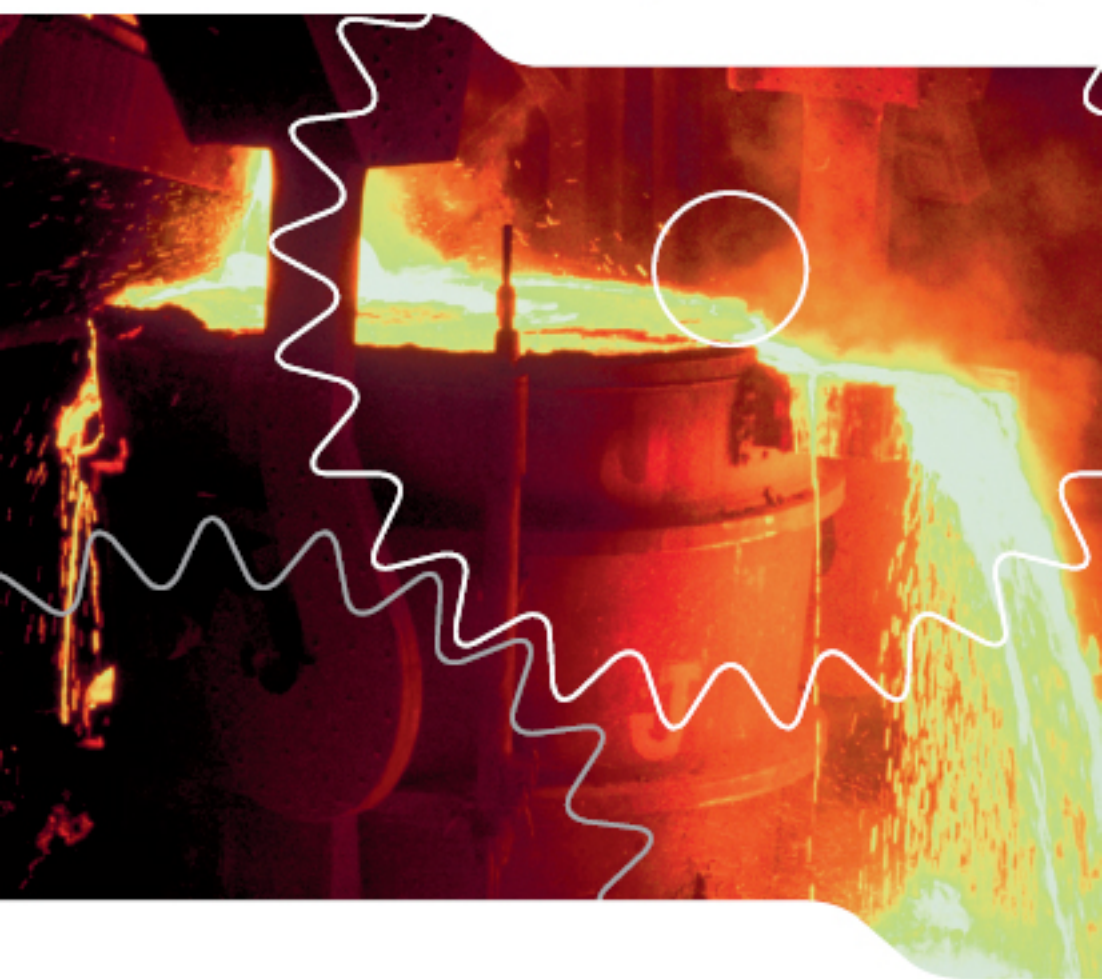


Antun Babić



Osnove tehničkih materijala

Izdavač

Školska knjiga, d.d.
Zagreb, Masarykova 28

Za izdavača

Ante Žužul, prof.

Urednik

Damir Tadić

Recenzenti

prof. dr. sc. Slavko Sebastijanović

prof. dr. sc. Ivan Vitez

Mirko Korov, dipl. ing.

Jozo Rašić

Ivan Budin

Izvršna urednica

Ivančica Knapić

Grafičko-likovno oblikovanje

Dejan Žilić

Ilustracije

Antun Babić

© ŠKOLSKA KNJIGA, d.d., Zagreb, 2006.

Nijedan dio ovog udžbenika ne smije se umnožavati, fotokopirati ni na bilo koji način reproducirati bez nakladnikova pismena dopuštenja.

SADRŽAJ

1. UVOD	8
1.1. Svojstva tehničkih tvari	9
2. SVOJSTVA METALA	10
2.1. Građa i spajanje atoma	10
2.2. Kristalna zrna (dendriti)	11
2.3. Osnove kristalografije rešetke	12
2.4. Kristalne rešetke metala	13
2.4.1. Kubno centrirana kristalna rešetka.....	13
2.4.2. Kubna plošno centrirana kristalna rešetka.....	13
2.4.3. Heksagonalna gusto slagana kristalna rešetka.....	14
2.5. Deformacija kristalne rešetke	14
2.6. Nepravilnosti kristalne rešetke	15
2.6.1. Točkaste nepravilnosti.....	15
2.6.2. Linijske nepravilnosti.....	16
2.7. Promjena kristalne rešetke zbog promjene temperature	16
2.8. Dijagram stanja željezo – ugljik (Fe–C)	17
2.9. Utjecaj brzine hlađenja čelika	18
3. PROIZVODNJA SIROVOG ŽELJEZA	20
3.1. Željezna ruda	20
3.2. Priprema željezne rude	21
3.3. Proizvodi visoke peći	22
3.4. Prerada sirovog željeza u čelik	23
3.4.1. Besemerov i Tomasov postupak.....	23
3.4.2. LD konvertor.....	24
3.4.3. Simens-Martenova peć.....	25
3.4.4. Elektro peć.....	25
3.5. Prerada sirovog željeza u ljevove na bazi željeza	26
3.6. Daljnja obrada metala (materijala)	27
4. ŽELJEZO I LEGURE NA BAZI ŽELJEZA	28
4.1. Konstrukcijski čelici za širu primjenu	28
4.1.1. Opći konstrukcijski čelici.....	29
4.1.2. Čelici za cementiranje.....	30
4.1.3. Čelici za poboljšavanje.....	30
4.1.4. Čelici za opruge.....	31
4.2. Alatni čelici	31
4.3. Označavanje čelika	33
4.3.1. Označavanje čelika po HRN.....	33
4.3.2. Označavanje čelika po Evropskim normama.....	35

4.4. Utjecaj legirnih elemenata na svojstva čelika	37
4.5. Željezni ljevovi	37
5. OBOJENI METALI I NJIHOVE LEGURE	40
5.1. Označavanje legure obojenih metala	40
5.2. Aluminij, Al	41
5.3. Bakar, Cu	41
5.4. Cink, Zn	42
5.5. Kobalt, Co	42
5.6. Kositar, Sn	42
5.7. Krom, Cr	42
5.8. Magnezij, Mg	42
5.9. Mangan, Mn	43
5.10. Molibden, Mo	43
5.11. Nikal, Ni	43
5.12. Olovo, Pb	43
5.13. Silicij, Si	43
5.14. Titan, Ti	43
5.15. Vanadij, V	44
5.16. Volfram, W	44
5.17. Živa, Hg	44
6. SINTERIRANI MATERIJALI	48
7. NEMETALI	49
7.1. Dušik, N	49
7.2. Fosfor, P	49
7.3. Kisik	49
7.4. Sumpor, S	49
7.5. Ugljik, C	49
7.6. Ugljen	50
7.7. Nafta	50
7.8. Drvo	50
7.9. Koža	50
7.10. Staklo	51
7.11. Boje i lakovi	51
7.12. Porculan	52
7.13. Azbest	52
7.14. Polimerni materijali	52
8. GORIVA	58
8.1. Goriva	58
8.2. Maziva	60
9. LITERATURA	63

3.5. Prerada sirovog željeza u ljevove na bazi željeza

Prerada sirovog željeza (sl. 6) vezana je uz kupolku (kupolna peć). Kupolka ima za cilj rastaliti i pripremiti sivo sirovo željezo za ulijevanje u kalup. Takva je peć cilindrična oblika i podignuta 2-3 m iznad zemlje zbog potrebe ispuštanja taline i troske.

U kupolku se ubacuje zasip (metalni zasip, koks, taljivo) i upuhuje vrući zrak potreban za izgaranje koka. Sastav zasipa određuje se na osnovi masivnosti odljevka.

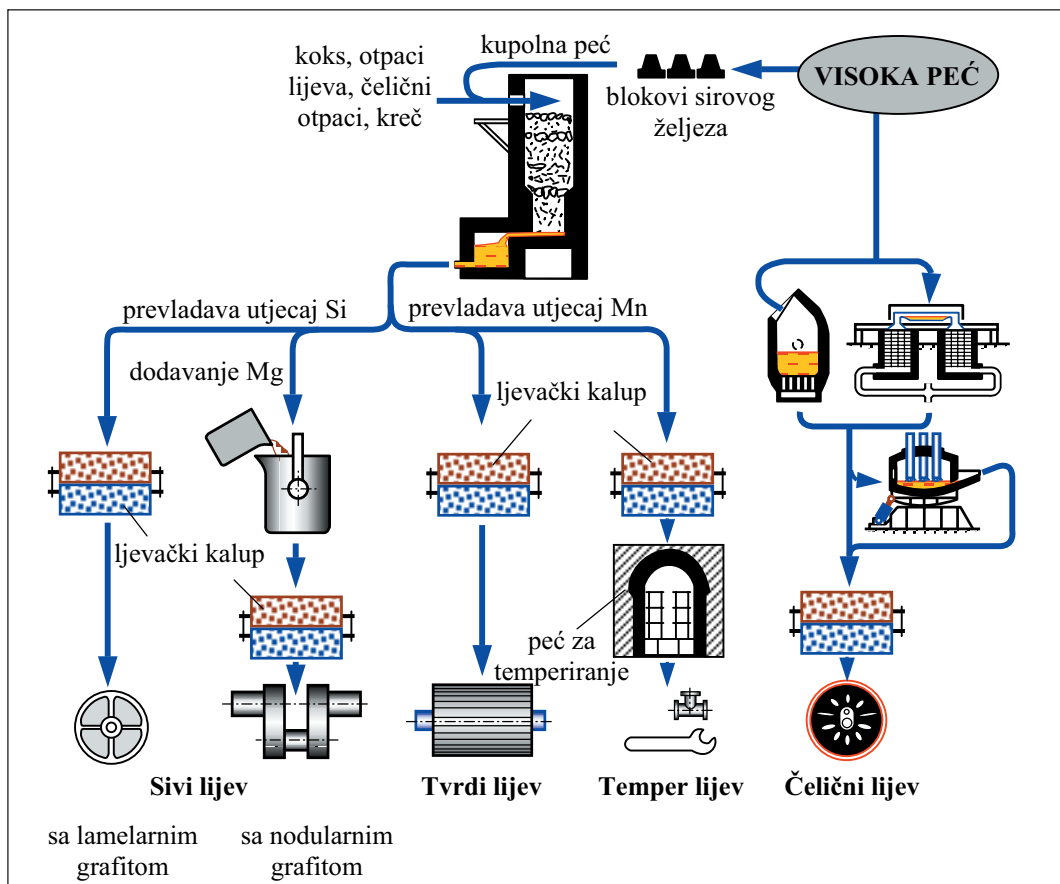
Metalni zasip može biti sivo sirovo željezo, otpaci iz ljevaonice, lomljevinu lijeva i čelika. Ove peći imaju prednost jer prerađuju i otpadno željezo kojega danas ima u sve većim količinama.

Taljivo (vapnenac i fluorit) ima zadatak da pri izgaranju na sebe veže štetne tvari iz taline koje u obliku troske isplivaju i lako se odvajaju i ispuštaju van kroz predviđene otvore.

Koks je energent koji izgaranjem oslobađa veliku količinu topline koja je potrebna za taljenje metalnog zasipa. Koks mora imati odgovarajuću krupnoću zbog propusnosti upuhanoga zraka.

Zasip se u kupolnu peć ubacuje u slojevima, pri čemu se od vrha peći prema dolje razlikuju tri zone:

- **zona predgrijavanja** (ubačeni se zasip ugrijava vrućim plinovima nastalima u visini mlaznica),
- **zona taljenja** (zona u kojoj se metal tali, temperatura je oko 1 600 °C) i
- **zona oksidacije** (nalazi se u visini mlaznica, a neposredno ispod je sloj troske koji štiti talinu od oksidacije).



■ Slika 6. Prerada sirovog željeza u ljevovano željezo i čelik

Tablica 1. Fizikalna svojstva važnijih elemenata

Simbol	Naziv	Vrsta	Gustoća ρ , [kg/m ³]	Napomena	Talište ϑ_r [°C]	Vrelište ϑ_v [°C]	Specifični toplinski kapacitet $c_{p'}$ [J kg ⁻¹ K ⁻¹]	Linearni (α , [K ⁻¹] ili kubični (β , [K ⁻¹]) koeficijent temperaturnog rastezanja
Al	aluminij	met.	2 700		660	2 467	900	$\alpha = 23 \cdot 10^{-6}$
Sb	antimon	met.	6 690	sivi Sb	631	1 637	210	$\alpha = 11,4 \cdot 10^{-6}$
Ar	argon	plin	1,663		-189	-186	519	$\beta = 3,676 \cdot 10^{-3}$
As	arsen	met.	4 730	sivi As	817 (36,5 bar)		329	$\alpha = 4,7 \cdot 10^{-6}$
Cu	bakar	met.	8 960		1 083	2 595	390	$\alpha = 16,6 \cdot 10^{-6}$
Ba	barij	met.	3 510		725	1 640	285	
Be	berilij	met.	1 850		1 280	2 770	1 830	$\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$
Bi	bizmut	met.	9 800		271	1 560	124	$\alpha = 13 \cdot 10^{-6}$
B	bor	nemet.	2 340		2 300	2 550	1 030	$\alpha = 8,3 \cdot 10^{-6}$
Br	brom	nemet.	3 120	Br ₂	-7	59	450	$\beta = 3,3 \cdot 10^{-3}$
Ce	cerij	met.	6 800		799	3 450	190	
Zn	cink	met.	7 130		419	907	386	$\alpha = 35 \cdot 10^{-6}$
Zr	cirkonij	met.	6 510		1 852	3 600	280	$\alpha = 5 \cdot 10^{-6}$
N	dušik	plin	1,165	N ₂	-210	-196	1 034	$\beta = 3,671 \cdot 10^{-3}$
F	fluor	plin	1,58	F ₂	-228	-188	750	
P	fosfor	nemet.	1 820	bijeli P	44	280	750	$\alpha = 125 \cdot 10^{-6}$
			2 350	crveni P	600	-	670	-
			2 700	crni P	570	-	-	-
Ge	germanij	nemet.	5 350		937	2 700	320	
He	helij	plin	0,166		-272 (26 bar)	-269	5 192	$\beta = 3,659 \cdot 10^{-3}$
Ir	iridij	met.	22 420		2 410	4 530	130	$\alpha = 6,5 \cdot 10^{-6}$
I	jod	nemet.	4 930	I ₂	114	184	218	$\alpha = 93 \cdot 10^{-6}$
Cd	kadmij	met.	8 640		321	765	231	$\alpha = 30 \cdot 10^{-6}$
Ca	kalcij	met.	1 550		845	1 440	625	$\alpha = 22 \cdot 10^{-6}$
K	kalij	met.	860		64	760	750	
O	kisik	plin	1,332	O ₂ kisik	-218	-183	913	
			1,99	O ₃ ozon	-193	-112		
Cl	klor	plin	3	Cl ₂	-102	-35	477	$\alpha = 3,83 \cdot 10^{-3}$
Co	kobalt	met.	8 900		1 492	2 900	442	$\alpha = 13 \cdot 10^{-6}$
Sn	kositar	met.	7 280	bijeli	232	2 270	226	$\alpha = 23 \cdot 10^{-6}$
			5 750	sivi				
Kr	kripton	plin	3,49		-157	-153	247	$\beta = 3,692 \cdot 10^{-3}$
Cr	krom	met.	7 100		1 900	2 500	450	$\alpha = 8,2 \cdot 10^{-6}$
Xe	ksenon	plin	5,5		-112	-107	159	$\beta = 3,74 \cdot 10^{-3}$
Li	litij	met.	534		181	1 340	3 410	$\alpha = 56 \cdot 10^{-6}$
Mg	magnezij	met.	1 740		650	1 100	1 020	$\alpha = 25 \cdot 10^{-6}$
Mn	mangan	met.	7 430	α	1 244	2 000	480	$\alpha = 22,5 \cdot 10^{-6}$
			7 290	β				
			7 210	γ				

■ Tablica 1. Fizikalna svojstva važnijih elemenata (nastavak)

Simbol	Naziv	Vrsta	Gustoća ρ , [kg/m ³]	Napomena	Talište ϑ_r [°C]	Vrelište ϑ_v [°C]	Specifični toplinski kapacitet c_p [J kg ⁻¹ K ⁻¹]	Linearni (α , [K ⁻¹] ili kubični (β , [K ⁻¹]) koeficijent temperaturnog rastezanja	
Mo	molibden	met.	10 220		2 620	4 800	251	$\alpha = 5 \cdot 10^{-6}$	
Na	natrij	met.	971		98	882	1 230	$\alpha = 71 \cdot 10^{-6}$	
Ne	neon	plin	0,839		-249	-246	1 030	$\beta = 3,661 \cdot 10^{-3}$	
Ni	nikal	met.	8 900		1 453	2 732	444	$\alpha = 13 \cdot 10^{-6}$	
Nb	niobij	met.	8 570		2 450	4 700	272	$\alpha = 7,1 \cdot 10^{-6}$	
Pb	olovo	met.	11 340		327	1 740	130	$\alpha = 29,3 \cdot 10^{-6}$	
Pd	paladij	met.	12 020		1 552	3 140	244	$\alpha = 11,8 \cdot 10^{-6}$	
Pt	platina	met.	21 450		1 769	3 830	134	$\alpha = 9 \cdot 10^{-6}$	
Pu	plutonij	met.	15 920 do 19 860		640	3 232	134	$\alpha = 54 \cdot 10^{-6}$	
Ra	radij	met.	5 500		700	1 140	121		
Rn	radon	plin	9		-71	-65	93,8		
Rh	rodij	met.	12 410		1 966	3 730	244	$\alpha = 8,3 \cdot 10^{-6}$	
Se	selen	nemet.	4 260 do 4 820		220	685	350	$\alpha = 37 \cdot 10^{-6}$	
Si	silicij	nemet.	2 330		1 423	2 400	705	$\alpha = (2,8-7,3) \cdot 10^{-6}$	
Ag	srebro	met.	10 500		961	2 200	237	$\alpha = 19,7 \cdot 10^{-6}$	
S	sumpor	nemet.	2 070	romp. modif.	119	445	733	$\alpha = 64 \cdot 10^{-6}$	
			1 960	monokl. modif.					
			1 920	am. modif.					
Ta	tantal	met.	16 650		2 996	5 425	141	$\alpha = 6,5 \cdot 10^{-6}$	
Ti	titan	met.	4 540		1 668	3 290	520	$\alpha = 8,5 \cdot 10^{-6}$	
Th	torij	met.	11 710		1 750	4 200	126	$\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$	
C	ugljik	nemet.	1 900 do 2 300	grafit	3 600	4 200	715	$\alpha = (0,6-4,3) \cdot 10^{-6}$	
			3 510	dijamant		3 600	u grafit	510	$\alpha = 1,3 \cdot 10^{-6}$
			1 800 do 2 100	čadā					
U	uran	met.	18 950		1 132	3 900	117	$\alpha = 13,4 \cdot 10^{-6}$	
V	vanadij	met.	5 980		1 890	3 380	486	$\alpha = 7,8 \cdot 10^{-6}$	
H	vodik	plin	0,08375		-259	-253	14 444	$\alpha = 3,66 \cdot 10^{-6}$	
W	volfram	met.	19 350		3 410	5 660	134	$\alpha = 4,5 \cdot 10^{-6}$	
Au	zlato	met.	19 320		1 063	2 950	129	$\alpha = 14,2 \cdot 10^{-6}$	
Fe	željezo	met.	7 860		1 535	3 070	450	$\alpha = 12,3 \cdot 10^{-6}$	
Hg	živa	kaplj. met	13 590		-39	357	138,7	$\beta = 181 \cdot 10^{-6}$	

■ Tablica 4. Neke masti za podmazivanje

Vrsta	Oznaka	Kinematička viskoznost pri 50°C [mm ² /s]	Penetracija	Krutište [°C], maks.	Kapljište [°C], min.	Primjena
teška	OZ-20	-	310-340	-	-	masti za otvorene zupčanike
meka	MVP 2	-	265...295	-	180	masti za visoke tlakove i temperature
tvrda	MVT-4	-	175...205	-	160	za visoke temperature
vrlo meka	VM-1	>40	310...340	-15	175	masti na bazi Li-sapuna za više namjena
srednja	MKL-3	>35	220...250	-15	150	masti na osnovi Na-sapuna za valjne ležaje
srednja	LMG-3	>37	200...250	-15	95	grafitna mast
-	MMo-1	>40	310...340	-15	175	masti sa molibdenovim disulfidom MoS ₂
-	AV-55	-	200...325	-	55	Antikorozijski vazelin

Pitanja

1. Što su goriva i gdje se rabe?
2. Kakvo izgaranje goriva može biti s obzirom na sadržaj kisika u smjesi za izgaranje?
3. Koji produkti izgaranja nastaju potpunim izgaranjem?
4. Zašto je ugljični monoksid opasan i u kojim uvjetima nastaje?
5. Što je ogrjevna moć nekog goriva i kako se određuje?
6. Koja su goriva s obzirom na agregatno stanje?
7. Koje su bitne značajke plinovitih goriva pri izgaranju?
8. Što su maziva i zašto se koriste?
9. 9, 11, 12, 13 pitanje iz Elementi strojeva 147 str.

9. LITERATURA

1. B. Kraut: Strojarski priručnik
2. Inženjerski priručnik IP1, Temelji inženjerskih znanja, Školska knjiga 1996.
3. Inženjerski priručnik IP4, Proizvodno strojarstvo, Materijali, Školska knjiga 1998.
4. Antun Čevra: Toplinska obrada metala, Zrinski - Čakovec
5. Dušan Hrgović: Tehnički materijali 2, Školska knjiga, Zagreb 1992.
6. Franjo Toufar: Tehnički materijali 1, Školska knjiga, Zagreb, 1992.
7. M. Novosel, D. Krumes, Željezni materijali - Konstrukcijski čelici, Slavonski Brod 1995.
8. M. Novosel, D. Krumes, Željezni materijali - Lijevovi, Slavonski Brod 1996.
9. Tehnička enciklopedija, 1963. g.
10. Zvonimir Supek: Tehnologija s poznavanjem robe, Školska knjiga, Zagreb, 1982.
11. Gajić-Sentić: Ispitivanje tehničkih materijala, Otvoreno sveučilište, Zagreb, 1997.



Grafički urednik

Dejan Žilić

Lektor

Tomislav Salopek

Korektorica

Sonja Babić

Grafička priprema

Dejan Žilić

Tisak

Grafički zavod Hrvatske, d.o.o., Zagreb

Tiskanje završeno u prosincu 2005.

ISBN 953-0-21014-4