



UNIVERZITET U ZENICI
MAŠINSKI FAKULTET

TITAN I NJEGOVE LEGURE

-SEMINARSKI RAD-

Mentor:
Doc. Dr. Nađija Haračić

Studenti:
Hodžić Arnela
Mujčin Amer

Zenica, januar 2008. godine

TITAN I NJEGOVE LEGURE

1.UVOD

Titan je metal, mnogo lakši od čelika. Osnovne osobine titana su: velika otpornost na koroziju, otpornost na povišene temperature, mala elastičnost na sobnim temperaturama. Njegove mehaničke osobine zavise od količine i vrste primjesa jer utiču na povećanje čvrstoće, a smanjuju plastičnost i žilavost. Ima veću čvrstoću od aluminija. Otkriven je krajem 18. stoljeća. Prvi ga je otkrio Gregor 1790. godine u Engleskoj, a pet godina kasnije Klaproth ga je pronašao u Mađarskoj. Proizvodnja titana je počela mnogo kasnije, tek 1950. godine jer je postojala teškoća u odvajanju ovog metala od kisika. Jedan od procesa odvajanja je Krollov ekstrakcioni proces. Ovaj postupak je veoma skup. Ekstrakcija titana je relativna, energetski intenzivnija i zahtijeva šesnaest puta veću energiju po jednoj toni nego čelik, a samo dva puta veću energiju od aluminija.

1.1.Fizičke i mehaničke osobine titana

Najvažnije osobine titana su: mala težina, dobra čvrstoća, lakoća obrade i velika otpornost na koroziju. Ove osobine zavise od čvrstoće metala. Općenito, što je metal čišći, lakši je za preradu, ali je njegova čvrstina manja. Titan je odlična baza za dodatne legure. Gotovo svi metali su rastvorljivi u titanu. S obzirom da mehaničke osobine ovise o čistoći metala neke vrste titana se proizvode u mljevenom obliku. Vrste titana i njihivi opisi su dati u tabelama 1. i 2.

Nominalni sastav (%)	Lonac	Produktivno označavanje			Drugo označavanje		
		Mallory-Sharon	Republičko	TMCA	AMS	ASTM	Vojno
Visoka čistoća (99,9%)							
Komercijalna čistoća (99,2%)	A-40	MST-40	RS-40	Ti-55A	4902	B-265-58T-Gr2	T-9047B-1
Komercijalna čistoća (99,0)	A-55	MST-55	RS-55	Ti-65A	4900A	B-265-58T-Gr3	T-9047B-1
Komercijalna čistoća (99,0%)	A-70	MST-70	RS-70	(Ti-75A) (Ti-100A)	(4901B) (4921)	B-26558T-Gr4	T-9047B-1

Tabela 1. Označavanje različitih vrsta nelegiranog titana

Tabela 2. Mehaničke osobine različitih vrsta nelegiranog titana

		Mehaničke osobine na sobnoj temperaturi			Mehaničke osobine pri temperaturama od 315 ⁰ C(600 ⁰ F)		
Nominalni sastav (%)	Stanje	Napon na granici zatezanja 1000psi (0.0152 N/mm ² *)	Napon na granici tečenja ** (0.0152 N/mm ²)	Izduženje (%)	Napon na granici zatezanja 0.0152 N/mm ²	Napon na granici tečenja 0.0152 N/mm ²	Izduženje (%)
Visoka čistoća (99,9%)	žaren	34	20	54	16	-	52
Komercijalna čistoća (99,2%)	žaren	59	40	28	28	13	-
Komercijalna čistoća (99,2%)	žaren	79	63	27	33	19	33
Komercijalna čistoća (99,0%)	žaren	95	80	25	43	27	28

* Napon na granici zatezanja (Tensile ultimate); 0,01252 N/mm²=1000psi. Mjerne jedinice *pond[p]* i *inch(palac)[in]* su zabranjene jedinice od 01.01.1981.godine. 1p=9,80665 mN; 1in=25,399mm.

** Napon na granici tečenja (Tensile yield)

*** Duktilnost materijala je kombinacija velike čvrstoća i niske plastičnosti. Ogleda se u sposobnosti materijala da apsorbira mehaničku energiju pri postepenom povećavanju plastične deformacije sve do loma. Kao mjerilo duktilnosti u izvjesnoj mjeri može poslužiti žilavost.

Razlike u čvrstoći raznih vrsta titana su povezane sa količinom nitrogena i ugljika koju taj metal sadrži. Kao i kod većine elemenata, hemijske osobine titana se mogu značajno mijenjati kad se prave legure koje se komercijalno proizvode.

Tabela 4. Komercijalne titanove legure i njihovo označavanje

Nominalni sastav (%)	Produktivno označavanje				Druga označavanja		
	<i>Lonac</i>	<i>Mallory-Sharon</i>	<i>Republičko</i>	<i>TMCA</i>	<i>AMS</i>	<i>ASTM</i>	<i>Vojno</i>
ALFA TITANOVE LEGURE							
Ti-5Al-2,5Sn	A-110AT	MST-5Al-2,5Sn	RS-110C	Ti-5Al-2,5Sn	4926	B-265-58T-Gr6	(T-9047B-2) (T-9046B-3)
Ti-6Al-4Zr-1V	-	-	-	Ti-6Al-4Zr-1V	-	-	-
Ti-8Al-1Mo-1V	-	-	-	Ti-8Al-1Mo-1V	-	-	-
Ti-8Al-2Cb-1Ta	-	MST-821	-	-	-	-	-
Ti-8Al-8Zr-1(Cb-Ta)	-	MST-881	-	-	-	-	-
Ti-7Al-12Zr	A-120ZA	-	-	-	-	-	-
ALFA-BETA TITANOVE LEGURE							
Ti-3Al-2,5V	-	MST-3Al-2,5V	-	-	-	-	-
Ti-5Cr-3Al	-	MST-3Al-5Cr	-	-	4927	-	T-9047B-3
Ti-2Fe-2Cr-2Mo	-	-	-	Ti-140A	4923	-	(T-9046B-4) (T-9047B-4)
Ti-8Mn	C-110M	MST-8Mn	RS-110A	-	4908A	B-265-58T-Gr7	T-9046B-1
Ti-4Al-4Mn	C-130AM	MST-4Al-4Mn	RS-130	-	4925A	-	T9047B-6
Ti-4Al-3Mo-1V	C-115AMoV	-	RS-115	Ti-4Al-3Mo-1V	-	-	-
Ti-4Al-4Mo-4V	-	-	-	Ti-4Al-4Mo-4V	-	-	-
Ti-5Al-2,75Cr-1,25Fe	-	-	RS-140	-	-	-	-
Ti-5Al-1,5Fe-1,4Cr-1,2Mo	-	-	-	Ti-155A	4929	-	T-9047B-7
Ti-6Al-4V	C-120AV	MST-6Al-4V	RS-120A	Ti-6Al-4V	(4911) (4928)	B-265-58T-Gr5	(T-9046B-2) (T-9047B-5)
Ti-7Al-4Mo	C-135Mo	-	RS-135	Ti-7Al-4Mo	-	-	-
Ti-16V-2,5Al	C105VA	MST-16V-2,5Al	-	-	-	-	-
BETA TITANOVE LEGURE							
Ti-13V-11Cr-3Al	B-120VCA	-	Rs-120B	Ti-13V-11Cr-3Al	-	-	-

1.2.Hemijske osobine

Titan je otporan na koroziju u različitim uslovima, što može biti povezano sa formiranjem površinskog sloja otpornog na oksidaciju. Ovaj sloj štiti samo na umjerenj temperaturi, jer titan oksidira veoma sporo na temperaturama manjim od 249⁰ C (480⁰ F). Brzina oksidacije se povećava sa povećanjem temperature. Sa nitrogenom reaguje na nešto višim temperaturama nego sa kisikom.

1.3.Korozija

U hemijskom smislu titan je otporan na „moist chlorine gas“ (vlažni hlorni gas), hlorne otopine i oksidne kiseline kao što su dušikove. Otporan je na razblažene koncentrate sulfata. Takođe je otporan na većinu organskih kiselina na sobnim temperaturama. Pri zagrijavanju se rastvara u razblaženoj solnoj, sumpornoj i azotnoj kiselini. Hidrofluorne i fosforne kiseline kao i određeni koncentraci alkalnih kiselina nagrizaju titan.

1.4.Oksidacija

Titan oksidira, ali se i kisik s titanom pretvara u čvrsti rastvor. To sve zavisi od visine temperature. Može doći i do istovremene oksidacije i difuzije. Difuzija kisika u titan zavisi od temperature, pri povišenoj temperaturi dolazi i do difuzije i do oksidacije. Upotreba titana pri povišenim temperaturama je ograničena reakcijom sa kisikom.

Primjer

0,040-inčni (1,01596mm) komad postaje nesavitljiv ako se izlaže nekoliko sati temperaturi od 816⁰ C (1500 F) u zraku. Isti komad se može izlagati i 500 sati pri temperaturi od 566⁰ C (1050F) a da nema promjena u sastavu i osobinama. Drugi primjer je komad 0,015-inčni

(0,380985mm), koji odolijeva plamenu od 1093⁰ C(2000⁰ F) petnaest minuta.

Tabela 5. Tipična korozija za nelegirani titan u vodenoj otopini

Srednje	Koncentracija (wt %)	Temperatura		Vrijeme korozije (mjesec/godina)
		°C	°F	
HCl	1	60	140	0.11
HCl	1	100	212	18.5
HCl	5			0.1
HCl	10	35	95	42.0
HCl	20		SOBNA	20.4
HNO ₃	5	35	95	0.08
HNO ₃	5	100	212	0.61
HNO ₃	10	35	95	0.16
HNO ₃	10	100	212	1.29
HNO ₃	20	35	95	0.18
HNO ₃	CRVENO ISPARAVANJE		SOBNA	0.07
HNO ₃	BIJELO ISPARAVANJE		SOBNA	0.1
H ₃ PO ₄	10	80	176	72.0
H ₃ PO ₄	85			8.4
H ₂ SO ₄	1		SOBNA	0.1
H ₂ SO ₄	1		SOBNA	360.0
H ₂ SO ₄	10			7.2
H ₂ SO ₄	10	35	95	50.0
H ₂ SO ₄	40		SOBNA	60.0
H ₂ SO ₄	40	35	95	341.0
NaOH	10		KLJUČANJE	0.84
NaOH	28		SOBNA	0.1
NaOH	40	80	176	5.0
NH ₄ OH	28		SOBNA	0.1
AlCl ₃	10	100	212	0.09
NH ₄ Cl	10	100	212	0.5
FeCl ₃	1-30	100	212	0.5
NaCl	ZASIĆEN		KLJUČANJE	0.05

2. TEHNIČKI TITAN

Tehnički titan proizvodi se u obliku limova, šipki i žice. Označava se sa BT1-1 i BT1-2. BT1-2 ima veći ukupni sadržaj primjesa, posebno kisik od BT1-1. Dok titan BT1-1 ima veliku otpornost na koroziju i on ne zaostaje iza platine, što se objašnjava obrazovanjem tankog i veoma gustog površinskog oksidnog sloja. Hemijski sastav tehničkog titana je sljedeći:

≤0.3% Fe, ≤0.15 Si, ≤0.1% C, ≤0.015% H, ≤0.04% N, ≤0.15% O.

<i>Oznaka titana</i>	<i>Oblici poluproizvoda</i>	<i>Stanje materijala</i>	$\sigma M u$ <i>N/mm²</i>	<i>E u</i> <i>%</i>	<i>TU</i>
BT1-1	Limovi debljine u mm: 0,5-1,8	Žaren	441-588	≥30	AMTU 475-4-61
	2,0 i deblji	Žaren	441-588	≥25	Isto
	Šipke	Žaren	441-588	≥20	AMTU 363-56
BT1-2	Limovi debljine u mm: 0,5-1,8	Žaren	539-588	≥25	AMTU 475-4-61
	2,0 i deblji	Žaren	539-735	≥20	Isto
	Šipke	Žaren	539-686	≥15	AMTU 363-56

Tabela 6. Mehaničke osobine tehničkog titana

3.TITANOVE LEGURE

Osnovni element za legiranje titanovih legura je aluminij. On povećava mehaničku otpornost na visokim temperaturama i obrazuje sa titanom legure pogodne za zavarivanje. Nedostatak kroma, mangana i željeza kao elemenata za legiranje je taj što pri dužem držanju na temperaturi iznad 400⁰ C, legura postaje krta. Legure titana sa ovim elementima imaju dobre mehaničke osobine i zadržavaju dobru plastičnost. Molibden, vanadij i kalaj stabilišu legure koje su postale krte.

Osobine titanovih legura su mala gustina, visoke mehaničke osobine i otpornost na koroziju. Ove legure mogu se koristiti u raznim agresivnim sredinama. Imaju mali koeficijent širenja i mogu da se koriste za elemente koji su izloženi temperaturnim promjenama. Legure mogu postati krte ako sadrže vodik.

Tabela 7. Hemijski sastav titanovih legura (prema AMTU 388-57)

Oznaka legure	Osnovne komponente u % (Ti-ostatak)					Primjese u % (ne iznad)					
	Al	Cr	Mo	Mn	V	Fe	Si	C	N	O	H
BT3	4-6,2	2-3	-	-	-	0,8	0,4	0,1	0,05	0,2	0,15
BT3-1	4-6,2	1,5-2,5	1-2,8	-	-	0,8	0,4	0,1	0,05	0,2	0,15
BT4	4-5	-	-	1-2	-	0,3	0,15	0,05	0,05	0,15	0,15
OT4	2-3,5	-	-	1-2	-	0,4	0,15	0,1	0,05	0,15	0,15
OT4-1	1-2,5	-	-	0,8-2	-	0,4	0,15	0,1	0,05	0,15	0,15
BT5*	4-5,5	-	-	-	-	0,3	0,15	0,05	0,4	0,15	0,15
BT5-1	4-5,5	-	-	Sn 2-3	-	0,3	0,1	0,1	0,05	0,2	
BT6	4-6,5	-	-	-	3,5-4,5	0,3	0,15	0,05	0,4	0,15	0,15
BT8**	5,8-6,8	-	2,8-3,8	-	-	0,4	0,35	0,1	0,05	0,2	

3.1. Alfa legure

One su nelegirane (čiste i komercijalno čiste) i stabilizovane sa netranzitivnim metalima. Elementi Al, Sn, i Ga služe pri očvršćavanju čvrstim rastvorom na sobnoj temperaturi. Veći dio alfa ili približnih alfa legura sadrži Al (oko 5% u prosjeku) kao legirajućeg elementa. Osim aluminija (Al) sadrže još i Sn i Zr u podjednakim količinama. Male količine Si nisu neobične kao ni mikrolegirajući dodatak B < 0,001%. Alfa legure imaju prihvatljivu čvrstoću žilavost i lako su zavarive. Otporne su na koroziju. Nisu sklone tranziciji od žilavosti ka lomu pri promjeni temperature i one su najčešće korištene legure u kriogene svrhe.

Tabela 8. Tipovi legura sa odgovarajućim vrijednostima Al_{eq} i Mo_{eq}

OZNAKE	TIP LEGURE	Al	Zr	Sn	Si	B	Al_{eq}	Mo	Ta	Nb	V	Cr	Ni	Mn	Co	Fe	Re	Mo_{eq}	Al_{eq}/Mo_{eq}
	PRIBLIŽNO						0.00	0.3					0.8					1.30	0.00
48-OT3		4			0.1	0.005	4.00									0.1		0.25	16.00
IMI 685		6	5		0.3		6.83	0.5										0.50	13.67
IMI 834		5.5	4	4	0.5		7.50	0.3		1								0.58	12.98
IMI 829		5.5	3	3.5	0.3		7.17	0.3		1								0.58	12.40
VT 5.1		5		2.5			5.83											0.00	10.00
VT 5		4.5					4.50											0.00	10.00
	α	5		2.5			5.83											0.00	10.00
IMI 679		2.25	5	11	0.25		6.75	1										1.00	6.75
	α /near α	2.25	5	11			6.75	1										1.00	6.75
AT 8		7			0.3	0.01	7.00					0.6				0.2		1.25	5.60
811	near α	8					8.00	1			1							1.67	4.80
	α /near α	6					6.00	0.8	1	2								1.56	3.86
6242	near α	6	4	2			7.33	2										2.00	3.67
IRM 2		4					4.00			4							0.1	1.11	3.60
IRM 1		4					4.00			4								1.11	3.60
	α /near α	5	2	5		*	7.00	2										2.00	3.50

OZNAKE	TIP LEGURE	Al	Zr	Sn	Si	B	Al_{eq}	Mo	Ta	Nb	V	Cr	Ni	Mn	Co	Fe	Re	Mo_{eq}	Al_{eq}/Mo_{eq}
AT 6		6			0.3	0.01	6.00					0.6				0.4		1.75	3.43
AT 4		4			0.4	0.01	4.00					0.6				0.23		1.33	3.02
IMI 318	$\alpha + \beta$	6					6.00				4							2.67	2.25
VT 8		6					6.00	3										3.00	2.00
VT 4		4.6					4.60							1.5				2.55	1.80
	$\alpha + \beta$	3					3.00				2.5							1.67	1.80
	$\alpha + \beta$	7					7.00	4										4.00	1.75
	$\alpha + \beta$	6		2			6.67				6							4.00	1.67
AT 3		3			0.3	0.01	3.00					0.7				0.4		1.88	1.60
	$\alpha + \beta$	6	2	2			7.00	2			2							4.50	1.56
IMI 680		2.25		11	0.25		5.92	4										4.00	1.48
VT 3		4.6					4.60					2.5						3.13	1.47
	near β	6	4	2			7.33	6						1.5				6.00	1.22
OT 4		3					3.00							1.5				2.55	1.18
IMI 550		4		2	0.5		4.67	4										4.00	1.17
IRM 3		4					4.00	3.5										3.50	1.14
VT 14		4					4.00	3			1							3.67	1.09

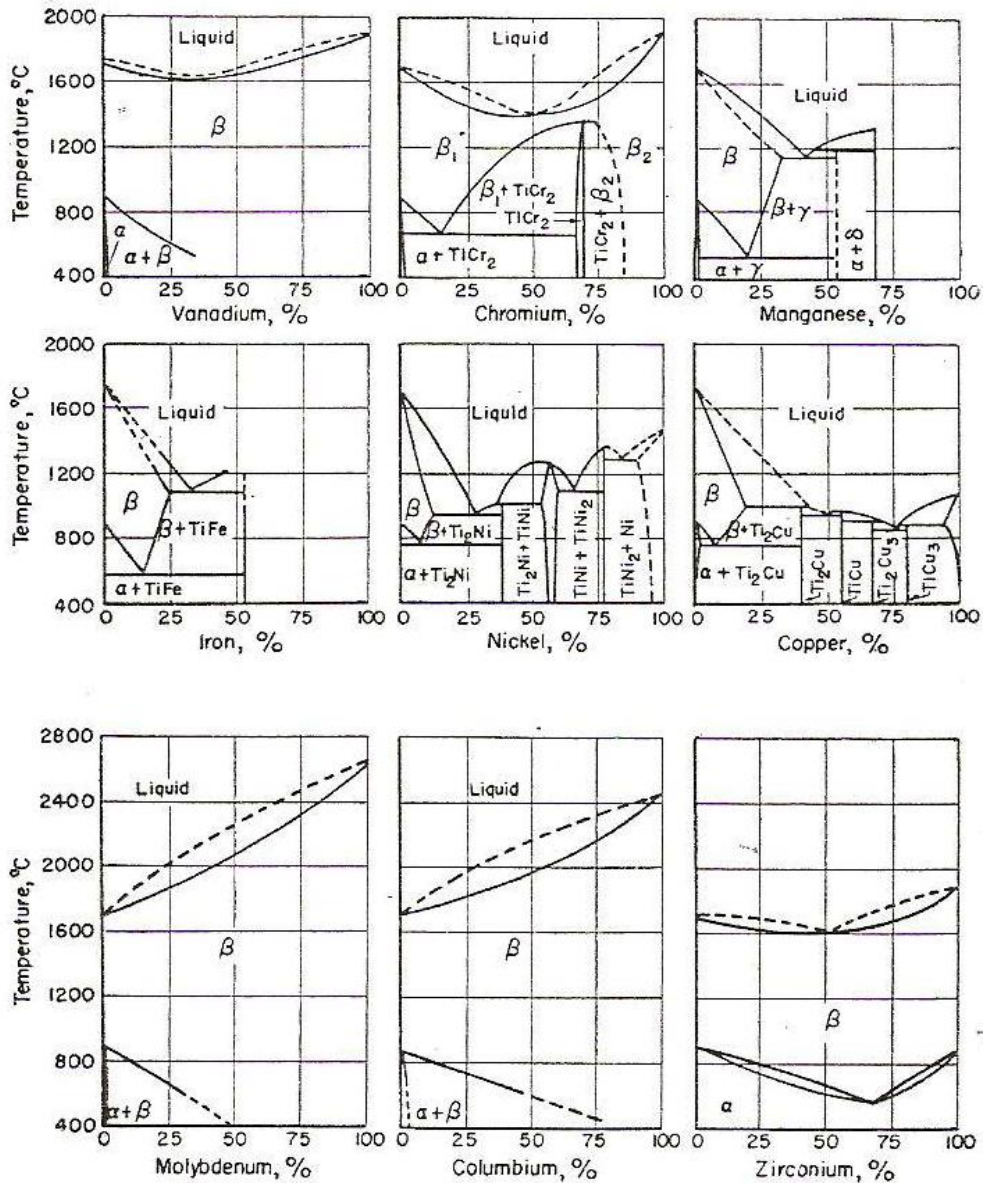
OZNAKE	TIP LEGURE	Al	Zr	Sn	Si	B	Al _{eq}	Mo	Ta	Nb	V	Cr	Ni	Mn	Co	Fe	Re	Mo _{eq}	Al _{eq} /Mo _{eq}
IRM 4		3.5					3.50	3.5									0.1	3.50	1.00
VT 3.1		4.6					4.60	1.7				2				0.5		5.45	0.84
OT 4.1		1.7					1.70							1.4				2.98	0.71
	BLIZU β	5	2	2			6.00	4				4						9.00	0.67
	$\alpha + \beta$	4.5					4.50	5				1.5						6.88	0.65
VT 2		1.6					1.60					2.5						3.13	0.51
Ti 15-3	β	3		3			4.00				15	3						13.75	0.29
VT 16		2					2.00	7										7.00	0.29
	near β	3					3.00				10					2		11.67	0.26
beta-C	β	3	4				3.67	4			8	6						16.83	0.22
	β		6	4.5			2.50	11.5										11.50	0.22
	β	3		3			4.00				15	3				2		18.75	0.21
	β	3	4				3.67	4			8	8						19.33	0.19
	β	3					3.00	8			8					2		18.33	0.16
VT 15		3					3.00	6.5				11						20.25	0.15
	β	3					3.00				13	11						22.42	0.13
	β						0.00							8				13.60	0.00

3.2. Beta legure

Beta stabilni elementi nalaze se u V i VI grupi periodnog sistema elemenata. Najjednostavniji su Nb (V grupa) i ranije zabilježeni Mo (VI grupa). Struktura β legure na sobnoj temperaturi je često stabilna ili metastabilna. Ove legure se mogu lako formirati i imaju visok nivo čvrstoće na povišenim temperaturama. Beta legure ispoljavaju osobinu tranzicije od žilavosti ka lomu i ne razmatraju se u kriogene svrhe.

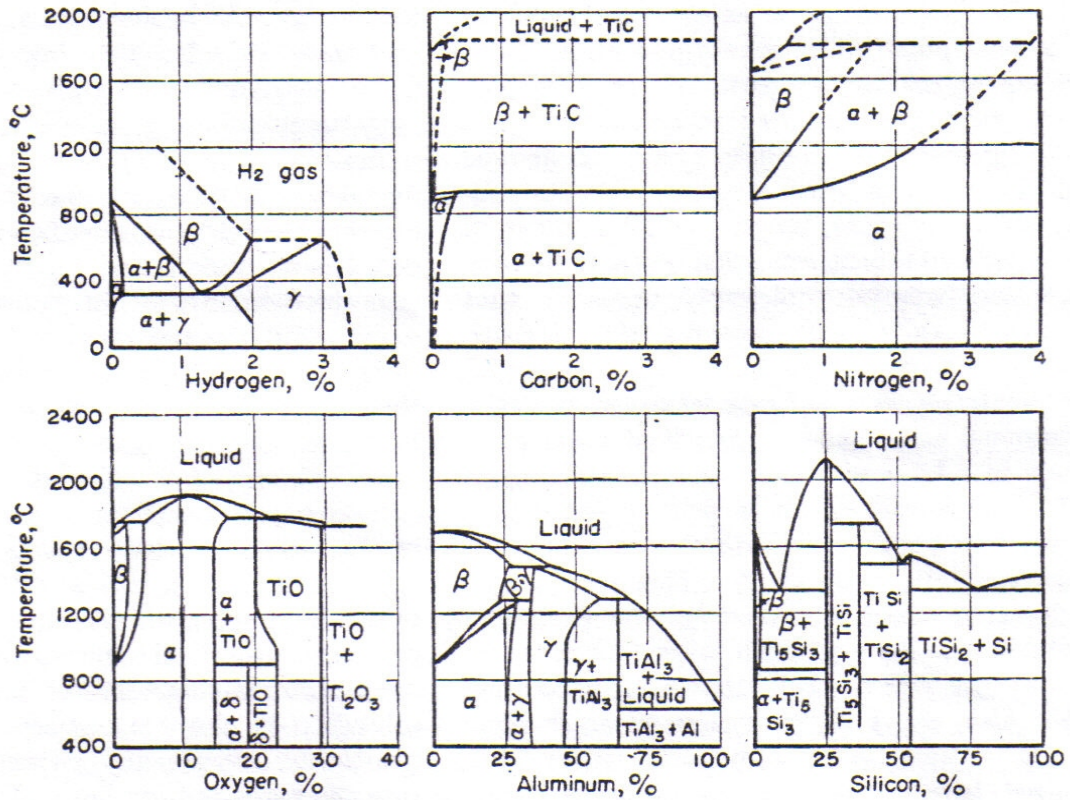
3.3. Alfa-beta legure

Iako α - β legure sadrže α i β stabilizatore, ravnotežna faza je obično α , premda zapreminska frakcija β varira između 5 i 50 %. Najjednostavnija i najpopularnija α - β legura je Ti-6Al-4V. Ova klasa legura ima sličnost površine sa glatkom površinom ugljičnih čelika, ali one nemaju takav niz osobina kao odgovarajuće čelične mikrostrukture.

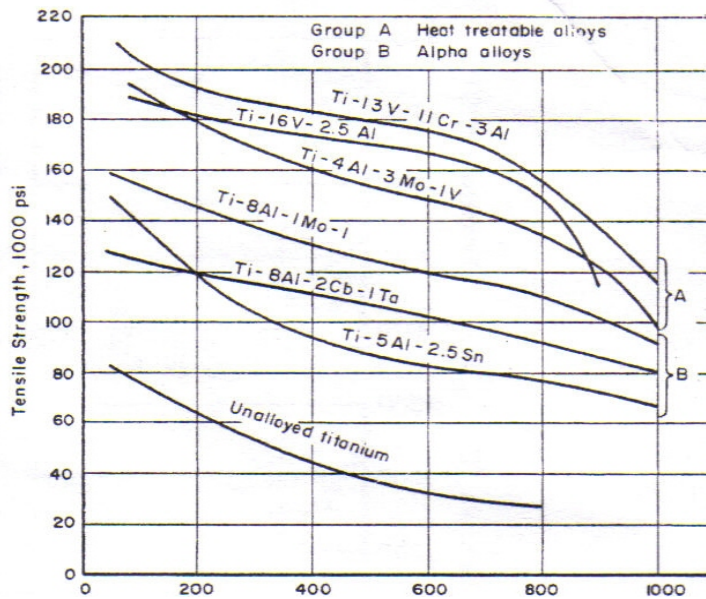


Ravnotežni dijagrami titana sa nekim prelaznim elementima

Jednostavnost kompozitnih legura 6-4, spojene sa odgovarajućim nizom mikrostruktura i osobina znači da su korištene u različite svrhe, $\alpha+\beta$ legure se mogu u granicama lako formirati i imaju dobre osobine na povišenim temperaturama. Legure sa više od 20% β se mogu lako zavarivati.

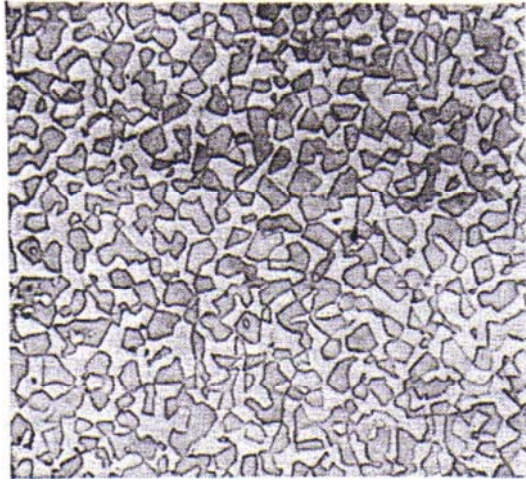


Ravnotežni dijagrami titana sa nekim neprelaznim elementima

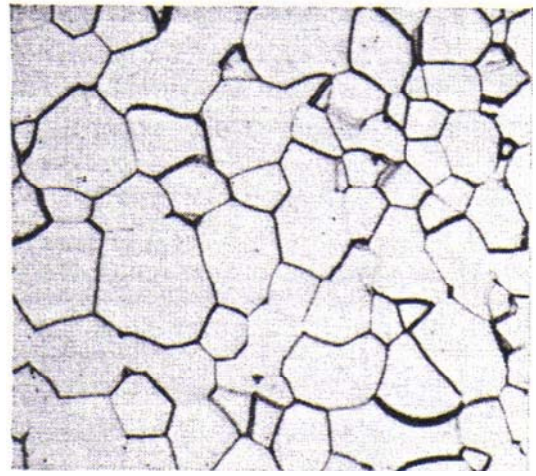


Uticaj temperature na zateznu čvrstoću nekoliko titanovih legura

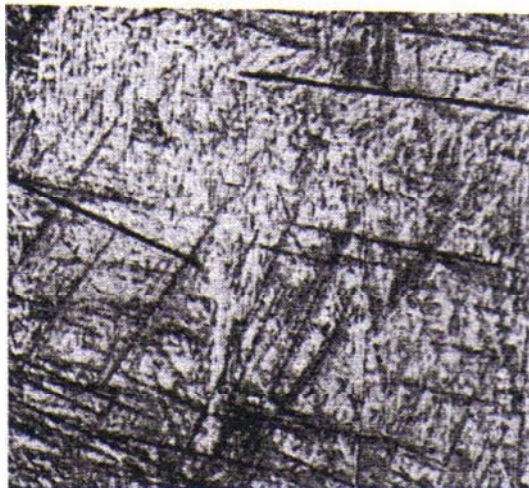
U α stabilnom sistemu, beta faza se ne može održati gašenjem niti postoji proces očvršćavanja kao rezultat beta-alfa transformacija. Zbog male sposobnosti topljenja u beta titanu dominantna je beta faza ojačavanja beta stabilizatorom. Legure titana beta stabilizatora su najjednostavnije. Kada se beta stabilizatori dodaju u malim količinama dobije se dvostruk proces α - β . U većim količinama dodatak leguri stabilizira beta fazu na niskoj temperaturi tako da se ova faza može održavati i na sobnoj temperaturi. U ovim uslovima beta faza je nestabilna i djelimično će se pretvoriti u fazu tranzicije, te se raspršiti u alfa fazu ili fazu jedinjenja prilikom zagrijavanja na određenim temperaturama. U određenim sistemima titan –molibden, titan-tantal, titan-vanadij, moguće je stabilizovati beta fazu uz veliku količinu beta stabilizatora. Zbog toga su u beta sistemu dostupne 3 vrste legura: alfa-beta, nepostojane beta, postojane beta. Osobine beta stabilnih legura ovise o količini dodatka legure u čvrstom stanju. U alfa titanu, beta stabilizator ima malu sposobnost topljivosti; osobine alfa-beta legura kao i stabilizator i nastala beta legura ovisi o količini dodatka legure u procesu topljenja u beta fazi.



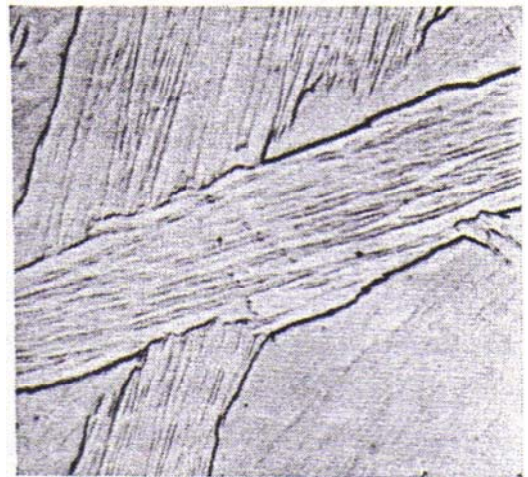
Struktura α - β legure proizvedene i žarene u α - β polju 250x



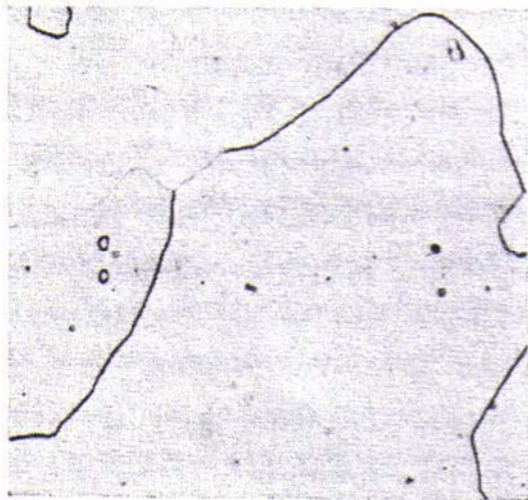
Struktura nelegiranog titana ili α legure žarene u α polju 100x



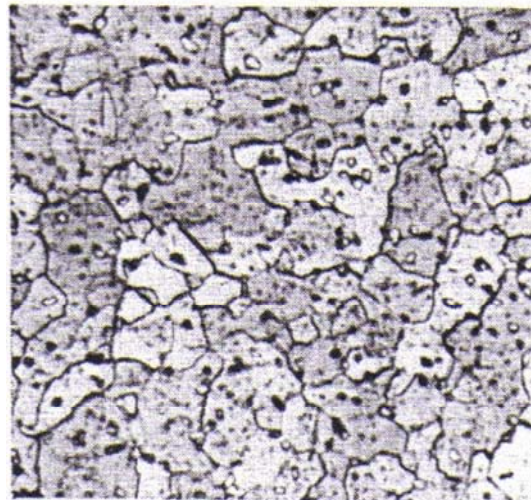
Struktura α - β legure kaljene u β polju 250x



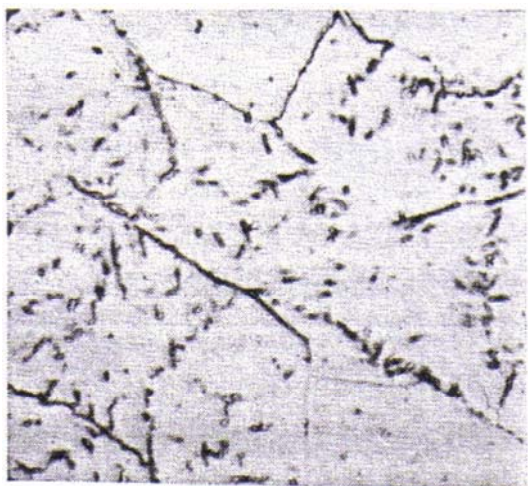
Struktura nelegiranog titana ili α legure kaljene u β polju



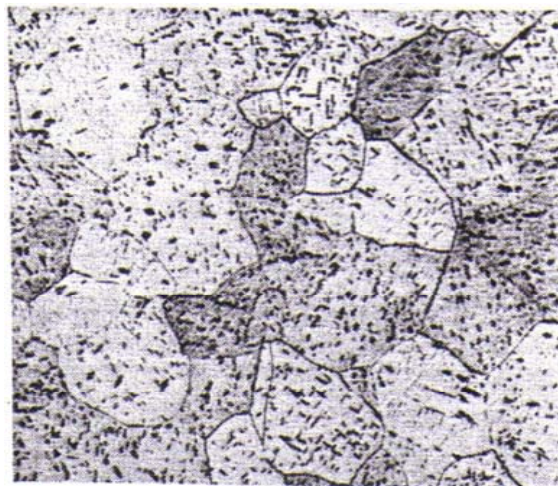
Struktura nestabilne β legure kaljene u β polju 250x



Struktura α legure koja sadrži karbid žaren u α karbidnom polju 250x



Struktura nestabilne β legure polako hladene u β polju 250x



Struktura α legure 100x

4. PLASTIČNE OSOBINE

Pri obradi deformacijom u toplom stanju tehnički titan je veoma plastičan, pri hladnoj deformaciji plastičnost mu je zadovoljavajuća. Najveći broj elemenata se izrađuje hladnom deformacijom u zatvorenim kalupima, a preporučeno je da se složeni oblici izrađuju deformacijom na 300⁰ C-400⁰ C. Temperatura deformacije u toplom stanju je 750⁰ C-1000⁰ C. Dobro se zavaruje primjenom lučnog zavarivanja u zaštitnoj atmosferi (argona) i elektro-otpornog zavarivanja bez primjene zaštitne atmosfere.

4.1. Očvršćavanje čvrstim rastvorom α faze

α legure su važne za očvršćavanje čvrstim rastvorom α stabilizatora otkad je kontribucija prema čvrstoći ovih elemenata veća. Primjeri važnosti α stabilizatora u očvršćavanju čvrstim rastvorom su prikazani u tabeli 8.

Legura	Koncentracija	Stanje	Kg/mm ²	Km/mm ² at%	Stopa očvršćavanja
Al	0-10	100 sati na 850 ⁰ C	102	15	15
Ga	0-5	pri livenju	108	24	24
Sn	0-7	pri livenju	112	24	24

Tabela 9. Važnosti stabilizatora u očvršćavanju čvrstim rastvorom

Alfa legura takođe može biti učvršćena intersticijskim atomima u čvrstom rastvoru. U tabeli 8. se može vidjeti da je uticaj intersticijskih atoma mnogo jači od substicijskih, vjerovatno zbog povećanja

neodgovarajućih razlika, kao što su jače atomske veze između intersticija i titana. Očito je da čvrstoća Ti-Al legure opada sa rastom količine Al u leguri. Titan ima jači afinitet za C i N nego Al, ali Al ima veći afinitet prema O.

4.2. Očvršćavanje čvrstim rastvorom beta faze

Pri povišenim temperaturama očvršćavanje čvrstim rastvorom u beta fazi postaje nedjelotvorno. Uticaj očvršćavanja čvrstim rastvorom u beta fazi beta stabilizatorom je relativno slab, kao što se može vidjeti u tabeli 9. Pri povišenim temperaturama očvršćavanje čvrstim rastvorom u β fazi postaje nedjelotvorno.

	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Mo
Nm ⁻² /wt %	19	21	34	46	48	35	14	27
Nm ⁻² /atm%	20	23	39	54	59	43	18	54

Tabela 10. Uticaj očvršćavanja čvrstim rastvorom u beta fazi beta stabilizatorom

5. PODJELA TITANOVIIH LEGURA PREMA NAMJENI

Prema namjeni titanove legure se dijele na:

- Legure za oće svrhe (BT6)
- Legure za limove (OT4, BT4, BT5)
- Legure mehanički otporne na visokim temperaturama (BT3, BT3-1, BT8)

5.1. Legure za opće svrhe

Legura BT6 se proizvodi u obliku limova, šipki, kovanih proizvoda i proizvoda izrađenih deformacijom u zatvorenim kalupima. Otporna je na

koroziju. Ima dobru plastičnost u toplom stanju. Temperatura kovanja je 950-980°C. Složena obrada u zatvorenim kalupima se obavlja pri zagrijavanju do 500-700°C. Legura se zavaruje primjenom elektrootpornog kontaktnog i argon-lučnog zavarivanja, uz primjenu zaštitne atmosfere. Poslije zavarivanja treba vršiti termičku obradu radi obnavljanja plastičnosti. Čvrstoća legure može da se poveća termičkom obradom. U napregnutom stanju legura je postojana pri temperaturama do 500°C. Primjenjuje se za izradu nepokretnih elemenata koji rade pri temperaturi 400-450°C.

5.2. Legure za limove

Legure OT4, BT4 i BT5 imaju otpornost na koroziju. Plastičnost legura OT4 i BT4 u toplom stanju je dobra, a legura BT5 je zadovoljavajuća. Obrađuju se deformacijom u toplom stanju. Izvlačenje jednostavnih oblika može da se vrši pri temperaturi 20°C. Obrada složenih elemenata, deformacijom u zatvorenim kalupima, obavlja se pri zagrijavanju do 500°C. Sve ove legure se zavaruju primjenom argon-lučnog zavarivanja. Pri zavarivanju elemenata složenih oblika treba vršiti žarenje radi otklanjanja unutrašnjih napona. Pri zagrijavanju do 350-400°C legure zadržavaju svoje osobine. Legure OT4 i BT4 upotrebljavaju se kao poluproizvodi u obliku limova, elemenata koji rade na temperaturama do 350°C. Legura BT5 se bolje zavaruje od legura OT4 i BT4. Primjenjuje se u obliku limova, šipki i kovanih proizvoda za izradu elemenata koji se zavaruju i rade na temperaturama do 400°C.

5.3. Legure mehanički otporne na visokim temperaturama

Legure BT3, BT3-1 i BT8 izrađuju se u obliku kovanih proizvoda, proizvoda izrađenih deformacijom u zatvorenom kalupima, i šipki. Otporne su na koroziju. Temperatura deformacije u toplom stanju je 850-1100°C. Legura BT3 je postojana na temperaturama do 350°C i

primjenjuje se kao konstrukcioni materijal za elemente koji rade na tim temperaturama. Legura BT3-1 je modificirana legura BT3 sa dodatkom Mo. Postojana je na temperaturama do 500°C. Primjenjuje se za izradu elemenata kovanjem, deformacijom u zatvorenim kalupima, koji rade pri temperaturama do 500°C. Legura BT8 se dobro zavaruje primjenom elektrootpornog zavarivanja. Obradljivost rezanjem je zadovoljavajuća. Ova legura ima najbolje mehaničke osobine na visokim temperaturama od svih titanovih legura. Primjenjuje se za izradu kovanjem, valjanjem, deformacijom u zatvorenim kalupima koji rade na temperaturama do 600°C.

6. Zaključak

Titan spada u grupu lakih metala. Ima veoma dobre mehaničke osobine, koje zavise od količine i vrste primjesa. Kod njih je izražena trajna dinamička čvrstoća. Čvrstoća mu je veća od nego kod aluminijsa.

Osnovni nedostatak titana je mali modul elastičnosti

($E=112000\text{N/mm}^2$), zbog toga se nemože postići veća krutost

konstrukcije. Sklon je pucanju na povišenim i niskim temperaturama.

Aluminij je osnovni legirajući element kod titanovih legura. On povećava čvrstoću, vatrootpornost, modul elastičnosti i vatropostojanost. Legure titana se obrađuju kaljenjem, otpuštanjem, zavarivanjem kao i drugim postupcima. Postoje još neki legirajući elementi kao što su : kalaj, vanadij, molibden, krom, mangan, olovo i kobalt. Najčešća primjena titana i njegovih legura je u zrakoplovu i ratnoj tehnici, brodogradnji i hemijskoj industriji. Prikladna je izrada djelova koji rade na povišenim temperaturama od 300⁰ C-600⁰ C.

7. LITERATURA

1. Inženjersko tehnički priručnik-ŠESTA KNJIGA- Izdavačko preduzeće "Rad", Beograd, 1976
2. Rare metals handbook, Second Edition, edited by Clifford A. Hampel, Consulting Chemical Engineer, Illinois, Reinhold Publishing Corporation Chapman & Hall, Ltd; London, 1961.
3. Hadžipašić A.: Materijali u mašinstvu, Dom štampe Zenica, Zenica 2000.
4. Rad autora: Steven Yue (Dept. Of Metallurgical Engineering, McGill University, Montreal, Quebec) i Simon Durham (Materials Engineering, Pratt & Whitney Canada, Longueuil, Quebec)