

Mikrostruktura zlitin aluminija z veliko koncentracijo železa izdelanih po postopku hitrega strjevanja

Microstructure of Rapidly Solidified Aluminum Alloy with High Contents of Iron

M. Bizjak, Gimnazija J. Vega Idrija

L. Kosec, A. Smolej, Odsek za metalurgijo in materiale, FNT, Univerza v Ljubljani

Mikrostruktura zlitin aluminija z veliko koncentracijo železa se po prerezu trakov, izdelanih po postopku hitrega strjevanja na vrtečem se kolutu, spreminja in je odvisna od koncentracije legiranih elementov in debeline trakov. Atomi prehodnih elementov periodnega sistema so omejeno topni v trdnem aluminiju in imajo tudi majhno difuzijsko sposobnost. Izločki bogati s temi elementi so lahko z osnovo koherentni ali tudi ne. Povzročajo disperzijsko in izločevalno utrjevanje ter bistveno vplivajo na mehanske lastnosti tudi pri povišanih temperaturah.

Ključne besede: hitro strjevanje, disperzijsko utrjevanje, izločki drobni, izločki grobi.

Microstructure of rapid solidification aluminum alloy with high contents of iron produced on a single roller, changes the thickness of ribbon dependent on iron contents and ribbon thickness. Transition metals typically have limited solubility and low diffusivity in aluminum. Transition elements can form precipitates which are coherent or noncoherent with the matrices and cause age and dispersion - hardening and effects the mechanical properties of the elevated temperatures.

Key words: rapid solidification, dispersion - hardening, fine precipitate, coarse precipitate.

1 Uvod

Z uporabo postopkov hitrega strjevanja so v zadnjih desetih letih razvili tro in štiri komponentne zlitine na osnovi aluminija in železa s pridanimi legiranimi elementi kot so: cerij, cirkonij, molibden, vanadij itd. Zlitine imajo dobre mehanske lastnosti tudi pri povišanih temperaturah¹.

Prehodni elementi imajo omejeno sposobnost difuzije. Difuzijske karakteristike omogočajo, da se zadržijo v prenasičeni trdni raztopini ali pa se izločajo drobni delci, ki so enakomerno porazdeljeni po osnovi. Nagnjenost prehodnih elementov k difuziji se sicer poveča z naraščajočo gibljivostjo atomov pri povišanih temperaturah, vendar sta mobilizacija in transport atomov še vedno omejeni, da ne nastajajo grobi delci. Tako nekoherentni in koherentni delci so stabilni pri povišanih temperaturah in povzročajo disperzijsko in izločevalno utrjevanje.

Omenjeni delci so vzrok za povečanje trdnosti in modula elastičnosti, ki sta proporcionalna z volumenskim deležem delcev. Na preoblikovalnost in žilavost pa ima velik vpliv porazdelitev in velikost delcev.¹ Pri velikih izločkih se pojavijo lokalne deformacije, ki so lahko vzrok za napetostno korozijo. Preoblikovalnost in žilavost sta pomembni lastnosti, zato ima uporaba postopkov hitrega

strjevanja velik pomen pri izdelavi zlitin z velikim deležem majhnih izločkov. Pri izdelavi zlitin z omenjenimi postopki se lahko pojavljajo tudi veliki delci.

2 Eksperimentalno delo

Hitro strjene trakove zlitin aluminija z železom smo izdelali po postopku hitrega strjevanja na vrtečem se kolutu. Debeline trakov preskusnih zlitin analiziranih na IMT s pomočjo klasične kemijske analize so podane v tabeli 1.²

Tabela 1. Debeline trakov zlitine Al Fe 8.2, izdelanih po postopku hitrega strjevanja na vrtečem se kolutu.

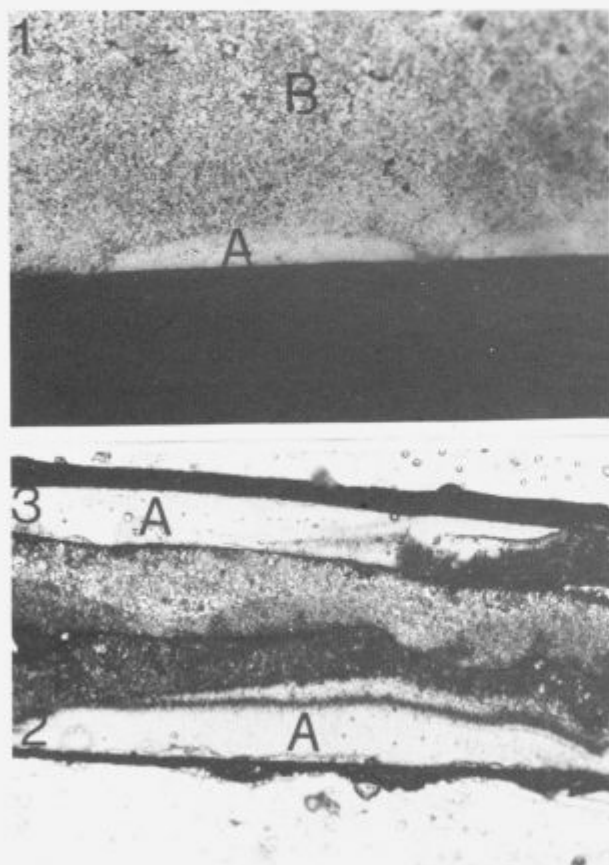
Vzorec	Povprečna debelina traku(μm)	Opomba
1	76	Kontinuirano liti trakovi
2	43	Kontinuirano liti trakovi
3	22	Diskontinuirano liti trakovi

Zlitino aluminija z železom smo pod tlakom argona brizgali na vrteči se kolut. Za vsako debelino traku smo nastavili različne obodne hitrosti koluta in sicer od 29 do 45m/s. Mikrostrukturo trakov smo analizirali s svetlobnim mikroskopom (OM), rasterskim elektronskim mikroskopom

(REM) in transmissijsko elektronsko mikroskopijo (TEM).

3 Rezultati in diskusija

Na nastanek trakov izdelanih po postopku hitrega strjevanja vpliva prenos toplote in gibnine.³ Toplotni tok je usmerjen pravokotno na kolut, medtem ko je smer prenosa gibnine vzporedna s smerjo vrtečega se koluta. Mehanizem nastajanja trakov ne vpliva samo na dimenzije, ampak tudi na mikrostrukturo. Podhladitev taline je z neposrednim kontaktom s kolutom zelo velika, zato se začne strjevanje že v peti.³ Pri strjevanju se sprošča latentna toplota, ki jo moramo odvajati in zaradi prenosa toplote preko dodatne strjene plasti, so podhladitve taline ob ločnici dosti manjše in s tem tudi hitrosti nadaljnjega strjevanja. Mikroskopske preiskave zlitine so potrdile, da zlitine nimajo enake mikrostrukture po debelini traku, temveč je sestavljena iz dveh plasti (slika 1).



Slika 1. Mikrostruktura vzdolžnega prereza traku, različnih debelin zlitine AlFe 8.2, pov. 500x

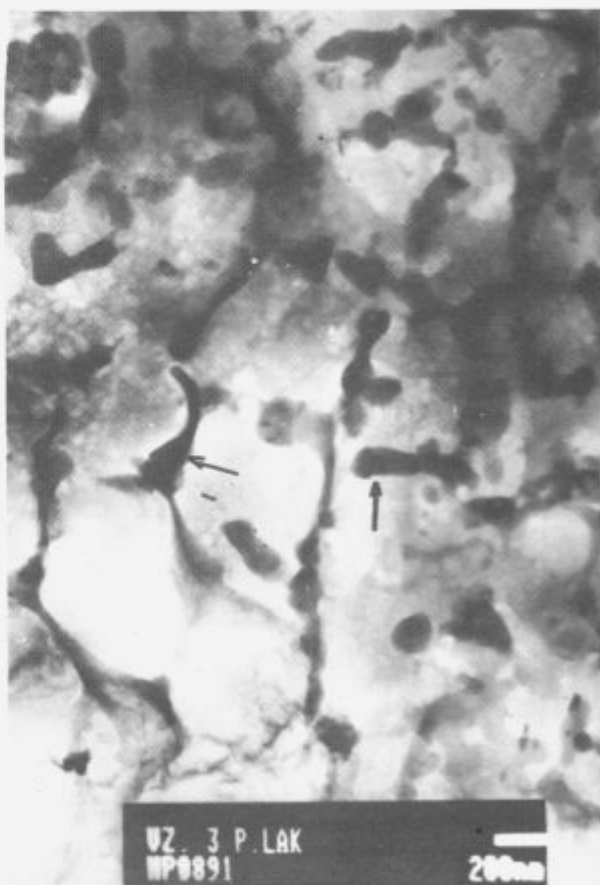
Figure 1. Microstructure of longitudinal cross section for different ribbon thickness made of Al-Fe alloy with 8.2 mass%

Cona A predstavlja mikrocelično zgradbo, ki vsebuje majhne precipitate, enakomerno porazdeljene po osnovi. S prehodom iz cone A v cono B se celice povečajo tudi do 15 $\times$, precipitati pa se zbirajo v stenah celic.¹ Volumenski delež drobne celične mikrostrukture se spreminja in je odvisen od debeline trakov in je podan v tabeli 2.

Tabela 2. Delež drobne celične mikrostrukture v trakovih različnih debelin zlitine Al Fe 8.2

Vzorec	Povprečna debelina traku(um)	Delež cone A %
1	76	9
2	43	40
3	22	100

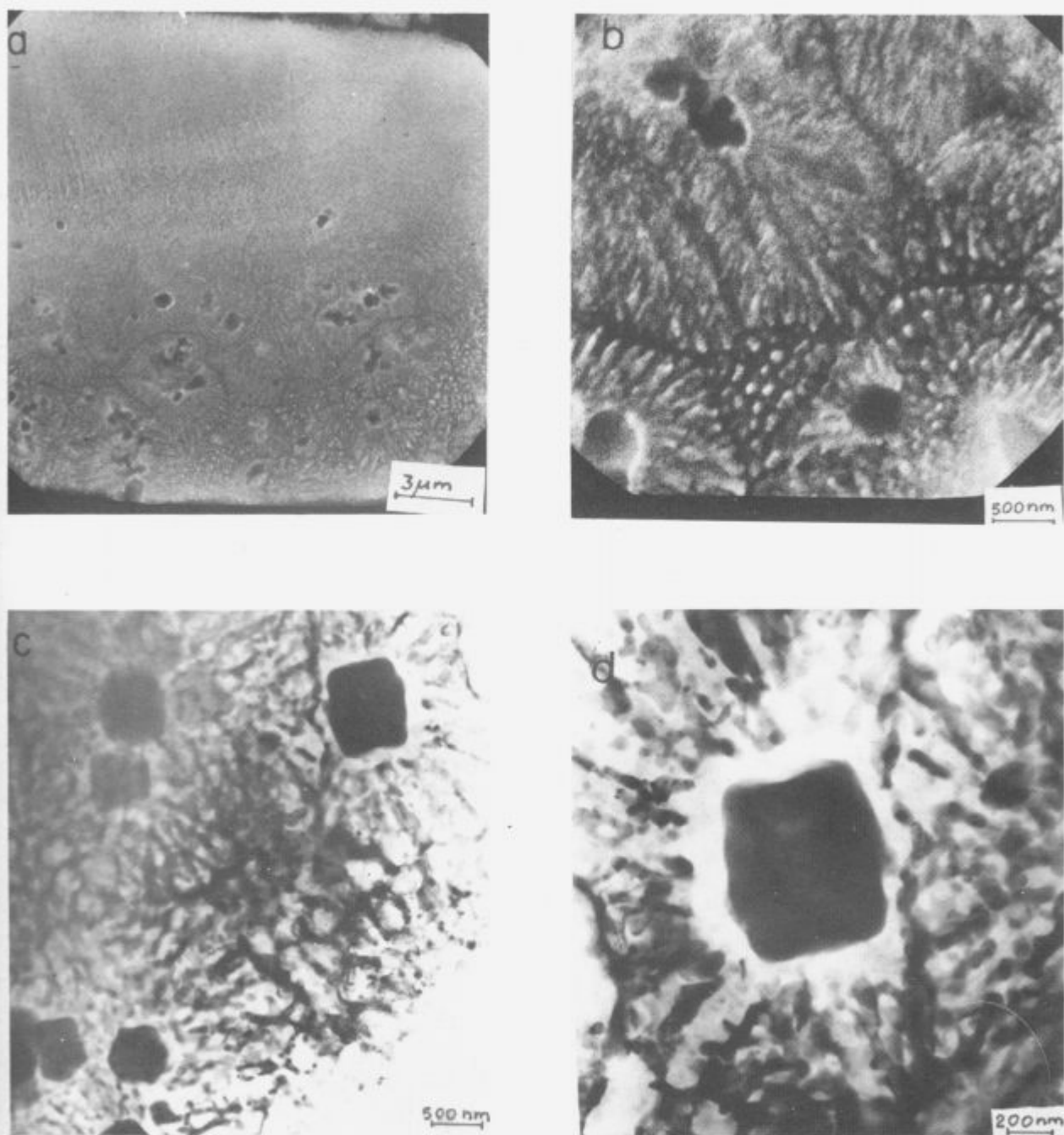
Zaradi velike podhladitve taline oziroma hitrosti strjevanja je difuzija na dolge razdalje omejena in s tem je tudi masni tok topljenca omejen. Pojavile se bodo kali faze bogate na aluminiju. Nastale kali rastejo v talini, presežna vrednost topljenca pa tvori stene celic. To pogojuje drobno celično mikrostrukturo. V prehodnem področju iz cone A v B se hitrost strjevanja manjša, zato se celice večajo, večji pa so tudi izločki na stenah celic (slika 2). Velikost celic je proporcionalna hitrosti ohlajanja.



Slika 2. Celična mikrostruktura zlitine Al Fe 8.2 na prehodu v cono B

Figure 2. TEM micrograph of the cellular microstructures passes into zone B for the Al-Fe alloy with 8.2 mass%

Opisani postopek strjevanja pa ne velja preko celega preseka. Na sliki 3 in 4 vidimo zelo velike izločke v pasu traku, ki ga označujemo s cono B. Nameščeni so v sredini



Slika 3. Mikrostruktura zlitine AlFe 8.2, SEM slike a in b ter TEM slike c in d.

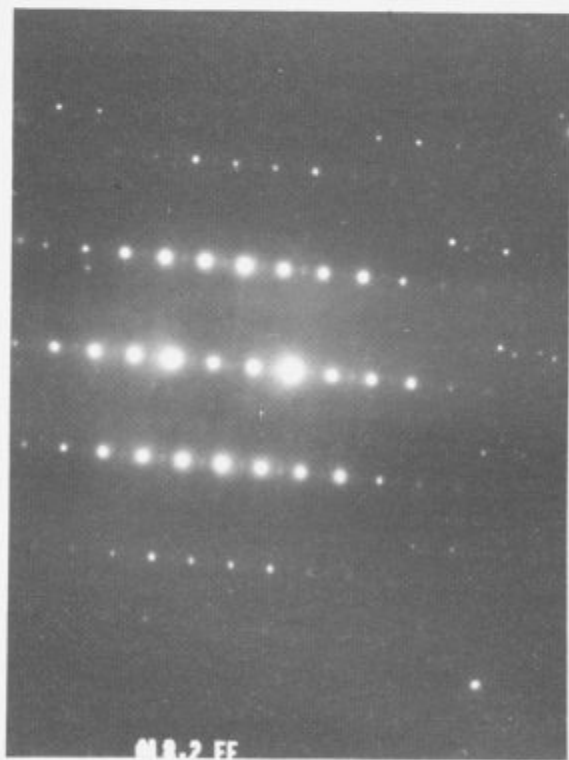
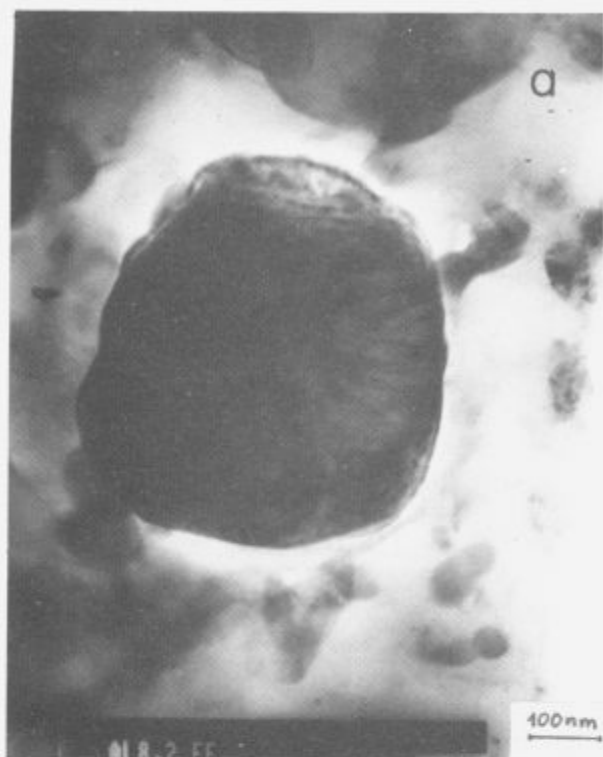
Figure 3. Microstructure of longitudinal cross section of Al-Fe alloy with 8.2 mass%, REM (a, b) and TEM (c, d).

lokalne strjevalne fronte. Po tem je moč sklepati, da najprej nastanejo kali faze, ki je bogata na železu. Te faze rastejo toliko časa, dokler ni količina aluminija na mejni ploskvi trdne in tekoče faze dovolj velika, da povzroči nastajanje celične mikrostrukture, ki se razrašča radialno, dokler ne zadene na drugo strjevalno fronto.

Na mikroposnetkih vidimo zelo velike delce, ki se nahajajo v sredini lokalne strjevalne fronte.

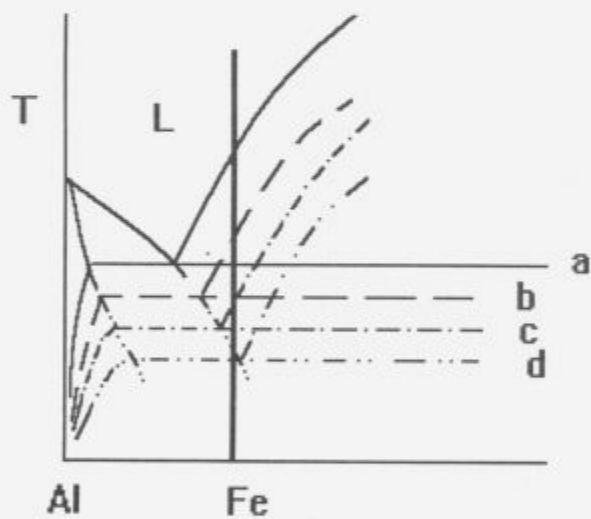
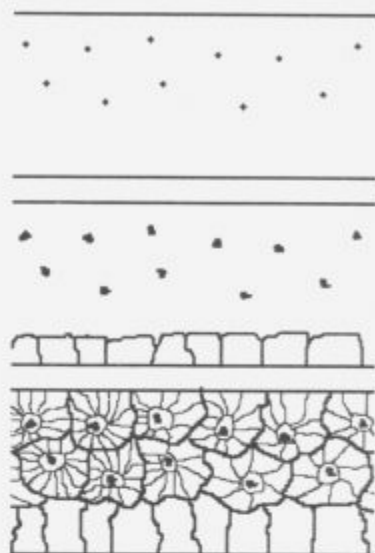
Dobljene rezultate dopolnjuje in ilustrira tudi analiza delca faze bogate na železu. Kristalna zgradba ugotovljena z uklonom elektronov pripada fazi $\text{Al}_{13}\text{Fe}_4$.

Torej obstajata dve možni poti za začetek strjevanja. Ali se najprej pojavijo kali faze bogate na aluminiju, ali kali faze bogate na železu? Nastanek kali je istočasen. Kali faze bogate na aluminiju se pojavijo na površini, ki je v kontaktu s kolutom, medtem ko nastanejo kali faze bogate z železom



Slika 4. TEM slika (a) in uklonska slika elektronov (b)
Figure 4. TEM mikrograph (a) and diffraction pattern (b)

na prosti strani traku (v coni B). Postopek strjevanja je prikazan na sliki 5.



Slika 5. Ilustracija strjevanja od čase tvorbe kali do konca strjevanja in ilustracija vpliva podhladitve na fazni diagram z evtektikom.⁴

Figure 5. Schematics illustrating the sequence of solidification and effect of undercooling on eutectic phase diagram

4 Zaključki

Strjevanje se začne istočasno z nastankom kali faze bogate z aluminijem in nastankom kali faze bogate z železom.

Velikosti delcev nastale faze bogate z železom so znatno večje od ostalih delcev.

Pri prehodu iz cone A v B se velikosti celic znatno povečajo, večji so tudi delci bogati na železu, ki se izločajo na stenah celic.

Na delež drobne celične mikrostrukture ne vpliva samo vsebnost železa v zlitini,² temveč tudi debelina trakov. Z manjšanjem debeline trakov se večja delež drobne celične mikrostrukture in pri določeni debelini imamo samo še drobno celično mikrostrukturo.

5 Literatura

- ¹ M.A. Zaidi: Materials Science and Engineering, 98 (1988) 221 - 226
- ² M. Bizjak, L. Kosec, A. Smolej: Kovine, zlitine, tehnologije, letnik 27, št. 1-2, 1993, 115-118
- ³ Laszlo Granasy: Transaction of the Japan Institute of Metals, 27 (1986) 51-60
- ⁴ R. K. Garrett, Jr., T. H. Sanders, Jr.: Proceeding of the Symposium Chemistry and Physics of Rapidly Solidified Materials, AIME, St. Louis, Missouri, October 26-27, 1982