po ich roztavení získal tekutý kov požadovaného chemického zloženia.

Pri **tavení** nadobúda kovová vsádzka privedeným teplom tekutý stav, pričom sa získa optimálne chemické zloženie taveniny. Typ taviaceho agregátu závisí od taveného materiálu. Najčastejšie taviace agregáty používané v zlievarenstve sú: kuplová pec (používa sa výlučne na tavenie liatiny), elektrické oblúkové pece (tavenie ocele a liatiny), elektrické indukčné pece (tavenie liatiny, ocele a neželezných kovov), elektrické odporové pece a plynové pece (tavenie zliatin neželezných kovov).

Cieľom **výroby foriem** je vytvoriť vo formovacej zmesi dutinu, ktorej vonkajšie obrysy budú zodpovedať vyrábanému odliatku.

Podľa druhu materiálu, z ktorého je forma zhotovená, rozoznávame **formy trvalé, polotrvalé a jednorázové**. **Formy trvalé** – zvyčajne kovové, slúžia na výrobu veľkého počtu rovnakých odliatkov prevažne zo zliatin neželezných kovov do obmedzenej hmotnosti.

Formy jednorázové (obr.17) sa pripravujú ubíjaním alebo vytvrdením formovacej zmesi pre každý odliatok. Po odliatí a vybratí odliatku sa forma rozbije. Je to najbežnejší spôsob formovania pre kusovú a sériovú výrobu do najväčších hmotností odliatkov. Na výrobu jednorázových foriem sa používajú **formovacie zmesi**. Formovacia zmes sa skladá z **ostriva, spojiva a prísad**. Ostrivo je zrnitý žiaruvzdorný materiál s veľkosťou častíc nad 0,02 mm. Tvorí podstatnú časť (86 – 96%) objemového a hmotnostného zastúpenia vo formovacej zmesi. Ako ostrivo sa najčastejšie používa kremenný piesok. Úlohou ostriva je vytvárať kostru formovacej zmesi a zabezpečiť jej žiaruvzdornosť. Použitie kremenného piesku ako ostriva je dané predovšetkým jeho kvalitou, bohatosťou jeho výskytu, ľahkosťou jeho ťažby a úpravy a dostupnou cenou. Okrem kremenného piesku sa ako ostrivo môžu používať šamotové lupky, zirkónové piesky, ktoré slúžia predovšetkým pre výrobu vysoko tepelne namáhaných foriem pre odliatky z ocele, olivínové a chrómmagnezitové piesky. Funkcia **spojiva** vo formovacej zmesi spočíva v obalení zrn ostriva a ich vzájomnom spojení. Podiel množstva spojiva v objeme formovacej alebo jadrovej zmesi je 2 – 12%. Spojivá musia zabezpečiť dostatočnú pevnosť formovacích zmesí v surovom alebo vytvrdenom stave, musia dávať zmesiam potrebnú tvarovateľnosť, aby mohli ľahko vyplňať všetky časti formy, nesmú sa prilepovať na model v priebehu výroby formy, mali by uvoľňovať čo najmenej plynov pri sušení a odlievaní foriem, nemali by škodiť zdraviu a mali by byť pomerne lacné. Základné rozdelenie spojív je podľa ich pôvodu na: **anorganické a organické spojivá**. Anorganické spojivá sú minerálneho pôvodu, dávajú formovacej zmesi väznosť už v surovom stave, alebo ju vytvrdzujú fyzikálne alebo chemicky. Patria sem íly, cement, sadra, vodné sklo a pod. Tieto spojivá sú vhodné na výrobu **surových foriem**, nie sú citlivé na teplotu sušenia, v priebehu odlievania vyvíjajú málo plynov, vplyvom tepla tekutého kovu nevyhorievajú a po odliatí majú zhoršenú **rozpadavosť**.



Obr.19 - Modely a jadrovník

Formy polotrvalé sú zhotovené ubíjaním zo zmesi žiaruvzdorných hlin, spojív a grafitu a dajú sa použiť niekoľkokrát pre jednoduché, hrubostenné odliatky do obmedzenej hmotnosti.

Výroba netrvalých a polotrvalých foriem sa nazýva **formovanie**. Na vytvorenie dutiny formy sa používajú **modely**, ktoré sú súčasťou **modelového zariadenia**. K modelovému zariadeniu ďalej patria modely vtokovej sústavy, modely náliatkov, jarovníky, voľné časti, pri strojnom formovaní modelové dosky, prípravky a pod.

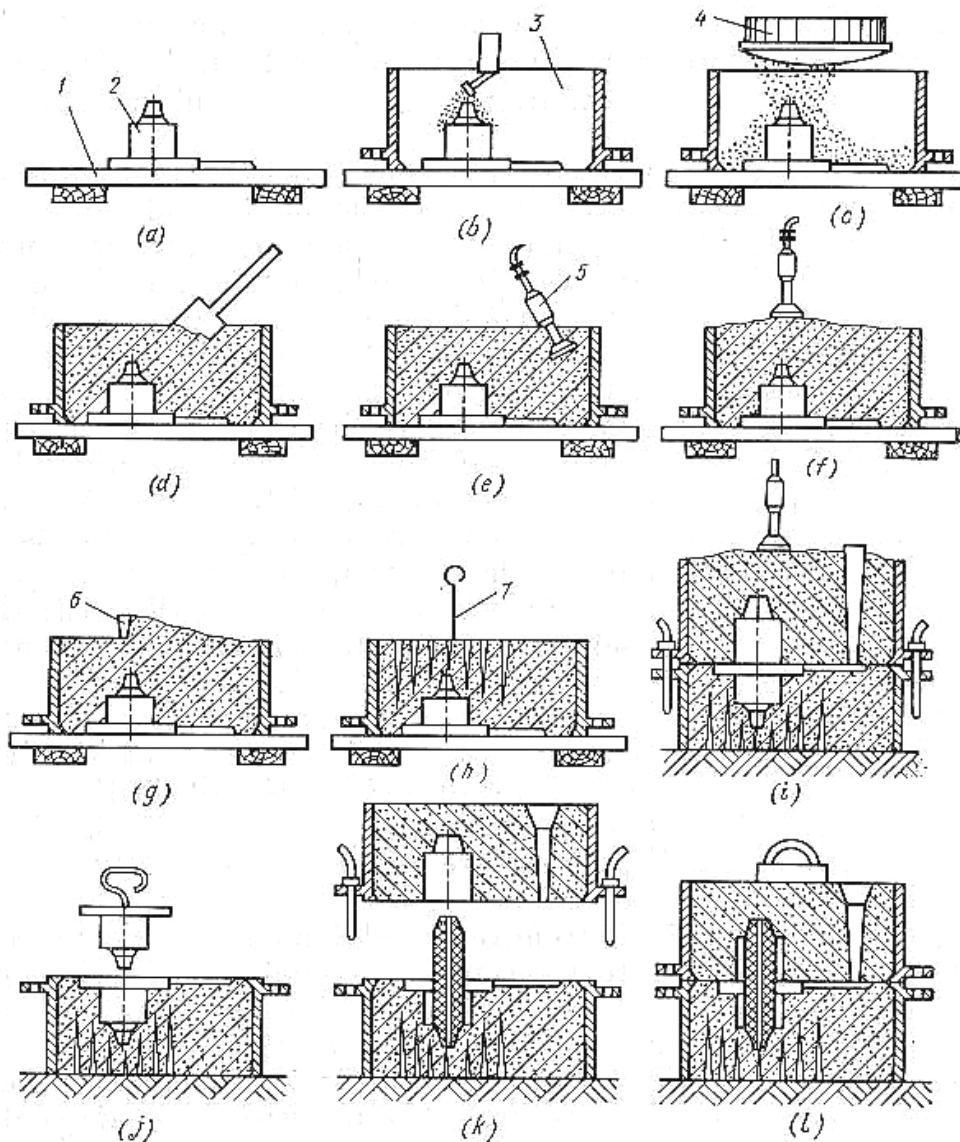
Tvar modelu, *obr.19* zodpovedá tvaru budúceho odliatku, pričom sa jeho rozmery zväčšujú o hodnotu **zmraštenia** (mieru zmraštenia), prípadne o ďalšie prídavky (prídavky na opracovanie, technologické prídavky, zlievarenske prídavky).

Pri výrobe modelu sa veľký dôraz kladie na jeho delenie tak, aby ho bolo možné z formy ľahko vybrať bez poškodenia formy, na voľbu a použitie vhodného materiálu, pričom sa zohľadňujú technologické faktory (spôsob formovania, spôsob výroby, spôsob zhutňovania foriem, sériovosť výroby). Na výrobu modelov sa používa drevo, kov, voskové zmesi, polystyrén a plastické látky).

Podľa pracovného postupu rozoznávame **formovanie ručné** pomocou modelu alebo **formovanie strojné**.

Postup ručného formovania jednoduchého odliatku je uvedený na *obr.20 a* pozostáva z nasledujúcich operácií:

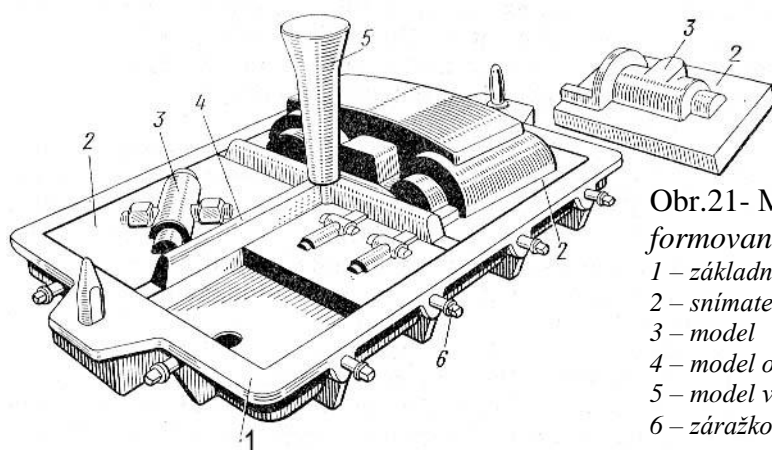
- a) Model sa rovnou plochou uloží na modelovú dosku.
- b) Na modelovú dosku sa potom ukladá formovací rám vhodnej veľkosti. Model sa popráši deliacim prostriedkom, aby sa zabránilo prilepovaniu formovacej zmesi na model.



Obr. 20 – Postup ručného formovania

c) Ručným sitom sa preoseje vrstva modelovej zmesi, ktorá sa pritláča k modelu.

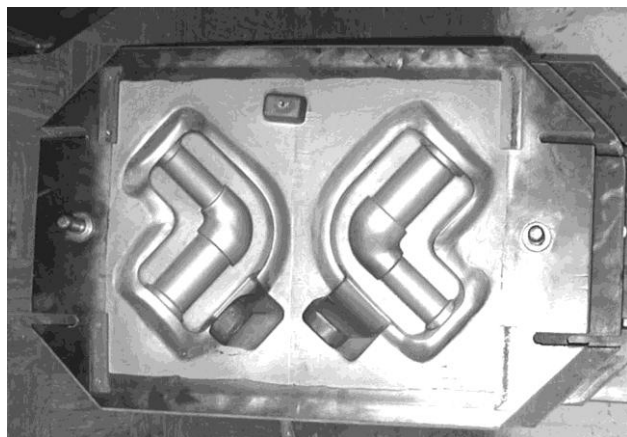
- d) Zvyšok rámu sa potom vyplní formovacou zmesou pomocou lopatky.
- e) Formovacia zmes sa ubíja ubíjačkou.
- f) Postupne sa dosypáva formovacia zmes, ktorá sa ubíja, až kým formovacia zmes neprečnieva nad formovací rám.
- g) Nadbytočná zmes sa zarovná s okrajom rámu oceľovým pravítkom.
- h) Oceľovým bodcom sa urobí odvodušňovacie otvory – prieduchy.
- i) Spodná polforma sa spolu s modelom otočí o 180°. Pomocou vodiacich kolíkov sa zloží vrchný formovací rám a na spodnú časť modelu sa uloží vrchná časť modelu. Všetko sa popráši deliacim prostriedkom. Uloží sa model vtokového kanála a preosiatím sa vrchná polforma naplní modelovou zmesou. Po jej ubití sa naplní výplňovou zmesou, ďalej sa postupuje ako v bodoch f – h. Vyreže sa liaca jamka.
- j) Vrchná polforma sa od spodnej oddelí. Zo spodnej polformy sa pomocou háčikov a rozklepávacích kladív vyberie model, z vrchnej polformy sa vyberie model a vtokový kolík. Štetcom alebo stlačeným vzduchom sa očistia deliace plochy formy a hladítkom alebo lancetou sa vyrežú vtokové zárezy. Vzniknutá dutina formy sa skontroluje, opraví a vyčistí
- k) Do lôžka v dutine spodnej formy sa vloží jadro. Obidve polovice formy sa zložia pomocou vodiacich kolíkov.
- l) Forma sa zaťaží, aby pri liati kovu do dutiny formy nedošlo k vytlačeniu vrchnej polformy.



Obr.21- Modelová doska pre strojné formovanie

- 1 – základná doska
- 2 – snímateľná doska
- 3 – model
- 4 – model odtroskováka
- 5 – model vtokového kanála
- 6 – záražková skrutka

Na obr.21 a 22 sú modelové dosky, ktoré sa používajú pri strojvom formovaní.



Obr.22 - Modelová doska

Materiál konkrétneho odliatku sa vyberá v závislosti od požiadaviek kladených na odliatok a od prevádzkových podmienok, ktorým bude odliatok vystavený. Mechanické, fyzikálne a fyzikálno – chemické vlastnosti odliatku musia zaručovať funkčnosť odliatku v prevádzkových podmienkach. Použitie čistých kovov v zlievarenstve je veľmi obmedzené kvôli ich vlastnostiam, preto sa odlievajú predovšetkým ich zliatiny.

Najviac používanými materiálmi na výrobu odliatkov sú: **uhlíkové alebo**

zliatinové ocele (legované), liatiny (sivá – liatina s lupienkovým grafitom, tvárna – liatina s guľôčkovým grafitom) a zliatiny neželezných kovov.

Ocele sú zliatiny železa s uhlíkom a niektorými ďalšími prvkami (kremíkom, mangánom, sírou a fosforom), ktoré majú obsah uhlíka nižší ako 2,14%. Zliatiny s vyšším obsahom uhlíka ako 2,14 sa volajú **liatiny**.

Ocele na odliatky sa podľa chemického zloženia rozdeľujú na:

- **Nelegované (uhlíkové) ocele**, ktoré sa delia na:
 - * nízkouhlíkové, s obsahom uhlíka pod 0,2%
 - * stredneuhlíkové ocele, s obsahom uhlíka 0,2 až 0,5%
 - * vysokouhlíkové ocele, s obsahom uhlíka nad 0,5%
- **Legované – zliatinové ocele** – sú ocele, ktoré obsahujú väčšie množstvo jedného alebo viacerých prvkov (viac ako 0,9%Mn, 0,5%Si, 0,5%Ni, 0,3%Cr, 0,2%W, 0,2%Co, 0,1%Mo, 0,1%V atď.). Delíme ich na:
 - * nízkolegované, v ktorých súčtový obsah legujúcich prvkov je menší ako 5%,
 - * strednelegované, v ktorých súčtový obsah legujúcich prvkov je 5 až 10%,
 - * vysokolegované, kde súčtový obsah legujúcich prvkov je vyšší ako 10%.

Z ocelí sa vyrábajú odliatky, ktoré sú v prevádzke namáhané buď mechanicky pri normálnych, vysokých alebo extrémne nízkych teplotách, prípadne sú na nich kladené iné požiadavky, napr. vysoká **odolnosť proti oteru, korózií**, odolnosť proti pôsobeniu zásad a kyselín, určité magnetické vlastnosti a pod.

Liatiny, podobne ako ocele, sú zliatiny železa s uhlíkom a niektorými ďalšími základnými prvkami, ale na rozdiel od ocelí je obsah uhlíka a ďalších prvkov v liatinách v porovnaní s obsahom týchto prvkov v oceliach niekoľkonásobne vyšší. Napríklad obsah uhlíka v liatinách je zvyčajne vyšší ako 3%, obsah kremíka prevyšuje 1%, obsah mangánu je 0,4 až 0,8% a viac, obsah fosforu 0,1% a síry asi 0,08%. V niektorých liatinách sa môžu nachádzať aj legujúce prvky.

Orientačne platí, že liatiny sú zliatiny železa s uhlíkom, ktoré obsahujú viac ako 2,1% uhlíka. Ocele a liatiny je možné presne rozlíšiť na základe toho, že **v štruktúre liatin sa nachádza eutektoid (perlit) aj eutektikum (ledeburit) a v štruktúre oceli sa nachádza iba eutektoid a najmä sivým lomom liatiny, spôsobeným voľne vylúčeným grafitom.**

Zlievarenske vlastnosti liatin sú podstatne lepšie ako zlievarenske vlastnosti ocelí na odliatky. Teplota tavenia aj liaca teplota liatin je asi o 300°C nižšia ako taviaca a liaca teplota ocelí. Energetická náročnosť a ekonomické náklady na výrobu liatin sú preto nižšie ako na výrobu ocele. Podobne nie sú kladené vysoké nároky na žiaruvzdornú výmurovku taviacich agregátov a na žiaruvzdornosť zlievarenských formovacích zmesí.

Liatiny majú dobrú zabiehavosť a možno z nich odlievať tenkostenné odliatky s hrúbkou stien niekoľko milimetrov.

Mechanické vlastnosti liatin – **pevnosť, tvrdosť, ťažnosť a vrubová húževnatosť** závisia v rozhodujúcej miere od charakteru **kryštalizácie uhlíka pri tuhnutí liatiny**. Ak sa všetok uhlík viaže vo forme karbidu železa Fe₃C, vzniká biela liatina, ktorá je veľmi tvrdá a oteruvzdorná, s minimálnymi **plastickými vlastnosťami**. Používa sa pomerne zriedkavo. Ak sa časť uhlíka vylúči vo forme **grafitu**, potom grafit, ktorý nemá takmer žiadnu pevnosť, porušuje **kompaktnosť základného kovového materiálu** a znižuje jeho pevnosť a tým aj pevnosť liatiny. Pevnostné vlastnosti liatin závisia nielen od množstva vylúčeného grafitu, ale aj od jeho tvaru. Najnepriaznivejší je grafit vylúčený v podobe **hrubých lupienkov**. Tento

tvár grafitu sa vyskytuje v normálnych sivých liatinách s lupienkovým grafitom (**LLG**). (Pevnosť týchto liatin je v rozsahu 150 až 250 MPa)

Priaznivejšia je štruktúra s **malými lupienkami**. Tento tvar sa dosiahne **očkovaním** liatiny **silikokalcium alebo ferosilícium**. (Pevnosť zliatin s týmto tvarom grafitu sa pohybuje od 300 do 350 MPa).

Ešte väčšie pevnostné vlastnosti majú **temperované liatiny**. Získajú sa tepelným spracovaním (temperovaním) odliatkov. Pevnosť temperovaných liatin je 300 až 500 MPa.

Najpriaznivejší tvar grafitu má **tvárna liatina** (liatina s guľôčkovým grafitom – LGG). Tento tvar grafitu sa dosiahne ovplyvňovaním kryštalizácie grafitu pomocou modifikátorov na báze horčíka a céru.

Podľa toho, v akej chemickej podobe a v akom tvare uhlík kryštalizuje, rozoznávame liatiny:

- * **bielu** – všetok uhlík je vo forme karbidu železa,
- * **melírovanú** – časť uhlíka sa nachádza vo forme karbidu železa a časť vo forme grafitu,
- * **sivú, liatinu s lupienkovým grafitom (LLG)** – základný kovový materiál je perlitický, perliticko – feritický alebo feritický a uhlík sa vylučuje vo forme grafitu v tvare lupienkov,
- * **liatinu s vermikulárnym grafitom** – uhlík vykryštalizuje v tvare nedokonalých globulí,
- * **tvárnu, liatina s guľôčkovým grafitom (LGG)** – uhlík vykryštalizuje v tvare globúl,
- * **temperovanú** – v základnom kovovom materiáli sa nachádza temperovaný uhlík.

Čisté neželezné kovy – hliník, meď, horčík, zinok, cín, olovo a pod. sa používajú na výrobu odliatkov len vo výnimočných prípadoch. Oveľa častejšie sa používajú zliatiny neželezných kovov.

Zliatina je útvar zložený najmenej z dvoch prvkov, z ktorých aspoň jeden musí mať kovový charakter a tvorí v pevnom stave súdržný celok. Zliatina vzniká rozpúšťaním prísadových prvkov v tekutom základnom kove. Pre výrobu odliatkov používame **binárne, ternárne a viaczložkové, resp. polykomponentné zliatiny**, u ktorých môžeme vyčleniť:

- **základný prvok (hlavný legujúci prvok)**, ktorého obsah je väčší ako 50% a určuje aj názov zliatiny (napr. zliatiny hliníka, zinku, medi a pod.),
- **legujúci prvok** (legujúca prísada), ktorého obsah v zliatine v porovnaní s obsahom základného prvku je menší. Podľa účelu môžeme legujúce prvky rozdeliť na:
 1. **Hlavné legujúce prvky**, t.j. tie, ktoré spolu so základnými komponentami určujú typ zliatiny, jej bázu, hlavné vlastnosti (fyzikálne, chemické, technologické, mechanické) a vymedzujú oblasť použitia zliatiny.
 2. **Dodatkové legujúce prvky**, ktorých úloha je veľmi rozmanitá, napr. umožňujú tepelné spracovanie (horčík v zliatinách typu Al-Si), zlepšujú určitú vlastnosť, zjemňujú liacu štruktúru (Ti v zliatinách na báze hliníka), alebo obmedzujú škodlivý vplyv nežiadúcich prímiesí (napr. mangán obmedzuje vplyv železa v zliatinách typu Al-Si).

Obsah všetkých prvkov zliatiny je vymedzený príslušnou normou.

- **prímiesi (nečistoty)** – sú tie prvky, ktorých prítomnosť v zliatine je nežiadúca. Obyčajne sú to ostatné prvky, okrem legúr.

Na Slovensku sa najčastejšie odlievajú odliatky zo zliatin hliníka s kremíkom, ktoré nazývame **silumíny**. Na umelecké odliatky (busty, sochy) sa najčastejšie používa zliatina medi a cínu nazývaná **bronz**. V praxi sú najviac používané zliatiny Cu Al 10-20%-hliníkový bronz a kvalitné mosadze CuZn 17-45%, obidve zliatiny s prísadou Mn, Fe, prípadne Ni.

XI. Žiaruvzdorné materiály

Žiaruvzdorné materiály nazývame stavivá, z ktorých sa vyhotovujú tie časti výmuroviek, ktoré sú vystavené vysokým teplotám a prostrediu pece. Iba zriedkavo sa skladajú z jedného oxidu, zvyčajne sú prítomné aj ďalšie sprievodné oxidy. Viac ako 95% z celkového množstva vyrábaných žiaruvzdorných materiálov tvoria oxidy: CaO, MgO, Al₂O₃, ZrO₂, Cr₂O₃ a SiO₂. Oxidy, z ktorých sa skladajú žiaruvzdorné materiály, musia sa vyznačovať vysokými teplotami tavenia.

Vlastnosti žiaruvzdorných materiálov sú určované vlastnosťami východzieho materiálu, ktorý sa používa pre ich prípravu. Kvalitatívne charakteristiky konečného produktu determinuje aj spôsob výroby žiaruvzdorného materiálu. Niekedy vysokokvalitná surovina môže byť nesprávnou technológiou znehodnotená. Správne riešeným spôsobom výroby aj pri určitých ťažkostiach výberu surovín môže sa dosiahnuť požadovaná kvalita.

Bez žiaruvzdorných materiálov nie je možné si predstaviť žiaden pecný agregát a teda ani hutnícky priemysel. Rozvoj hutníctva smeruje k intenzifikácii výroby zabezpečujúcej znižovanie palivo-energetickej náročnosti a celkovej spotreby kovov, zlepšeniu kvality a sortimentu hutníckej výroby a cieľavedomej modernizácii výrobných základne zavádzaním progresívnych technológií. Podobne aj vývoj žiaruvzdorných materiálov smeruje k zvýšeniu ich užitočných vlastností a k zníženiu ich materiálovej spotreby na tonu vyrobeného železa, ocele ale aj neželezných kovov. Sú žiadané materiály o vyššej užitej hodnote, materiály, ktoré vyhovujú náročnejším podmienkam pri rôznych technologických výrobách.

Výber vhodného žiaruvzdorného materiálu sa riadi podľa účelu použitia, požadovanej pecnej teploty a atmosféry, druhu vyrábaného produktu a výrobných technológií, podľa charakteru trosky, druhu paliva, spôsobu prevádzkovania zariadenia a namáhania výmurovky, prípadne ďalších kritérií. Zvolený žiaruvzdorný materiál odpovedajúci požadovaným parametrom musí mať vhodne zvolené tvary a rozmery, čo spolu zaisťuje podmienky dobrej životnosti pecného zariadenia.

Vo všeobecnosti platí, že absolútne žiaruvzdorný materiál, ktorý by bol schopný odolávať všetkým prevádzkovým vplyvom bez opotrebenia, neexistuje.

Žiaruvzdorné materiály pri použití v tepelných zariadeniach sú namáhané prevážne tepelne, k čomu sa ešte pridružuje namáhanie chemické alebo mechanické. V niektorých prípadoch sa súbežne vyskytuje namáhanie tepelné, mechanické a chemické, čo znásobuje opotrebenie vymurovaného žiaruvzdorného materiálu a tento vplyv sa nepriaznivo prejaví na životnosti zariadenia.

Klasifikácia žiaruvzdorných materiálov

Všetky žiaruvzdorné materiály bez ohľadu na to, kde sa vyrábajú, rozdeľujú sa podľa nasledujúcich kritérií:

1. chemicko-mineralogického zloženia
2. žiaruvzdornosti
3. pórovitosti
4. druhu väzby
5. spôsobu vytvárania väzby

Podľa chemicko-mineralogického zloženia sa žiaruvzdorné materiály rozdeľujú podľa obsahu hlavných zložiek na materiály: kremičité (SiO₂), hlinitokremičité (Al₂O₃ - SiO₂),

horečnaté (MgO), horečnato-kremičité (MgO - SiO₂), horečnato-vápenaté (MgO - CaO), uhlíkaté (C), silíciumkarbidové (SiC), zirkoničité (ZrO₂) a špeciálne.

Podľa žiaruvzdornosti sa žiaruvzdorné materiály rozdeľujú na žiaruvzdorné, vysoko žiaruvzdorné a ultražiaruvzdorné. Žiaruvzdornosť je schopnosť staviva odolávať pôsobeniu vysokých teplôt bez toho, aby dochádzalo k ich taveniu. Je to jedná zo smerodajných vlastností žiaruvzdorných materiálov a označuje medznú teplotu pre použitie v prevádzke pecí.

Podľa pórovitosti žiaruvzdorné materiály delíme na hutné s pórovitosťou pod 45% a ľahčené s pórovitosťou nad 45%.

Podľa druhu väzby žiaruvzdorné materiály delíme na základe väzby medzi ostrivom (základná hmota) a spojivom. Môže byť napr. keramická väzba, ktorá vzniká výpalom.

Podľa spôsobu prípravy žiaruvzdorné materiály delíme na materiály tvarové a netvarové. Tvarové materiály sa pripravujú tvarovaním plastických alebo lisovaním sypkých zmesí pri určitých teplotách. Netvarové sa dodávajú ako suché zmesi, ktoré sa po navlhčení aplikujú na mieste použitia.

Vlastnosti žiaruvzdorných materiálov

Všetky žiaruvzdorné materiály sú charakterizované určitými vlastnosťami, ktoré závisia hlavne od chemicko-mineralogického zloženia. Najdôležitejšie sú tie, ktoré určujú spôsobilosť stavív odolávať vplyvom tepla a prostredia v priemyselných peciach.

Pre tepelné pôsobenie sú dôležité nasledujúce vlastnosti žiaromateriálov:

1. Odolnosť proti deformáciám
2. Pevnosť v tlaku pri vysokých teplotách
3. Objemová stálosť
4. Teplotná rozťažnosť
5. Odolnosť proti náhlym zmenám teplôt
6. Tepelná vodivosť

Pri mechanickom namáhaní je potrebné poznať:

1. Pevnosť v tlaku za studena
2. Oteruvzdornosť
3. Celkovú pórovitosť

Pre možnosť odolávania chemickým vplyvom sú dôležité tieto vlastnosti vymurovacieho materiálu:

1. Chemické zloženie
2. Rozdelenie pórov podľa veľkosti
3. Priepustnosť pre plyny
4. Odolnosť proti kovovej a troskovej tavenine, plynom a páram.

Suroviny a výroba žiaruvzdorných materiálov

Na výrobu žiaruvzdorných materiálov sa používajú prírodné aj priemyselne pripravené základné suroviny vysokej čistoty. Suroviny, ktoré pri vysokých teplotách nemenia svoj objem vstupujú do výroby tvarových ale aj netvarových materiálov tepelne neupravované, nevypaľované. Suroviny, ktoré menia svoj objem pri vysokých teplotách musia byť tepelne upravované.

Výroba žiaruvzdorných materiálov pozostáva z dvoch samostatných častí:

- Výroba slinutých poloproduktov
- Spracovanie poloproduktov na konečný výrobok

Slinuté poloprodukty získavame výpalom koncentrátov z fyzikálnej úpravy suroviny alebo z jej spracovania mokkými chemickými postupmi. Takto získané poloprodukty sa následne zdrobňujú, rozomieľajú a triedia na rôzne zrnitostné triedy.

Chemická podstata východzej suroviny určuje druh vyrábaného žiaruvzdorného materiálu. V hutníckom priemysle sú najviac využívané hlinitokremičité a bázické žiaruvzdorné materiály.

Pri výrobe tvarových hlinitokremičitých materiálov sa používajú žiaruvzdorné íly. Žiaruvzdorné íly v surovom stave sa používajú ako spojivo. Vypálené žiaruvzdorné íly sa používajú ako ostrivo. Ostrivo môžeme definovať ako hrubozrnejšiu neplastickú keramickú surovinu, ktorá za tepla vytvára pevnú základnú kostru výrobku. Spojivo ako keramickú, chemickú alebo organickú súčasť keramickej zmesi, ktorá umožňuje vytvoriť z neplastických zrn súdržnú látku schopnú tvarovania.

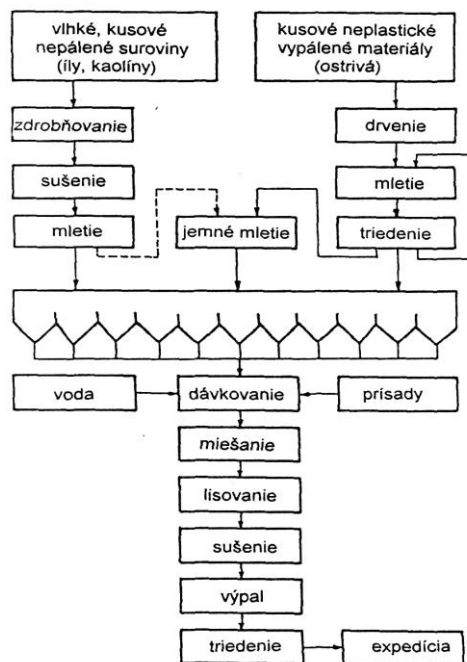
Zo základných surovín – spojiva (väzby) a ostriva – sa pripravuje hmota na formovanie. Suroviny pre zmes je potrebné vopred pripraviť. Spojivo sa pripravuje postupným drvením, sušením, jemným mletím a preosievaním na požadovanú zrnitosť. Ostrivo sa upraví lisovaním z vlhkého rozomletého ílu, ktorý sa vypáli až do spečenia. Po vypálení sa íly opäť drvčia, melú a preosievajú.

Takto pripravené základné suroviny sa zmiešavajú v predpísanom pomere, vlhčia a tvarujú. Najčastejšie používaným spôsobom tvarovania žiaruvzdorných materiálov je lisovanie. Po zhutnení lisovaním tvarovacích zmesí nasleduje preosušenie, sušenie a výpal tvaroviek, ktorým nadobudne žiaruvzdorný materiál konečnú podobu a vlastnosti.

Pri výrobe netvarových hlinitokremičitých materiálov je zmes zložená z ostriva a spojiva alebo viacerých spojív. Netvarové materiály sa dodávajú v suchom stave a sú používané po prídavku vody alebo inej kvapaliny. Vyznačujú sa jednoduchou inštaláciou, t.j. liatím, vibrovaním, ubíjaním, prípadne tvrdnú bez zahrievania.

Hlavným reprezentantom bázických materiálov je slinutá magnézia, ktorej hlavnou zložkou je oxid horečnatý. Slinutá magnézia sa vyrába z magnezitu alebo z morskej vody, či iných horečnatých zlúčenín. Tvarovacie zmesi sa skladajú z dvoch až štyroch zrnitostných tried, ktoré sa miešajú. Pridáva sa voda a organické prísady zabezpečujúce dostatočnú manipulačnú pevnosť vyliskov. Prísady sa pridávajú aj na zamedzenie vzniku trhlín, ktoré vznikajú pri hydratizácii oxidu vápenatého. Oxid vápenatý je sprievodným oxidom magnézie.

Technologická schéma prípravy zrnitostných tried a tvarovacích zmesí pri výrobe základných tvarových výrobkov je na obr.23.



Obr.23 – Schéma prípravy zrnitostných tried a tvarovacích zmesí pri výrobe základných tvarových výrobkov.

Použitie žiaruvzdorných materiálov

Žiaruvzdorné materiály sa používajú vo všetkých priemyselných odvetviach, kde sa pracuje s vysokou teplotou. Bez žiaruvzdorných materiálov nie je mysliteľný nielen hutnícky priemysel, ale ani priemysel cementársky, sklársky a chemický. Vývoj a zdokonaľovanie jednotlivých priemyselných odvetví kladie neustále nové nároky aj na žiaruvzdorné materiály, preto súbežne s vývojom technologických procesov prebieha aj rozvoj žiaruvzdorných materiálov.

Na spotrebe žiaruvzdorných materiálov sa v rozhodujúcej miere podieľa výroba železa a ocele. Približne 70% z celkovej spotreby žiaruvzdorných materiálov odpovedá práve tomuto odvetviu.

V súčasnosti je vo svete cca 2000 stredných a veľkých firiem, ktoré vyrábajú žiaruvzdorné materiály. Ich ročná produkcia dosahuje 30 mil. ton žiaromateriálov, pričom v európskych krajinách je to cca 6 mil. Výrobný sortiment v jednotlivých európskych krajinách závisí predovšetkým na surovinových zásobách, výrobných nákladoch a priemyselných odvetviach, ktoré odoberajú žiaruvzdorné materiály.

Koniec 20. storočia bol charakterizovaný búrlivými zmenami v metalurgickom priemysle. Zavedenie kyslíkových konvertorov a kontinuálne odlievanie ocele malo dopad na podstatné zníženie spotreby žiaruvzdorných materiálov.

Výroba za posledných 30 rokov sa znížila o polovicu. Pokles výroby súvisí so zvyšujúcimi sa nárokmi na ich kvalitu, teda na zníženú spotrebu. Menej akostná keramika je nahradzovaná novým sortimentom vysokoakostných žiaruvzdorných materiálov s vyššou cenovou hladinou.

Rozhodujúce kvantitatívne a kvalitatívne zmeny pri výrobe žiaruvzdorných materiálov prebehli v krajinách EU pred 20 rokmi. Po tomto období došlo k stabilizácii výroby a v priebehu ďalších 10 rokov bol zaznamenaný 7% pokles ich produkcie.

Situácia v krajinách východnej Európy je celkom odlišná. Pokles výroby ocele v 90. rokoch a technologické zmeny pri výrobe ocele sa výrazným spôsobom odrazili aj v priemysle žiaruvzdorných materiálov, kde poklesla produkcia o 50 až 70%.

Merná spotreba žiaruvzdorných materiálov vo výrobe ocele klesá, ale stúpa podiel netvarových zmesí. S ohľadom na rastúce požiadavky odberateľov v hutníckom priemysle vývojové trendy žiaruvzdorných materiálov sa budú teda koncentrovať na netvarové materiály. Hlavným dôvodom sú: väčšia produktivita práce, nižšia energetická náročnosť a nižšie výrobné náklady na zhotovenie vymurovky. Vývoj a výskum netvarových materiálov ide cestou nízkocementových a bezcementových zmesí.

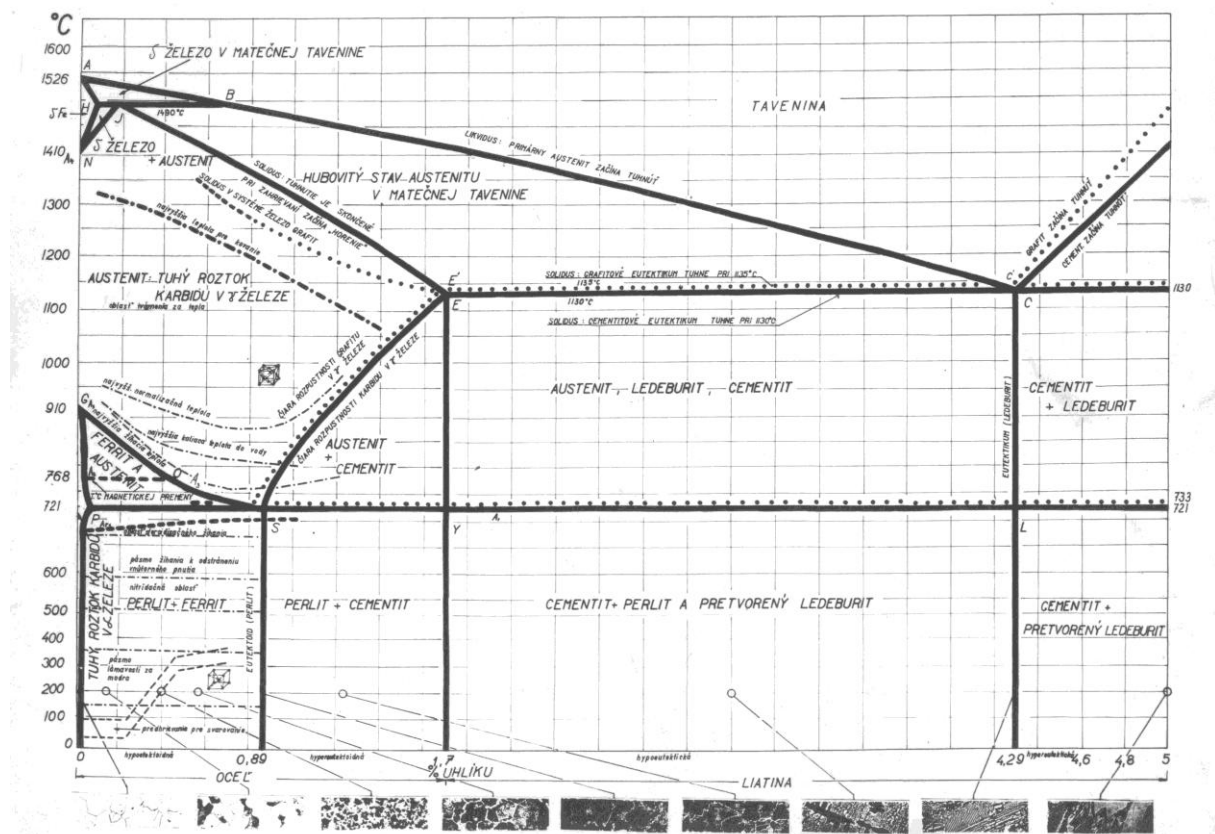
Okrem vysokohlinitých materiálov (nad 45% Al_2O_3), ktoré majú dlhú tradíciu, objavili sa nové druhy bázičných materiálov, kde dôležitú úlohu zohráva prídavok grafitu do zmesí. Špeciálne lisovacie techniky umožnili výrobu vysokoakostných tvárnic s nízkou pórovitosťou a vysokým obsahom uhlíka.

Svoje nezastupiteľné miesto majú magneziouhlíkaté alebo periklas uhlíkaté MgO-C stavivá, ktoré tvoria základný materiál pracovnej výmurovky kyslíkových konvertorov, hlavného pecného agregátu na výrobu ocele. Pre najnáročnejšie pracovné podmienky sa používa špeciálna keramika – neoxidová, ktorej v poslednom období je venovaná mimoriadna pozornosť.

XII. Konštrukčné kovové materiály

Technické zliatiny železa

Teplota tavenia železa je 1536°C . Merná hmotnosť gama železa je $7800 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-3}$, na vzduchu koroduje. Diagram železo – uhlík, uvedený na obrázku 24, charakterizuje základné typy a štruktúry technických zliatin železa.



Obr.24 - Diagram železo-uhlík

Ocele uhlíkové sú ocele s obsahom uhlíka do 2%. Ocele podeutektoidné do 0,8% C, ocele nadeutektoidné od 0,8 do 2% C, s prísadami ďalších prvkov (Mn Si, P, S).

Ocele nízkolegované – prísada legujúcich prvkov, ako sú Si, Cr, Mn, Ni, Mo, V, Ti, W, Nb a iné neprekročí súčet 5%. Legúry sa pridávajú za účelom dosiahnutia vyšších mechanických vlastností, dosiahnutia a zachovania vyššej pevnosti aj pri zvýšených teplotách a pri dlhotrvajúcej prevádzke (do 450°C). Legúry sa pridávajú aj pri použití ocelí pri znížených teplotách (do -60°C), aby nedošlo k nebezpečenstvu krehkého porušenia. Prítomnosťou legúr sa dosahujú dobré oteruvzdorné vlastnosti, rezné vlastnosti, magnetické vlastnosti a i. Nízkolegované ocele predstavujú najväčšiu technickú spotrebu. Sú dodávané v stave tvárnenom aj v stave liatom ako ingoty a odliatky, v oboch prípadoch aj tepelne spracované (plechy, pásy, výkovky, drôty, profily, tyče a i.).

Ocele vysokolegované sú ocele s prísadou legujúcich prvkov, súčet obsahov ktorých prekračuje 5%. Takýmto legovaním sa získajú špeciálne vlastnosti, ako odolnosť proti korózii (Cr 12%), žiarupevnosť a žiaruvzdornosť (do 450°C), odolnosť voči krehkému porušeniu aj pri kryogénnych teplotách (nižších než -120°C). Príkladom sú ocele FeNi9, alebo klasická

nehrdzavejúca oceľ FeCr18Ni8, resp. oceľ s odolnosťou voči oteru pri ráze – FeMn12. Číslo za prvkom znamená jeho obsah v hmot.%.

Liatiny sú druhy technického železa s obsahom uhlíka nad 2%, väčšinou okolo 4%. Okrem uhlíka sú v liatinách ešte ďalšie prímesové prvky (Si, Mn, P, S). Podľa charakteru uhlíka sa rozlišuje:

a/ šedá liatina (na lome tmavošedá až čierna) vyrába sa pretavovaním surového železa, zlomkovej liatiny a ocele v zlievarenských peciach. Uhlík v šedej liatine je prítomný vo forme grafitu rôznych tvarov, rozloženého v základnej hmote feritu alebo perlitu,

b/ biela liatina (na lome svetlo lesklá), obsahujúca uhlík vo forme karbidu Fe^3C (cementit). Je veľmi krehká, takmer neobrobiteľná. Vzniká jednoduchým pretavením bieleho surového železa v zlievarenskej peci a je aj vstupným materiálom na výrobu temperovanej liatiny.

c/ temperovaná liatina sa získava žíhaním (temperovaním) odliatkov z bielej liatiny, kde dochádza k rozpadu cementitu a vytvoreniu temperovaného grafitu v základnej feritickej, perlitickej alebo feriticko – perlitickej forme.

d/ očkovaná liatina je šedá liatina, do ktorej sa pridávajú očkovacie prísady, obvyčajne vysokopercenčné ferosilícium (na zjemnenie tvaru vylúčeného grafitu).

e/ tvárna liatina je veľmi akostná očkovaná liatina s uhlíkom v tvare zrnitého grafitu.

f/ vytvrdená liatina sa získava rýchlym ochladením povrchu odliatkov. Vonkajšia vrstva odliatkov je karbidická – tvrdá, vnútornú časť odliatkov tvorí šedá liatina.

Neželezné kovy a zliatiny – vid' prednášku Metalurgia neželezných kovov

Amorfné kovy, kovové sklá

Jedná sa o amorfný stav kovových materiálov, ktorý sa dosiahne pri vysokých rýchlostiach ochladzovania ($10^6 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$). Atómy si zachovávajú usporiadanie taveniny, pretože pri veľmi rýchlom ochladiení sa obmedzí ich pohyblivosť. Príkladmi amorfných sústav sú kov – metaloid Fe80B20, kov – kov Ni60Nb40. Kovové sklá sú pevné, tvárne v tlaku, ľahko sa magnetizujú, sú elektricky vodivé, krehko porušiteľné. Dôležitá je stabilita kovových skiel, pretože pri ohreve môže dôjsť k ich zmene na kryštalický tvar. Používajú sa ako magneticky mäkký materiál, pre transformátory, magnetoelastické senzory a i.

Kompozity

Sú to zložené heterogénne systémy, tvorené minimálne dvoma fázami, obvyčajne rozdielneho chemického zloženia, ktoré sa líšia svojimi fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami. V matici – spojitej fáze, sú uložené častice rozmanitého tvaru – guľovité, doštičkovité, vláknité – tvorené sekundárnou fázou (nespojitou). Rozhranie medzi obidvoma fázami hrá významnú úlohu z hľadiska pevnosti kompozitu. Základné typy vláknitých kompozitov sú:

- kovová matica – kovová matica Al / oceľové vlákno
 - kovová matica Al/ vlákna bóru
 - kovová matica Cu/ wolfrámové vlákna
- polymérová matica - napr. epoxidové / sklenené vlákna, tkaniny, uhlíkové vlákna
- disperzne spevnené - matica Al / sekundárna fáza Al_2O_3
- matica Ni / sekundárna fáza ThO_2

U kompozitov sa pri malej hmotnosti vyžaduje vysoká pevnosť. Slúžia v náročných konštrukčných podmienkach – diely rakiet, lietadiel a i.

Konštrukčná keramika

Keramické materiály sa definujú ako nekovové látky s vlastnosťami čiastočne zahrňujúcimi väzobné charakteristiky sklovitej fázy a kryštalických oblastí. Sú obyčajne krehké, zvlášť ak sa vyskytujú v polykryštalickej forme (napr. na báze Al_2O_3 , MgO , CaF_2 a i.). Kryštalická fáza je buď chemická zlúčenina, alebo tuhý roztok a je nosným materiálom keramiky, t.j. zabezpečuje požadovanú úroveň mechanických vlastností aj teplotnú stálosť keramického materiálu. Sklovitá fáza má úlohu tmeliacej zložky pre kryštalickú fázu a jej objemový podiel je obyčajne 1 až 40%.

Bázou konštrukčnej keramiky sú nielen oxidy Al_2O_3 (korund), ZrO_2 , MgO , CaO , BeO , ThO_2 , UO_2 , ale aj karbidy, nitridy, boridy a silicidy (SiC , BN a i.), ktoré majú vysokú žiaruvzdornosť.

Keramické materiály sa vyznačujú vysokou teplotou tavenia (nad 2000°C), vysokou pevnosťou v tlaku a vysokým modulom pružnosti aj pri vysokých teplotách, ale nízkou pevnosťou v ťahu a nízkou odolnosťou voči krehkému porušeniu.

Materiály práškovej metalurgie

Prášková metalurgia sa zaoberá výrobou a spracovaním kovových práškov a predmetov z nich, alebo ich zmesou s nekovovými práškami pomocou tvarovacích a zlinovacích procesov. Medzi materiály vyrábané a spracúvané technológiou práškovej metalurgie patria hlavne ocele, zliatiny neželezných kovov, vysokoteplotné materiály, materiály klzné, trecie, kontaktné, feritické aj supravodivé magnety, kovové filtre, zlinuté karbidy, tvrdokovy, materiály na báze grafitu, supertvrde materiály ako syntetické diamanty, kubický nitrid bóru, materiály pre jadrovú techniku.

XIII. Vlastnosti materiálov a ich skúšanie

Kvalita sa vždy vzťahuje na súhrn vlastností výrobku. Pojem vlastnosť je možné všeobecne definovať nasledujúco:

Vlastnosti sú také stránky predmetov a javov, ktoré človek pozoruje a skúma z hľadiska svojich záujmov a potrieb. Z týchto dôvodov niekedy tiež hovoríme o tzv. úžitkových vlastnostiach. Človek sa postupne približuje k hlbšiemu a dokonalejšiemu poznaniu vlastností, ale tento gnozeologický proces je nekonečný. Hĺbka poznania nezávisí teraz len na úrovni prirodzených zmyslov človeka a schopnostiach myšlienkovvej analýzy a syntézy pozorovaných javov a ich súvislostí, ale stále viac sa uplatňujú prostriedky (prístroje a zariadenia), pomocou ktorých človek preniká do podstaty skúmaných objektov a javov.

Ďalším pojmom je charakteristika, ktorá určitým spôsobom definuje mieru kvalitatívnej aj kvantitatívnej stránky danej vlastnosti.

Širokú škálu vlastností materiálov je možné rozdeliť najmä do týchto základných skupín:

Fyzikálne:

- magnetické
- transportné (tepelná vodivosť, elektrická vodivosť, supravodivosť, termoelektrický jav),
- tepelné (teplotná rozťažnosť, merné teplo)
- radiačné

Fyzikálno – chemické:

- chemické a elektrochemické (oxidačné, korózne)
- optické a emisné
- kontaktné a trecie

Mechanické:

- základné (pružnosť, tvárnosť, pevnosť, húževnatosť, tvrdosť)
- odvodené (odolnosť proti krehkému lomu, únavovému lomu, tečeniu, korózii pod napätím)

Technologické:

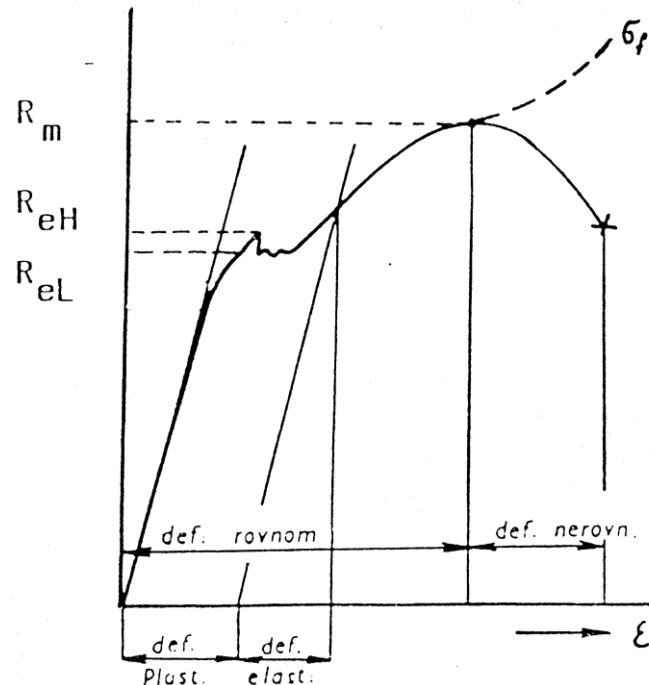
- tvarovateľnosť
- obrobiteľnosť
- zvariteľnosť
- odlievateľnosť
- kaliteľnosť
- spekatiteľnosť.

Z hľadiska všeobecného použitia materiálov v technickej praxi je dôležité študovať celú širokú škálu vlastností, uvedených vyššie, aby sa v danom prípade mohol daný materiál využiť čo najefektívnejšie.

V ďalšom sa budeme venovať vlastnostiam, ktoré sú dôležité najmä pre konštrukčné materiály – mechanickým vlastnostiam.

Mechanické vlastnosti materiálov vyjadrujú ich schopnosť odolávať mechanickému namáhaniu. Vzhľadom ku zložitosti využitia, ku ktorému sa najmä odvodené mechanické vlastnosti vzťahujú, nebývajú spravidla tak presne a jednoznačne určené ako ostatné fyzikálne veličiny. Napriek tomu, že mechanické charakteristiky sú určené hodnotami fyzikálnych veličín alebo ich funkciami, nie je možné ich pokladať za fyzikálne úplne presné. Pri ich stanovovaní sú spravidla prijímané mnohé zjednodušujúce predpoklady.

Mechanické namáhanie je proces, pri ktorom dochádza k interakcii medzi záťažovými silami a namáhaným objektom. Tieto vonkajšie mechanické sily deformujú teleso pružne, alebo pružne a plasticky v závislosti na veľkosti vnútorného odporu materiálu telesa, vid' obrázok 25.



Obr.25 Ťahový diagram

Skúšky základných mechanických vlastností môžeme rozdeliť podľa: stavu napätosti na skúšky

- ťahom
- tlakom
- ohybom
- skrutom
- strihom
- vtlačením

časového priebehu záťažovej sily na skúšky

- statické
- dynamické

účinku zaťaženia na skúšobné teleso na skúšky

- deštruktívne (teleso sa deformuje alebo poruší)
- nedeštruktívne (nedôjde k deformácii alebo porušeniu).

Mechanické skúšky sú väčšinou normalizované normami, ktoré definujú podmienky a postupy pri vykonaní skúšok. Veľmi dôležitým faktorom, ktorý nemožno dokonale normatívne špecifikovať, je spôsob výberu a prípravy skúšobných vzoriek, ktorý musí zabezpečovať zvlášť tú skutočnosť, aby vzorka reprezentovala kvalitu materiálu skúšaného telesa a aby pri jej výrobe nedošlo k ovplyvneniu vlastností, napr. vplyvom zahriatia pri delení, rezaní, opracovaní povrchu a pod.

Procesy deformácie a porušovania materiálov a konštrukcií prebiehajú rôzne pri rôznych fyzikálnych podmienkach. Faktory, ovplyvňujúce tieto procesy, môžeme rozdeliť na dve základné skupiny:

Vonkajšie (externé) faktory:

- teplota
- veľkosť a rozloženie záťažových síl
- rýchlosť zmeny priebehu záťažových síl, t.j. rýchlosť deformácie
- história zaťažovania
- tvar namáhaného telesa
- hrúbka steny telesa
- kvalita povrchu telesa
- agresivita okolitého prostredia

Vnútorne (interné) faktory:

- chemické zloženie materiálu
- typ štruktúry
- mikročistota, typ inklúzií
- počet, tvar a veľkosť necelistvostí
- textúra

Najrozšírenejšou základnou mechanickou skúškou je skúška ťahom. Princíp spočíva v roztrhnutí skušobnej tyče s cieľom stanoviť napät'ové a deformačné charakteristiky skúšaného materiálu, najmä medzu sklzu (R_e , $R_{p0,2}$), medzu pevnosti (R_m), ťažnosť (A), kontrakciu (Z) a ďalšie veličiny. Výsledkom ťahovej skúšky je ťahový alebo tiež pracovný diagram, vid' obr.25.

Z hľadiska použitia materiálov alebo konštrukcií v prevádzkových podmienkach pri mechanickom a komplexne posudzovanom namáhaní môžu v procese exploatácie nastať tzv. medzné stavy. Medzný stav je taký okamih, keď teleso alebo konštrukcia stratí schopnosť plniť určenú funkciu. V praxi sa stretávame s týmito základnými typmi medzných stavov, ku ktorým dochádza pri mechanickom namáhaní materiálov:

- plastická nestabilita – vybočenie štíhlych nosných prvkov konštrukcie, namáhaných tlakovou silou
- tvárny lom – veľká plastická deformácia časti konštrukcie, ktorá môže viesť k plastickému kolapsu a lomu konštrukcie
- krehký lom – lom telesa alebo konštrukcie pri napätí, ktoré ešte nespôsobilo makroplastické deformácie, t.j. v inžiniersky pružnej oblasti
- únavový lom – lom v dôsledku dlhodobého pôsobenia časovo premenných síl
- creepový lom (lom pri tečení materiálu) – nastáva u súčiastok namáhaných pri vysokých teplotách
- lom koróziou pod napätím – nastáva pri dlhodobom zaťažení konštrukcie v koróznom prostredí.

XIV. Hutníctvo a životné prostredie

Pod pojmom životné prostredie rozumieme všetko, čo vytvára prirodzené podmienky existencie organizmov, vrátane človeka a je predpokladom jeho ďalšieho vývoja. Jeho zložkami sú najmä ovzdušie, pôda, voda, horniny, organizmy, energia a prírodné zdroje. Cieľom každej spoločnosti je dosiahnuť trvalo udržateľný rozvoj, ktorý zosúladí potreby súčasnosti bez ohrozenia možností budúcich generácií zabezpečiť si vlastné potreby. Pri koncepčne riadenej ľudskej činnosti dochádza k únosnému zaťaženiu územia, pri ktorom nedochádza k poškodzovaniu životného prostredia, najmä jeho jednotlivých zložiek alebo ekologickej stability.

V dôsledku nekontrolovanej, nevhodne organizovanej ľudskej činnosti dochádza k znečisťovaniu životného prostredia vnášaním takých fyzikálnych, chemických alebo biologických činiteľov do životného prostredia, ktoré sú svojou podstatou alebo množstvom cudzorodé pre dané prostredie. Tieto činitele majú priame alebo nepriame účinky na životné prostredie a nazývame ich environmentálnymi vplyvmi, ktoré podľa ich povahy rozdeľujeme na :

- nepriaznivý environmentálny vplyv spôsobuje zmenu stavu prvku životného prostredia, ktorá zhoršuje podmienky života človeka, rastlín a živočíchov,
- významný environmentálny vplyv je nevratná zmena v životnom prostredí spôsobená činnosťou, ktorú nemožno eliminovať alebo zmeniť úpravou projektu a ktorá zásadne mení stav podmienok života,
- nevýznamný environmentálny vplyv je vratná zmena v životnom prostredí, ktorú možno eliminovať alebo zmierniť úpravou projektu činnosti,
- priaznivý environmentálny vplyv je zmena prvku životného prostredia, ktorá zlepšuje podmienky života človeka, rastlín a živočíchov.

Prejavom environmentálneho vplyvu je environmentálny aspekt. Je to konkrétny prvok činnosti podniku, jeho výrobkov, služieb, ktorý môže ovplyvniť životné prostredie.

Hutníctvo vzhľadom k širokému rozmedziu vyrábaných a spracúvaných materiálov prevažne kovového charakteru a k veľkému množstvu používaných technológií je zdrojom veľkého počtu environmentálnych aspektov, ktorých výsledkom môže byť nepriaznivý environmentálny vplyv. Hutníctvo v porovnaní s inými druhmi ľudskej produkčnej činnosti je odvetvím, ktoré spolu s odvetvím dopravy môže najviac zaťažiť životné prostredie. Sú prijaté, aplikované a neustále vylepšované opatrenia, ktoré nepriaznivé environmentálne aspekty úplne alebo čiastočne eliminujú.

V ďalšom sa budeme zaoberať štyrmi hlavnými zložkami znečisťovania životného prostredia v hutníctve: znečisťovaním ovzdušia, vody, pôdy a tvorbou odpadov. Je potrebné si uvedomiť, že takéto delenie je len veľmi hrubé, keď mnohé environmentálne aspekty môžu sa prejavovať v dvoch aj viacerých zložkách súčasne. Prachové úlety môžu znečisťovať tak pôdu, ako aj vodu, po zachytení sa stávajú odpadom.

Znečistenie ovzdušia

Látky, ktoré znečisťujú ovzdušie, môžu byť buď chemické alebo fyzikálne. Najbežnejšími chemickými znečisťujúcimi látkami sú zlúčeniny síry, oxid uhľnatý CO a oxid uhličitý CO₂. Najbežnejšou plynnou zlúčeninou síry je oxid siričitý SO₂. Produkuje sa hlavne spaľovaním palív, ktoré obsahujú síru. Iným zdrojom SO₂ je praženie rúd, obsahujúcich sulfidy. Vo vzduchu pri určitých podmienkach môže sa SO₂ oxidovať na SO₃, ktorý je náchylný na tvorbu kyslých hmiel. Oxid uhličitý vzniká pri dokonalom spaľovaní paliva. V prípade nedokonalého spaľovania sa uvoľňuje toxický oxid uhľnatý CO. Ďalšími chemickými znečisťujúcimi

látkami sú oxidy dusíka N_2O , NO a NO_2 , ktoré majú zvláštnu vlastnosť katalyzácie SO_2 na SO_3 .

Ďalšie plynné látky, ktoré môžu znečisťovať ovzdušie, sú typické pre proces, v ktorom vznikajú. Niektoré procesy produkujú plynné uhlovodíky, halogenidy a iné. Pri procesoch tavenia v oblasti extrémne vysokých teplôt môžu sa odparovať a vstupovať do odpadných plynov aj ťažké toxické kovy, toxické organické látky a pod.

Fyzikálnymi znečisťujúcimi látkami sú väčšinou malé pevné alebo tekuté časti minerálnych alebo organických látok, buď aktívnych alebo inertných. Tieto častice sa definujú ich stredným priemerom a tvarovým faktorom. Aby sa rozlíšili jemné častice, ktoré sú často extrémne škodlivé od prachu, ktorý je suspendovaný v atmosfére a má priemer pod 1 mikrón, tento je definovaný ako jemný prach. Dym zo spaľovania je tvorený zmesou suspendovaných pevných častíc väčšinou na báze uhlíka, ktoré majú priemer menší než 20 mikrónov a kvapkami dehtu, ktoré vznikajú pri neúplnom spaľovaní paliva. Častice menšie než 70 mikrónov sa všeobecne klasifikujú ako prach. Sedimentujúce materiály sú veľké častice s priemerom medzi 70 a 500 mikrónmi. Smog je zmesná suspenzia hmly alebo mrholenia a pevných znečisťujúcich látok vo vzduchu.

Z hľadiska eliminácie a zneškodňovania plynných emisií z technologických procesov je nutné zamedziť akémukoľvek nekontrolovanému úniku týchto emisií do ovzdušia, resp. do technologických priestorov, hál, dielni a pod. Je teda podstatné, aby všetky plynné emisie boli účinne zachytené a odsávané z miesta ich vzniku do zariadenia, kde dochádza k ich zneškodneniu resp. k ich úprave, aby nevytvárali trvalú záťaž pre životné prostredie. Plynné emisie špecifického charakteru sú eliminované buď vhodnými chemickými reakciami, napr. spaľovaním (oxidáciou), alebo ich absorpciou v účinných látkach. Typickým príkladom je zachytávanie emisií plynného HCl alebo SO_2 z procesov morenia.

Metódy absorpcie sa účinne využívajú na elimináciu oxidov síry zo spalín technologických procesov. Na rozdiel od tohto veľmi účinne využívaného procesu odstraňovanie oxidu uhličitého CO_2 a oxidov dusíka zo spalín nepatrí medzi zavedené a používané procesy, využíva sa len technika ich rozptylu do atmosféry. Vysoko toxický oxid uholnatý CO sa likviduje spaľovaním na CO_2 , väčšie problémy sú len so spalinami, ktoré obsahujú nízke obsahy CO , nevhodné pre spaľovanie. Je potrebné si uvedomiť, že oxid uholnatý je cenné energetické palivo. V hutníctve železa oxid uholnatý je podstatnou zložkou troch technologických plynov: koksárenského plynu, vysokopecného plynu a oceliarskeho plynu. Vo všetkých troch prípadoch sa tieto technologické plyny zachytávajú a využívajú ako palivo vo viacerých tepelných procesoch v podniku.

Znečistenie vody

Procesy v hutníckom priemysle používajú extrémne veľké množstvá vody. V železiarskom priemysle v prepočte na výrobu 1 tony ocele je potreba 180 ton vody. Časť používanej vody cirkuluje a je postupne v určených množstvách nahradzovaná. Voda po použití v technologických procesoch sa ako odpadná voda buď priamo alebo po vyčistení dostáva do vodných tokov.

Voda sa znečisťuje buď ako pomocné médium v technologickom procese (čistenie, chladenie a pod.) alebo ako hlavné médium v zariadeniach na mokré zachytávanie prachových úletov. Jej znečistenie je teda plne závislé na technologickom procese, v ktorom je používaná alebo ktorý produkuje čistené technologické a odpadné plyny so zložkami, rozpustnými vo vode. Ako príklad môžeme uviesť halogénové zlúčeniny, kyanidy, aromatické uhlovodíky a pod. Proces výroby koksu produkuje odpadnú vodu s obsahom fenolov, časté je znečistenie vody olejmi, hlavne vody z procesov tvárnenia. Pre elimináciu

znečistení sú vyvinuté technológie, ktoré pôvodca znečistenia musí používať, resp. objednať si elimináciu znečistenia u špecializovanej organizácie. Znečistenú vodu nie je možné vypúšťať do vodných tokov. Ako príklad uvedieme eliminovanie fenolov z odpadnej vody z koksovne ich oxidáciou buď v procesoch prevzdušňovania vody, alebo pôsobením aktívneho ílu.

Iná situácia je v prípadoch, keď z procesu odchádza voda s pozmenenými vlastnosťami. Jedná sa o zmenu teploty vody, o zmenu pH vody, resp. zmenu tvrdosti vody. Tieto zmeny sa eliminujú len zriedením. Ďalším zdrojom znečistenia povrchových aj spodných vôd môžu byť výluhy zo skládok, obsahujúce rozpustené komponenty skladovaných materiálov. V takýchto prípadoch sa vždy jedná o zlú organizáciu činnosti skládky a porušenie platných predpisov pre skládkovanie jednotlivých typov odpadov.

Znečistenie pôdy.

Pôda v užšom aj širšom okolí závodu môže byť znečistená prachovými látkami, vypúšťanými v odpadných plynoch a drobnými kvapalnými čiastočkami väčšinou organického pôvodu, ktoré sa v týchto plynoch tiež môžu nachádzať. Pôda môže byť kontaminovaná aj priesakmi z neorganizovaných skládok, pozostatkov havárií na pôde podniku a pod. Bližšie o vypúšťaných prachových látkach v nasledujúcej časti.

Odpady a druhotné suroviny.

Hutnícky priemysel a priemysel výroby žiaruvzdorných materiálov produkujú vo výrobných procesoch veľké množstvo vedľajších produktov. Tieto môžeme charakterizovať buď ako odpady, alebo ako druhotné suroviny. Vedľajší produkt sa stáva odpadom, ak nepoznáme spôsob jeho priameho využitia alebo využitia po prepracovaní a musíme ho riadeným spôsobom skládkovať. Vedľajší produkt sa stáva druhotnou surovinou, ak ho vieme využiť priamo alebo po prepracovaní vo vlastnom alebo akomkoľvek inom technologickom procese.

Poznáme tri základné možnosti využitia vedľajších produktov:

- využitie tepelného obsahu (spaľovanie),
- premena na hmotu iného charakteru (kompostovanie),
- priame použitie alebo použitie po prepracovaní ako vstupný materiál do akéhokoľvek technologického procesu.

Do kategórie odpadov a druhotných surovín v hutníctve zaradíme predovšetkým:

- prachové úlety, po čistení zachytávané vo forme prachu alebo kalu,
- trosky,
- okoviny,
- odpady žiaruvzdorných materiálov,
- odpadné oleje a mazadlá,
- kovové odpady (šrot),
- iné.

Do kategórie odpadov a druhotných surovín neboli zaradené kamienky a miešanky, ktoré sú považované za medzi produkty pri výrobe neželezných kovov.

Je povinnosťou podniku všetky tieto vedľajšie produkty úplne zachytiť a využiť, resp. vyvíjať metódy na ich využitie, v krajnom prípade ich riadne skládkovať. Príkladom nutnosti využitia vedľajších produktov je tvorba vysokopecnej trosky, ktorá sa produkuje v množstve 300 až 500 kg na tonu surového železa. Táto sa plne využíva po príslušnej úprave v pozemnom a cestnom stavitelstve a pri výrobe cementu.

Literatúra

1. Kuchař L. a kol.: Úvod do metalurgie. VŠB Ostrava 1992.
2. Rychlíková, B.: Materiály a technologie. Nauka o kovech. Pedagogická fakulta v Ostrave, 1989.
3. Ročenka ZHŤPaG SR, 2002.
4. Tomeček, O.-Herčko, I.: Chémia a mineralógia na Baníckej a lesníckej akadémii v Banskej Štiavnici. Slovenská chemická spoločnosť, Banská Bystrica 2001.
5. Virčíková, E.-Palfy, P.: Environmentálne manažérstvo – teória a metodika. Vyd. Štroffek, Košice 2001.
6. Štofko, M.-Štofková, M.: Neželezné kovy. Emilena Košice, 2000.
7. Mihok, L.: Ekologické aspekty v čiernej metalurgii a zlievarenstve. Interné učebné texty, Košice 1994.
8. Kollerová, M. a kol.: Valcovanie. Alfa Bratislava 1991.
9. Pribulová, A. a kol.: Základy metalurgie a technológie výroby odliatok. Učebné texty, Four Trade Žiar nad Hronom 2004.
10. Titov, N.D.-Stepanov, Ju.A.: Foundry Practice. Mir Publishers, Moskva 1981.
11. <http://www.ippc.cz/soubory/hute/ocel.html>
12. Mihalič, V.: Oceliarenstvo II, ALFA Bratislava 1883.
13. Kijac, J.: Ocelové odliatky. HF VŠT Košice 1980.
14. Oeters, F.: Metallurgy of Steelmaking. Technische Universität Berlin 1994.
15. Brož, L.: Teoretické základy výroby železa. SNTL Praha 1978.
16. Biswas, K.: Principles of Blast Furnace Ironmaking. Bowen Hills Brisbane 1981.
17. Majerčák, Š.- Karwan, T.: Theory of Sintering Fine Materials. Vyd. Štroffek, Košice 1998.
18. Brož, L. a kol.: Hutníctví železa. SNTL Praha 1988.