

## ریخته گری آلیاژ تکفاز بین فلزی منظم Ni-Al و کاربرد آن به جای ابرآلیاژها در دماهای بالا

اکرم السادات حسینی، کامبیز رضاییان پور، محمد مهدی تقی نئی<sup>۱</sup>، مسعود امامی<sup>۲</sup>

بخش مواد هسته‌ای

مرکز تحقیقات کشاورزی و پزشکی هسته‌ای

سازمان انرژی اتمی ایران

### چکیده

نیکل آلومیناید Ni<sub>۳</sub>Al یک ترکیب بین فلزی است که دارای خواص مکانیکی مطلوبی برای کاربردهای ساختاری در دماهای بالا می‌باشد. نیکل آلومیناید که از لحاظ درصد اتمی حاوی ۲۵٪ آلومینیوم است، در هوا به دلیل تشکیل لایه نازک اکسید چسبنده‌ای که آلیاژ را محافظت می‌کند، در برابر خوردگی مقاوم می‌باشد. برخلاف ابرآلیاژهای متداول، تنش تسلیم Ni<sub>۳</sub>Al اساساً با افزایش دما افزایش می‌یابد. نیکل آلومیناید مهم‌ترین عامل استحکام دهنده ابرآلیاژهای نیکل-پایه تجارتمی است و عامل اصلی مقاومت آنها در برابر خزش<sup>۳</sup> و استحکام حتی در دماهای بالا بشمار می‌رود. علاوه بر این، چگالی آلیاژ Ni<sub>۳</sub>Al در حدود ۱۰٪ از ابرآلیاژها کمتر است و حاوی عناصر استراتژیکی نظیر کروم و کبالت هم نیست. بنابراین، با توجه به عاملهایی مانند دوام، کارایی و قیمت، لزوم طراحی آلیاژهای نوین به خوبی احساس می‌شود. در آلیاژهایی که ترکیب منظم دارند به علت قابلیت تحرک اتمی پایین، «نفوذپذیری»<sup>۴</sup> به کندی صورت می‌گیرد و در نتیجه مقاومت قابل توجهی در برابر خزش و اکسید شدن از خود نشان می‌دهند. در این کار پژوهشی ضمن بررسی روشهای مختلف ذوب آلیاژ تکفاز Ni<sub>۳</sub>Al، انتخاب نوع کوره، فرایند ذوب و ریخته گری، عملیات حرارتی و بررسیهای ریز ساختاری آلیاژ نیز مورد نظر بوده‌اند و در باره نتایج حاصل بحث شده است.

### ۱- مقدمه

یکی از بارزترین عرصه‌های تحقیقاتی پژوهشگران علم مواد در سالهای اخیر، فعالیت در زمینه تولید و گسترش آلیاژهای جدید برای جایگزین کردن ابرآلیاژهای نیکل-پایه است که در ساخت پره‌های توربین گازی و دستگاههای انتقال قدرت بکار می‌روند. ابرآلیاژهای نیکل-پایه محلولهای جامدی هستند با فاز Ni<sub>۳</sub>Al بخش شده که در دماهای فراتر از ۱۱۰۰°C بکار می‌روند.

آلومیناید‌های بین فلزی با پایه نیکل، آهن، تیتانیوم و کبالت مدتی است که به عنوان مواد ساختاری مناسب برای کار در دمای بالا پیشنهاد شده‌اند [۲۰]. مزیت‌های عمده آلومیناید‌های نیکل عبارتند از مقاومت در برابر کربوره شدن هم در محیطهای اکسیدکننده و هم در محیطهای احیاکننده فراتر از ۱۱۰۰°C، افزایش استحکام تسلیم - که با بالا رفتن دما افزایش یافته و بسته به ابعاد دانه‌ها در آلیاژ در دامنه دمایی ۸۵۰-۶۵۰°C به حداکثر می‌رسد -، استحکام تسلیم فشاری خوب در دامنه دمایی ۶۵۰-۱۱۰۰°C در مقایسه با

ابرآلیاژهای نیکل-پایه، مقاومت خستگی بیشتر نسبت به ابرآلیاژهای نیکل-پایه به دلیل حذف شدن ذرات فاز دوم نظیر کاربیدها، استحکام خزشی بیشتر (که بستگی زیادی به ابعاد دانه‌ها دارد)، مقاومت سایشی عالی در دماهای بالا، مقاومت بیشتر در برابر سایش کاواک‌زایی (کاویتاسیون<sup>۵</sup>) نسبت به مواد مشابه و تشکیل اکسید آلومینیوم (Al<sub>۲</sub>O<sub>۳</sub>) روی سطح آلیاژ (که محافظ خوبی در برابر بسیاری از محیطهای خورنده است) [۳].

آلومیناید نیکل ترکیب بین فلزی منظمی است که دارای ساختار بلوری نوع L1<sub>۲</sub> با استحاله فازی پریکتیک در دمای ۱۳۹۷°C می‌باشد. Ni<sub>۳</sub>Al متشکل از یک عنصر از گروه VIII و یک عنصر از زیرگروه IIb در جدول تناوبی عناصر است. در ترکیب آمیزه

۱- استادیار دانشکده مهندسی مواد - دانشگاه علم و صنعت

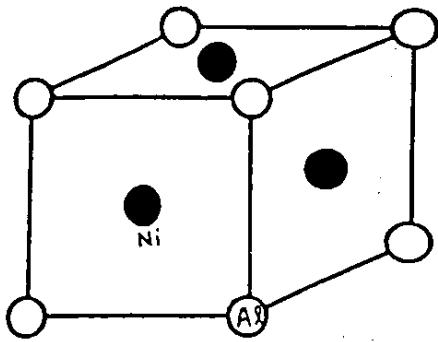
۲- استادیار انستیتو مواد دانشکده فنی - دانشگاه تهران

3- Creep

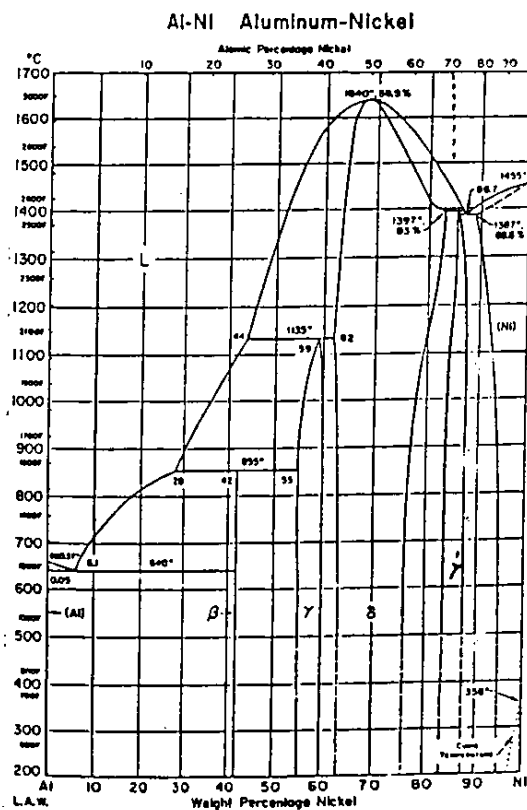
4- Diffusion

5- Cavitation

Oak Ridge آمریکا برای ذوب و ریخته‌گری این گونه ترکیبات آلیاژی بکار رفت [۵]. در این روش از گرم‌آزاد بودن واکنش استفاده شده و یک محفظه عایق برای ذوب طراحی گردیده است.



شکل ۱: ساختار بلوری (f.c.c.) و سلول واحد آلیاژ منظم Ni<sub>3</sub>Al



شکل ۲: دیاگرام فازی سیستم دوتایی Ni-Al

شناختی (استوکیومتریکی<sup>۶</sup>)، اتمهای نیکل و آلومینیوم به ترتیب مراکز سطوح و گوشه‌های بلورهای مکعب شکل را در ساختار بلوری آلیاژ اشغال می‌کنند (شکل ۱). نمودار فازی Ni-Al (شکل ۲) نشان می‌دهد که فاز Ni<sub>3</sub>Al دارای یک محدوده باریک در نزدیکی ترکیب آمیزه شناختی می‌باشد که درصد اتمی آن در ۱۲۰۰°C حدود ۳٪ و در دمای محیط ۴٪ پهنا دارد. پارامتر شبکه ترکیب آمیزه شناختی Ni<sub>3</sub>Al برابر ۰/۳۵۸۹ نانومتر است که با افزایش درصد نیکل کاهش می‌یابد و برعکس. این تفاوت ناشی از اختلاف اندازه اتمهای نیکل و آلومینیوم می‌باشد. چگالی Ni<sub>3</sub>Al در ۲۹۶ کلوین برابر ۷/۴۹۱ gr/cm<sup>۳</sup> است که حدود ۱۰٪ پایین‌تر از ابرآلیاژهای نیکل-پایه می‌باشد. این آلیاژ منظم در دامنه دمایی ۵۵۰°C تا ۷۷۰°C دارای افزایش غیر عادی «تنش سیلان»<sup>۷</sup> با افزایش دما می‌باشد (شکل ۳) که رفتاری قابل توجه در این ترکیب به شمار می‌رود. وجود «نظم پر دامنه»<sup>۸</sup> در ساختار بلوری Ni<sub>3</sub>Al سبب می‌شود که این ترکیب دارای خواص بسیار مناسبی برای کار در دماهای بالا باشد؛ اما با وجود این خواص مناسب، کاربرد گسترده ترکیب Ni<sub>3</sub>Al به عنوان یک ماده مهندسی، در اثر دو مشکل عمده: یعنی انعطاف پذیری ضعیف و تردی بین دانه‌های محدود است. در سالهای اخیر اقدام اساسی برای انعطاف پذیر ساختن این ترکیب با استفاده از روشهای اصلاح ابعاد دانه‌ها، انجماد سریع، آلیاژسازی، که مؤثرترین این روشها است برداشته شده است [۴].

خواص ویژه ترکیبات بین فلزی سبب شده است که پژوهشگران راههای تازه‌ای برای ذوب و ریخته‌گری آلیاژهای بین فلزی بیابند. حضور Al و گرم‌آزاد بودن واکنشها از جمله مسائل مورد توجه در این زمینه است. چون تشکیل ترکیبات بین فلزی گرم‌آزاد است پژوهشگران توانسته‌اند کوره‌هایی طراحی کنند که در آنها از گرمای واکنش برای کمک به ذوب بین فلزی استفاده شود. این کار باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی، افزایش عمر بوت و کاهش مدت ذوب می‌شود. از آنجا که ریخته‌گری یک روش پایه برای تهیه قطعات پیچیده و تولید انبوه با ارزش اقتصادی مناسب مطرح می‌باشد روشهای مختلفی برای ذوب و تولید شمش آلیاژ تکفاز Ni<sub>3</sub>Al بکار گرفته شده‌است، از جمله ذوب القایی در محیط گاز آرگون و در خلاء، روش ذوب مجدد (ESR)<sup>۹</sup>، انجماد سریع و روش جدید Exo - melt که در ۱۹۹۵/۱۳۷۴ در آزمایشگاه ملی

- 6- Stoichiometric
- 7- Anomalous Flow Stress
- 8- Long Range Order (LRO)
- 9- Electro Slag Remelting

باشند. برای این منظور از نیکل و آلومینیوم به صورت ساچمه با درجه‌های خلوص به ترتیب ۹۹/۹۹٪ و ۹۹/۹۹۹٪ از محصولات شرکت مرک استفاده شد. پس از انتخاب ترکیب شیمیایی آلیاژ، عمل ذوب صورت گرفت. فرایند ذوب در مدت ۵۰ دقیقه کامل و به مدت ۵ تا ۸ دقیقه در دمای ۱۴۶۰°C نگهداشته شد. سپس تمام آلیاژ مذاب در قالبهای فلزی ریخته شد. شمش‌های بدست آمده دوبار دیگر نیز ذوب شدند. در دامنه دمایی ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد و در هنگام ذوب، واکنش گرمازا صورت می‌گیرد که باعث بالا رفتن دمای مواد درون بوته می‌شود. نمونه‌های  $Ni_{76}Al_{24}$  (۷۶٪ نیکل و ۲۴٪ آلومینیوم) و  $Ni_{75}Al_{25}$  به این روش تهیه شدند. چون ترکیب آلومیناید نیکل در اثر یک تحول پریتکتیک حاصل می‌شود با توجه به غیر تعادلی بودن فرایند، محتمل بود که ساختار مذاب پس از انجماد از یک محلول جامد اولیه و یک جامد پریتکتیک تشکیل شود که یک ساختار ناهمگون است. علاوه بر این، به دلیل زمان کوتاه نگهداری مذاب در دمای ذوب احتمال انجام نگرفتن واکنش کامل می‌رفت. بنابراین، لزوم انجام عملیات حرارتی پس از ذوب احساس می‌شد؛ به همین دلیل نمونه در یک لوله کوارتز که یک سر آن بسته بود گذاشته شد و خلاء  $10^{-2}$  میلی‌بار در لوله با استفاده از پمپ خلاء ایجاد و سپس سر دیگر لوله به وسیله حرارت دادن بسته شد و نمونه‌ها در جریان چرخه عملیات حرارتی قرار گرفتند (شکل ۴). عملیات حرارتی شامل دو بخش همگن کردن و «بازپخت» برای دستیابی به ساختاری پایدار با دانه‌های درشت و انطباق قلمرو ضد فاز (APB) بر مرز دانه‌ها بوده است. نتیجه حاصل از تجزیه و تحلیل عنصری نمونه  $Ni_{75}Al_{25}$  ریخته‌گری شده در کوره القایی در شکل ۵ نمایش داده شده است.

بررسی‌های ریز ساختاری و شناسایی ساختار بلوری به وسیله روشهای فلزننگاری (متالوگرافی)، میکروسکوپ الکترونی، دستگاه پراش پرتوهای ایکس انجام گرفت. ریز ساختار ترکیب آلیاژ با روش متداول فلزننگاری بررسی شد. نمونه‌های صیقلی شده با استفاده از محلول  $H_2O/22/22$ ،  $HNO_3/22/2$ ،  $H_3PO_4/22/2$ ،  $HCl/11/1$  و  $HCOOH/11/1$  «حکاکی» گردیدند و ریزساختارهای آشکار شده در اثر حکاکی، به وسیله میکروسکوپ نوری با نور قطبیده تجزیه و تحلیل شدند؛ سپس

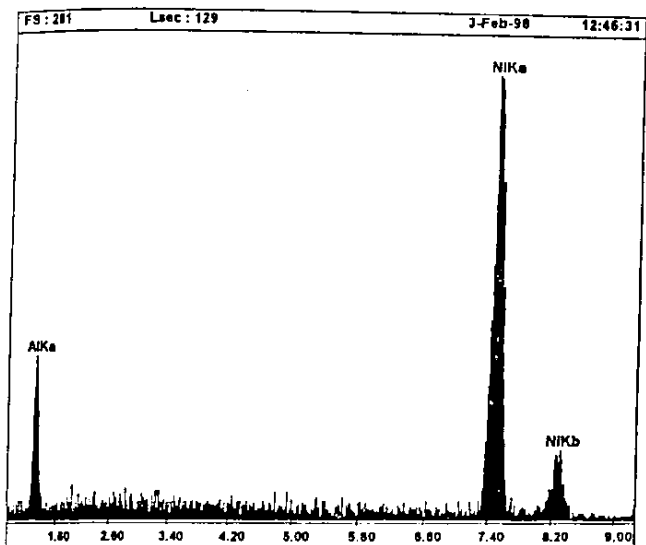
از روش انجماد سریع برای ذوب  $Ni_{76}Al$  بسیاری از پژوهشگران سود جستند؛ انجماد سریع در کاستن ابعاد دانه، افزایش یکنواختی و گسترش دامنه محلول جامد موثر است. روش انجماد سریع در مورد  $Ni_{76}Al$  برای ایجاد نوار<sup>۱۰</sup> تبدیل به ذره کردن برای تولید پودر و ریخته‌گری قطره‌ای بکار می‌رود [۷ و ۶]. یکی از مسائل عمده که در ریخته‌گری  $Ni_{76}Al$  باید بدان توجه شود مسأله تخلخل حاصل از انجماد است. آلومینیوم و نیکل هر دو خاصیت انقباض پذیری بالایی دارند و تخلخلی که در طی انجماد در آنها ایجاد می‌شود به سه صورت تخلخل گازی، تخلخل درشت ناشی از سیالیت و تخلخل ریز انقباضی می‌باشد [۸]. پژوهشگران متعددی در این زمینه کار کرده‌اند و براساس گزارشهای آنان، ظهور تخلخل به علت وجود انقباض مرکزی است و تخلخل ریز به علت عدم جریان سیال در بین شاخه‌ها (دندریتها) می‌باشد. انقباض، تنش سطحی و حضور گاز، در ابعاد خلل و فرج تاثیر می‌گذارند و برای ایجاد تخلخل گازی باید گاز در درون مذاب به یک مقدار بحرانی برسد.

## ۲- روش کار

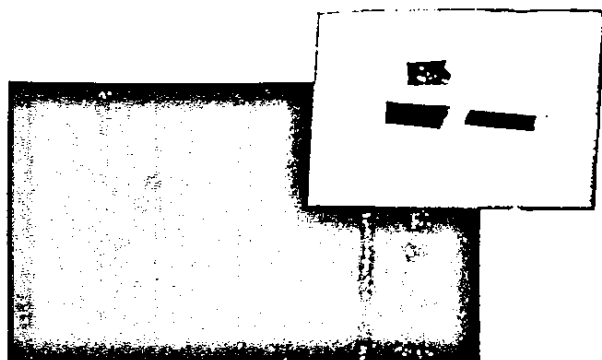
در این تحقیق انتخاب نوع کوره، چگونگی فرایند ذوب و ریخته‌گری، عملیات حرارتی و همچنین مسأله «ریز ساختاری» مطالعه و بررسی شده‌اند. در مورد انتخاب نوع کوره، به طوری که قبلاً اشاره شد، چون ناحیه تکفاز ترکیب  $Ni_{76}Al$  دامنه بسیار محدودی دارد برای دستیابی به این ترکیب در فرایند ذوب و ریخته‌گری و رعایت آمیزه‌شناسی آلیاژ، چندین عامل از جمله: مزوی بودن مذاب (به دور از هوا بودن)، تسریع در انجام گرفتن واکنشها، به همزدن مذاب، تکرارپذیری تولید محصول، و قابلیت تغییرپذیری با هر مقدار بار، مورد نظر بوده‌اند و به همین جهت کوره‌های خلاء و کوره‌های دارای جو کنترل شده، مناسبترین آنها برای ذوب و تهیه این ترکیب تشخیص داده شدند. کوره مورد استفاده در این پژوهش کوره القایی تحت خلاء با بسامد متوسط بوده است که در خلاء  $(10^{-1} - 10^{-5})$  میلی‌بار مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این کوره از سیستم دوسامدی یکی برای ذوب و دیگری برای همزدن مذاب استفاده شده است.

به منظور پایداری شیمیایی (عدم واکنش با کربن) از بوته‌های آلومینایی استفاده شد و عمر مفید هر بوته ۳ تا ۴ دفعه ذوب بود. چون برای ذوب در خلاء لازم است کنترل دقیقی بر مقدار بار کوره صورت گیرد مواد اولیه باید دارای درجه خلوص شیمیایی بالا

- 10- Ribbon
- 11- Annealing
- 12- Antiphase boundarie
- 13- Etch



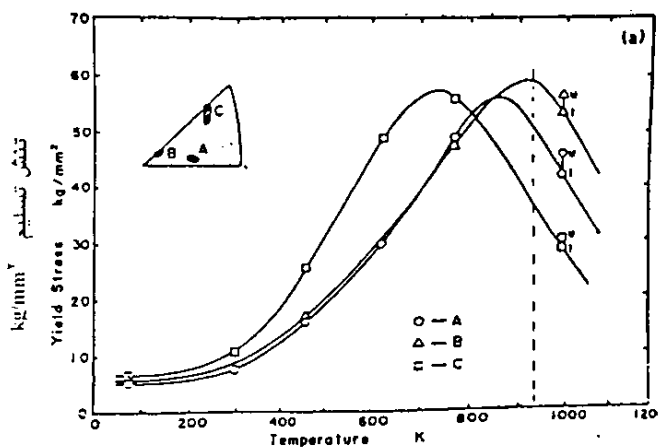
شکل ۵: نتیجه حاصل از تجزیه و تحلیل عنصری نمونه Ni<sub>۷۵</sub>Al<sub>۲۵</sub> ریخته‌گری شده در کوره القایی که نشان‌دهنده ترکیب عاری از ناخالصی است.



شکل ۶- الف: نتیجه حاصل از آزمایش خمش سه نقطه‌ای آلیاژ Ni<sub>۷۵</sub>Al<sub>۲۵</sub> که نشان‌دهنده انعطاف‌پذیری ناچیز این آلیاژ و شکننده بودن آن است.

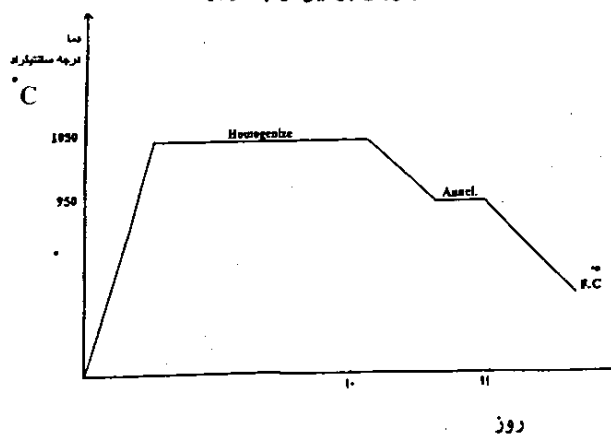
استحکام بین دانه‌ای و رفتار آلیاژ در برابر شکست به وسیله آزمایش خمش سه نقطه‌ای در دمای محیط صورت گرفت. نمونه‌های خمش به ابعاد ۲۵ × ۲ × ۲ mm با اژه الماسه بریده شدند و بعد از انجام آزمایش روی مقطع‌های شکست به وسیله SEM<sup>۱۵</sup> بررسی شدند. همچنین ریزسختی<sup>۱۶</sup> نمونه‌ها بوسیله دستگاه سختی سنج Shimodzu با اعمال ۱۰۰۰ گرم نیرو در مدت ۱۵ ثانیه انجام گرفت.

نمونه‌های ریخته شده برای بررسی ساختار بلوری و اثبات تکفاز بودنشان، به وسیله دستگاه پراش پرتوهای X (ساخت کمپانی فیلیپس مدل PW1800) مورد مطالعه قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل شیمیایی نمونه‌ها و چگونگی سطح مقطع شکستگی آنها با میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به دستگاه EDX انجام گرفت. سپس نظم موجود در شبکه بلوری و اثبات وجود نقاط ابر شبکه در زمینه پراش نمونه‌ها و همچنین حضور و یا عدم حضور فاز دوم در ترکیب آلیاژ به وسیله میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM<sup>۱۳</sup>) با انرژی الکترون ۱۰۰ KeV بررسی شد. به منظور بررسی مکانیکی نمونه‌ها آزمایشهای دیگری بر روی نمونه‌های ریخته شده، از جمله آزمایشهای خمش و سختی سنجی انجام گرفت.



دما (کلوین)

شکل ۳: ارتباط میان نقطه تسلیم و دما و تأثیر جهات مختلف بلوری بر این ارتباط [۲].



سرد شدن در کوره = R.C

شکل ۴: چرخه عملیات حرارتی انجام شده بر روی ترکیب Ni<sub>۷۵</sub>Al بعد از ریخته‌گری

- 14- Transmition Electron Microscope
- 15- Scanning Electron Microscope
- 16- Microhardness

نتایج

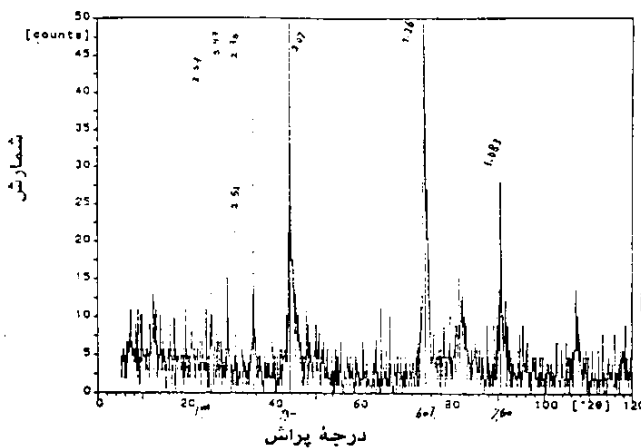
نتایج حاصل از آزمایش خمش، فلزنگاری، و سطح مقطع شکستگی در مورد نمونه‌های  $Ni_{17}Al_{25}$  در شکل‌های ۶-الف، ب، ج نشان داده شده است. شکل ۶-ب، که نتیجه حاصل از فلزنگاری نمونه است نشان می‌دهد که دانه‌هایی با مرز دانه مسطح وجود دارد. آزمایش خمش و شکل شناختی (مورفولوژیک) محل شکست نشان می‌دهد که انعطاف پذیری در این ترکیب ناچیز و شکست به صورت ترد و از میان مرز دانه‌ها رخ داده است. شکل ۶-ج نشان می‌دهد که در این شکست، مرز دانه به صورت پخ‌دار<sup>۱۷</sup> است. نتایج حاصل از SEM، فلزنگاری، و  $^{18}XRD$  (شکل ۷) بیانگر تکفاز بودن ترکیب است و از طرفی نتیجه حاصل از TEM (شکل ۸) مؤید نظم موجود در شبکه و حضور ابر شبکه در ساختار می‌باشد؛ به بیانی دیگر ترکیب  $Ni_{17}Al_{25}$  ریخته شده، یک ترکیب بین فلزی منظم تکفاز است.

بحث و نتیجه‌گیری

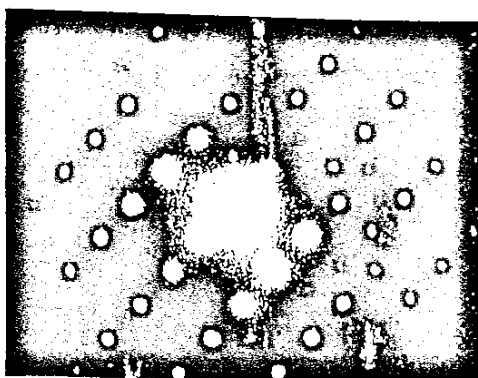
روش‌های مختلفی برای تولید آلیاژ  $Ni_{17}Al$  وجود دارند: متالورژی پودر، انجماد سریع و ریخته‌گری از جمله این روش‌هاست. بکارگیری روش‌های متالورژی پودر و انجماد سریع، امکانات بسیار پیشرفته‌ای را طلب می‌کنند که باعث بالا رفتن هزینه تمام شده قطعات می‌شود. از طرف دیگر، دستیابی به ترکیب شیمیایی آمیزه‌شناختی در فرایند ذوب اهمیت بسیار دارد و عامل‌های مؤثر دیگر در ذوب از جمله گازهای باقی مانده، آخالها و دیگر ناخالصیها نیز تأثیر زیادی بر خواص این ترکیبات بین فلزی دارند. با توجه به این موارد و امکانات موجود، نخستین بار است که در این کار پژوهشی روش ریخته‌گری در خلاء در بوته آلومینایی به منظور ساختن ترکیب بین فلزی منظم تکفاز  $Ni_{17}Al$ ، در کشور آزمایش می‌شود.



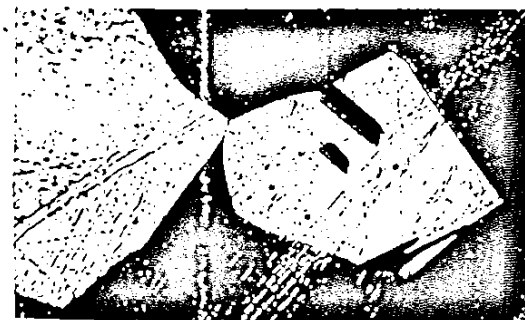
شکل ۶-ج: سطح شکست ترکیب  $Ni_{17}Al_{25}$  که نشان‌دهنده شکست در امتداد مرز دانه به صورت پخ‌دار می‌باشد.



شکل ۷: نتیجه حاصل از تجزیه و تحلیل ساختار بلوری نمونه  $Ni_{17}Al_{25}$  ریخته شده در کوره القایی که نشان دهنده تکفاز بودن نمونه و تطابق اطلاعات آن با کارت کریستالوگرافی ASTM این ترکیب است.



شکل ۸: میکروگراف میکروسکوپ الکترونی عبوری حاصل از بررسی ساختار بلوری ترکیب  $Ni_{17}Al_{25}$  ریخته شده در کوره القایی که نشان دهنده نقاط ابر شبکه بلوری به روش TEM است.



شکل ۶-ب: نتیجه حاصل از فلزنگاری نمونه  $Ni_{17}Al_{25}$  به وسیله میکروسکوپ نوری که نشان‌دهنده دانه‌بندی مسطح این ترکیب می‌باشد.

### تشکر و قدردانی

با توجه به استفاده بسیار مفید و موثر از کوره‌های القایی خلاء در انجام این کار تحقیقی وظیفه خود می‌دانیم از همکاری و مساعدت همه جانبه جناب آقای دکتر مسعود امامی مسئول محترم امکانات ریخته‌گری انستیتو مواد دانشکده مواد دانشگاه تهران صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

از آنجا که شرایط قابل دسترسی برای انجام فرایند ذوب مطلوب، از جمله کنترل جهش دما به علت گرمای زیاد بودن واکنش، تنظیم سرعت ذوب، زمان کوتاه نگهداری مذاب در نقطه ذوب به منظور جلوگیری از تبخیر آلومینیوم و اجرای عملیات حرارتی مناسب بعد از ذوب مورد نظر بوده‌اند موفق شده‌ایم، با توجه به نتایج حاصل، به یک ساختار تکفاز منظم دست یابیم.

### References:

- 1 - J. H. Westbrook; "Intermetallic compounds: Their past and promise", Metallurgical transactions A, Vol. 8A, p 1327 , 1977.
- 2 - N. S. Stoloff; "Ordered alloys; Physical metallurgy and structural applications", International metals reviews, Vol. 29, No.3, p 123,1984.
- 3 - D.P.Pope and R.Darolia, "High temperature applications of intermetallic compounds", MRS Bulletin May 1996.
- 4 - K. Aoki and O.Izumi; Improvement in room temperature ductility of the L 12 type intermetallic compound Ni<sub>3</sub>Al by boron additions, J. Jpn.Inst. Metals, Vol. 43, P. 1190, 1979.
- 5 - S. C. Deevi and V. Sikka; "Safer and more cost - effective process for melting and casting intermetallic alloys enhances their commercial potential" , Mat. Tech., p.97, 1995.
- 6 - J. A. Horto and C.T.Liu; "Anisotropic antiphase boundaries in rapidly solidified Ni<sub>3</sub>Al Acta Metall. vol. 33, No. 12, p. 2191, 1985.
- 7 - C. C. Koch; "Rapid solidification of intermetallic compounds", International materials reviews, Vol.33, No.4, p.201, 1988.
- 8 - C.T.Ho, C. J. Cheng, J. A. Sekhar; " Solidification microporosity in directionally solidified multicomponent nickel aluminide" Metall. transactions A, Vol.22A, p.225, 1991.

**Casting of Single Phase Ordered Intermetallic  $\gamma$ -Compound of Ni<sub>3</sub>Al, a Substitution for Nickel - base Superalloys for high temp. Structural Application**

*A. A. Hosseini, K. Rezaeianpour, M.M.Taghiee  
and M. Emammi*

*Nuclear Materials Group  
Nuclear Research Center for Agriculture &  
Medicine Atomic Energy Organization of Iran*

**Abstract**

Ni<sub>3</sub>Al phase is the most important strengthening constituent ( $\gamma$  phase) of commercial nickel - base superalloys and is responsible for their good high temperature strength and creep resistance. The Ni<sub>3</sub>Al alloys are resistant to air oxidation because of their ability to form adherent oxide films that protect the base metal from excessive attack. Ni<sub>3</sub>Al is an ordered intermetallic phase with L1<sub>2</sub> structure which have very interesting mechanical properties at high temperatures. One outstanding characteristic of most intermetallics is that their strength does not decline rapidly with increasing temperature. In many cases, the yield stress of these alloys increases rather than decreases with test temperature, in contrast to conventional alloys such as austenitic stainless steels. This behavior referred as anomalous behavior of most aluminides makes intermetallic alloys particularly suitable for use at elevated temperatures. In addition density of single phase Ni<sub>3</sub>Al is free from two strategic elements of Co and Cr. Hence with respect to factors like lifetime and efficiency and price the need for design of new material is well established. In this research work casting of single phase Ni<sub>3</sub>Al ordered intermetallic compound, as the main aim, has been done and after casting characterization of ingots to prove it's chemical composition as well as its ordered structure have been carried out.