

ŽELEZO

1. UVOD

1.1. Železo – kovina bogov

Ko so odprli grob faraona Tutankamona, so v platnenem ovoju mumije našli na desni nogi najbolj nenavaden predmet, kar jih je bilo v grobu. Bilo je okrasno bodalo, katerega ročaj je bil iz zlata, rezilo pa je bilo železno. Raziskovalci so bili presenečeni zlasti zato, ker je bilo rezilo, če izvzamemo nekaj pikic rje, še vedno svetlo, čeprav je predmet ležal v grobu več kot tri tisoč let. Vzrok za to je bil verjetno ta, da je bilo bodalo skovano iz meteorskega železa, ki skoraj vedno vsebuje tudi nikelj, tako da je bila sestava podobna sestavi nerjavnega jekla. Meteorite pa so seveda imeli za premete, ki izvirajo od bogov, saj so prihajali iz njihovih »bivališč«. Železo so poznali že davno, še preden so ga znali pridobivati iz njegovih rud. Začetek železne dobe, ko so pričeli iz železa izdelovati orožje in orodje, ni čisto določen. Ve se le, da so ga Egipčani uporabljali že 2500-3000 let pr. n. št., v Grčiji pa so ga poznali okrog leta 1000 pr. n. št. V starem Rimu se je železna doba pričela nekaj kasneje.

2. ČISTO ŽELEZO

2.1. Splošne lastnosti

Simbol – slo.ime / ang. ime / lat. ime Fe – železo / iron / ferrum

Vrstno število 26

Molska masa 55.85 g/ mol

Skupina / Perioda VIII. S. (stranska) / 4. P.

Agregatno stanje Trden

Opis izgleda Srebrno bele barve, dokaj mehka in žilava kovina

2.2. Fizikalne lastnosti

Gostota 7.874 g/cm³

Temperatura tališča 1808 K

Temperatura vrelišča 3023 K

Specifična toplotna kapaciteta 0.449 J/gK

2.3. Kemijske in strukturne lastnosti

Oksidacijska števila +7, +6, +4, +3, +2, +1

Elektronska konfiguracija [Ar] 3d⁶ 4s²

Kristalna struktura Kubična - telesno centrirana

3. TEHNIČNO ŽELEZO

Tehnično železo praviloma vsebuje ogljik. Glede na dodatno, posebno toplotno obdelavo, se lahko ogljik:

- raztopi v železu,
- tvori železov karbid, Fe_3C ,
- izloči kot grafit.

Z naraščajočo vsebnostjo ogljika se:

- žilavost zmanjšuje,
- trdnost in krhkost naraščata,
- elastičnost narašča, nato pa se spet manjša,
- tališče doseže minimum ($1145\text{ }^\circ\text{C}$ pri $4,28\text{ }\%$ C) in se spet zviša,
- padajo kovnost, sposobnost za oblikovanje in varjenje (pri teh postopkih izkoriščajo mehčanje kovine, preden se stali),
- povečuje se livnost (glede na nizko tališče in majhno viskoznost taline nad temperaturo tališča).

Glede na vsebnost ogljika ločimo:

- $0,02 - 2,06\text{ }\%$ ogljika: jeklo. Je trdno, elastično, natezno, manj žilavo, z nižjim tališčem kot čisto železo. Da se dobro kovati, valjati in variti.
- $> 2,06\text{ }\%$ ogljika: surovo železo (grodelj). Sem spadata sivi in beli grodelj. Poleg ogljika vsebujejo te vrste železa še druge primesi. Zelo trdno in krhko, pri upogibanju ali udarcu se zlomi. Dobre livne lastnosti, ne da pa se kovati in valjati.

4. NAHAJALIŠČA

Železo je četrti najpogostejši element in najpogostejša težka kovina v zemeljski skorji. Ni še natančno znano, ali je zemeljska sredica res sestavljena iz zlitine železa in niklja. Železo je elementarno le v meteorjih, sicer je kemijsko vezano, tudi v organizmih. Rumeno, rjavo ali rdečo barvo dajejo prsti predvsem železovi oksidi in oksihidrati. V podtalnici se raztaplja kot železov (II) sulfat (VI), FeSO_4 , in železov (II) hidrogenkarbonat, $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$. Nekatere mineralne vode vsebujejo več kot 10 mg Fe/L .

5. ŽELEZOVA RUDA JE POCENI

Železova ruda je tako poceni, da določajo njeno ceno v glavnem le stroški prevoza. Cena železa je potemtakem odvisna od cene goriva in od stroškov drugih, za proizvodnjo potrebnih snovi. Da dobijo 1000 ton železa, potrebujejo okrog 2000 ton rude, 1000 ton koksa, 600 ton dodatkov (npr. apnenca), 4000 ton zraka in $30\ 000\text{ ton}$ tehnološke vode za hlajenje in izpiranje. Po drugi strani pa na vsako tono železa nastane 600 ton odpadkov, 125 ton prahu in 5900 ton plavžnih plinov.

6. MINERALI

Za pridobivanje železa so pomembne železove rude (železovi oksidi) ter spojine z žveplom (pirit (FeS_2), pirotin). Pomembne železove rude so še magnetit (Fe_3O_4), rdeči žlezovec ali hematit (Fe_2O_3), limonit ali rjavi železovec ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{ H}_2\text{O}$) in siderit ali železov karbonat (FeCO_3). Najbogatejša železova ruda je magnetit. Vsebuje do 70%

železa. Veliko železa vsebuje tudi ruda hematit (60%), siderit (46%), in limonit (do 35%).

7. ŽELEZO

Železna doba se je začela na Bližnjem vzhodu, v 2. tisočletju pr.n š. in v njej živimo še danes. Železo in jeklo predstavljata po masi skoraj 95% vse proizvodnje kovin. Ladje in vlaki, avtomobili in tovornjaki, mostovi in zgradbe – vse to in še tisoče drugih stvari je odvisno od trdnosti, gibkosti in togosti jekla.

Železo industrijsko pridobivajo iz rud v naravi. Dve od najpomembnejših sta železova oksida – hematit (Fe_2O_3) in magnetit (Fe_3O_4). Pomešana z ogljikom in segreti na 1500°C se reducirata od kovinskega železa, pri čemer se ogljik spaja s kisikom v ogljikov dioksid. Ta postopek je TALJENJE RUD. V srednjem veku je kot ogljik služilo oglje, toda 1709. leta je Abrahamu Darbyju (1677-1717) uspelo staliti rudo s koksom, narejenim iz premoga. To je omogočilo veliko povečanje proizvodnje železa med industrijsko revolucijo.

Prvi člen v pridobivanju železa je PLAVŽ, v katerem se železova ruda reducira do železa. Največji moderni plavži so ogromne naprave, do 30 m visoke, s stenami, debeline več kot 3 metre in sposobne izdelati nad 10 000 ton železa dnevno. Železo iz plavža je onesnaženo z nekaterimi nečistočami. V odvisnosti od rude železo običajno vsebuje od 3 do 5% ogljika, 1% mangana in 3% silicija.

7.1. Kako deluje plavž

Mešanico netaljene rude (imenovana sinter), koksa (ponekod ga že nadomeščajo z zemeljskim plinom ali oljem) ter apnenca stresejo na vrhu v peč, medtem ko od spodaj pihajo vroč, suh zrak skozi tak vsip. Koks gori pri visokih temperaturah in reagira s kisikom iz zraka v ogljikov monoksid. Le-ta reducira rudo do tekočega železa, ki steče navzdol na dno peči. Apnenec reagira z nečistočami v rudi – predvsem silicijem iz peska, glin in skal – in preprečuje, da bi onesnažile železo. Kremenica in apno tvorita žlindro, ki je lažja kot tekoče železo in plava na površini.

Občasno izpuščajo tekoče železo skozi prebodno odprtino pri dnu peči. Žlindro izpuščajo v določenih presledkih skozi drugo odprtino, ki je višje. Pridobivanje grodlja (surovega železa) je zvezni postopek in lahko brez prekinitve traja 10 ali več let, dokler pečna ognjevzdržna izzidava ne začne propadati in jo je treba zamenjati. Grodelj nato vlivajo v štruce ali pa kar tekočega transportirajo v jeklarno. Žlindro ohladijo in jo oddajajo za naravno mineralno gnojilo bližnjim kmetovalcem, saj so v njej ostanki zemlje, mineralov in ostalih snovi, ki se izločajo v plavžu.

8. OD ŽELEZA DO JEKLA

Železo, ki priteče iz plavža, je surovina. Za uporabo ga je treba predelati ali v železno litino ali pa v jeklo. Železno litino dobe s pretaljevanjem grodlja (surovega železa, ki so ga vlili v forme in ga pustili ohladiti) ob nadzoru količine ogljika, silicija in drugih zlitinskih elementov. Trdno in proti obrabi odporno železno litino lahko strojno obdelujejo in

preprosto ulivajo v zelo zapletene oblike. Forme, v katere ulivajo, so narejene iz peska, ki je v formarskih okvirjih. Obliko ulitka odtisnejo v pesek in staljeno železo vlijejo vanjo. Ko se strdi, ulitek izvlečejo in pesek ponovno uporabljajo za izdelavo forme.

Večina železa iz plavža se predela v jeklo, s tem da močno zmanjšajo količino ogljika. Način gospodarnega odstranjevanja ogljika iz grodlja je odkril 1857 angleški inženir Henry Bessemer (1813-1893). Pri bessemerskem postopku pihajo zrak skozi staljeno železo in le-to reagira z delom ogljika, ki izhaja kot ogljikov monoksid in ogljikov dioksid. Sočasno oksidira tudi nekaj železa, ki se s silicijem in manganom veže v žlindro. V komaj petnajstih minutah se več sto ton železa spremeni v jeklo. Cel konverter se obrne okoli osi kot mešalnik za beton in iz njega izlijejo staljeno jeklo.

Mnogo počasnejši, a lažje krmiljen postopek sta 1860 izumila Nemeč Siemens in Francoz Martin – martinski postopek. Pri tem postopku so uporabljali plin, drobljen iz malokakovostnih premogov, za ogrevanje grodlja v plitvi peči. Kemične spremembe so bile enake kot v bessemerskem konverterju, toda postopek je imel to prednost, da je bilo možno dodajati staro železo. Izdelava jekla je trajala do 12 ur, možno pa je bilo skrbno nadzorovati končno sestavo.

Danes je tako bessemerski kot martinski postopek v večini držav izpodrinil postopek, ki združuje prednosti obeh. Pri LD postopku (kratica za Linz-Donawitz) pihajo skoraj čisti kisik s kopjem na površino staljenega železa. Postopek je hiter in grodlju se pri izdelavi kakovostnega jekla lahko dodaja do 20 % odpadnega jekla. Dodajanje apna v kisik omogoča predelavo železa z velikim deležem fosforja in tak postopek je bazični konverterski postopek.

Za dražja jekla, v številni legirana in nerjavna, uporabljajo električne obločno peči. Toploto dajejo tri ogljikove elektrode, ki jih spustijo navzdol v mešanico odpadnega jekla in zlitinskih dodatkov. Silicij, mangan in fosfor odstranijo kot žlindro, ogljik pa z dodatkom železove rude, ki reagira enako kot v plavžu. Dejstvo, da lahko obločna peč tali vložek iz samega odpadnega jekla, je velika prednost v razvitih državah, kjer glavnino izdelanega jekla dobe z recikliranjem odpadkov.

9. VRSTE JEKEL

9.1. Splošno o razdelitvi jekel

Jekla lahko na splošno razdelimo na več načinov, in sicer po načinu pridobivanja (npr. Thomasovo jeklo, Siemens – Martinovo jeklo, elektro – jeklo), po mikrostrukturi (feritno, avstenitno itd.), po kemični sestavi (ogljikova jekla, legirana jekla, Cr – Ni jekla), po namenu uporabe (konstrukcijska in orodna, jekla za obdelavo v toplem stanju).

V glavnem pa delimo jekla glede na:

- mikrostrukturo,
- kemično sestavo,
- uporabo.

9.1.1. Razdelitev jekel glede na mikrostrukturo

Strukture nelegiranega jekla pri počasnem ohlajanju so vidne v diagramu Fe-Fe₃-C. Pri hitrem ohlajanju ogljikovega jekla iz avstenitnega področja lahko dobimo poleg kalilne strukture martenzita, ki je prisilna trdna raztopina ogljika v prostorsko centrirani kubični rešetki-železa, še sorbitno, trostitno in baitnitno strukturo.

Če pa vsebuje jeklo legirne elemente, se strukturne spremembe na ravnavo več po Fe-Fe₃-C diagramu, temveč po diagramu Fe-legirni element. Po vplivu legirnega elementa jih razdelimo v tiste, ki razširijo ali pa zožijo avstenitno področje, in sicer:

- elementi, ki razširijo avstenitno področje, so Mn, Ni, Co, C, Cu in drugi. Tu se avstenitno področje vedno bolj širi in pri določenem odstotku je avstenit obstojen že pri navadni temperaturi. Taka jekla so avstenitna in se ne dajo kaliti,
- elementi, ki zožujejo avstenitno področje, so Cr, Mo, W, V, Si, Al, P, Ti itd. Ti zožujejo avstenitno področje. Pri sobni temperaturi je feritna struktura. Feritna jekla se tudi ne dajo kaliti,
- posebna skupina so legirana karbidna jekla z višjim procentom ogljika, kjer tvorijo legirni elementi Cr, W, V, Mo, Ti, Nb, Zr karbide. Karbidi so razporejeni kot vključki v jeklu, ki je lahko sorbitno, martenzitno ali avstenitno. Karbidna jekla uporabljamo za izdelavo orodij, npr. za hitroreznna jekla in za kovaška jekla za vročo predelavo. So izredno fino zrnata, trdna in popuščno obstojna jekla.

Jekla razdelimo glede na strukturo v hladnem in toplim stanju na:

Feritna jekla vsebujejo legirne elemente, ki preprečujejo nastajanje avstenita. Teh jekel ni mogoče kaliti. Sem spadajo predvsem jekla z > 16% Cr, z majhnim deležem ogljika, jekla, odporna proti koroziji in obtojna pri visokih temperaturah.

Perlitna jekla so vsa ogljikova jekla in večina konstrukcijskih in orodnih jekel z majhno količino legirnih elementov. Čista perlitna ogljikova jekla vsebujejo 0,8% C, pod tem so podevtektoidna jekla, a nad 0,8% C so nadevtektoidna ogljikova jekla. Vsa perlitna jekla lahko termično obdelujemo in tudi kalimo.

Martenzitna jekla imajo iglično martenzitno strukturo pri sobni temperaturi in so izredno trda in krhka. Tudi s poznejšim žarjenjem za odpravo napetosti ne dobimo mehkejšega stanja. Ta jekla težje mehansko obdelujemo, uporabljamo pa jih redko in za posebne namene.

Ledeburitna jekla imajo zaradi visokega odstotka ogljika in posebnih legirnih elementov ledeburitne karbide. Sem spadajo hitroreznna jekla in Cr – specialna jekla. So kaljiva in jih težko kujemo.

Avstentitna jekla imajo pri navadni sobni temperaturi mikrostrukturo iz avstentitna, zato so nemagnetična in nekaljiva ter zelo žilava. Težko jih oblikujemo z odrezavanjem, dajo pa se dobro kovati. Uporabljamo jih kot jekla, ki se težko obrabijo, kot antimagnetska jekla za merilne naprave (ohišja kompasov) in kot nerjavna in proti kislinam odporna jekla.

9.1.2. Razdelitev jekel glede na kemično sestavo

- Nelegirana jekla so legirana z ogljikom, ostalih elementov pa vsebujejo pod določeno koncentracijo. Nelegirana jekla delimo v dve podskupini:
- navadna ogljikova (ta jekla toplotno obdelujemo in zato morajo imeti ustrezno kemično sestavo,

- rafinirana ogljikova jekla.

- Legirana jekla vsebujejo razen železa in ogljika še eno ali več legirnih elementov. Legirni elementi izboljšajo jeklu fizikalne, kemijske in mehanske lastnosti. Tako poveča nikelj žilavost, mangan trdoto, krom trdoto in odpornost proti oksidaciji, kobalt magnetne lastnosti in vzdržljivost pri visokih temperaturah, volfram žilavost, trdoto, magnetne sposobnosti in vzdržljivost pri visokih temperaturah, molibden trdoto, neobčutljivost proti pregretju, natezno trdnost, žilavost, vanadij trdoto, natezno trdnost, odpornost proti sunkovitim obremenitvam, odpornost proti pregretju.

Glede na odstotek legirnih elementov pa delimo jekla v :

- malo legirna jekla (vsebujejo manj kot 5% legirnih elementov),
- visoko legirna jekla (vsebujejo nad 10% legirnih elementov).

Glede na legirni element, ki ga dodajamo jeklu, delimo legirana jekla:

- nikljeva jekla,
- manganova jekla,
- kromova jekla,
- krom – nikljeva jekla,
- krom – manganova jekla,
- silicijeva jekla,
- kobaltova jekla,
- volframova jekla,
- molibdenova jekla,
- vanadijeva jekla.

9.1.3. Razdelitev jekel glede na uporabo

- Konstrukcijska (vsebujejo do 0,6% ogljika, zato so mehka in žilava in se dajo dobro mehansko obdelovati: stružiti, rezkati, piliti, žagati, upogibati in podobno).

Glede na kemično sestavo so:

- nelegirana: v to skupino spadajo jekel z garantirano čistočo ali brez nje, in sicer:
- konstrukcijska jekla za splošno strojno gradnjo z garantirano čistočo $P < 0,06\%$ in $S < 0,05\%$,
- jekla za pločevine raznih debelin,
- jekla za hladno vlečenje žic in trakov,
- jekla za avtomate do 0,30% P do 0,20% S zaradi potrebne lomljivosti materiala pri odrezovanju.

- ogljikova in legirana delimo na:

- jekla za cementiranje (kolenaste gredi, zobniki),
- jekla za nitiranje,
- jekla za poboljšanje (pogonska kolesa, kolenaste gredi),
- jekla za vzmeti,
- jekla, odporna proti obrabi (čeljusti drobilcev, nakovala, orala buldožerjev),
- nerjavna in proti kemijskim vplivom odporna jekla (osi, gredi, sorniki, ventili, tekstilni, živilski in papirni industriji, ventili pipe, okrasne letve avtomobilov),
- ognjevarna jekla (električne termoelemente).
- Orodna jekla uporabljamo predvsem za orodja.

- Ogljikova orodna jekla (zaradi visokega % ogljika dobijo dovolj visoko trdoto, da jih

lahko uporabimo za obdelovalna orodja; za kovaška kladiva, prebijala, svedre za les, nože za rezanje, za vrtanje in obdelavo mehkega in srednjega kamna, za sekače, kose, dleta, žage, orodja za obdelavo lesa).

- Legirana orodna jekla. Po namenu uporabe jih ločimo:
 - legirana orodna jekla za hladno delo,
 - legirana orodna jekla za toplo in hladno delo,
 - legirana orodna jekla za delo v vročem,
 - hitrorezna jekla,
 - nerjavna orodna jekla.
- Posebna (imajo posebne mehanske, fizikalne in kemijske lastnosti).

10. OBDELAVA ŽELEZA

10.1. Sintranje

Je združevanje praškastih, zrnatih ali kosovnih trdih delcev, katere sintramo pri visokih tlakih in visokih temperaturah. V tehniki ima sintranje veliko vlogo, saj lahko dobimo nekovinske materiale tudi kot sintrane izdelke. Postopek izdelovanja predmetov iz kovinskega prahu s pomočjo sintranja pa imenujemo prašno metalurgijo. Sintrani postopek uporabljamo tudi takrat, kadar so postopki, kot so litje, taljenje, legiranje, odrezavanje, preoblikovanje brez odrezavanja težavni ali pa jih sploh ne moremo uporabiti in kadar želimo izdelati proizvode, ki morajo imeti posebne lastnosti.

10.1.1. Sintranci iz železovih zlitin

V poštev pridejo predvsem strojni deli, kakršne smo doslej ulivali ali kovali in nato obdelovali na strojih. Ker je točnost mer med 0,1 in 0,001 mm, je kasnejša obdelava sintranih predmetov potrebna le v redkih primerih.

10.2. Plastično preoblikovanje

10.2.1. Temperatura plastičnega preoblikovanja

Poseben vpliv na tehnološke lastnosti kovin ima temperatura preoblikovanja, pri kateri jih obdelujemo. Trdnost, trdota, raztezek in krčenje se s temperaturo zelo spreminjajo.

Za povečanje obdelovalnosti je potrebno jeklo segreti na 900 do 1200 °C, vendar je za izbiro pravilne temperature odločilna njegova kemična sestava. Velja pa pravilo, da segrevamo jekla z več ogljika do nižje, jekla z manj ogljika pa do višje temperature.

Pri segrevanju jekla se lahko pojavijo različne napake, npr. pri nepravilnem segrevanju postane zrno grobo. Tako jeklo je prežarjeno. Popravimo ga lahko z normalizacijskim žarjenjem ali s prekovanjem, pri čemer postane zopet drobno zrnato.

Še bolj škodljivo je predolgo segrevanje jekla pri visoki temperaturi (1200 °C). Tako segrevanje povzroči intenzivno kemično reakcijo železa in kisika in jeklo postane krhko in je za nadaljnje preoblikovanje neuporabno, ker njegove strukture ne moremo več popraviti.

Material	Temperatura (°C)		Barva užarjenega jekla	
	začetna	končna	začetna	končna
Ogljikovo konstrukcijsko jeklo			1250 750	Bela Temno rdeča
Ogljikovo orodno jeklo	1000	800	Rdeča	Svetlo rdeča
Hitrorezno jeklo	1150 900		Svetlo rumena	Svetlo rdeča

10.3. Toplotna obdelava

Pri toplotni obdelavi materiala se spreminjajo mikrostruktura in mehanske lastnosti. Poznamo več vrst toplotnih obdelav, med najpomembnejšimi so normalizacija, kaljenje, poboljšanje, žarjenje, nitriranje in cementiranje. Toplotne obdelave potekajo pri višjih temperaturah, ponazarjamo jih ponavadi z diagrami temperatura-čas (T-t).

10.4. Mikrostrukturne značilnosti jekla

Na lastnosti železovih litin in jekla lahko vplivamo s toplotno obdelavo, in sicer predvsem na trdnost in žilavost.

Glede na delež ogljika v jeklu razlikujemo tri skupine jekla, in sicer:

1. eutektoidno jeklo, z 0,8% ogljika,
2. podutektoidno jeklo, z manj kot 0,8% ogljika,
3. nadutektoidno jeklo, z več kot 0,8% ogljika.

Čisto železo ima feritne kristale. Kristale železa in ogljika imenujemo cemenit (Fe_3C), od katerega je odvisna tudi trdota jekla. Jeklo z 0,8% ogljika, ne more nastati čista perlitna struktura, temveč je pomešana s feritom. Tako jeklo ima feritno-perlitno strukturo. Jeklo, ki ima več kot 0,8% ogljika, ima kristale perlitne strukture in po mejah kristalnih zrn je izločen tudi Fe_3C sek.

S toplotno obdelavo lahko spremenimo zgoraj opisane vrste jekla.

Pri jeklu, ki ima 0,8% ogljika, se pri temperaturi $721^{\circ}C$ spremeni struktura. Pri tem nastane tako imenovana trdna raztopina, imenovana avstenit.

V jeklih, ki imajo manj kot 0,8% ogljika, se spremeni perlit pri temperaturi v območju nad črto GOS v avstenit-feritno železo.

Če jeklo s temperaturo (nad črto GOS) počasi ohladimo, se struktura vrne v prvotno stanje. Avstenit se spremeni v perlit ali ferit oz. v perlit in cemenit.

Če pa jeklo, ki smo ga segreli nad črto GOS, hitro ohladimo, nastane zelo fina struktura, ki je mnogo trša kot ferit. To strukturo imenujemo martenzit.

11. MAGNETIZEM IN ELEKTROMAGNETIZEM

Magnetizem je pojav, ko nevidna sila magnetov privlači železo ali jeklo. Za snovi, ki ustvarjajo to silo, pravimo, da so magnetne, območje okrog njih, kjer deluje ta sila, pa imenujemo magnetno polje. Če teče električni tok skozi žico, se okrog nje ustvari magnetno polje. Pojav sam se imenuje elektromagnetizem, izrabljamo pa ga bodisi za izdelovanje zelo močnih magnetov ali za pretvarjanje električnega toka v gibanje.

11.1. Magnetizem

Magnetizem je dobil ime po kraju Magnesia v današnji Turčiji, kjer so stari Grki pred več kot 2000 leti našli kose kamnine, ki so privlačili železo. Ruda je vsebovala železo in so jo poimenovali magnetit. Magnet je snov, ponavadi železo ali jeklo, ki se namagnetni in se obnaša kot magnetit. Magnet ima dva pola, ki ju imenujemo severni in južni pol magneta. Dva severna ali dva južna pola se bosta med seboj odbijala, medtem ko se severni in južni med seboj privlačita. Za kovine, ki jih je mogoče namagnetiti, pravimo, da so peromagnetne. "Mehke" feromagnetne kovine, npr. železo, hitro izgubijo svoje magnetne lastnosti, medtem ko jih "trde", npr. jeklo, obdržijo dalj časa. V tem primeru govorimo o tako imenovanem induciranjem magnetizmu.

Magnetne snovi vsebujejo skupine molekul, ki se imenujejo domene in se obnašajo kot majhni magneti. Če vse domene kažejo v isto smer, pravimo, da je snov namagnetena. Če magnet močno segrejemo ali z njim močno udarimo, se domene spet pomešajo. Magnetno polje je območje okrog magneta, kjer ta učinkuje na predmete z magnetno silo. Jakost in smer magnetnega polja ponazorimo z magnetnimi silnicami. Tudi Zemlja ima svoje magnetno polje. Ko se vrti okoli svoje osi, se raztaljene kovine v njeni notranjosti počasi premikajo okrog in ustvarjajo magnetno polje okrog nje.

11.2. Elektromagnetizem

Tok, ki teče skozi žico, ustvarja okrog nje magnetno polje. Pojav se zato imenuje elektromagnetizem. Žica, ki je navita okrog kosa železne palice, se obnaša kot paličasti magnet, če skozi njo teče električni tok. Tako žično navitje se imenuje elektromagnet. Elektromagneti se uporabljajo v velikih magnetih, pri katerih lahko magnetno polje izključimo s tem, da izključimo tok. Uporabljajo se tudi v mikrofonih in zvočnikih.

11.2.1. Elektromagneti

Elektromagnet je magnet, ki ga lahko z električnim tokom vključimo ali izključimo. Elektromagnet dobimo, če navijemo žico na kos železa – jedro.

Železo je mehek elektromagnetni material in zato izgubi magnetne lastnosti takoj, ko izključimo tok. Na magnetizmu temelji delovanje električnih relejev, zvoncev in brenčačev.

Vlaki z magnetno blazino imajo elektromagnete na tiru in na svojem podvozju. Magneti se odbijajo, zato vlak lebdi tik nad tirom. Tak vlak lahko zaradi majhnega trenja vozi zelo hitro.

11.3. Magnetni materiali

Te materiale večinoma uporabljamo v elektroindustriji za elektromagnetne sisteme v mernih aparatih, dinamih, relejih in drugih elektrotehničnih napravah. Za izdelavo zmesnih jeder zmešamo primerni železov prah, ki ima kroglično obliko delcev. Tu ne sintramo, temveč material več ur toplotno obdelujemo od 130 do 180 °C, da se utrdijo vezilna sredstva.

Trajne magnetne izdelujemo s sintranjem iz čistih in fino zrnatih praškov, večinoma na bazi Fe-Ni-Al ali Fe-Ni-Al-Co-Cu. Sintrani magneti imajo v primerjavi z litnimi finejšo strukturo, ožje merne tolerance in višjo trdnost. Posebni so magneti z visoko koerciviteto – sposobnost materiala, da obdrži magnetizem in fino zrnatost.

Mehko magnetni materiali so iz bolj čistega železa ali zlitin železa z nikljem. Zaradi močnega sintranja karbonilnih kovin lahko dobimo brame, ki predstavljajo polizdelek in jih naprej obdelujemo s hladnim ali vročim valjanjem.

12. VROČE POCINKANJE – ZAŠČITA PROTI KOROZIJI

Študije v ZDA, na Japonskem in v državah Evropske zveze kažejo, da je korozija eden največjih uničevalcev človeških dobrin. Škoda, ki jo povzroča, dosega približno 4,2 do 4,5% narodnega dohodka (v ZDA od 80 do 120 milijard ameriških dolarjev na leto). Tolikšna je le neposredna škoda, ki jo povzroča korozija, posredni stroški (zastoji v proizvodnji oziroma obratovanju, izgube tekočih materialov v cevovodih, rezervoarjih...) pa so seveda še veliko višji. Vse te stroške je sicer težko natančno določiti, vsekakor pa je škoda, ki jo povzroča korozija, dovolj velika in prepričljiva, da so gospodarsko razvite države v raziskave oziroma iskanje najučinkovitejših oblik zaščite proti njenemu delovanju vložile ogromno sredstev. Posledica teh raziskav in ukrepov so izredno veliki prihranki oziroma pomembno izboljšanje gospodarskega položaja.

Izbira materiala za posamezne konstrukcije je odvisna od več faktorjev (uporabnost, cena, trdnost, izgled, predelovalnost...). V večini primerov korozije ne moremo preprečiti, lahko pa jo v veliki meri upočasnimo oziroma omejimo z uporabo optimalnih tehnologij protikorozijske zaščite. Zato v svetu in tudi pri nas konstruktorji v strojni in gradbeniški stroki vedno tesneje sodelujejo s tistimi, ki se ukvarjajo s korozijo, medtem ko je takšno sodelovanje tistih, ki se ukvarjajo z revitalizacijo objektov, že tradicija.

Vročje pocinkanje je ena najstarejših protikorozijskih zaščit. Najnovejše raziskave po svetu potrjujejo, da je najbolj kakovostna v primerjavi z drugimi, v svetu razvitimi protikorozijskimi zaščitami in da je ekonomsko upravičena.

Protikorozijska zaščita z vročim pocinkanjem je v zadnjem času v izrednem porastu, predvsem na račun protikorozijske zaščite z lakiranjem, ki je razmeroma draga in manj trajna. Raziskave so pokazale, da se v svetu zaradi zniževanja vsebnosti SO₂ v zraku zmanjšuje letna povprečna hitrost korozije cinkove plasti. Raziskave v evropskih državah pa so pokazale, da se je oksidacija cinkove plasti od leta 1978 znižala za približno štirikrat in s tem tolikokrat povečala učinkovitost protikorozijske zaščite z vročim pocinkanjem. Letna povprečna hitrost korozije cinkove plasti v letih od 1989 do 1993 je bila v Evropi od 0,7 x10⁻⁶ m na Švedskem, do 1,4 x10⁻⁶ m na Norveškem, kar pomeni, da je protikorozijska zaščita jeklene konstrukcije debeline 3-6 mm do 100 letna.

12.1. Prednosti vročega pocinkanja

Najpomembnejše prednosti protikorozijske zaščite z vročim pocinkanjem pred ostalimi zaščitami so:

- izredno dolga doba uspešne protikorozijske zaščite (običajna življenjska doba objekta oziroma konstrukcije),
- sposobnost prekrivanja težko dostopnih površin (notranjost konstrukcije, robovi, napake v zvarih...),
- odpornost proti mehanskim poškodbam, ker je pocinkana plast preko intermetalne

faze (zlitinsko) vezana z jekleno osnovo,

- zelo dobra korozijska odpornost v različnih okoljih (mestno, industrijsko, obmorsko in celo v morski vodi),
- ekonomičen proces protikorozijske zaščite, ker je možna istočasna zaščita večjih količin ne glede na geometrijo konstrukcij oziroma izdelkov,
- zaradi visoke duktilnosti cinka (sposobnost preoblikovanja) je možno preoblikovnje pocinkanih delov brez poškodb protikorozijskega zaščitnega sloja,
- možnost dodatne zaščite s premazi zaradi specifičnih zahtev kakovosti ali videza.

Z regulacijo parametrov v posameznih fazah pocinkanja lahko vplivamo tudi na debelino protikorozijskega sloja in tudi na razne fizikalne in kemijske lastnosti protikorozijskega zaščitnega sloja, odvisno od zahtev v eksploataciji.

12.2. Gospodarnost

Pri izbiri optimalne protikorozijske zaščite predstavljajo stroški poleg kakovosti najpomembnejšo vlogo. Za primerjavo stroškov protikorozijske zaščite z vročim pocinkanjem in protikorozijske zaščite s premazi je bilo v Evropi izdelanih veliko študij (glede trajanja posamezne vrste zaščite in vloženega denarja).

Primerjava stroškov protikorozijske zaščite jeklene konstrukcije (npr. iz materialov debeline 12 mm) na kvadratni meter površine kažejo, da je začetni strošek pri protikorozijski zaščiti z vročim pocinkanjem za približno eno tretjino nižji od protikorozijske zaščite s premazi. To razmerje pa se še bistveno spremeni po daljšem obdobju eksploatacije, npr. v dobi trajanja neke kovinske konstrukcije (npr. 100 let). Takrat se izkaže, da so stroški protikorozijske zaščite z vročim pocinkanjem dvakrat nižji od stroškov protikorozijske zaščite s premazi (upoštevajoč vmesne sanacije premazov).

12.3. Vroče pocinkanje

- Konstrukcijske elemente po kakovostnem prevzemu najprej razmastimo v kadeh z ustrežno koncentracijo natrijevega hidroksida pri optimalni temperaturi, da odstranimo maščobe, ki so ostanek tehnološkega postopka izdelave jeklenih konstrukcij.
- Nato sledi izpiranje z vodo, po razmaščevanju pa jedkanje v kopelih ustreznih koncentracij kisline pri določenih temperaturah. S površine odstranimo vse kovinske okside.
- Po izpiranju dobimo popolnoma čisto površino, katero aktiviramo v posebni kopeli, s katero dosežemo učinkovito medsebojno legiranje cinka in železa v talini cinka. Pred potapljanjem v cinkovo kopel konstrukcijske elemente v posebnih sušilnih komorah predgrejemo, da dosežemo maksimalno kakovost pocinkanja.
- Nato sledi potapljanje in zadrževanje konstrukcijskih elementov v cinkovi talini, kjer se prično tvorijo optimalne plasti cinka in železa, ki imajo različne kristalografske in kemijske sestave. Od obvladovanja posameznih tehnoloških parametrov so odvisne debeline posameznih plasti.
- S popolnim nadzorom tehnoloških parametrov dosežemo optimalne razporeditve posameznih faz cinka in železa, kar pomeni najbolj kakovostno protikorozijsko zaščito.

[[Media:Zgled.ogg]]<nowiki>Tu vnesite neoblikovano besedilo</nowiki>

13. VLOGA ŽELEZA V ORGANIZMU

V živi naravi je pomen železovih(II) in železovih(III) ionov povezan s prenosom kisika. Prenos kisika v različne dele organizma poteka namreč preko hemoglobina. V velikih molekulah te spojine pa igra glavno vlogo prav železo. Takšen kompleksni železov(II) ion veže molekulo kisika, ki pa se lahko kasneje po potrebi od njega loči. Na ta način zagotavlja krvni obtok oskrbo organizma s kisikom. Ta je potreben za različne reakcije.

V hemoglobinu je 65 % vsega železa, ki ga vsebuje organizem. Nekaj pa ga je tudi v spojinah, ki predstavljajo zalogo železa v organizmu. To so hemoglobinu podobna beljakovina mioglobin, ki je v mišicah, in feritin, ki je v celicah, ter beljakovina transferin, ki sodeluje pri transportu železa. Pomanjkanje železa v organizmu povzroči bolezen, imenovano anemija, ki se izraža kot splošna utrujenost in šibkost.

14. ZAKLJUČEK

Železo je še danes kovina, ki se največ uporablja, to pa predvsem zato, ker lahko tako rekoč po želji spreminjamo njegove lastnosti glede na to, za kaj se bo uporabljalo, s tem, da mu dodajamo druge kovine ali pa ogljik, včasih tudi silicij in fosfor. Danes se uporablja na tisoče najrazličnejših jeklenih litin.

Pomembno je tudi recikliranje. Recikliranje jekla je preprosto in tudi gospodarno. Kovine morajo le pretaliti, da se dobi kovina enake kakovosti, kot če bi bila dobljena iz rude. Večina jekla za recikliranje izvira iz starih avtomobilov in strojev ter industrijskih odrezkov, v nekaterih deželah pa tudi iz industrijskih odpadkov. Odpadki se vračajo v jeklarne, kjer jih mešajo z raztaljenim surovim železom in jih predelujejo v novo jeklo. Za recikliranje kovin iz kovinskih odpadkov se porabi znatno manj energije kot pa za njihovo pridobivanje iz rude, razen tega pa se tako odlaga manj odpadkov na odlagališčih. Število možnih recikliranj pri kovinah načeloma ni omejeno.

15. VIRI

<http://www.pocinkovalnica.si/>

<http://ro.zrsss.si/borut/Kovine/zelezo.htm>

<http://users.volja.net/betek/kemija/>

A. Haavisto, A. Hella, O. Hurmola, V. Tuomi: ČUDEŽNI SVET ELEMENTOV. Ljubljana: DZS, 1996.

J. Bezjak: MATERIALI V TEHNIKI. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1999.

J. Bezjak: TEHNOLOGIJA MATERIALA. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1997.

Šolska enciklopedija: SVET TEHNIKE. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1996.

W. Schröter, K.-H. Lautenschläger, H. Bibrack, A. Schnabel: KEMIJA, splošni priročnik. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1993.

P. W. Atkins, M. J. Clugston, M. J. Frazer, R. A. Y. Jones: KEMIJA, zakonitosti in uporaba. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1997.

Družinska enciklopedija Guinness. Ljubljana : Slovenska knjiga, 1998.