

Sinteza intermetalne zlitine NiAl 12,5

Synthesis of NiAl 12,5 Intermetallic Alloy

Torkar M¹, B. Šuštaršič, IMT Ljubljana

Na napravi za ulivanje tankih trakov (melt spinner) so bili izdelani, prah, vlakna in trak iz intermetalne zlitine NiAl 12,5 (wt. %), pri hitrostih vrtenja bakrenega kolesa do 20,5 m/s. Debelina traku je bila med 14 in 60 μm , prah in vlakna pa nastanejo kot stranski produkt. Izdelana je metalografska analiza materiala in določena natezna trdnost trakov.

Ključne besede: intermetalna zlitina Ni-Al, ulivanje tankih trakov, trak, prah, izcejanje
Powder, filaments and ribbons of NiAl 12.5 (wt. %) alloy were manufactured by melt spinner at different speed of copper wheel, up to 20,5 m/s. The thickness of the ribbon was between 14 and 60 μm . Morphology of the as cast structure and the microstructural characteristics were observed and tensile strength of the ribbon was tested.

Key words: Ni-Al intermetallics, melt spinning, ribbon, powder, segregation

1. Uvod

Mnoge intermetalne zlitine nudijo zanimivo kombinacijo mehanskih lastnosti in korozijske odpornosti pri povišanih temperaturah, žal pa so precej krhke. Veliko naporov posvečamo izboljšanju njihove žilavosti in preoblikovalnosti.

Pomanjkanje primernih drsnih sistemov, občutljivost na majhne spremembe v sestavi in občutljivost na prisotnost vodika v okolju, otežujejo prizadevanja za izboljšanje lastnosti.

Stehiometrija pomembno vpliva na duktilnost zlitine. Duktilnost povečuje prebitek bolj plemenitega elementa (Ni v Ni-Al in Fe v Fe-Al). Izjema je Ni-Al, ki kaže pri sestavi 50 at. % Ni, 50 at. % Al najnižjo temperaturo prehoda iz žilavega v krhko stanje⁽¹⁾. Za mnoge intermetalne zlitine, ki so krhke že po naravi, se je izkazalo, da postanejo žilave, če iz okolja odstranimo vlago ali vodik⁽²⁾.

Standardna tehnika za izboljšanje nizko temperaturne duktilnosti je zmanjšanje velikosti zrn⁽³⁾, kar je mogoče doseči tudi pri hitrem strjevanju. To želimo preveriti tudi pri intermetalni zlitini Ni₃Al, uliti v tanke trakove na napravi za ulivanje tankih trakov.

Namen raziskave je bil ugotoviti optimalne pogoje za ulivanje tankih trakov in opredeliti mikrostrukturne značilnosti trakov.

2. Eksperimentalni del

Osnovni material, elektrolitski Ni, Al s čistostjo 99,5 % in majhnim dodatkom FeB je bil pretaljen v indukcijski peči. Palice

ϕ 30 mm so bile ulite v pesek. Sestava zlitine je bila: 12,5 % Al, 0,012 % B, ostalo Ni. Dodatek B naj bi izboljšal duktilnost te zlitine, vendar pa v literaturi še ni zadovoljive razlage o mehanizmu njegovega vpliva.

Palica ulita v pesek je bila razrezana na kose in pretaljena na napravi za ulivanje tankih trakov, potem ko je bila komora vakimirana in napolnjena z argonom. Preizkusili smo različne talilne lonce, velikost in obliko odprtine ter različne hitrosti livnega kolesa. Pri ulivanju je bil nad talino rahel nadtlak dušika.

Trakove, vlakna in prah smo pregledali metalografsko, z elektronskim mikroanalizatorjem in z rentgensko difrakcijo. Izvedli smo natezne preizkuse trakov različnih dimenzij.

3. Rezultati

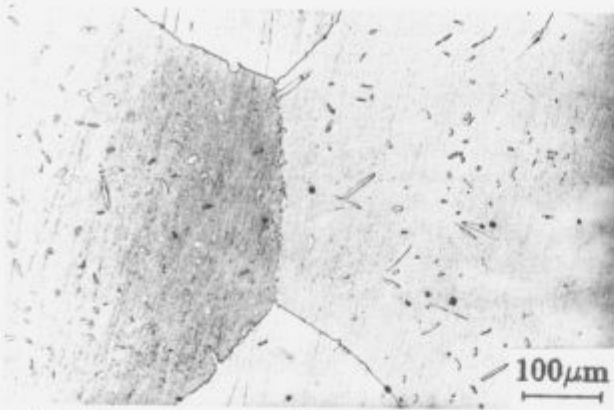
Trdota materiala v litem stanju je med 117 in 130 HB. Okrog odtiska kroglice opazimo drobne razpoke, kar kaže na krhkost materiala.

Jedkanje vzorca odrezanega iz ulite palice, pokaže velika globularna zrna (**slika 1**) in prisotnost sekundarne faze.

Z linijsko analizo na elektronskem mikroanalizatorju so bile izmerjene meddendritne izceje Al s koeficientom izcejanja, $k_{Al} = 1,26$. Koeficient izcejanja aluminija k_{Al} , je definiran kot ($k = C_{max}/C_{min}$), kjer C_{max} predstavlja maksimalno koncentracijo Al med dendriti, C_{min} pa minimalno koncentracijo Al v dendritu. Koncentracija se spreminja po sinusni odvisnosti. Izmerjena razdalja med dvema vrhovoma je bila okrog 200 μm , kar kaže na relativno grobo strjevalno strukturo.

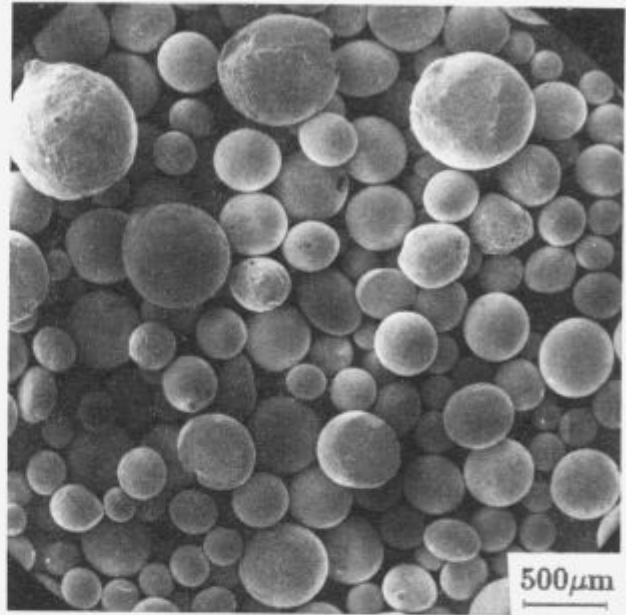
Za primerjavo smo želeli izmeriti tudi intenziteto izcej v tankem traku. Linijska analiza na elektronskem mikroanalizatorju ni pokazala nikakršnih izcej. Domnevamo, da je to posledica majhne intenzitete izcej ali pa preširokega snopa elektronov pri linijski analizi.

¹ dr. Matjaž TORRAR
Inštitut za kovinske materiale in tehnologije
Lepi pot 11, 61000 Ljubljana

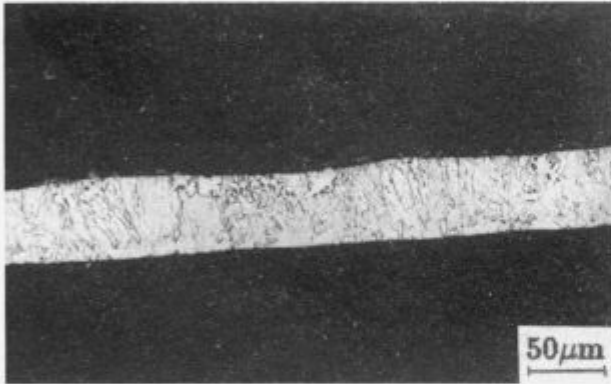


Slika 1: Mikrostruktura palice v litem stanju. Jedkano z Marblvim jedkalom
Figure 1: Optical micrograph of as cast bar, Etched with Marble's reagent

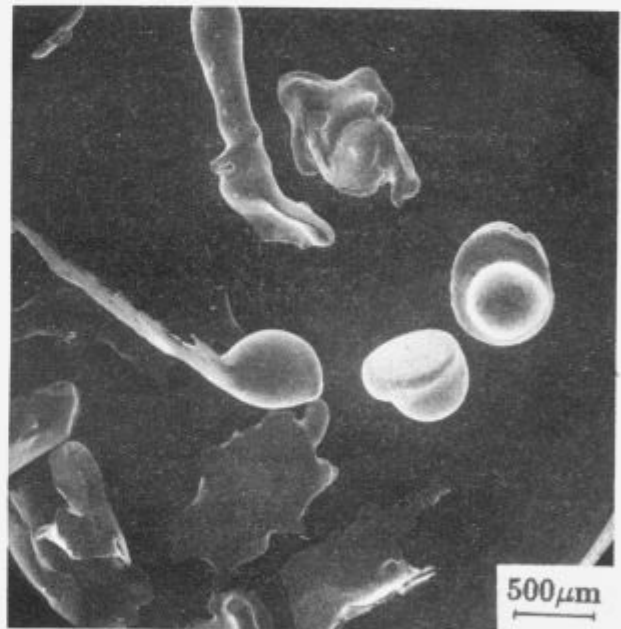
Zanimivo je, da tudi v mikrostrukturi traku, po jedkanju ni opaziti dendritov (Slika 2). Dendrite smo opazili le pri delcih (Slika 3), ki nastajajo kot stranski produkt med ulivanjem traku in je pri njih hitrost strjevanja manjša kot pri traku. Delci so okrogli (Slika 4), oziroma ploščati (Slika 5), če udarijo pred strjevanjem v steno komore.



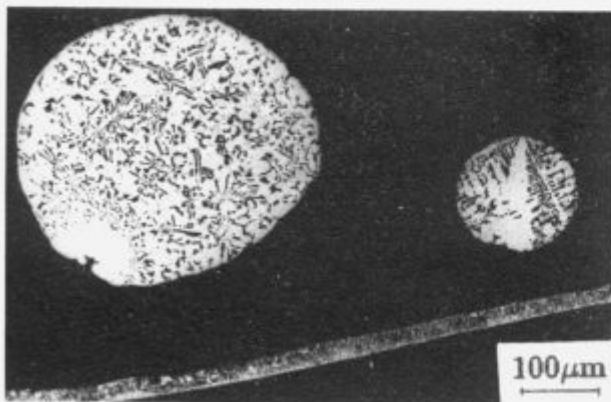
Slika 4: Prah z delci okrogle oblike
Figure 4: Spherical particles of powder (SEM)



Slika 2: Vzdolžni presek skozi trak
Figure 2: Optical micrograph of longitudinal section of melt spun ribbon



Slika 5: Prah z delci različnih oblik
Figure 5: Different shapes of powder particles (SEM)



Slika 3: Mikrostruktura prahu, ki nastaja kot stranski produkt pri ulivanju tankih trakov
Figure 3: Optical micrograph of powder, by product at melt spinning

Količina nastalega prahu se povečuje z večanjem hitrosti vrtenja bakrenega kolesa.

Trdota prahu je okrog 228 do 371 HV 0,1, kar je več kot pri materialu ulitem v pesek. Trdota traku debeline med 14 in 60 μm je bila 213 do 383 HV 0,1. Povečanje trdote je najverjetneje posledica razmer pri hitrem strjevanju, ki vplivajo tudi na topnost elementov v trdni raztopini.

Najbolj enakomeren trak je nastal pri hitrosti vrtenja kolesa 20,5 m/s. Trak kaže nekaj duktilnosti, najverjetneje je to posledica manjših zrn, ki so nastala pri hitrem strjevanju. Napravili

smo tudi nekaj trgalnih preizkusov na stroju, ki ga uporabljajo tekstilci, vendar je stroj brez možnosti zapisa diagrama sila-raztezeka. Tako smo lahko določili le natezno trdnost (R_m), ki je bila do 937 N/mm^2 , kontrakcija (Z) pa do 20 %. Zaradi majhnih dimenzij vzorcev in njihove geometrijske nestabilnosti imajo dobljene vrednosti velik raztros.

Rentgenska difrakcija je potrdila prisotnost stabilne α' faze Ni_3Al in prisotnost faze α , ki najverjetneje predstavlja čisti Ni.

Preizkusi na napravi za ulivanje tankih trakov so pokazali, da bi bilo mogoče pri večjih hitrostih vrtenja kolesa napravo uporabljati tudi za izdelavo prahov, potrebno pa bi bilo tudi podaljšati komoro, da nestrjeni delci ne bi udarjali ob steno.

V nadaljevanju raziskave bo z drobljenjem trakov izdelan prah, ki ga bomo zgoščili s hladnim in vročim izostatskim stiskanjem.

4. Zaključki

Preiskovana je bila zlitina NiAl 12,5 (ut.%). Izmerjeni faktor izcejanja $k_{\text{Al}} = 1,26$ kaže na majhno izcejanje Al. Pod optičnim mikroskopom dendritov nismo odkrili, opazijo se samo globularna kristalna zrna.

Debelina hitro strjenih trakov na napravi za ulivanje tankih trakov, je bila od 14 do $60 \mu\text{m}$, širina pa je odvisna od geometrije izlivne šobe.

Največja natezna trdnost traku je $R_m = 937 \text{ N/mm}^2$, kontrakcija pa $Z = 20 \%$.

Pri obodni hitrosti nad 20 m/s, je napravo za ulivanje tankih trakov mogoče uporabiti tudi za izdelavo kovinskih prahov. Prah različne zrnatosti nastaja pri ulivanju tankih trakov, količina prahu se povečuje z večanjem obodne hitrosti bakrenega kolesa. Vendar pa ima del prahu sploščeno obliko zrn, ker zaradi počasnejšega strjevanja v plinu, nestrjeni ali delno strjeni delci udarjajo v steno komore in se sploščijo.

V nadaljevanju bo potrebno opredeliti sposobnost zgoščevanja zmletega tankega traku v kompaktno obliko.

Zahvala

Zahvaljujemo se Ministrstvu za znanosti in tehnologijo Republike Slovenije, za finansiranje raziskave.

Literatura

- ¹ N. S. Stoloff: Toughening mechanisms in intermetallics, *Metall. Trans.*, 24A, 1993, 561-567
- ² C. A. Hippsley, M. Strangwood: Embrittlement and crack growth in high temperature intermetallics, *Mat. Scie. and Technol.*, 8, 1992, 350-358
- ³ G. Sauthoff: Intermetallic phases as high-temperature materials, *Z. Metallkde*, 77, 1986, 10, 654-666