

ZLIATINY TYPU FINEMET

V. Girman

Katedra fyziky kondenzovaných látok, UPJŠ, Košice
vladimir.girman@upjs.sk

Abstrakt

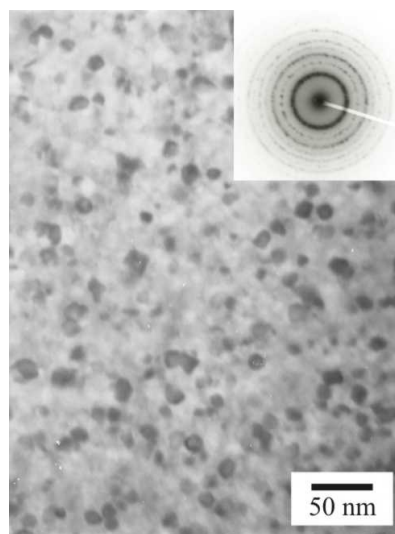
V príspevku sú v krátkosti popísané niektoré charakteristiky zliatiny typu FINEMET. Uvedené je jej základné chemické zloženie, jej fyzikálne vlastnosti z oblasti magnetizmu, spôsob jej výroby a mechanizmus tvorby nanokryštálovej štruktúry. Naznačené sú aj možnosti praktických aplikácií.

1. Úvod

Zliatina FINEMET bola po prvý krát popísaná Yoshizawom, Ogumom a Yamauchim v roku 1988. Odvtedy však boli pripravené aj jej modifikácie obohatením o rôzne prvky. V súčasnosti patria zliatiny tohto typu medzi najrozšírenejšie a najštudovanejšie nanokryštalické zliatiny, hlavne pre svoje nevšedné magnetické vlastnosti.

2. Charakteristiky zliatiny

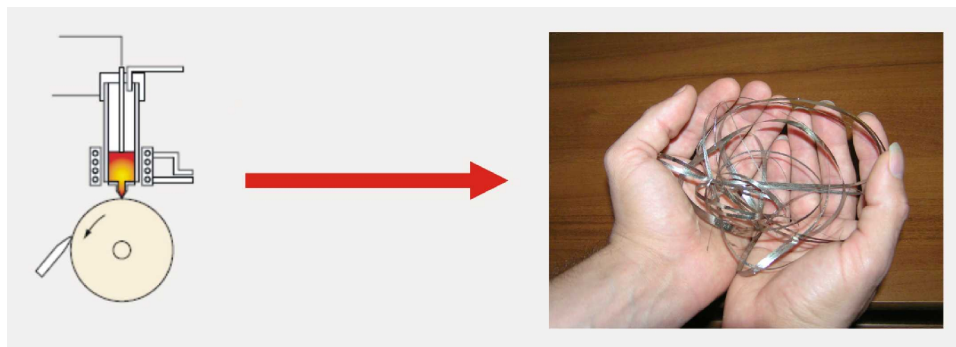
Pôvodná zliatina FINEMET objavená v roku 1988 má nasledovné chemické zloženie: $Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$. Táto zliatina vykazuje mimoriadne dobré magneticky mäkké vlastnosti, ktoré sú pripisované nízkej magnetokryštalizačnej anizotropii. Ide predovšetkým o vysokú hodnotu počiatkovej permeability ($\mu_i \cong 10^5$) a malú koercitívnu intenzitu ($H_C \leq 1$ A/m – hysterézná slučka pre tieto zliatiny je tak úzka, že pri jej zobrazení na tejto stránke by bolo vidieť namiesto slučky iba jednu čiaru). Ďalej je to vysoké magnetické sýtenie ($M_S \cong 1,25$ T), takmer nulová magnetostrikcia, a veľmi malá štruktúrna anizotropia. Spomenúť treba aj nízku náchylnosť na starnutie štruktúry. Vyznačuje sa tiež ultrajemnou a homogénnou mikroštruktúrou. Zrná tu v priemere dosahujú rozmerov 10 – 15 nm, pričom vzdialenosť medzi zrnami je 1 – 2 nm. Na obr. 1 je príklad takejto mikroštruktúry zachytený pomocou transmisného elektrónového mikroskopu.



Obr. 1: Mikroštruktúra zliatiny $Fe_{70,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Mn_3Cu_1$.

3. Príprava mikroštruktúry

Nanokryštalický stav je dosahovaný relatívne jednoduchým spôsobom. Zliatina je vystrelená na amorfnú pásku metódou „melt spinning“ (ktorú využívame aj u nás na katedre fyziky kondenzovaných látok Univerzity P. J. Šafárika v Košiciach). Princíp technológie „melt spinning“ spočíva v roztavení zliatiny a jej prudkom vystrelení z dýzy patričných rozmerov a tvarov na rýchlo rotujúci kovový valec. Samotné vystrelenie taveniny sa realizuje tlakom inertného plynu, ktorý mnohonásobne prevyšuje tlak atmosférický (viď obr. 2).



Obr. 2: Príprava amornej pásky metódou melt spinning.

Z niekoľko gramovej navážky tak získame pásku dlhú cca 5m, širokú až do 10mm, a hrubú max. 40 μ m. Jej štruktúra je po dodržaní všetkých parametrov strielania 100%-ne amorfná. Už v tomto amorfnom stave je zliatina použiteľná, napr. na magnetické jadrá elektrických obvodov. Jej magnetické vlastnosti sa však zvyčajne vylepšujú vyvolaním nanokryštalickej fázy. To sa dá dosiahnuť žiahaním amorfnej fázy po vhodnú dobu a pri vhodnej teplote. Presné parametre žiahanja závisia od konkrétneho chemického zloženia, pretože k základnému zloženiu FINEMETu sa pridávajú, prípadne nahrádzajú niektoré prvky, na vylepšenie výsledných vlastností. Účinné sa ukázali prvky V, Ta, W, Mo, Ti, Zr alebo Hf. Vo všeobecnosti sa však teploty žiahanja pohybujú v intervale 430 – 570°C, a doby žiahanja od niekoľko minút, až po niekoľko hodín.

4. Mechanizmus kryštalizácie

Tvorba nanokryštalickej štruktúry v zliatine FINEMET je spojená s prítomnosťou prvkov Cu a Nb (alebo iného prvku zo IV. – VI. skupiny periodickej tabuľky prvkov) a ich malou rozpustnosťou vo fáze BCC Fe-Si. Cu podporuje nukleáciu BCC zŕn a Nb zabraňuje ich ďalšiemu rastu, pričom súčasne potláča tvorbu boridov. V začiatkovej fáze žiahanja nastávajú fluktuácie v koncentrácii Cu, ktorá formuje

zhluky nanometrového priemeru s počiatkovou koncentráciou Cu okolo 20%. Optimálne však je, ak sú súčasne formované tri odlišné fázy. Jedna fáza je tuhý roztok BCC Fe-Si, ktorý obsahuje asi 20 at.% Si, niekoľko at.% B, a takmer žiadnu Cu a Nb. Druhá fáza je zvyšková amorfná fáza, obsahujúca približne 10 – 15 at.% Nb a B, asi 5 % Si, a takmer žiadnu Cu. Tretia fáza je výrazne obohatená o Cu (okolo 60%) s menej ako 5 at.% Si, B a Nb. Obsah Fe v tejto fáze je okolo 30 at.%. Po ukončení kryštalizácie je tak štruktúra tvorená kryštálmi FCC fázy bohatej na Cu, kryštálmi BCC fázy Fe-Si, a zvyškovou amorfnou fázou medzi kryštálmi, ktorá je bohatá na Nb a B.

5. Pôvod magnetických vlastností

Za prijateľné vysvetlenie excelentných magnetických vlastností FINEMETov možno považovať skutočnosť, že magnetostrikcia FINEMETu sa stáva menšou než je magnetostrikcia zliatiny v amorfnom stave. Lokálna magnetická anizotropia sa stáva menšou než je lokálna magnetická anizotropia zliatin s normálnou veľkosťou zrna.

6. Praktické aplikácie zliatin typu FINEMET

Zliatiny typu FINEMET majú široké pole využitia, najmä v jemnej elektronike. Uplatnia sa všade tam, kde je potrebná

malá koercitívna sila na rýchle premagnetovanie (čím sa výrazne šetrí energia na to vynaložená). To znamená napr. vysokofrekvenčné transformátory, rôzne tlmivky, ďalej ako materiály na účinné tlmenie elektromagnetického šumu elektrických, či elektronických zariadení. Je dôležitou súčasťou magnetických senzorov, magnetických obvodov. Je vhodný na výrobu magnetického jarma, magnetických tienidiel, alebo nasycovateľných jadier, atď..

Použitá literatúra

- [1] PAVLÍK G.: *Štruktúra a magnetické vlastnosti nanokryštalických zliatin na báze železa*. Dizertačná práca, Košice, SR, 2005.
- [2] MARCIN J.: *Vplyv štruktúry na magnetické vlastnosti vybraných nanokryštalických zliatin na báze železa*. Dizertačná práca, Košice, SR, 2003.