Tržište titana i njegovih legura

Balač, Dario

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Metallurgy / Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:115:594246

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU METALURŠKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB FACULTY OF METALLURGY
SISAK

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb - Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET

Dario Balač

ZAVRŠNI RAD

Sisak, rujan 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET

Dario Balač

TRŽIŠTE TITANA I NJEGOVIH LEGURA

ZAVRŠNI RAD

Voditelj:

izv.prof.dr.sc. Ljerka Slokar Benić

Članovi Povjerenstva za ocjenu i obranu završnog rada:

1. Prof.dr.sc. Stjepan Kožuh, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – predsjednik
2. Izv.prof.dr.sc. Ljerka Slokar Benić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – članica
3. Doc.dr.sc. Ivana Ivanić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – članica
4. Doc.dr.sc. Ivan Ivec, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – zamjenski član

Sisak, rujan 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET

UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF METALLURGY

SISAK

◈ FAKULTETSKO VIJEĆE ◈

KLASA: 602-04/20-04/14
URBROJ: 2176-78/20-04-137

Sisak, 9. rujna 2020.

Temeljem točke IX. Naputka o završnom radu i završnom ispitu Pravilnika o studiranju na preddiplomskim studijima i diplomskom studiju Metalurškog fakulteta i članka 23. Statuta Metalurškog fakulteta, Fakultetsko vijeće na svojoj 11. redovitoj sjednici od 9. rujna 2020. godine (t. 8), a na prijedlog Povjerenstva za nastavu, donosi sljedeću

O D L U K U

o odobravanju teme, imenovanju voditelja i Povjerenstva za ocjenu i obranu završnog rada

I.
Studentu preddiplomskog sveučilišnog studija *Metalurgija* smjer *Metalurško inženjerstvo* **DARIU BALAČU** (BM-3590/16) za voditeljicu završnog rada pod naslovom "Tržište titana i njegovih legura" ("Market of Titanium and its Alloys") imenuje se **izv.prof.dr.sc. Ljerka Slokar Benić**.

II.
Studentu iz točke I. ove Odluke imenuje se Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada u sastavu:

1. prof.dr.sc. Stjepan Kožuh, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – predsjednik,
2. izv.prof.dr.sc. Ljerka Slokar Benić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – članica,
3. doc.dr.sc. Ivana Ivanić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – članica,
4. doc.dr.sc. Ivan Ivec, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – zamjenski član.

III.
Ova Odluka stupa na snagu danom donošenja.

IV.
Protiv ove Odluke može se uložiti prigovor Fakultetskom vijeću Metalurškog fakulteta u roku 8 dana od dana primitka iste.

Obnašateljica dužnosti dekana
Metalurškog fakulteta

izv.prof.dr.sc. Zdenka Zovko Brodarac

Dostavljeno:
1 x Dario Balač
4 x voditeljica, članovi Povjerenstva
1 x Studentska referada
1 x Tajništvo
1 x pismohrana Fakultetskog vijeća
1 x pismohrana

Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet
Aleja narodnih heroja 3; p.p.1; HR - 44103 Sisak
tel.: +385(0)44 533378; 533379; 533380; 533381
faks: +385(0)44 533378
e-mail: dekanat@simet.hr; url: www.simet.unizg.hr

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET

UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF METALLURGY

IME: DARIO

PREZIME: BALAČ

MATIČNI BROJ: BM-3590/16

Na temelju članka 19. stavak 2. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu dajem sljedeću

IZJAVU O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je moj završni / diplomski / doktorski rad pod naslovom:

TRŽIŠTE TITANA I NJEGOVIH LEGURA

izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Sisak, 22.09.2020

(vlastoručni potpis)

Izrazi koji se koriste u ovoj Izjavi, a imaju rodno značenje, koriste se neutralno i odnose se jednako i na ženski i na muški rod.

Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet
Aleja narodnih heroja 3; p.p.1; HR - 44103 Sisak
tel.: +385(0)44 533378; 533379; 533380; 533381
faks: +385(0)44 533378
e-mail: dekanat@simet.hr; url: www.simet.unizg.hr

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici izv.prof.dr.sc. Ljerki Slokar Benić na strpljenju, razumijevanju te pomoći pri vođenju i pisanju rada. Isto tako zahvaljujem se svim ljudima koji su me bodrili i motivirali, a najviše svom prijatelju i bivšem studentu Metalurškog fakulteta Lovri Mediću.

TRŽIŠTE TITANA I NJEGOVIH LEGURA

Sažetak

U ovom radu dan je opći prikaz titana i njegovih legura, a detaljnije je prikazano njihovo tržište sa naglaskom na određene proizvode i njihovu najširu primjenu, njihovo trenutno stanje, odnose cijena te njihov potencijal u budućnosti. Također, sukladno situaciji kakva je trenutno u svijetu, u ovom radu govori se o tržištu titana u doba Covid-19 virusa te promjene u trendovima uporabe titana i cijene istog u zadnjih 20 godina.

Ključne riječi: titan, legure titana, tržište titana

MARKET OF TITANIUM AND ITS ALLOYS

Abstract

This paper gives a general overview of titanium and its alloys, and presents their market in more detail with an emphasis on certain products and their widest application, their current state, price relations and their potential in the future. Also, in accordance with current situation in the world, this paper discusses the titanium market in the era od Covid-19 virus and changes in trends in the use of titanium and its price in the last 20 years.

Key words: titanium, titanium alloys, titanium market

Popis slika:

Slika 1. Metalni titan visoke čistoće (99,999 %)
Slika 2. Spužva titana
Slika 3. Relativni udjeli glavnih elemenata u ukupnim troškovima pri proizvodnji spužve titana Slika 4. Poluge od CP titana vrste 1
Slika 5. Proizvodi od CP titana vrste 7
Slika 6. Utjecaj alfa-stabilizatora na titan
Slika 7. Utjecaj neutralnih elemenata na titan
Slika 8. Utjecaj beta-izomorfnih elemenata na titan
Slika 9. Utjecaj beta-eutektoidnih elemenata na titan
Slika 10. Pseudo-binarni ravnotežni fazni dijagram Ti-6Al-4V legure
Slika 11. Primjeri primjena legura titana
Slika 12. Brzina rasta tržišta titanovih legura po svjetskim regijama za razdoblje 2019.-2024.g.
Slika 13. Tržište titanovih legura prema primjeni na svjetskoj razini u 2018.g.
Slika 14. Američko tržište titanovog dioksida prema primjeni u periodu od 2014.-2025. g.
Slika 15. Svjetsko tržište titanovog dioksida prema primjeni u 2018. g

Popis tablica:

Tablica 1. Usporedba troškova po fazama proizvodnje metala

SADRŽAJ

1. Uvod 1
2. Općenito o titanu 2
3. Titan i legure titana 4
   3.1 Komercijalno čisti titan 5
   3.2 Alfa legure titana 6
   3.3 Beta legure titana 8
   3.4 Alfa + beta legure titana 9
4. Uporaba titana i legura titana 10
5. Tržište titana 12
6. Tržište titanovog dioksida 14
7. Tržište titana u doba COVID-19, 2020. godina 17
8. Zaključak 18
9. Literatura 19

   Životopis 21

1. Uvod

Za mnoge od nas titan je materijal visoke kvalitete kojeg NASA koristi za svoje svemirske letjelice te razne druge tehnologije, ali za razliku od nekih drugih metala, titan je relativno "mlad" metal. Koristi se u razne svrhe, a najviše u zrakoplovnoj industriji. Naime, cijena mu je od 2006. do 2010. godine pala za čak 60% te je kao takav titan postao pristupačniji na tržištu. Mogućnost recikliranja metala općenito, pa tako i titana, jedan je od važnih procesa, kako radi očuvanja i zaštite okoliša, tako i radi same ekonomije. Legure na bazi titana imaju specifična svojstva zbog kojih se smatraju izvrsnim materijalom za ponovnu uporabu, ali i zbog odnosa "uloženo : dobiveno". Čvrstoća ovog materijala je nevjerojatna. Lakši je za 45% od čelika, a jednako je čvrst. Dvostruko je čvršći od aluminija, ali samo je 60% teži. Ima odličnu otpornost na koroziju i visoke temperature [1].

Postoji li neki element koji podsjeća na pojam čvrstoće poput titana? Ovaj element je nazvan po Titanima, grčkim bogovima. Pojavljuje se u avionima i palicama za lacrosse (timski sport s loptom), medicinskoj opremi, pa čak i u kremama za sunčanje. Titan je otporan na koroziju i posebno je čvrst, a istovremeno lagan. Iako mu je cijena značajno pala u periodu od 2006. – 2010. godine i dalje je skuplji u odnosu na ostale metale, no takvu cijenu "brani" svim svojim kvalitetnim svojstvima. Bitno je naglasiti da iako je titan relativno "mlad" metal, sve se više upotrebljava u raznim granama industrije.

Primarna svojstva koji čine titan pogodnim materijalom uključuju:

- izvrstan omjer čvrstoće i mase, koji se iskorištava u zrakoplovnoj i petrokemijskoj industriji;
- otpornost na koroziju, koja je posebno privlačna zrakoplovnoj, kemijskoj, petrokemijskoj i arhitektonskoj industriji;
- biološku kompatibilnost, koja je od interesa za medicinsku industriju.

Kemijska industrija je jedan od najvećih korisnika titana zbog njegove odlične otpornosti na koroziju, posebno u prisutnosti oksidirajućih kiselina. Zrakoplovna industrija je sljedeći najveći korisnik, prvenstveno zbog toga što titan i njegove legure zadržavaju svoja bitna svojstva i na povišenim temperaturama, ali i zbog uštede na masi zbog visoke čvrstoće i male gustoće [2,3].

U ovom radu će se govoriti općenito o titanu i njegovim legurama, o njihovim karakteristikama i uporabi te o njihovom tržištu, ali i o ostalim bitnim činjenicama vezanim za ovu temu.

2. Općenito o titanu

Element titan ima kemijski simbol Ti. To je metal srebrene boje koji se u periodnom sustavu nalazi na 22. mjestu (slika 1) i pripada skupini prijelaznih metala. Atomska masa mu je 47,88, a temperatura taljenja 1670°C [4].



Slika 1. Metalni titan visoke čistoće (99,999 %) [4,5]

Za titan se može reći puno samo iz njegovog imena, koje potječe iz grčke mitologije, a simbolizira snagu i izdržljivost. Titan je vrlo zastupljen u Zemljinoj kori, u mnogim stijenama i sedimentima, a nalazi se prvenstveno u mineralima rutilu (TiO_2), ilmenitu ($FeTiO_3$) i titanitu ili sfenu ($CaTiSiO_5$). Godine 1791. ga je otkrio veliki William Gregor, engleski pastor, a čisti titan prvi je proizveo Matthew A. Hunter, američki metalurg, 1910. godine. Titan se u narodu naziva „čudo od metala“. Taj naziv „brane“ brojna jedinstvena svojstva koja ga čine idealnim za odabrane primjene u visoko vrijednim industrijama [6].

Zbog poroznosti i spužvastog izgleda, metalni titan koji se dobije iz rude, naziva se spužva (slika 2). Nazvan je “spužvom” zbog svog poroznog, spužvastog izgleda. Spužva se proizvodi u raznim vrstama s različitim razinama nečistoća. Spužva visokog stupnja koristi se u dijelovima zrakoplova, dok se spužva slabije kvalitete koristi u komercijalnim proizvodima, kao što su golf palice [7,8].



Slika 2. Spužva titana [9]

Dobivanje elementarnog titana je vrlo teško iz razloga što je pri visokim temperaturama vrlo reaktivan i lako se spaja s dušikom, kisikom i ugljikom.

Proizvodnja titanove spužve iz ruda rutil (TiO_2) ili ilmenit ($FeTiO_3$) se odvija u 5 koraka kako slijedi:
(i) proizvodnja titanovog tetraklorida ($TiCl_4$) kloriranjem rude prema reakciji:

$$2TiO_{2(s)} + 4Cl_{2(g)} + 3C_{(s)} \rightarrow 2TiCl_{4(g)} + CO_{2(g)} + 2CO_{(g)} \quad (1)$$

(ii) pročišćavanje $TiCl_4$ destilacijom u dva koraka; u prvom se uklanjaju primjese niskog vrelišta, kao što su CO i CO_2, a u drugom se uklanjaju primjese višeg vrelišta, kao što su ($SiCl_4$ i $SnCl_4$,

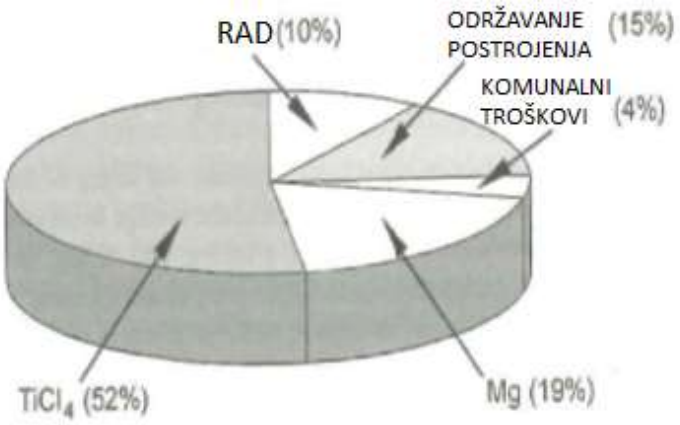
(iii) redukcija $TiCl_4$ do metalnog titana (Krollov proces): pročišćeni $TiCl_4$ se stavlja u reaktor napunjen inertnim plinom te zagrijava na 800 – 850 °C pri čemu reagira s magnezijem koji se također nalazi u reaktoru, prema reakciji:

$$TiCl_4 + 2Mg \rightarrow Ti + 2MgCl_2 \quad (2)$$

(iv) pročišćavanje metalnog titana odnosno spužve radi uklanjanja nus-produkata procesa redukcije, Mg, $MgCl_2$, najčešće destilacijom u visokom vakuumu,

(v) usitnjavanje titana u svrhu stvaranja pogodnih produkata za naknadno taljenje komercijalno čistog (CP) titana i njegovih legura; veličina Ti-komada ne treba biti manja od 3 – 5 cm čime se eliminira trošak daljnjeg usitnjavanja [8,10].

Kao i mnogi prijelazni metali, titan stvara oksidne slojeve na površini reakcijom sa zrakom [6]. Jedan je od rijetkih elemenata koji će izgorjeti u atmosferi čistog dušika. Čvrst je i lagan metal, ima veliku otpornost na koroziju. Budući da titan ne reagira unutar ljudskog tijela, od njega i njegovih legura proizvode se biomedicinski implantati, kao što su: umjetni zglobovi, premosnice itd. Na žalost, visoki troškovi proizvodnje spužve titana (slika 3) ograničavaju njegovu široku upotrebu. Stoga su mnoga trenutna istraživanja fokusirana na razvoj alternativnih ekonomičnijih načina proizvodnje metalnog titana iz ruda ilmenita ili rutila [4, 11, 12].



Slika 3. Relativni udjeli glavnih elemenata u ukupnim troškovima pri proizvodnji spužve titana [8]

Svojstva titana, koja uključuju kombinaciju velike čvrstoće, krutosti, žilavosti, niske gustoće te otpornosti na koroziju i visoke temperature, omogućavaju uštedu na masi u zrakoplovima i drugim primjenama visokih performansi. Titan i njegove legure imaju vlačnu čvrstoću od od 250 – 700 MPa, što je ekvivalentno čvrstoći koju nalazimo u većini legiranih čelika. Titan može dodatno ojačati dodatkom legirnih elemenata i plastičnom deformacijom. Nemagnetičan je i ima dobra svojstva prijenosa topline. Njegov koeficijent toplinskog širenja je nešto manji nego od čelika i upola je manji od koeficijenta toplinskog širenja aluminija [4,13].

3. Titan i legure titana

Titan i njegove legure važni su u mnogim industrijama, kao što su: zrakoplovna, medicinska, petrokemijska i energetska industrija [14].

Titan je prijelazni metal male gustoće (4,5 g/cm^3). Na njegova fizikalna i mehanička svojstva utječe dodatak, odnosno prisustvo drugih elemenata poput kisika, dušika i željeza.

Titan ima dvije alotropske modifikacije: alfa (α) i beta (β). Temperatura prijelaza iz jedne faze u drugu iznosi 882 °C. Na temperaturama nižim od temperature prijelaza ima heksagonsku gusto složenu (eng. hcp) strukturu koja se označava kao alfa faza. Na temperaturama višim od 882 °C ima kubičnu volumno centriranu (eng. bcc) strukturu poznatu kao beta faza. Prisustvo nečistoća kao i dodatak intersticijskih i supstitucijskih elemenata utječe na temperaturu prijelaza jedne faze u drugu [9].

Ovisno o njihovom utjecaju na temperaturu beta-prijelaza, legirni elementi titana klasificiraju se kao: stabilizatori alfa faze (alfa-stabilizatori), stabilizatori beta faze (beta-stabilizatori) i neutralni elementi. Stabilizatori alfa faze proširuju alfa fazno polje na veće temperature, dok beta-stabilizatori pomiču beta fazno polje na niže temperature. Neutralni elementi imaju samo blagi utjecaj na temperaturu beta-prijelaza.

Legure titana su metalni materijali u kojima je titan pomiješan s drugim metalima poput: aluminija, molibdena i vanadija koji mu poboljšavaju svojstva [13].

Svojstva legura titana u osnovi određuju dva čimbenika: kemijski sastav i mikrostruktura. Kemijski sastav legura titana prvenstveno određuje svojstva i volumenski udio alfa i beta faza. Zbog ograničene sposobnosti deformacije heksagonske gusto složene kristalne strukture, alfa faza je manje duktilna u usporedbi s kubičnom beta fazom. Koeficijent difuzije alfa faze je za dva reda veličine niži od onog za beta fazu. Otpornost na puzanje i oksidaciju povećavaju se s povećanjem sadržaja aluminija, a istovremeno duktilnost i sposobnost deformacije se pogoršavaju. Stoga se pri razvoju novih legura titana mora paziti da u njima ne bude više od 9% aluminija. Iz tog razloga je udio aluminija u konvencionalnim legurama titana dugo vremena iznosio maksimalno 6% kako bi se izbjeglo stvaranje krhke intermetalne faze Ti_3Al. Ipak, danas se ta granica ponekad namjerno prelazi što pokazuju velike aktivnosti na aluminidima titana, jer znanstvenici i inženjeri sve više iskorištavaju izvanredna svojstva intermetalnih spojeva na bazi Ti_3Al (alfa2) [4,13,15].

3.1 Komercijalno čisti titan

Komercijalno čisti CP (engl. CP – commercially pure) titan je u osnovi legura titana s kisikom (Ti-O) i to je najviše korišteni alfa-jednofazni materijal. Kontroliranim dodatkom kisika, koji se intersticijski otapa u metalu, postiže se povećanje tvrdoće stvaranjem čvrste otopine [16].

Nelegirani komercijalno čisti (CP) titan dijeli se na četiri vrste (eng. Grade 1 – Grade 4), ovisno o sadržaju kisika (0,18 – 0,40 %) i željeza (0,20 – 0,50 %). Njihova svojstva proizlaze iz heksagonske alfa faze. Komercijalno čisti titan vrste 1 (CP Ti Grade 1, slika 4) pokazuje najveću otpornost na koroziju i sposobnost oblikovanja te veliku udarnu žilavost, ali ima najnižu čvrstoću. Slijedom toga, koristi se za dijelove koji zahtijevaju izvrsnu otpornost na koroziju, ali dopuštaju malu čvrstoću, npr. za duboko vučenje, kao legura za oblaganje za čeličnih reaktora i sl. [4,17,18].



Slika 4. Poluge od CP titana vrste 1 [17]

Vrsta komercijalno čistog titana 2, s vrijednostima vlačne čvrstoće između 390 i 540 MPa najpopularnija je vrsta CP titana. Vrsta 3 ima veću čvrstoću te omogućava dizajniranje dijelova sa smanjenom debljinom stijenke, pa se stoga koristi tamo gdje velika masa predstavlja problem. Vrsta 4 ima najveću čvrstoću, do 740 MPa, i dobru oblikovljivost te se preferirano koristi za montažne dijelove i armature. Međutim, složeni dijelovi se moraju oblikovati na temperaturama oko 300°C [4,17,18].

Za poboljšanje svojstava, CP titanu dodaju se paladij (Grade 7, 11, 16, 17) ili rutenij (Grade 26 i 27). Čisti titan također pokazuje bolju obradivost od ostalih legura titana. Stoga je moguće izraditi dijelove jednostavnih, ali i složenih oblika (slika 5) [4].

Među svim komercijalno dostupnim legurama titana, vrsta 7 ima najveću otpornost na koroziju, izvrsnu obradivost i zavarljivost. Najčešće se koristi za proizvodnju opreme i dijelova u kemijskoj industriji [19].



Slika 5. Proizvodi od CP titana vrste 7 [19]

Cijena komercijalno čistog titana je povoljna u usporedbi s drugim legurama titana. Štoviše, u periodu od 2006. do 2010. godine cijena mu je pala za čak 60% [16].

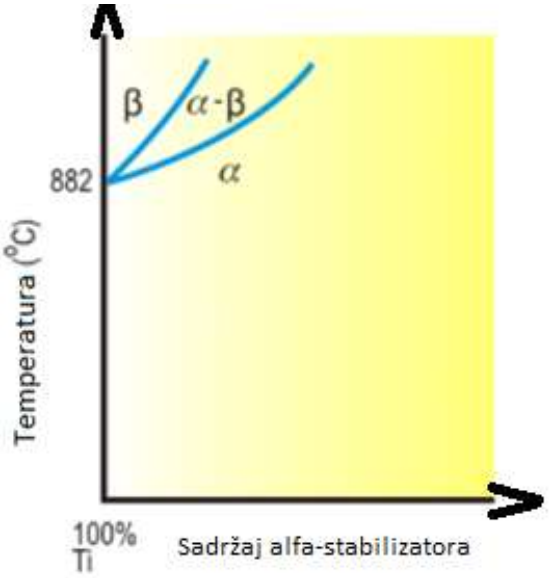
3.2 Alfa legure titana

Prema mikrostrukturi koja je stabilna na sobnoj temperaturi, legure titana se dijele na: alfa legure, alfa+beta legure i beta legure.

Alfa legure titana sadrže veću količinu elemenata koji stabiliziraju alfa fazu. Ovi alfa-stabilizatori pomiču prekristalizaciju prema višim temperaturama te stabiliziraju niskotemperaturnu alfa fazu.

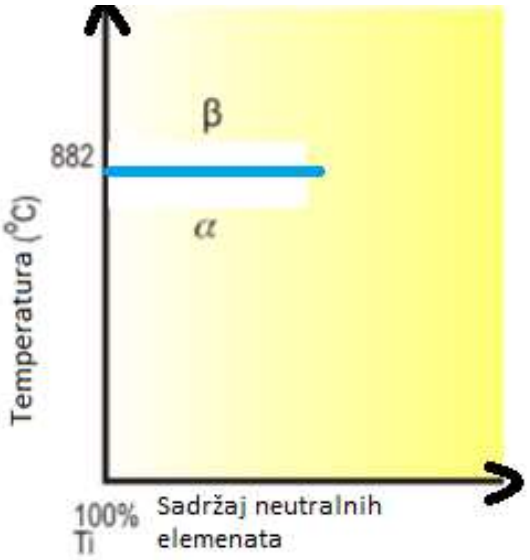
U stabilizatore alfa faze ubrajaju se intersticijski elementi: kisik, dušik i ugljik, te aluminij, bor, galij, germanij. Budući da povećava temperaturu alfa/beta prijelaza te ima veliku topljivost i u alfa i u beta fazi, aluminij je alfa stabilizator koji se najviše komercijalno koristi te je glavni sastavni dio većine komercijalnih legura titana.

Alfa legure se prvenstveno koriste u industriji kemijskog i procesnog inžinjerstva. Od najveće važnosti su izvrsno korozijsko ponašanje i deformabilnost, dok visoka (specifična) čvrstoća zauzima drugo mjesto. Na slici 6 je prikazan binarni fazni dijagram koji prikazuje utjecaj dodatka alfa stabilizatora poput aluminija, kisika, dušika ili ugljika [4,8,13,17,18,20].



Slika 6. Utjecaj alfa-stabilizatora na titan [18]

Dodatak cirkonija, kositra i hafnija titanu ne utječe značajno na temperaturu fazne transformacije te se oni stoga nazivaju neutralnim elementima. Na slici 7 je prikazan fazni dijagram utjecaja neutralnih elemenata na titan. Naime, neutralni elementi neznatno snižavaju temperaturu fazne transformacije. Međutim, ako su prisutni u većim koncentracijama onda ju povisuju.



Slika 7. Utjecaj neutralnih elemenata na titan [8]

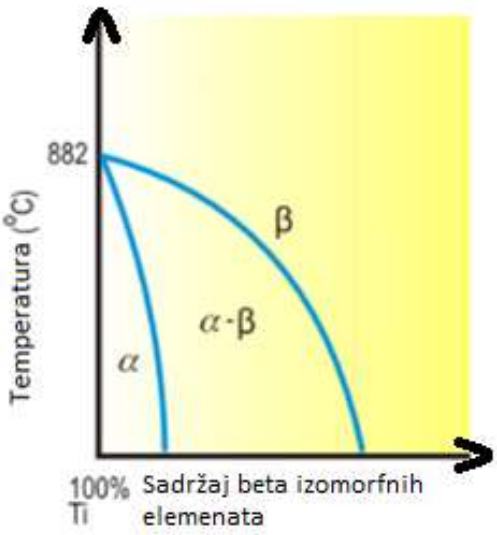
Cirkonij i hafnij, osim što imaju potpunu topljivost u alfa i beta titanu, izomorfni su s njim te stoga pokazuju istu transformaciju beta faze u alfa fazu [8,18,20].

3.3 Beta legure titana

Beta legure se definiraju kao one legure koje sadrže dovoljnu ukupnu količinu beta-stabilizatora da se potpuno beta-struktura zadrži na sobnoj temperaturi naglim hlađenjem s temperature više od temperature faznog alfa/beta prijelaza [21].

Elementi koji stabiliziraju beta fazu titana mogu biti izomorfni (slika 8) ili eutektoidni (slika 9). Dodatak ovih elemenata titanu u količinama prema prikazanim dijagramima mogu stabilizirati beta fazu na dobnoj temperaturi. Beta-izomorfni elementi, kao što su npr.: Mo, V i Ta, daleko su važniji jer imaju veću topljivost u titanu. S druge strane, čak i vrlo male količine udjela beta-eutektoidnih elemenata (Fe, Mn, Cr, Co, Ni, Cu, Si i H) mogu dovesti do stvaranja intermetalnih spojeva [4,13,20,22].

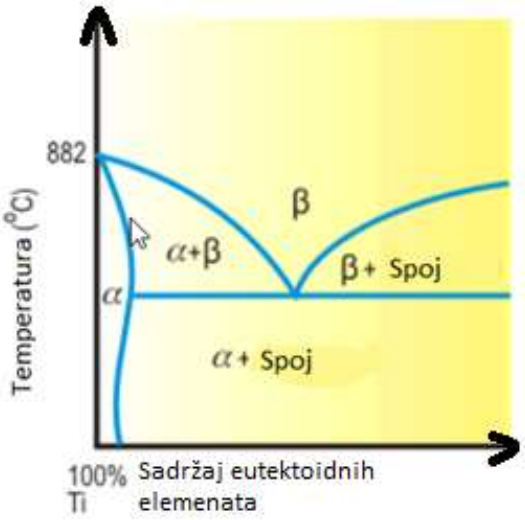
Budući da pružaju najveći omjer čvrstoće i mase te vrlo atraktivne kombinacije čvrstoće, žilavosti i otpornosti na zamor na velikim presjecima, beta legure titana su najsvestranija klasa legura titana. Ipak, imaju i neke nedostatke, kao što je veća gustoća od alfa+beta legura, male mogućnosti obrade i visoki troškovi. Beta legure imaju nizak modul elastičnosti, što je u nekim slučajevima nedostatak, a u nekim (biomedicina) prednost.



Slika 8. Utjecaj beta-izomorfnih elemenata na titan [18]

Beta-eutektoidni elementi imaju ograničenu topivost u titanu i tvore intermetalne spojeve eutektoidnim raspadom beta faze, što je grafički prikazano na dijagramu na slici 9.

Komercijalno važni metali među beta eutektoidnima su: željezo, krom i mangan. Eutektoidni raspad beta faze u sustavima titan-željezo, titan-krom i titan-mangan je toliko spor da se nastajanje intermetalnih spojeva ne događa tijekom uobičajene komercijalne proizvodnje i toplinske obrade te se oni mogu usporediti s beta izomorfnim elementima [18,20].



Slika 9. Utjecaj beta-eutektoidnih elemenata na titan [18]

Beta legure titana imaju veliku primjenu u zrakoplovnoj industriji te sve više zbog svoje visoke čvrstoće zamjenjuju leguru Ti-6Al-4V. Na primjer, beta legura Ti-10-2-3, odnosno Ti-10V-2Fe-3Al, se više koristi za izradu dijelova u zrakoplovu Boeing 777, odnosno Boeing 787 od kojih se zahtijeva velika čvrstoća (oprema za slijetanje, oprema za rukovanje teretom, matice, opruge itd.). Zahvaljujući povoljnoj kombinaciji otpornosti na stvaranje pukotina i propagaciji mikropukotina, beta legure se koriste za proizvodnju diskova kompresora.

Nadalje, beta legure posjeduju veliku otpornost na koroziju, nizak modul elastičnosti, biokompatibilnost, pa se zbog toga koriste u biomedicini za izradu metalnih dijelova koji se implantiraju u ljudsko tijelo, kao npr. umjetni zglobovi, stentovi, dentalni implantati, itd.. Najzahtjevnija primjena biomedicinskih implantata koja zahtjeva visoku otpornost na zamor je osnova (držač) implantiranog metalnog zgloba, a beta legure titana ispunjavaju taj zahtjev bolje od nehrđajućeg čelika ili legura na bazi Co-Cr [8].

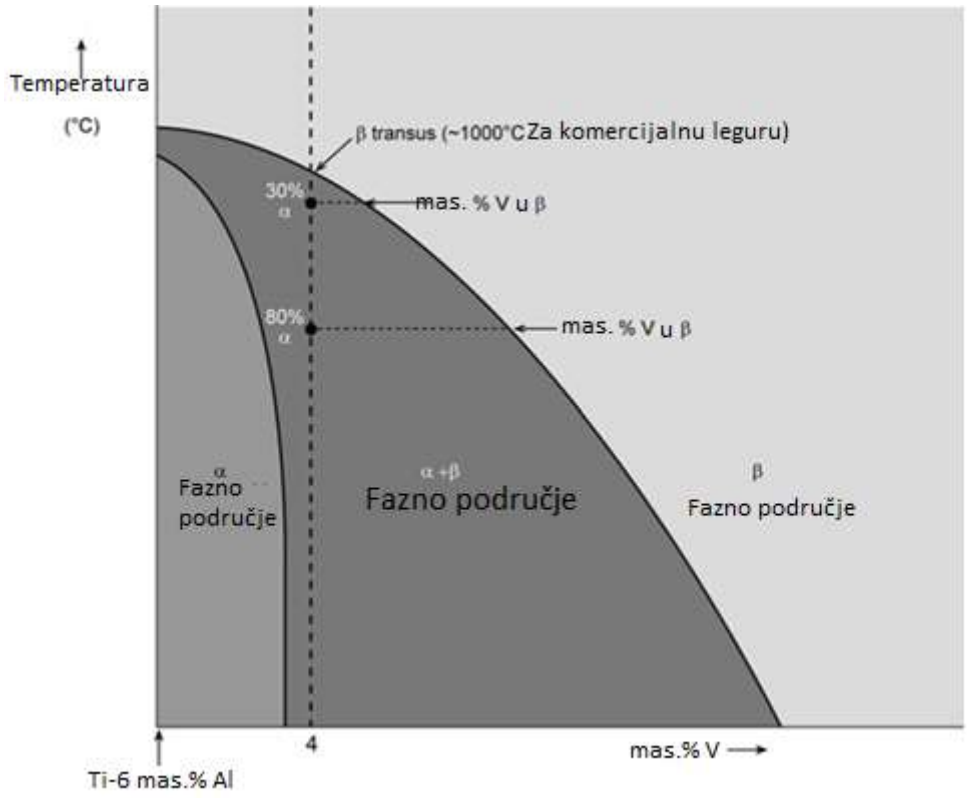
3.4 Alfa + beta legure titana

Ovaj tip legura titana sadrži ograničene količine beta-stabilizatora od kojih većina ne može ojačati alfa fazu te se stoga dodaju stabilizatori alfa faze. Mehanička svojstva alfa+beta legura ovise o dva parametra: relativnim količinama i raspodjeli alfa i beta faza. Ti parametri se mogu kontrolirati kemijskim sastavom i toplinskom obradom [23].

Primjenom odgovarajuće toplinske obrade (gašenjem s određene temperature u alfa+beta stanju i naknadnim procesom otvrdnjavanja na nešto nižoj temperaturi) mogu se ostvariti različite mikrostrukture, odnosno može se povećati čvrstoća ovih legura. Naglo hlađenje sprječava transformaciju beta faze u alfa fazu. Čvrstoća žarenih legura se postupno povećava s povećanjem udjela legirnih elemenata. To je prema pravilu poluge praćeno progresivnim povećanjem volumnog udjela beta faze titana.

Najčešći legirni elementi su tzv. beta-stabilizatori odnosno: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni. Legura alfa+beta tipa koja ima najveću komercijalnu važnost te se danas još uvijek i najviše koristi je Ti-6Al-4V. Naime, čini više od polovinu svih titanovih legura prodanih u Europi i SAD-u. Ona ima kompaktnu heksagonsku kristalnu strukturu (alfa) i kubičnu volumno centriranu (beta) prisutne u mikrostrukturi na sobnoj temperaturi. Karakterizira ju povoljna kombinacija čvrstoće i korozijske otpornosti te oblikovljivosti i obradivosti. Općenito, legure titana alfa+beta tipa se lako oblikuju i imaju dobra svojstva pri povišenim temperaturama.

Zahvaljujući dobroj obradivosti i mehaničkim svojstvima na sobnoj temperaturi, ove se legure najčešće koriste za ortopedske i dentalne implantate, ali i za izradu suprastruktura u stomatološkoj protetici [8,16,21,24].



Slika 10. Pseudo-binarni ravnotežni fazni dijagram Ti-6Al-4V legure [23]

4. Uporaba titana i legura titana

Danas je veliki potencijal titana kao materijala u potpunosti prepoznat te se područja njegove uporabe svakodnevno proširuju. Najveća prepreka u još široj uporabi je visoka cijena titana. Najvažnija područja primjene titana i njegovih legura su:

- zrakoplovna industrija (za proizvodnju raznih dijelova u avionima te za izradu elisa helikoptera),
- auto- i moto-industrija (za proizvodnju ispušnih sustava, prigušivača),

- građevinska industrija,
- petrokemijska industrija (spremnici nafte, izmjenjivače topline),
- medicinska industrija (za implantate).

Osim toga, legure titana sve se više upotrebljavaju i za izradu proizvoda koje koristimo u svakodnevnom životu, kao što su bicikli, sportski rekviziti (reketi), nakit itd. Na slici 11 prikazani su neki proizvodi izrađeni od legura na bazi titana [8,25,26].



Slika 11. Primjeri primjena legura titana [11,26,27]

Unatoč popularnosti metala i legura titana, metal se najviše koristi za pigment titanovog dioksida, TiO_2. Boja mu je intenzivno bijela i vrlo neprozirna, pa kao takva sadrži oko 80% TiO_2, a upotrebljava se u bojama, lakovima, papiru i plastici. Također se koristi u glazurama, tintama, vlaknima, kozmetici, lijekovima, pa čak i u hrani.

Titan se već godinama smatra perspektivnim dentalnim materijalom. Međutim, karakteristike poput visokog tališta, oksidacije i gustoće dovele su do razvoja novih sustava lijevanja, ali i usporile stvarnu primjenu njegovih odljevaka u dentalnoj medicini u korist sinteriranih proizvoda. Talište titana je približno 1668 °C i izuzetno je visoko u odnosu na talište zlata (950 °C) i kobalt-krom legura (1300 °C) što iziskuje znatne financijske troškove pri proizvodnji gotovih proizvoda. Zbog izvrsnih svojstava biokompatibilnosti legure na bazi titana koriste se i za ortopedske implantate, ali se razvijaju i ostala područje medicinske primjene, poput kirurških instrumenata [25,26].

U većini pasti za zube nalazi se TiO_2, a budući da je vrlo otporan na UV zračenje, koristi se često i kao sastojak krema za sunčanje. S obzirom na to da povećava čvrstoću

materijalima poput grafita, koristi se i za sportsku opremu visoke kvalitete. Neke golf palice, teniski reketi i štapovi za ribolov obloženi su sa TiO_2.

Automobilska industrija također koristi titan i njegove legure jer pružaju čvrstoću uz uštedu na masi koja dovodi do smanjenja potrošnje goriva. S obzirom da je metal skup, upotrebljava se samo za modele visokog učinka. Također se koriste za izradu nakita koji je posebno pogodan za ljude koji su alergični na metale [26].

5. Tržište titana

Titan je element čija su proizvodnja, pročišćavanje i obrada vrlo skupi. Na primjer, troškovi pročišćavanja po kubičnom inču su za titan 5 puta veći nego za aluminij i 10 puta veći ako se lijeva u ingote i oblikuje u konačne proizvode nego za aluminij (tablica 1). U tom smislu se razvijaju nove tehnologije proizvodnje titana, poput metalurgije praha, koje će osigurati nižu cijenu titana, a time i jeftinije gotove proizvode od titana [7,28].

Tablica 1. Usporedba troškova po fazama proizvodnje metala [7]

Faza proizvodnje	čelik	aluminij	titan
Metal	0,4	1,0	5,0
Ingot	0,6	1,0	10,7
Lim	0,4	1,0	18,0

Na temelju vrste, tržište titana može se klasificirati na tržište koncentrata titana, titanovog tetraklorida, titanske spužve, ferotitana, pigmenta titana i dr. Koncentrat titana pripada skupini ilmenita, a sastoji se od titanskog praha bijele boje koji se koristi u prevlakama, plastici, kozmetici, staklu itd. Koncentrati titana se koriste za proizvodnju metalnog titana i kao aditivi legurama titana. Naime, nešto manje od 10% titanovog koncentrata koristi se za proizvodnju titana metala, dok se ostatak koristi kao titanov dioksid u pigmentima za povećanje neprozirnosti ili intenziteta boja, papira ili u medicini. Titanova spužva se dobiva u proizvodnji metalnog titana, a koristi se u zrakoplovnoj industriji za proizvodnju krucijalnih dijelova motora, izmjenjivača topline itd. Ferotitan je ferolegura koje se uglavnom koristi u proizvodnji čelika za dezoksidaciju, postizanje finije mikrostrukture i kontrolu sadržaja ugljika i dušika. Postoje dvije vrste ferotitana: prva vrsta sadrži oko 35% titana, dok ga druga sadrži oko 70%.

Prema primjeni, svjetsko tržište titana razlikuje: zrakoplovstvo i brodogradnju, medicinu, energiju, industriju pigmenata, aditiva i premaza, papira i plastike itd..

Prema geografskim regijama, svjetsko tržište titana se dijeli na: Aziju-Pacifik, Europu, Sjevernu Ameriku, Latinsku Ameriku te Bliski Istok i Afriku. Glavna tržišta titana su Sjeverna Amerika i Europa zahvaljujući velikom razvoju zrakoplovne i brodograđevne industrije.

Tržište titana je oligopolno. Naime, u svijetu postoji ograničen broj proizvođača titana te su tržišni udjeli koncentrirani u malom broju velikih proizvođača. Najznačajnije tvrtke na tržištu titana u 2019. godini, odnosno najveći „igrači“ bili su: VSMPO-Avisma Corporation,

Nippon Steel and Sumitomo Metal Corporation, zatim kompanije: Huntsman International, Ineos, Toho Titanium itd. [7,29,30].

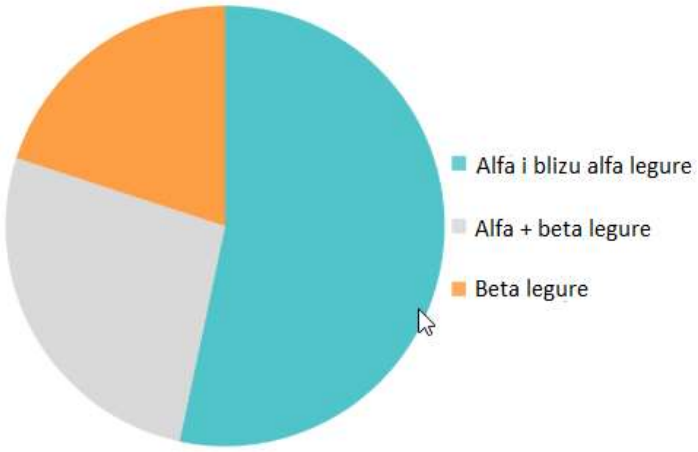
Industrijsko tržište titana je 2001.g. doseglo dno, ali je već 2004.g. bilo na vrhuncu zahvaljujući industrijskom razvoju i naglom rastu cijene titanove spužve i otpada. Zbog male proizvodnje u zrakoplovnoj industriji, odnosno male količine recikliranja, 2003.g. došlo je do nestašice titanovog otpada. To se poklopilo s razdobljem tijekom kojeg je dramatični rast kineske potrošnje čelika povećao cijenu ferotitana koji se koristi u proizvodnji čelika. Povećana cijena ferotitana dovela je do povećane potražnje za titanovim otpadom i spužvom, koji zamjenjuju ferotitan u proizvodnji čelika. Inače, Kina je, unutar Azija-Pacifik tržišta, ekonomski najjača u vojnoj, petrokemijskoj i drugim industrijama. Bila je najveći proizvođač automobila u 2019. godini s 28%-tnim udjelom u svjetskom tržištu. Međutim, daljnji rast je usporen zbog političkih nesuglasica s SAD-om, ali i zbog situacije uzrokovane virusom COVID-19. Slična je situacija i u zrakoplovnoj industriji. Prema podacima vodeće tvrtke u istraživanju tržišta, Mordor Intelligence, svjetsko tržište titana će se razvijati brzinama prikazanim na slici 12 [7,28].

Na perspektivu tržišta titana u budućnosti će utjecati sljedeća tri čimbenika:
- realizacija planova proširenja kapaciteta dobavljača titana uključujući američke i kineske proizvođače,
- brzina proizvodnje Boeing 787 i drugi zahtjevi za titanom u zrakoplovnoj industriji,
- nastavak kineskog ekonomskog rasta i potrošnje čelika, titana i drugih metala povezanih s ponudom i potražnjom titana [7].



Slika 12. Brzina rasta tržišta titanovih legura po svjetskim regijama za razdoblje 2019.-2024.g. [29]

Sjedinjene Američke Države su i dalje zemlja s najvećom potražnjom titana na svijetu. Najviše korištene legure titana su s alfa mikrostrukturom na sobnoj temperaturi (slika 13). One počinju od 2019. predvoditi tržište legura titana jer pokazuju dobru lomnu žilavosti i otpornost na puzanje, uz umjerenu/prihvatljivu čvrstoću.



Slika 13. Tržište titanovih legura prema primjeni na svjetskoj razini u 2018.g. [29]

Alfa legure, poput Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo, Ti-5Al-2.5Sn i Ti-8Al-1Mo-1V, pronalaze široku primjenu u lopaticama parnih turbina, posudama procesne opreme, noževima kompresora motora zrakoplova, dijelovima zrakoplova, mlaznih motora itd.. Mogu se koristiti pri visokim temperaturama.

Povećana proizvodnja novih zrakoplova, do koje dolazi zbog sve većeg broja ljudi koji koriste putničke zrakoplove kao način prijevoza, povećava potražnju za titanovim alfa legurama u svijetu. Proizvodnja automobila također se povećava u cijelom svijetu, zahvaljujući povećanoj pristupačnosti, povećanju potražnje za SUV i laganim vozilima te vladama sve većeg broja država koje podupiru proizvodnju i prodaju električnih vozila [29].

Glavni kupci titana uključuju industriju proizvodnje komercijalnih i vojnih zrakoplova, sektor industrijske opreme i sektor robe široke potrošnje.

U zrakoplovnoj industriji titan se uglavnom koristi u komponentama zrakoplova i mlaznim motorima, dijelu repa zrakoplova, podupiraču, krilnim nosačima itd.. Industrija za proizvodnju komercijalnih zrakoplova najveće je konzumirajuće tržište titana u svijetu odnosno njegovih legura [7].

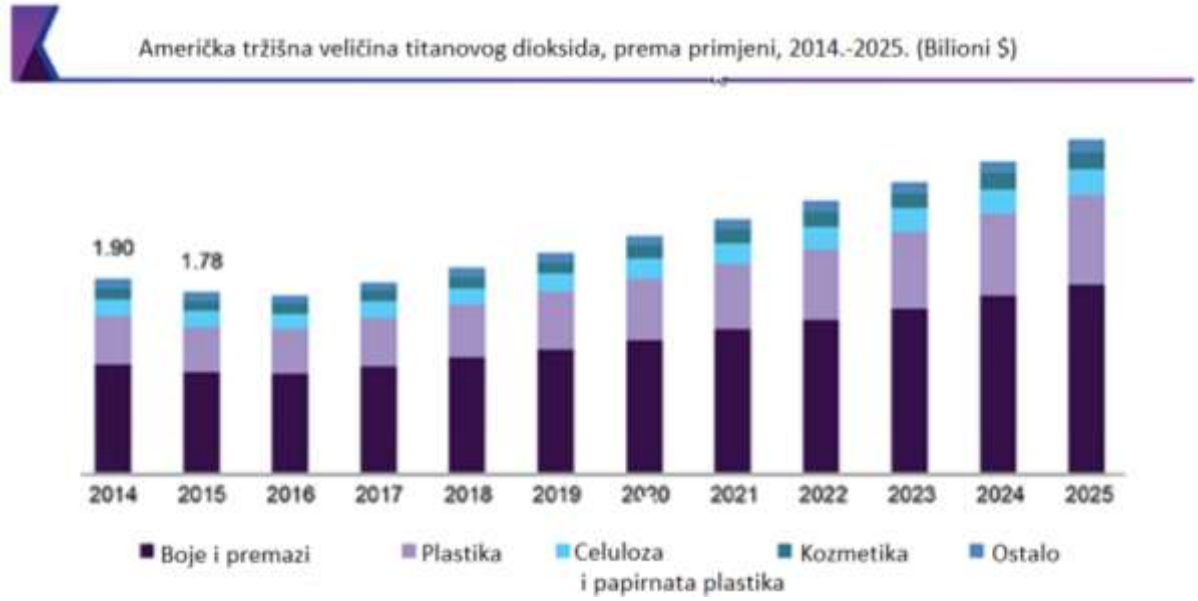
U Sjedinjenim Američkim Državama zrakoplovna industrija činila je 60-75 % potrošnje titana u posljednjem desetljeću. Na svjetskom tržištu, potražnja u zrakoplovnoj industriji čini 44% globalne potražnje za titanom, slijedi vojni sektor te ostala tržišta po 6%. [31].

6. Tržište titanovog dioksida

Ukupna tržišna vrijednost titanovog dioksida u 2018. godini procijenjena je na 15,76 milijardi američkih dolara, a očekuje se da će od 2019. do 2025. biti za 8,7% veća. Također se očekuje da će povećana potražnja za lakim vozilima, zbog strogih politika emisija CO_2, potaknuti rast tržišta lakih metala u narednim godinama. Lagani materijali premazani titanovim dioksidom povećavaju trajnost, stabilnost, postojanost i otpornost na ogrebotine.

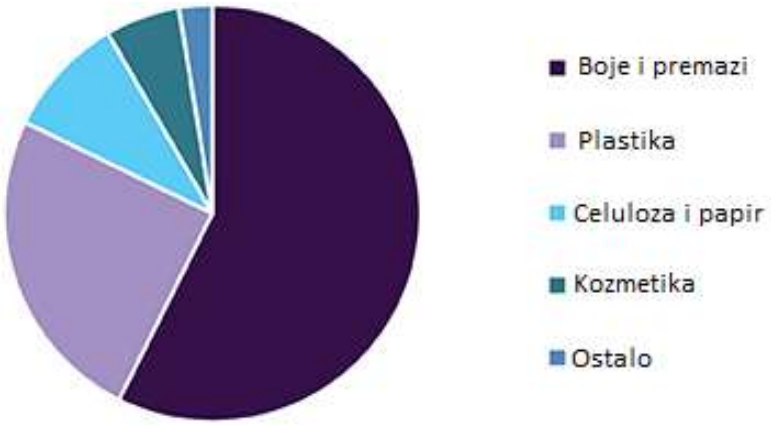
Titanov dioksid ima sve veću primjenu u bojama, gumama i kemijskim vlaknima. Brzi rast građevinskog sektora, posebno u SAD-u, doprinosi većoj potražnji titanovog dioksida u godinama koje dolaze. S porastom izgradnje stambenih i poslovnih građevina povećava se i potražnja za bojama i premazima čime se povećava rast ukupnog tržišta titana. Također, velika potražnja za antikorozivnim arhitektonskim premazima u pigmentima povećava potražnju za titanovim dioksidom.

Očekuje se da će na cijene titana i titanovog dioksida utjecati neravnoteža ponude i potražnje u svijetu. Nadalje, očekuje se da će prirodne katastrofe na Floridi i ostalim dijelima SAD-a i svijeta općenito, ojačati građevinsko tržište, povećavajući tako rast tržišta titanovog dioksida (slika 14) [32].



Slika 14. Američko tržište titanovog dioksida prema primjeni
u periodu od 2014.-2025.[32]

Segment primjene boja i premaza predvodilo je američko tržište 2018. godine, slika 15. Titanov dioksid se sve više koristi u bojama za vozila. Također, visoki indeks loma čini ga prikladnim za proizvodnju pigmenata koji se koriste u vozilima.



Slika 15. Svjetsko tržište titanovog dioksida prema primjeni u 2018. godini [32]

Titanov dioksid, koji se koristi u industriji papira, ima široku primjenu u ukrasnim folijama, papirima za dekoraciju i različitim aplikacijama za tisak. Koristi se u papirima za časopise dajući im sjaj što ih čini atraktivnijima. Očekuje se da će povećana upotreba punila od proizvođača papira potaknuti rast segmenta tijekom sljedećeg razdoblja [31,32].

Sve veće investicije u razvoj infrastrukture u pojedinim zemljama dominantan su čimbenik pokretanja potražnje za antikorozivnim premazima, što će zauzvrat potaknuti rast tržišta.

Proizvod titanovog dioksida koji se koristi kao sredstvo za izbjeljivanje također ima potencijal za doprinos rastu ove industrije.

U industriji plastike široko se koristi za bojanje plastike. Međutim, predviđa se rast cijena titanovog dioksida kako bi se povećala upotreba supstituta poput antimonovog oksida, cinkovog oksida i karbonata. Očekuje se da će to izazvati rast tržišta tijekom narednog perioda [32].

Pored toga što se očekuje da će tržište Azija-Pacifik ostati najveće tržište u sljedećih nekoliko godina, predviđa se rast europskog tržišta zahvaljujući prisustvu brojnih proizvođača automobila poput Francuske i Njemačke.

Prema statističkim podacima međunarodne organizacije proizvođača motornih vozila, regionalno tržište zabilježilo je rast od 3,1% u proizvodnji automobila za razdoblje od 2016. - 2017. godine. Područje Sjeverne Amerike zauzelo je 15,8% tržišnog udjela u 2018. godini.

U Srednjoj i Južnoj Americi očekuje se porast potražnje za titanovim dioksidom zbog rastućeg tržišta za instaliranje fotonaponskih materijala. Naime, titanov dioksid koristi se u proizvodnji fotonaponskih modula. Ulaganja u istraživanje i razvoj i podizanje svijesti o očuvanju energije rezultiraju povećanom potražnjom za ugradnju fotonaponskih panela što će također uzrokovati povećanje tržišta titana [31,32].

7. Tržište titana u doba COVID-19, 2020. godina

Covid-19, korona virus koji je zarazio cijeli svijet početkom ožujka 2020. godine, uzrokovao je veliki pad poslovanja u svim granama industrije, a posebice u zrakoplovnoj i automobilskoj industriji. Dobro je poznato, kako je i ranije u ovom radu navedeno, da je veći dio tržišta titana orijentiran na zrakoplove i njihove komponente. Trećina svjetske flote, ili oko 8500 zrakoplova su prizemljene, a rezervacije leta za naredne mjesece 2020. godine smanjene su za 50%. Prizemljivanje zrakoplova od strane aviokompanija i smanjeni proračun za kupnju novih zrakoplova kao odgovor na pandemiju korona virusa, smanjilo je potražnju za titanom i njegovim legurama. U konačnici je to rezultiralo i padom cijene samog titana.

Prema Međunarodnom udruženju za zračni promet (IATA), globalna putnička zrakoplovna industrija do polovice 2020. godine je izgubila 44%, odnosno 126 milijarde dolara prihoda. Neki veliki pregovori o dugoročnoj kupnji titana već su odgođeni, a pojedini su kupci smanjili količine uzete na osnovu prethodno sklopljenih ugovora. Inače, tržište titana je tržište na kojem se obično ugovori sklapaju na 10 godina ili više.

Cjelokupnoj industriji titana je nakon financijske krize 2008. godine trebalo jedno cijelo desetljeće da potroši višak zaliha. Godine 2019. je došlo do preokreta što govori da su pojedine kompanije sklopile nove ugovore te uzele zalihe za narednih deset godina ili više, te se sada postavlja pitanje kada će ih potrošiti?

Utjecaj globalne epidemije korona COVID-19 virusa na sva područja, pa tako i na tržište titana, je zaista velik. Zbog nepoznatih elemenata izbijanja epidemije i situacije koja se razvija tijekom 2020. godine, najveći izazov s kojim se svijet suočava je procijeniti budućnost. Neke od najviše pogođenih država su: Kina, Ujedinjeno Kraljevstvo, Španjolska, Italija, i Sjedinjene Države. Slijedom toga, 80% automobilskih i srodnih tvrtki izvijestilo je da situacija s korona virusom izravno utječe na njihove prihode u 2020. godini. Među njima čak 78% tvrtki nema dovoljno osoblja za ostvarivanje pune proizvodnje. Iako su svi pogoni ponovno otvoreni, stope proizvodnje i dalje su niske s obzirom na nedostatak narudžbi od proizvođača i logističke probleme [29].

Problemi specifični za automobilski i zrakoplovni sektor, pad cijene nafte, smanjenje proizvodnje i istraživanja nafte, sumarno imaju utjecaj na potražnju za titanom. Istovremeno, smanjenje obrade titana smanjuje opskrbu odgovarajućih industrija titanskim otpadom te mu se zbog toga povećava cijena na međunarodnim tržištima. Naime, industrija ferotitana izravno je osjetila porast troškova sirovina [32,33].

8. Zaključak

Najvažnija primjena titana je u proizvodnji legura na bazi titana. Pored toga, koristi se kao legirni element čelika, jer mu povećava čvrstoću i čini ga otpornijim na koroziju.

Svojstva titana navedena u ovom radu objašnjavaju zašto je toliko poželjan u raznim industrijama, kao što su: zrakoplovna, automobilska, dentalna odnosno medicinska itd. Smatra se biokompatibilnim metalom koji nije štetan ili toksičan za živo tkivo, jer je otporan na koroziju koju mogu uzrokovati tjelesne tekućine.

Iako je cijena titana unazad nekoliko godina u velikom postotku pala, on je i dalje relativno skup, no sve njegove karakteristike opravdavaju ulaganja te potvrđuju da je titan bez obzira na visoku cijenu dobra investicija.

Nove tehnologije proizvodnje titana donose uštede na troškovima u odnosu na sve trenutno korištene postupke. Očekuje se da će nove tehnologije značajno smanjiti troškove i otvoriti nova tržišta, poput vojnih kopnenih vozila.

Ovim radom zaključujem sljedeće:

- Titan je visoko kvalitetan materijal koji ima široku uporabu u raznim industrijama kao što su avioindustrija, kemijska industrija, automobilska industrija, itd.
- Prednosti titana pred drugim metalima su njegova čvrstoća, otporonst na koroziju i visoke temperature te izvrstan omjer mase i čvrstoće
- Nedostaci titana su visoka cijena te za razliku od željeza i aluminija, titan se ne može lako lijevati.
- Tržište titana je oligopolno i veliko te na temelju vrste, tržište titana može se klasificirati na tržište koncentrata titana, titanovog tetraklorida, titanske spužve, ferotitana, pigmenta titana i dr.
- Na tržište titana Covid 19 je imao negativni utjecaj te je cijena titana niža.

9. Literatura

1. https://www.metalary.com/titanium-price/ (21.06.2020)
2. https://www.livescience.com/29103-titanium.html (21.06.2020)
3. R.R. Boyer, Attributes, Characteristics, and Applications of Titanium and Its Alloys, JOM, 62 (2010) 5, 35-43.
4. https://www.britannica.com/science/titanium (21.06.2020)
5. https://www.amazon.com/Titanium-Inch-Metal-Density-99-9/dp/B071LS8HK6 (21.06.2020)
6. R.N. Roux; E. Van der Lingen; A.P. Botha, A systematic literature review on the titanium metal product value chain, South African Journal of Industrial Engineering 30 (2019) 3, Special Edition, pp 115-133.
7. S. Seong, O. Younossi, B.W. Goldsmith, Titanium – Industrial Base, Price Trends and Technology Initiatives, RAND Corporation, Santa Monica, 2009.
8. G. Lütjering, J.C. Williams, Titanium, Springer, Berlin, 2003.
9. http://www.wellmetusa.com/titanium.html (21.06.2020)
10. http://www.pse.pbf.hr/hrvatski/elementi/ti/spojevi.html (21.06.2020)
11. Lj. Slokar, J. Pranjić, A. Carek, Metallic materials for use in dentistry, The holistic approach to environment 7 (2017) 1, 39-58.
12. K. Mutombo, Research and Development of Ti and Ti alloys: Past, present and future, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 430 (2018) 012007.
13. V. Bišćan, V. Leutić, Svojstva titana i njegovih legura, Zbornik Veleučilišta u Karlovcu, 2 (2012) 1, 9-19.
14. R. Prakash Kolli, A. Devaraj, A Review of Metastable Beta Titanium Alloys, Metals, 8 (2018) 506, 1-41.
15. D. Ćorić, Svojstva i primjena titana i njegovih legura (prvi dio), Zavarivanje 59 (2016) 5/6, 125-131.
16. J.W. Martin, Materials for Engineering, Woodhead, Publishing, 3rd Ed., Cambridge England, 2006.
17. http://hr.xgttitanium.net/titanium-bar-rod/cp-titanium-bar/cp-grade-1-titanium-bar.html (11.07.2020)
18. B. Hanson, The Selection and Use of Titanium: A Design Guide, Institute of Materials, 1995.
19. https://www.northsteel.com/2014/04/02/titanium-alloys-information/ (11.07.2020)
20. C. Leyens, M. Peters, Titanium and titanium alloys: Fundamentals and Applications, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2005.
21. I.J. Polmear, Light Alloys, Metallurgy of the Light Metals, 3rd Ed.. Arnold, London, 1995.
22. R. Prakash Kolli, W.J. Joost, S. Ankem, Phase Stability and Stress-Induced Transformation in Beta Titanium Alloys, JOM, 67 (2015) 6, 1273-1280.
23. R. Wanhill, S. Barter, Fatigue of Beta Processes and Beta Heat-treated Titanium Alloys, SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology, Springer Netherlands, 2012.
24. A. Andrade, A. Morcelli, R. Lobo, Deformation and fracture of an alpha/beta titanium alloy, Revista Matéria, 15 (2010) 2, 364-370.
25. T. Nihei, K. Ohashi, M. Hattori, S. Imazato, A surveillance study of the demand of titanium and titanium alloys in Japan, Dental Materials Journal 39 (2020) 1, 9-11.

26. https://www.toho-titanium.co.jp/en/products/solution.html (11.07.2020)
27. http://www.dierk-raabe.com/titanium-alloys/ (11.07.2020)
28. C. Chunxiang, H. BaoMin, Z. Lichen, L. Shuangjin, Titanium alloy production technology, market prospects and industry development, Materials and Design 32 (2011) 1684–1691.
29. https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/titanium-alloy-market (24.07.2020)
30. https://www.transparencymarketresearch.com/titanium-market.html (24.07.2020)
31. https://www.paint.org/coatingstech-magazine/articles/market-update-titanium-dioxide/ (24.07.2020)
32. https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/titanium-dioxide-industry (24.07.2020)
33. https://www.argusmedia.com/en/news/2092553-titanium-braces-for-coronavirus-impact (24.07.2020)
34. F. H. Froes, The Titanium market, Materials Technology Advanced Performance Materials 15 (2000) 3, 230-232.

ŽIVOTOPIS

Osobni podatci:

Ime i prezime: Dario Balač

Datum i mjesto rođenja: 12.03.1996.

Adresa: Ivana Meštrovića 22

Grad: Sisak

Država: Republika Hrvatska

Telefon: 091/604/8611

E-mail: dario.balac@gmail.com

Obrazovanje:

2002. - 2010. Osnovna škola O.Š. 22. Lipnja Sisak

2010. - 2014. Srednja škola: Tehnička škola Sisak

Osobne vještine:

Strani jezik: Engleski

Računalne vještine: MS office; Računovodstveni program Wand, Python, CSS, HTML, Wordpress, VBA

Odgovornost, marljivost, sposobnost za rad pri raznim pritiscima, kao što su kratki vremenski rokovi. Komunikativnost, brzo prilagođavanje radu s različitim tipovima ljudi, brzo prilagođavanje radnom okruženju, kako samostalnom radu, tako i radu u grupama, kreativnost, efektivnost, ambicioznost te prihvaćanje i usvajanje novih znanja. Intrapoduzetništvo, razvijanje novih proizvoda i usluga te rješavanje problema.