



## اثر TiC بر روی تشکیل محلول جامد Fe-50%Ni با استفاده از روش آلیاژسازی مکانیکی

محمد حسن شیرانی <sup>1</sup>، علی سعیدی <sup>2</sup>، مسعود کثیری <sup>3</sup>

### چکیده

آلیاژهای پایه آهن-نیکل در جاهایی که آنها تحت محیط های دمای بالا قرار می گیرند، کاربردهای بسیار زیادی پیدا کرده اند. در این تحقیق پودر کامپوزیتی Fe-50%Ni-TiC با استفاده از آسیاب گلوله ای سیاره ای تهیه شد. اثر مقدار TiC بر حسب درصد وزنی بر روی اندازه دانه، کرنش شبکه و پارامتر شبکه محلول جامد Fe-50%Ni توسط پراش اشعه ایکس مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابی مورفولوژی پودرها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی انجام شد. سختی پودرهای کامپوزیتی بر حسب زمان آسیاب کاری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می دهد که ذرات ترد TiC باعث تسریع فرآیند آلیاژسازی مکانیکی می شود. همچنین، افزایش مقدار TiC باعث ریزتر شدن دانه ها و افزایش سختی پس از فرآیند آلیاژسازی مکانیکی خواهد شد.

واژه های کلیدی: آلیاژهای FeNi، آلیاژسازی مکانیکی، کاربرد تیتانیم.

### 1. مقدمه

سوپر آلیاژها کاربرد های بسیار گسترده و متنوعی داشته که مهمترین آنها مقاومت در برابر خوردگی و مقاومت در برابر حرارت میباشد که از آن جمله میتوان به قطعات توربین های گاز هواپیما،

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مواد، انتخاب و شناسایی مواد، دانشکده مواد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد.

[mohamadshiran@gmail.com](mailto:mohamadshiran@gmail.com)

2- استاد، دانشکده مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان

3- استاد یار، دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

قطعات نیروگاههای توربین بخار، قطعات انتخابی خودرو مانند سوپاپ های دود، قالب های ریخته گری، سیستم های نیروگاههای هسته ای، صنایع شیمیایی و پتروشیمی اشاره کرد [1].

سوپرآلیاژهای پایه آهن - نیکل را میتوان به روش های الکتروسوب دهی [2,3,4]، شیمی تر [5]، واکنش پلاسمای هیدروژنی [6]، چگالش گاز [7]، تبخیر حرارتی [8]، انجماد سریع [9] و آلیاژ سازی مکانیکی [10-16] تولید کرد. آلیاژسازی مکانیکی که یک فرآیند آسیاب کاری پر انرژی و خشک میباشد به دلیل تولید گستره وسیعی از مواد شامل فازهای آمورف، شبه کریستال، نانو کریستال، محلول های جامد اشباع شده، آلیاژهایی از عناصر غیر قابل اختلاط، و انواع ترکیبات و کامپوزیت ها، توجه قابل ملاحظه ای را در سالهای اخیر به خود جلب کرده است [17].

کاربید تیتانیم (TiC) با سختی بالا و پایداری حرارتی بالا یک تقویت کننده مناسب در کامپوزیت های پایه آهن میباشد. این کامپوزیت ها به طور عمده بوسیله روش متالورژی پودر که شامل اضافه کردن پودر TiC به پودر آهن میباشد ساخته میشوند [18].

در تحقیق حاضر با استفاده از روش آلیاژسازی مکانیکی، پودر های آهن و نیکل، به منظور بررسی روند شکل محلول جامد Ni-50Wt% Fe، در زمان های مختلف تحت فرآیند آسیاب کاری قرار گرفته شد. سپس اثر اضافه کردن ذرات TiC به میزان 10، 20 و 30، پنج درصد وزنی بر روی زمان آلیاژسازی مورد ارزیابی قرار گرفته و همچنین اثر مقدار TiC بر روی سختی، پارامتر شبکه، کرنش شبکه، مورفولوژی و ریزساختار پودرهای آلیاژسازی مکانیکی شده در زمان های مختلف، مورد بررسی قرار گرفت.

## 2. مواد و روش تحقیق

مواد اولیه مورد استفاده در این تحقیق شامل پودر نیکل (میانگین اندازه ذرات  $100\ \mu\text{m}$ ، خلوص 99/5 %، کمپانی LSM)، پودر آهن (میانگین اندازه ذرات  $150\ \mu\text{m}$ ، خلوص 99/2 %، کمپانی Hoganass) پودر TiC (میانگین اندازه ذرات  $<200\ \mu\text{m}$ ، خلوص 99/8 %، کمپانی Alfa Aesar) می باشد. شکل و اندازه ذرات در شکل 1، نشان داده شده است. مخلوط  $\text{NiFe-xTiC}$  ( $x=0,5,30,20,10, \text{Wt\% TiC}$ ) برای مدت زمان های 1، 3، 5، 7، 15، 10 و 25 ساعت با استفاده از آسیاب گلوله ای سیاره ای پر انرژی با سرعت 600 دور در دقیقه (600rpm)، در محفظه هایی از جنس فولاد سخت پر کروم با گلوله هایی از جنس فولاد بلبرینگ با قطر 20mm آسیاب کاری شدند. برای جلوگیری از اکسیداسیون، محفظه ها تحت اتمسفر گاز آرگون قرار داده شد. نسبت وزنی گلوله به پودر (BPR) 20:1 انتخاب شد. آنالیز فازی با استفاده از پراش اشعه x (XRD) و به وسیله دستگاه دیفرکتومتر فیلیپس، مدل PW1800 و به کارگیری اشعه  $\text{CuK}\alpha$ ، صورت گرفت. مورفولوژی و ریزساختار پودر های آسیاب کاری شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، LEO،

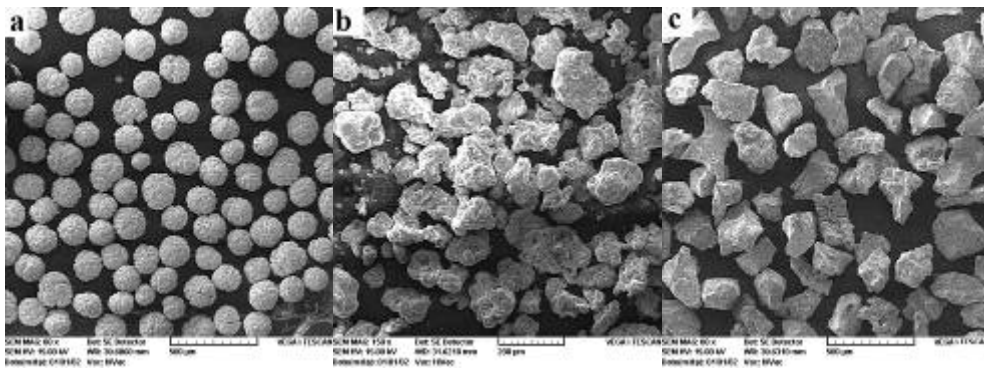
مدل 435 VP و VEGA مدل TESCAN بررسی شد. اندازه کریستالی (دانه) و کرنش شبکه بر اساس روش ویلیامسون حال اندازه گیری شد. آزمون میکروسختی ویکرز بر روی پودر هایی که به مدت 10 ساعت آسیاب کاری شده بودند با استفاده از دستگاه ERNS7 Leitz GMBH WETZLAR ، تحت بار اعمالی 50 gr، انجام شد.

### 3. نتایج و بحث

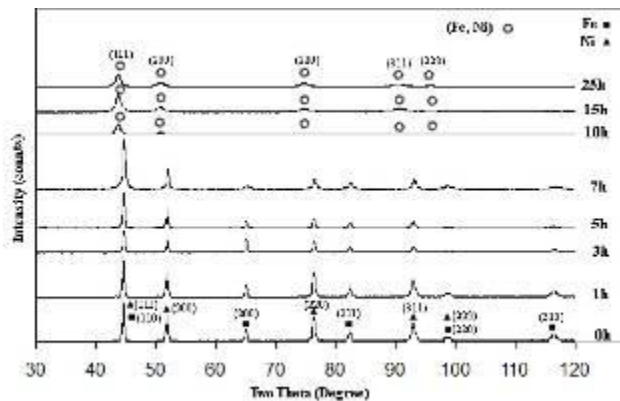
الگوی پراش اشعه ایکس برای مخلوط پودری Fe-50Wt%Ni بعد از زمان های مختلف آسیاب کاری در شکل 2، نشان داده شده است. همان طور که مشاهده میشود با افزایش زمان آسیاب کاری، تمام خطوط پراش پهن شده و از شدت آنها کاسته می شود که نشان دهنده کاهش پیوسته در اندازه دانه و وارد شدن کرنش شبکه می باشد. خطوط پراش نشان داده شده در صفر ساعت مربوط به فلز آهن با شبکه مکعبی مرکز دار (BCC) و فلز نیکل با شبکه مکعبی با سطوح مرکز دار (FCC) میباشد. با افزایش زمان آسیاب کاری تا هفت ساعت، هم پیک های آهن و هم پیک های نیکل مشاهده میشود ولی جابجایی در موقعیت پیک ها مشاهده نمیشود و تنها از شدت آنها کاسته شده و پهن تر میشوند. پس از 10 ساعت آسیاب کاری پیک های مربوط به صفحات (110) و (200) که مربوط به آهن آلفا ( $\alpha$ ) با شبکه BCC بوده حذف شده و تنها پیک های مربوط به فاز FCC مشاهده میشود که به سمت زوایای کمتر تغییر موقعیت پیدا کرده اند. این نشان دهنده تشکیل محلول جامد آهن در نیکل میباشد. به عبارت دیگر، حذف پیک های مربوط به آهن و تغییر موقعیت پیک های مربوط به نیکل، حاکی از این مطلب است که اتم های آهن به داخل شبکه نیکل نفوذ کرده و با توجه به این که شعاع اتمی آهن (0/126 nm) بزرگتر از شعاع اتمی نیکل (0/124 nm) می باشد باعث انبساط شبکه و تشکیل محلول جامد FCC  $\gamma$ (Fe,Ni)، میشود. محلول جامد تشکیل شده تا این نیت<sup>1</sup> نام دارد. با افزایش زمان آسیاب کاری تا 25 ساعت، خطوط پراش پهن تر شده ولی تغییر محسوسی در موقعیت پیک ها مشاهده نمیشود که نشان دهنده ریز شدن دانه ها به طور قابل ملاحظه ای میباشد.

---

<sup>1</sup> -taenite



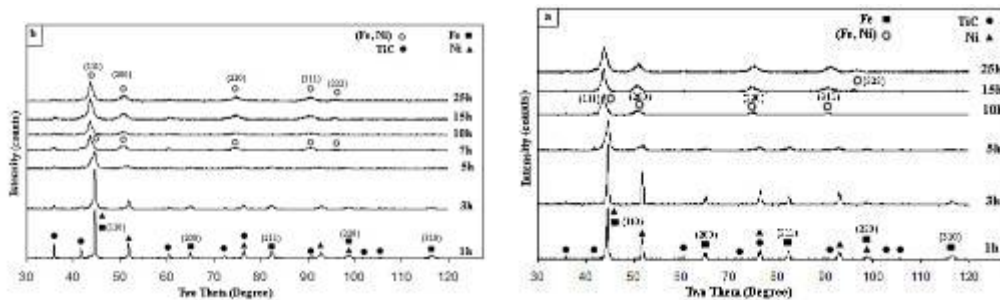
شکل 1- شکل و اندازه ذرات مواد اولیه (a) نیکل (Ni)، (b) آهن (Fe)، (c) کاربید تیتانیوم (TiC)



شکل 2- الگوی پراش اشعه ایکس برای مخلوط پودری Fe-50Wt%Ni بعد از زمان های مختلف آسیاب کاری

الگوی پراش اشعه ایکس در اثر اضافه کردن TiC به مخلوط پودری  $Ni_{50}Fe_{50}$  در زمان های مختلف آسیاب کاری در شکل 3، آورده شده است. شکل 3a، الگوی پراش اشعه ایکس در اثر اضافه کردن TiC به مقدار 5 Wt% و شکل 3b، الگوی پراش اشعه ایکس در اثر اضافه کردن TiC به مقدار 10 Wt% را نشان میدهد. همان طور که مشاهده می شود در هر دو شکل، با افزایش زمان آسیاب کاری از شدت پیک ها کاسته شده و پیک ها پهن تر میشوند که به دلیل ریز شدن دانه ها و ایجاد کرنش شبکه می باشد. در شکل 3b، میزان کاهش شدت پیک ها و پهن تر شدن پیک ها نسبت به شکل 3a بیشتر می باشد. به عنوان مثال این روند پس از آسیاب کاری به مدت 5 ساعت برای هر دو شکل، به خوبی مشخص است. همچنین، در یک مقایسه با شکل 2، می توان به این مطلب پی برد که تشکیل محلول جامد برای Ni-Fe-10 Wt% TiC در زمان های کمتر آسیاب کاری رخ می دهد به این معنی که در شکل 3b، پس از مدت هفت ساعت آسیاب کاری پیک های مربوط به آهن حذف شده و پیک های مربوط به فاز FCC به سمت زوایای کمتر تغییر موقعیت پیدا کرده است، در صورتی که در شکل 2، پس از مدت زمان هفت ساعت آسیاب کاری هنوز پیک های مربوط به آهن مشاهده شده و تغییری در موقعیت پیک ها بوجود نیامده است. مراحل آلیاژ سازی مکانیکی در سیستم های شامل اجزاء نرم- ترد

شامل تغيير فرم پلاستيکی جزء نرم، خرد شدن ذرات ترد، جوش سرد وشکست ذرات تغيير فرم يافته می باشد [19]. وجود ذرات فاز ترد باعث افزايش تغيير فرم موضعی در اطراف فاز نرم می شود. علاوه بر اين، ذرات سخت نرخ کار سختی ذرات فلزی را افزايش می دهند. بنابراین فرآيند شکست در سيستم های نرم- ترد نسبت به سيستم های شامل اجزاء نرم- نرم زود تر اتفاق می افتد.

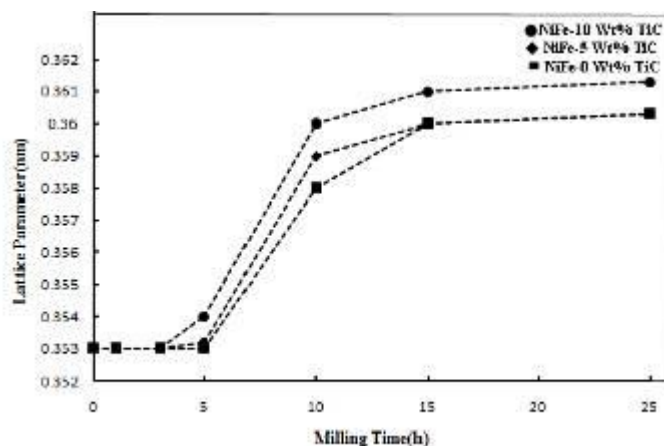


شکل ۳- الگوی پراش اشعه ایکس مخلوط پودری  $Ni_{50}Fe_{50}$  همراه با (a) 5 Wt% TiC (b) 10 Wt% TiC

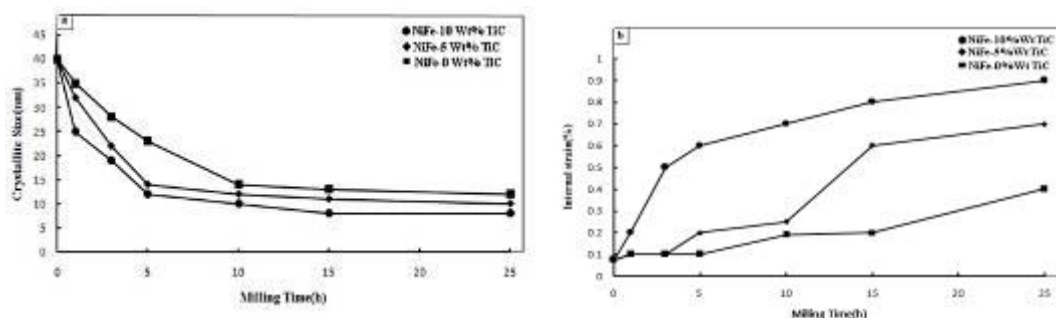
شکل 4، تغييرات پارامتر شبکه با زمان آسیاب کاری، برای مخلوط پودری 0، 5، 10، 10، 5، 0- NiFe را نشان می دهد. همان طور که ملاحظه می شود با افزايش زمان آسیاب کاری پارامتر شبکه از مقدار 0/3528 nm برای نیکل خالص در مدت زمان صفر ساعت آسیاب کاری تا میزان تقریباً 0/3607 nm برای 0، 10، 5 Wt% TiC - NiFe در مدت زمان 25 ساعت آسیاب کاری، افزايش می یابد. افزايش پارامتر شبکه، با افزايش زمان آسیاب کاری به دليل نامنظم شدن آلیاژ می باشد. گزارشات مشابهی نیز برای افزايش پارامتر شبکه با زمان آسیاب کاری توسط محققين برای  $Ni_{50}Fe_{50}$  [20] و FeAl [21] ارائه شده است.

تغييرات اندازه کریستالی و کرنش شبکه با زمان آسیاب کاری برای مخلوط پودری Wt% TiC 0، 10، 5، NiFe در شکل 5 نشان داده شده است. واضح است که اندازه کریستالی در کلیه موارد (اعم از آنهایی که TiC دارند و آنهایی که ندارند) با افزايش زمان آسیاب کاری کاهش می یابد (شکل 5a). شدت کاهش در اندازه کریستالی ابتدا شدید و سپس کم می شود. این کاهش در اندازه دانه با افزايش کرنش داخلی همراه است که در شکل 5b نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود با افزايش میزان TiC تا میزان 10 درصد وزنی، کاهش اندازه کریستالی با شدت بیشتری انجام میشود. اندازه کریستالی از مقدار 40nm برای زمان صفر ساعت آسیاب کاری شروع شده و پس از 25 ساعت آسیاب کاری پودرها به مقدار 8nm، 10nm، 12nm به ترتیب برای NiFe، NiFe-5Wt% TiC و NiFe-10Wt% TiC میرسد. مقدار کرنش داخلی از مقدار 0/075% برای زمان صفر ساعت آسیاب

کاری شروع شده و پس 25 ساعت آسیاب کاری تا میزان 0/4 %، 0/7 %، و 0/9 % به ترتیب برای NiFe-10Wt% TiC، NiFe-5Wt% TiC، NiFe-0 Wt% TiC افزایش می یابد. علت افزایش کرنش شبکه با افزایش TiC می تواند به این دلیل باشد که با افزایش TiC تغییر فرم پلاستیکی و کار سختی بیشتر شده و نهایتاً باعث بوجود آمدن چگالی بالاتری از عیوب به خصوص نابجایی ها میشود.



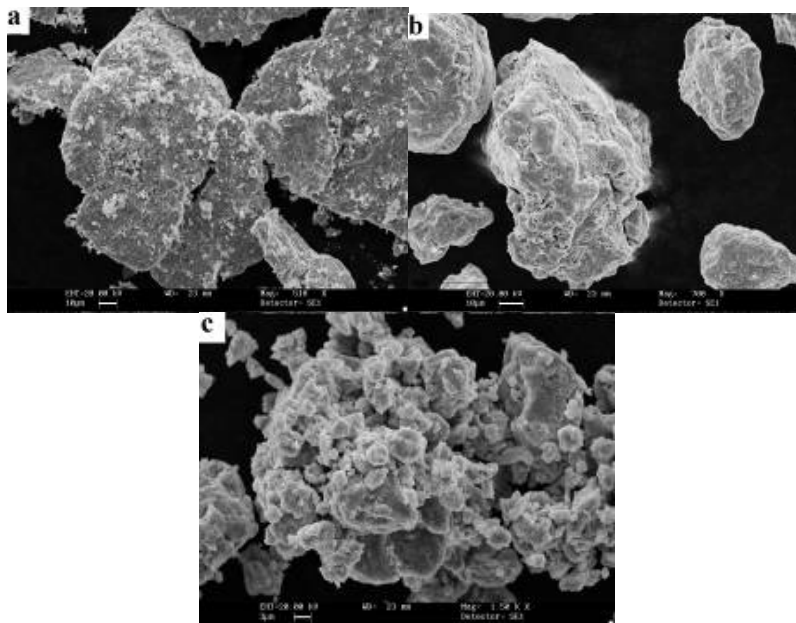
شکل 4- تغییرات پارامتر شبکه با زمان آسیاب کاری، برای مخلوط پودری NiFe - TiC



شکل 5- تغییرات (a) اندازه کریستالی و (b) کرنش شبکه با زمان آسیاب کاری برای مخلوط پودری NiFe - TiC

تغییرات مورفولوژی و اندازه ذرات توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مورد بررسی قرار گرفت. شکل 6، تغییرات مورفولوژی و اندازه ذرات را برای NiFe - 10 Wt% TiC، بر حسب زمان های مختلف آسیاب کاری نشان میدهد. شکل 7a، آلیاژسازی مکانیکی پس از سه ساعت را نشان می دهد که نشان دهنده پهن شدن ذرات می باشد. در مراحل اولیه آلیاژسازی مکانیکی به دلیل قرار گرفتن ذرات پودر در بین گلوله ها و برخورد گلوله ها با یکدیگر ذرات پهن شده و به حالت پولکی / ورقه ای شکل در می آیند. با افزایش زمان آلیاژسازی تا پنج ساعت (شکل 6b) ابعاد دانه ها به صورت ابعاد هم محور در

آمده است. شکل 6c، آلیاژسازی پس از 25 ساعت را نشان می دهد. همان طور که ملاحظه می شود ذرات ریز شده و شکل ذرات به یکدیگر نزدیک شده، همچنین، یک حالتی از آگلومره شدن ذرات نیز مشاهده می شود.



شکل 6- تغییرات شکل و اندازه ذرات را برای NiFe-10 Wt% TiC، بر حسب زمان های مختلف آسیاب کاری. (a) 3 ساعت (b) 5 ساعت (c) 25 ساعت

فرآیند جوش سرد که در آلیاژسازی مکانیکی بوجود می آید ناشی از تغییر فرم سرد می باشد. یک تغییر فرم بحرانی وجود دارد که در بالاتر از آن، پدیده جوش سرد بوجود می آید، در حالی که در کمتر از آن جوش خوردن ذرات رخ نمی دهد و تنها کار سختی انجام می شود. وجود ذرات تقویت کننده در بین ذراتی که در حین جوش خوردن هستند، باعث افزایش تغییر فرم موضعی در اطراف ذرات تقویت کننده خواهد شد. افزایش تغییر فرم موضعی باعث بهبود فرآیند جوش سرد می شود، از طرفی تغییر فرم بیشتر اعمال شده توسط ذرات تقویت کننده، باعث سخت کاری بیشتر و افزایش فرآیند شکست می شود. این افزایش در روند جوش سرد که به علت وجود ذرات تقویت کننده می باشد، ممکن است دلیلی باشد برای اینکه چرا کل فرآیند آلیاژسازی مکانیکی در زمان کوتاهتری انجام میشود. دلیل احتمالی دیگر این است که ذرات ترد کوچک و سخت در زمینه به عنوان عوامل آسیاب کاری عمل کرده و باعث

افزایش انرژی سیستم می شوند. لذا زمان آسیاب کاری مورد نیاز برای رسیدن به حالت پایا کاهش می یابد [22].

جدول 1، اثر اضافه کردن TiC به NiFe به میزان های 0، 5، 10، 20، 30 درصد وزنی، بر روی سختی پودر های آلیاژسازی مکانیکی شده به مدت 10 ساعت، را نشان میدهد. همان طور که ملاحظه میشود با افزایش مقدار TiC سختی نیز افزایش پیدا می کند. آلیاژسازی مکانیکی باعث ایجاد میزان بالایی از تغییر فرم، کاهش اندازه دانه تا میزان نانو و بسته به پارامتر های فرآیند، باعث ایجاد توزیع بسیار ریزی از اکسید ها، کاربید ها، نیتريد ها، در ساختار فلزات می شود. همچنین یک دانسیته بالایی از نابعایی ها به علت تغییر فرم شدید بوجود می آید، که می تواند دلیل افزایش سختی با اضافه شدن TiC باشد.

جدول 1- تاثیر افزودن TiC به NiFe، بر روی سختی پودر های آلیاژسازی مکانیکی شده پس از 10 ساعت

Sample	Micro Hardness(HV <sub>0.05</sub> )
NiFe-0Wt% TiC	۲۸۰ <sub>-۳۰</sub> <sup>+۳۰</sup>
NiFe-5Wt% TiC	۷۲۰ <sub>-۴۰</sub> <sup>+۴۰</sup>
NiFe-10Wt% TiC	۸۵۰ <sub>-۲۵</sub> <sup>+۲۵</sup>
NiFe-20Wt% TiC	۹۳۰ <sub>-۱۵</sub> <sup>+۱۵</sup>
NiFe-30Wt% TiC	۱۰۱۷ <sub>-۲۰</sub> <sup>+۲۰</sup>

#### 4. نتیجه گیری

پودر فلزات آهن، نیکل و ذرات کاربید تیتانیم توسط آسیاب کاری آلیاژ شده و سپس اثر میزان TiC بر حسب درصد وزنی، بر روی آلیاژسازی مکانیکی، سختی و ریز ساختار پودر های آلیاژسازی مکانیکی شده مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت و نتایج زیر حاصل گردید:

1- مخلوط Ni-50Fe پس از حداقل 10 ساعت آسیاب کاری مکانیکی در آسیاب پر انرژی کاملاً در یکدیگر حل شده و محلول جامد با شبکه FCC ایجاد می کند.

2- وجود ذرات تقویت کننده TiC به علت ایجاد تغییر فرم بیشتر در زمینه باعث تسریع در فرآیند آلیاژسازی مکانیکی میشود بطوریکه با استفاده از 10% TiC، در مخلوط زمان آلیاژ شدن به هفت ساعت کاهش می یابد.



3- با افزایش مقدار TiC اندازه دانه (کریستال) زمینه، کاهش می یابد.

4- وجود ذرات TiC در زمینه باعث افزایش سختی می گردد که این روند با افزایش مقدار TiC، افزایش می یابد.

## 5. مراجع

- [1] Matthew J. Donachie, Stephen J. Donachie, Superalloys: A Technical Guide, 2nd Edition. ASM International, 2002, p.8.
- [2] J.L. McCrea, G. Palumbo, G.D. Hibbard, U. Erb, "properties and application for electrodeposited nanocrystalline Fe-Ni alloys", Reviews on Advanced Materials Science, vol.5, 2003, pp.252-258.
- [3] K.-St.Werkmeister, F. Rdang, M. Koch, M. Heyer, G. Schwitzgebel, "PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF NANOCRYSTALLINE (Fe, Ni) ALLOYS", NanoStructured Materials, vol.12, 1999, pp.229-232.
- [4] F. Djuanda, U.Erb, G.Palumbo, " electrodeposition of nano crystalline NiFe alloys", NanoStructured Materials.vol.5, 1995, pp.513-523.
- [5] Enio Lima Jr, Valderes Dragoa, Jo˜ao Cardoso de Lima, Paulo Fernando Papaleo Fichtner, " Nanocrystalline  $Fe_xNi_{1-x}$  ( $x \leq 0.65$ ) alloys formed by chemical synthesis", Journal of Alloys and Compounds, vol. 396, 2005, pp. 10–17.
- [6] X.G. Chiba, S. Takahashi, "preparation and magnetic properties of ultra fine particles of Fe-Ni alloys", Journal of Magnetism and Magnetic Materials. vol.170, 1997, pp.339-345.
- [7] A. Djekoun, B. Bouzabata, S. Alleg, J.M. Greneche, " synthesis and morphological characterization and nanocrystalline powder obtains by a gas condensation method", Annales de Chimie - Science des Materiaux, vol. 23, 1998, pp. 557-560.
- [8] Y.V. Baldokhin, P.Y. Kolotyrykin, Y.I. Petrov, E.A. Shafranovsky, " On the exhibition of high and low spin states of the fcc phase in ultrafine Fe and Fe-Ni particles", Physics Letters A, vol.189, 1994, pp. 137-142.
- [9] J. J. SUN, A. GONZ ´A LEZ, L. ESCODA, " Comparison of Fe-Ni based alloys prepared by ball milling and rapid solidification", JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, vol.39, 2004, pp. 5147 – 5150.
- [10] R. Koohkan, S. Sharafia, H. Shokrollahib, K. Janghorban, "Preparation of nanocrystalline Fe–Ni powders by mechanical alloying used in soft magnetic composites", Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol. 320, 2008, pp. 1089-1094.
- [11] R. Hamzaoui, O. Elkedim, N. Fenineche, E. Gaffet, J. Craven, "Structure and magnetic properties of nanocrystalline mechanically alloyed Fe-10% Ni and Fe-20%Ni", Materials Science and Engineering A, vol.360, 2003, pp.299-305.
- [12] D. Oleszak, H. Matyja, " NANOCRYSTALLINE FE-BASED ALLOYS OBTAINED BY MECHANICAL ALLOYING", NanoStmctured Materials, vol.6, 1995, pp. 425-428.
- [13] Yu.V. Baldokhin, V.V. Tcherdyntsev, S.D. Kaloshkin, G.A. Kochetov, Yu.A. Pustov, " Transformations and magnetic structure of mechanically alloyed Fe-Ni alloys", Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol.203, 1999, pp.313-315.
- [14] A. Djekoun, A. Otmani, B. Bouzabata, L. Bechiri, N. Randrianantoandro, " Synthesis and characterization of high-energy ball milled nanostructured Fe<sub>50</sub>Ni<sub>50</sub>", Catalysis Today, vol.113, 2006, pp. 235–239.
- [15] M. P ˛ekala, D. Oleszak, E. Jartych, J.K. Z ˛urawicz, "STRUCTURAL AND MAGNETIC STUDY OF MECHANICALLY ALLOYED Fe-Ni", NanoStructured Materials, vol.11, 1999, pp. 789-793.
- [16] V. Hays, R. Marchand, G. Saindrenan, E. Gaffet, " nanocrystalline Fe-Ni solid solutions prepared by mechanical alloying", NanoStructured Materials, vol.7, 1996, pp. 411-420.

- [17] C. Suryanarayana, " Mechanical alloying and milling", Progress in Materials Science, vol.46, 2001, pp. 1-184.
- [18] Nuri Durlu, " Titanium Carbide Based Composites for High Temperature Applications", Journal of the European Ceramic Society, vol.19, 1999, pp. 2415-2419.
- [19] J. S. Benjamin, " MECHANICAL ALLOYING", Reviews on Advanced Materials Science, vol.13, 1983, pp.279-300.
- [20] A. Guittoum, A. Layadi, A. Bourzami, H. Tafat, N. Souami, S. Boutarfaia, D. Lacour, " X-ray diffraction, microstructure, Mossbauer and magnetization studies of nanostructured Fe50Ni50 alloy prepared by mechanical alloying", Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol.320, 2008, pp. 1385–1392.
- [21] D. Oleszak, P.H. Shingu, " Mechanical alloying in the Fe-Al system", Materials Science and Engineering, vol.181–182, 1994, pp.1217-1221.
- [22] J.B. Fogagnolo, F. Velasco, M.H. Robert, J.M. Torralba, "Effect of mechanical alloying on the morphology, microstructure and properties of aluminium matrix composite powders", Materials Science and Engineering A, vol.342 ,(2003), pp.131-143.

## The effect of TiC on solid solution Fe-50%Ni formation by mechanical alloying

Mohammad hassan Shirani Bidabadi\*, Ali saidi, Masoud kasiri

*\*Corresponding Author Address: Department of Materials Engineering, Islamic Azad University of Najafabad, Isfahan, Iran*

*Corresponding Author E-mail: [mohamadshiran@gmail.com](mailto:mohamadshiran@gmail.com)*

### Abstract

FeNi-base alloys are used in many application where they are subjected to harsh environment at high temperature. In this study, Fe-50%Ni-TiC composite powders were prepared by using planetary ball mill. The effect of Tic content by weight percent on the grain size, lattice strain and lattice parameter of Fe-50%Ni solid solution have been investigated by X-ray diffraction (XRD). The powder morphology was examined using scanning electron microscopy (SEM).The hardness of composite powders were investigated as a function of milling time. The results showed that the brittle particles of TiC accelerate the milling process. Moreover, it was shown that with increasing the TiC by weight percent, smaller crystallite size and more hardness are obtained after mechanical alloying.

**Keywords:** FeNi alloy, Mechanical alloying, Titanium carbide.