

UTICAJ STRUKTURNIH PARAMETARA NA KOMPRESIONE OSOBINE Ti_3Al INTERMETALNOG JEDINJENJA

Dušan Božić, Biljana Dimčić
Institut za nuklearne nauke „Vinča“, p. Fah 522, 11001 Beograd

Sadržaj - U radu je analiziran uticaj mikrostrukturnih parametara na kompresione osobine Ti_3Al intermetalnog jedinjenja. Uzorci su dobijeni dvema različitim tehnologijama: topljenjem i livenjem i metalurgijom praha. Odlivci su homogenizovani na 1050 i 1200°C u trajanju od 1h, posle čega su zakaljeni u vodi, dok su ispresci homogenizovani samo na temperaturi od 1050°C u trajanju od 1h i zakaljeni u vodi. Kompresiona ispitivanja su izvršena na sobnoj temperaturi pri brzini deformacije od $2.4 \times 10^{-3} s^{-1}$. Za mikrostrukturna ispitivanja korišćen je optički mikroskop (OM), dok je udeo faza analiziran pomoću rendgena i kompjuterskog programa KVI (Kvantifikacija Vizuelnih Informacija). Dobijeni rezultati pokazali su određenu zavisnost kompresionih osobina od odnosa prisutnih faza u strukturi i veličine zrna.

1. UVOD

Od ranije je poznato da se intermetalna jedinjenja obrazuju u sistemima superlegura. Njihovo prisustvo u strukturi ovih materijala doprinosi, pre svega, povećanju visokotemperaturne čvrstoće. Upravo zbog visokih vrednosti čvrstoće na povišenim temperaturama i velike otpornosti prema koroziji na tim temperaturama, poslednjih godina sprovedena su obimna istraživanja na razvoju intermetalnih jedinjenja, kao monolitnih materijala [1].

Iz ovih istraživanja, došlo se do ideje o mogućnosti zamene legura titana, intermetalnim jedinjenjima (Ti_3Al , $TiAl$) kod delova za gasne turbine letelica. Opravdanje za ovu ideju, sadržano je u činjenici da su se aluminidi odlikovali većom čvrstoćom na sobnoj i povišenim (radnim) temperaturama od legura titana. Međutim, zbog niskih vrednosti duktilnosti na sobnoj temperaturi, još uvek se, zbog teškoća obrade, ne može govoriti o nekoj široj, komercijalnoj upotrebi titan aluminida u avio industriji [1].

Poboljšanje čvrstoće i duktilnosti na sobnoj i povišenim temperaturama kod intermetalnog jedinjenja Ti_3Al postiže se na nekoliko načina. Pored dodavanja odgovarajućih legirajućih elemenata i termičke obrade [2, 3], jedan od načina je i delovanjem na mikrostrukturu, odnosno, smanjenjem veličine zrna i promenom sadržaja faza. Upravo ovaj poslednji aspekt je detaljnije analiziran u našem radu.

2. EKSPERIMENTALNI RAD

Uzorci za kompresiona ispitivanja dobijeni su na dva načina:

1. Topljenjem u elektrolučnoj peći uz primenu vakuuma i inertnog gasa (Ar). Kao polazna sirovina za dobijanje intermetalnog jedinjenja Ti_3Al korišćena je legura Ti-6Al-4V i granule Al. Posle livenja, odlivak dimenzija 20x20x80 mm je homogenizovano žaren na 1050°C u trajanju od 6h i zakaljen u vodi.

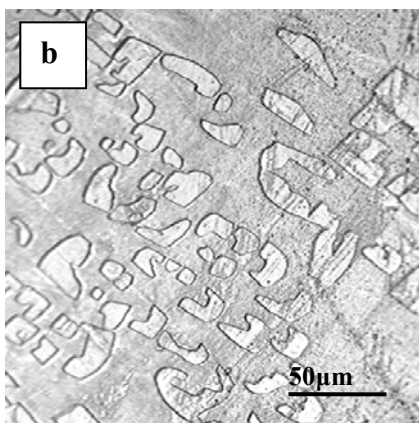
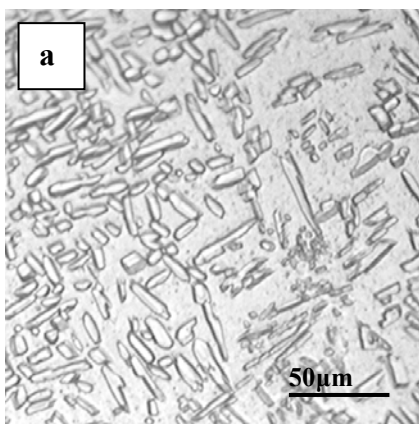
2. Postupkom metalurgije praha, pri čemu se prah konsolidovao toplim presovanjem na temperaturi od 1350°C u trajanju od 4h, pri pritisku od 35MPa u atmosferi argona.

Odlivci i ispresci su homogenizovani na 1050 i 1200°C, 1h i zakaljeni u vodi, a zatim mašinski obrađeni na dimenzije 4x4x8 mm. Mikrostrukturna analiza uzoraka je izvršena optičkim mikroskopom (OM), a prisustvo i udeo faza je određen pomoću rendgena i kompjuterskog programa KVI (Kvantifikacija Vizuelnih Informacija). Kompresiona ispitivanja su izvedena na sobnoj temperaturi pri brzini deformacije od $2.4 \times 10^{-3} s^{-1}$.

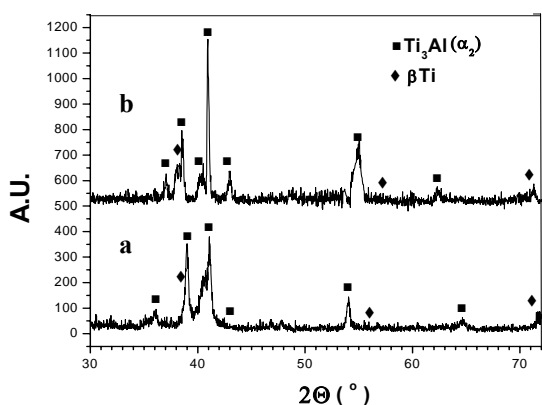
3. REZULTATI I DISKUSIJA

Na slici 1. prikazana je mikrostruktura odlivaka homogenizovanih na a) 1050°C i b) 1200°C, u trajanju od 1h i kaljenih u vodi, dok je rezultat rendgenostrukturne analize, koji daje prikaz i odnos prisutnih faza dat preko difraktograma na slici 2 a i b.

Sa slika 1a i b se jasno može uočiti razlika između količine i oblika čestica izdvojene α_2 faze u β osnovi, koje su u slučaju homogenizacije na 1050°C pločaste i ravnomerno raspoređene, dok je žarenjem na 1200°C, morfologija potpuno izmenjena i čestice α_2 faze primaju poligonalni oblik. Osim toga, količina faza se menja u zavisnosti od temperature žarenja, u smislu da se sniženjem temperature žarenja, količina α_2 faze povećava, pri čemu se i mehaničke osobine poboljšavaju. Zapreminski udeo α_2 faze iznosi oko 23,6 vol.%, odnosno, 20,5 vol%, kod uzoraka žarenih na 1050°C odnosno 1200°C, respektivno.

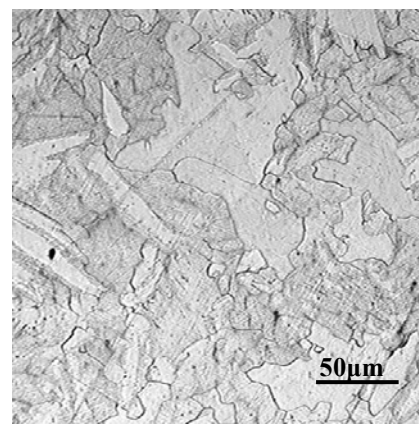


Sl. 1. Mikrostruktura odlivaka intermetalnog jedinjenja Ti_3Al posle homogenizacije na a) $1050^{\circ}C$ $V_{\alpha_2}=23.6$ vol.% i b) $1200^{\circ}C$ u trajanju od 1h i kaljenja u vodi. Zapreminski udeo $V_{\alpha_2}=20.5$ vol.%

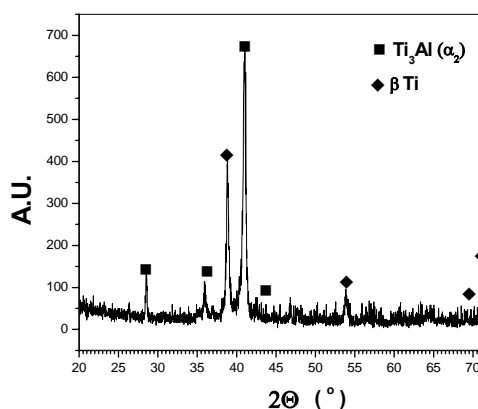


Sl.2. Rendgenogrami odlivaka intermetalnog jedinjenja posle homogenizacije na a) $1050^{\circ}C$ i b) $1200^{\circ}C$.

Na slici 3. prikazana je mikrostruktura ispreska Ti_3Al intermetalnog jedinjenja posle određenog termičkog tretmana.



Sl. 3. Mikrostruktura ispreska intermetalnog jedinjenja Ti_3Al posle homogenizacije na 1050°



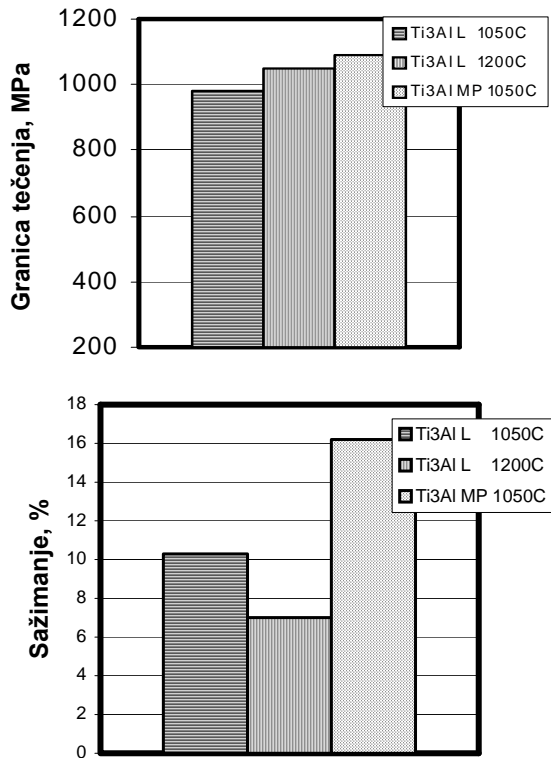
Sl. 4. Rendgenogram ispreska intermetalnog jedinjenja posle homogenizacije na $1050^{\circ}C$ i kaljenja u vodi.

Toplim presovanjem dobijena je homogena besporozna struktura (Sl. 3), koja se posle odgovarajućeg termičkog tretmana i kaljenja, na sobnoj temperaturi sastojala iz $\alpha_2 + \beta$ faze. U odnosu na strukturu odlivka (Sl 1a), prosečna veličina zrna bila je manja ≈ 100 puta, uzimajući u obzir da mikrofotografija na slici 1b., prikazuje samo deo jednog zrna β faze u kojoj je izdvojena α_2 faz

Vrednosti granice tečenja i sažimanja odlivaka i ispreska dobijene posle kompresionih ispitivanja na sobnoj temperaturi prikazane su na slici 5.

Poređenjem vrednosti granice tečenja livenih uzoraka koji su homogenizovani ispod ($1050^{\circ}C$) i iznad ($1200^{\circ}C$) β transus temperature (Sl. 5a) može se uočiti da je vrednost čvrstoće u drugom slučaju nešto viša. Ovo je direktna posledica odnosa prisutnih faza: primarne α_2 i β faze, koji je povoljniji u odnosu na sadržaj faza dobijen kaljenjem iz dvofazne ($\alpha + \beta$) oblasti kada se govori o ovoj mehaničkoj osobini. Naime, veća količina β faze, koja je nosilac čvrstoće uzrokuje da uzorci kaljeni sa $1200^{\circ}C$ imaju veće vrednosti granice tečenja. Osim što je nosilac čvrstoće, β faza je i duktilnija od α_2 faze, međutim uzorci kaljeni iz β oblasti imaju nižu vrednost sažimanja (Sl 5b) od uzoraka kaljenih iz dvofazne oblasti. Razlog za to je količina α_2 faze, koja je kod uzoraka homogenizovanih u β oblasti manja od 30vol.% (optimalna količina α_2 faze) pa je klizanje u β fazi veoma grubo i zahvata cela zrna ove faze, dok je gustina

dislokacija unutar pojedinačnih traka klizanja veoma visoka. Ova pojava dovodi do akumuliranja veoma velikih vrednosti naprezanja na samim kliznim trakama i dalje do smicajne dekohezije pri relativno niskim vrednostima makroskopskog napona [4]. Poređenjem mehaničkih osobina livenih i uzoraka dobijenih tehnikama metalurgije praha (Sl. 5), može se primetiti da su one superiornije u drugom slučaju zahvaljujući sitnoznoj strukturi (Sl. 3) kojom se ovakav materijal odlikuje, bez obzira na malu količinu izdvojene β faze u njima (homogenizacija u $(\alpha_2 + \beta)$ oblasti).



Sl. 5. Vrednosti a) granice tečenja i b) sažimanja odlivaka i ispreska intermetalnog jedinjenja Ti_3Al dobijene posle kompresionih ispitivanja na sobnoj temperaturi.

Znači, pogodnom tehnologijom dobijanja intermetalnog jedinjenja Ti_3Al , kao i odgovarajućim režimom homogenizacije,

moгу se ostvariti bolje vrednosti kompresionih osobina, što će, verujemo, doprineti bržem razvoju i primeni ove grupe materijala.

4. ZAKLJUČAK

1. Intermetalno jedinjenje Ti_3Al dobijeno je dvema različitim tehnologijama: topljenjem i livenjem i metalurgijom praha.

2. Udeo faza u strukturi i veličina zrna u određenoj meri su uticali na kompresione osobine ovog materijala.

3. Najbolje osobine postignute su kod uzorka dobijenog tehnikama metalurgije praha kod koga uticaj veličine zrna ima značajniju ulogu od uticaja prisutnih faza.

LITERATURA

- [1] G. Sauthoff, *Z. Metallkde.*, Bd. 80, 1989, p.337.
- [2] R.M.German, R.G. Iacocca in Proc. Speciality Materials and Composites, 1993, p.67.
- [3] R.G. Rowe, in Proc. High Temperature in Proc. Aluminides and Intermetallics, 1989, p.375.
- [4] D. Banerjee, A.K. Gogia, T.K. Nandy, *Met. Trans.*, Vol. 21A, 1990, p.627.

ZAHVALNOST

Autori se zahvaljuju Ministarstvu za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.

Abstract -The object of this work was to analyze the influence of structural parameters on the compression characteristics of Ti_3Al based intermetallics. For this study specimens were processed by powder metallurgy techniques and by melting and casting. Compression tests were performed at room temperature in order to examine mechanical characteristics of this material, while using optical microscopy and image analyzer the characterization of the structure was performed.

INFLUENCE OF THE STRUCTURAL PARAMETERS ON THE COMPRESSION CHARACTERISTICS OF Ti_3Al INTERMETALLICS

Dušan Božić, Biljana Dimčić