

بررسی خواص و روش ساخت فولادهای میکروآلیاژی

چکیده:

مرحله اول اجرای طرح بررسی خواص و روش ساخت فولادهای میکروآلیاژی، که حدود ۴۰ درصد کل پروژه را تشکیل می‌دهد، به‌طور نسبتاً کاملی انجام گردیده است. آماده‌سازی وسایل لازم برای مطالعات آزمایشگاهی و عملی نیز آغاز گردیده و پاره‌ای از آزمایشهای مقدماتی برای انجام فعالیتهای مرحله‌های دوم و سوم به‌طور آزمایش انجام گرفته و در صورت فراهم شدن وسایل مورد نیاز با سرعت مطلوب، انجام این مراحل نیز با سرعت پیش‌بینی شده امکان‌پذیر خواهد بود. از مسئولین محترم دانشگاه تقاضا می‌شود که به‌منظور تسریع در انجام فعالیتهای تحقیقاتی، مساعدتهای لازم به‌عمل آورند.

عناصر آلیاژی جزئی

تعدادی از عناصر جدول تناوبی دارای این خاصیتند که افزودن مقدار بسیار کمی از آنها یا ترکیباتشان به فولاد (تا حداکثر ۰/۱ درصد)، سبب بهبود قابل ملاحظه خواص فولاد می‌گردد. به این عناصر، عناصر آلیاژی جزئی **Microalloys** گفته می‌شود. از جمله این عناصر می‌توان عناصر کمیاب زمین یا لانتانیدها **Lantanides** (مانند سریوم، لانتانیم و تئودیوم) را نام برد که که افزایششان به فولاد منجر به انجام توأم هر دو عمل گوگردزدائی و گاززدائی از فولاد می‌گردد. نحوه عمل این عناصر، به این ترتیب است که باناخالصی‌های مضر مانند اکسیژن، نیتروژن، گوگرد، هیدروژن، آرسنیک، سرب، انتیمون و قلع ترکیب شده و آنها را به ترکیبات اکسیدی نیتریدی، سولفیدی و یا بین فلزی دیرگدازی تبدیل می‌کنند که قسمتی همراه سرباره دفع شده و قسمت دیگر بصورت مراکز جوانه‌زنی عمل کرده، سبب ریزشیدن ساختمان کریستالی و بهبود خواص مکانیکی و فیزیکی فولاد می‌گردند. بعنوان مثال، افزایش ۰/۱ تا ۰/۱۵ درصد عناصر کمیاب زمین به فولادهای نوع کرم - نیکل - مولیبدن، سبب بهبود ساختمان کریستالی، افزایش قابلیت تغییر فرم دائم **Plasticity** در دماهای زیر صفر سانتیگراد، کاهش ترک سرخ **red-shortness**، افزایش بسیار زیاد قابلیت تغییر شکل کرم، و نیز افزایش سیالیت فولاد در حالت مذاب می‌شود. افزایش مقدار جزئی از این عناصر به فولاد نوع کرم - نیکل - تنگستن، سبب ریزشیدن ساختمان‌ها و تنزیتی و نتیجتاً بهبود مقاومت در برابر خستگی آن می‌گردد.

اضافات **Inclusions** حاصل از ترکیب عناصر کمیاب زمین باناخالصی‌های حل شده در فولاد، به اشکال مختلف از قبیل بیضوی، دوکی و یا زنجیره‌ای در فلز جامد ظاهر می‌شوند. میزان چقرمگی **toughness** در جهت عمود بر ضخامت و در جهت ضخامت قطعه فولادی و قابلیت تغییر فرم دائمی فولاد، تحت تأثیر شکل

اضافات تغییر می‌کنند. اضافاتی که بمنظور خرد کردن ابعاد کریستالها، به فولاد مذاب اضافه می‌شوند، بهتر است از نظر ابعاد و جیت شبکه کریستالی با ساختمان کریستالی فولاد هماهنگی داشته و در دمای انجماد فولاد، بصورت جامد موجود باشند تا بتوانند نقش خود را به‌عنوان مراکز جوانه‌زنی، حین انجماد فولاد به خوبی ایفاء نمایند.

اگرچه بهبود قابل ملاحظه خواص بسیاری از انواع فولادها مثلاً فولادهای تندبر، فولادهای ضدزنگ و فولادهای یاتاقاق در اثر افزایش عناصر کمیاب زمین به اثبات رسیده است. اما افزایش مقادیر زیادتر این عناصر از میزان محاسبه شده، گاهی سبب ضایع شدن خواص و اتلاف فلز می‌گردد. مثلاً سریوم اگر درست به‌مقدار لازم برای ترکیب شدن با عناصر ناخالصی محلول در فولاد و تشکیل ترکیبات کمپلکس سولفیدی، نیتریدی و هیدریدی، به‌فلز اضافه شود، می‌تواند بهترین نتیجه را بدست دهد. لکن اگر مقدار آن بیش از حد لازم برای تشکیل ترکیبات فوق باشد، مقدار اضافی آن، حتی اگر بسیار اندک هم باشد، در مرز دانه‌ها متمرکز شده و به انقطاع کریستالها در مرز، آسیب خواهد زد.

به غیر از عناصر کمیاب زمین، تعداد دیگری از عناصر جدول تناوبی نیز به‌عنوان عناصر آلیاژی جزئی شناخته‌اند. برای مثال فلز تیتانیوم را می‌توان نام برد. افزایش این فلز به فولادهای پرمنگنز سبب بهبود قابلیت تغییر شکل دائم و نیز مقاومت در برابر سایش فولاد می‌گردد. یکی دیگر از عناصر آلیاژی جزئی، عنصر تلوریوم است. افزایش این عنصر به فولاد سبب ریزشیدن اندازه دانه‌ها و بهبود قابل توجه خواص مکانیکی و خواص فیزیکی مانند قابلیت سخت‌شدن، استحکام، و قابلیت شکل‌پذیری دائم **Plasticity** می‌شود. عنصر برنز یکی از عناصر آلیاژی جزئی مهم می‌باشد. حلالیت این عنصر در آهن مذاب خیلی کم است (کمتر از ۰/۰۰۵ درصد). این عنصر با آهن ترکیب شده و تشکیل ترکیب پایدار

اگرچه اقداماتی برای تعمیر یک دستگاه کوره گرمکن موجود در دانشکده انجام گردیده اما خریداری حداقل یک دستگاه کوره الکتریکی دیگر نیز ضروری به نظر می‌رسد. در عین حال سعی خواهد شد با اجرای یک طرح ابتکاری، فرآیند نورد کنترل شده را بر فولادهای میکروآلیاژی با حداقل وسایل موجود به مورد اجراء قرارداد:

عملیات نورد سرد نیز می‌تواند جوابهای نسبتاً قابل قبولی در مورد این فولاد ارائه دهد. بررسی ساختاری قطعات نورد شده از طریق متالوگرافی معمولی خوشبختانه میسر است. اما متالوگرافی پیشرفته با میکروسکوپ‌های الکترونی در حال حاضر به دلیل فراهم نبودن وسایل کار با مقداری دشواری روبرو است. در این رابطه سعی خواهد شد از وسایل موجود در سایر موسسات علمی و تحقیقاتی در صورت موافقت و همکاری مسئولین ذیربط بهره گرفته شود.

برای انجام سیستماتیک تحقیقات و رسیدن به نتایج مطلوب، لازم است امکان کنترل دقیق شرایط فلز مذاب در هنگام تلقیح عناصر میکروآلیاژی فراهم شود. در این مورد با توجه به بالا بودن دما، خوردندگی شدید فازهای درون کوره و مشکلات مربوط به ثابت نگه داشتن دمای فلز مذاب، شرایط عملی کار معمولاً بسیار دشوار می‌باشد. در نتیجه لازم است از وسایل پیشرفته برای کنترل مشخصات فلز مذاب بهره جست. علیهذا ضروری است پاره‌ای از وسایل و مواد مورد نیاز از خارج خریداری شود که به علت مشکلات ارزی و عدم انجام به موقع خریدها دشواریهای فراوانی در پیش روی قرار دارد. مهیذا ساخت یک دستگاه پاتیل ارزان برای مطالعه سیستمیک واکنشها تحت شرایط کنترل شده در دست اقدام است که امید می‌رود با توفیق قرین گردد. همچنین طراحی و ساخت سیستم کرین زدایی از طریق دمش گاز نیز در جریان است که امید می‌رود در آینده نزدیک مورد استفاده قرار گیرد.

در صورت موفقیت در بهره برداری از وسایل فوق، امکان ایجاد محیط کنترل شده همراه با جریان‌های مشخص سیال برای انجام دومقصد زیر بوجود خواهد آمد:

(الف) تهیه فولاد تمیز با مشخصات لازم برای استفاده در فرایند میکروآلیاژی،

(ب) تلقیح عوامل میکروآلیاژکننده تحت شرایط کنترل شده فلز مذاب.

(ج) مطالعه مکانیزم و سرعت جذب عوامل میکروآلیاژی و نحوه تأثیر حرکتیابی نسبی آلیاژ و سیال.

ضرورت بازسازی وسایل از کار افتاده

برای انجام مطالعات فوق نیاز شدیدی به وسایل تجزیه شیمیایی و متالوگرافی پیشرفته می‌باشد. از آنجا که خرید این نوع وسایل با توجه به قیمت‌های گزاف آنها در شرایط ارزی و ریالی حاضر آسان به نظر نمی‌رسد، لذا تعمیر و راه اندازی وسایل آنالیز شیمیایی مانند دستگاه کوانتومتر دستگاه GC که به دلیل اشکالات فنی و کمبود قطعات یدکی از سالها قبل مورد استفاده قرار نگرفته

برید آهن FeB را می‌دهد. برید آهن، در هنگام انجماد از فلز جدا شده و سبب تشکیل مراکز جوانه زنی و ریزش شدن ساختمان فولاد می‌گردد. در افزایش عنصر برم به فولاد لازم است دقت زیادی بعمل آید. زیرا در صورت وجود عناصر ناخالصی از قبیل اکسیژن، نیتروژن و گوگرد در فلز بر با آنها ترکیب شده و تشکیل ترکیباتی از قبیل B_2O_3 ، B_2O_5 ، B_4O_7 ، B_2O_9 ، B_2O_6 ، B_2O_4 ، BN ، B_4P_3 و B_4S_3 را خواهد داد. لذا لازم است قبل از افزایش عنصر برم به فلز، عناصر ناخالص فوق بوسیله مواد دیگر از فلز خارج شده باشند تا محیط مناسبی برای تشکیل برید آهن در فلز بوجود آید.

فعالتهای انجام شده و پیشرفت کار

بررسی نسبتاً جامعی از اطلاعات علمی موجود در خصوص تولید و موارد کاربرد فولادهای میکروآلیاژی تا کنون انجام گرفته است. در این مورد در حدود ۷۰ مقاله و اثر علمی مورد بازبینی و مطالعه واقع گردیده که تعداد قابل ملاحظه‌ای از آنها حاوی اطلاعات سودمندی در زمینه‌های مختلف مربوط به موضوع پروژه می‌باشند. البته حجم مطالب موجود در خصوص فولادهای میکروآلیاژی از این تعداد قطعاً فراتر است. اما به لحاظ تکراری بودن محتوای برخی از نوشته‌ها، مطالعات انجام شده برای شروع کار در حال کافی به نظر می‌رسد. ضمناً با دستیابی به نتایج جدیدتر تحقیقات علمی و صنعتی در این خصوص، بر حجم مطالب گردآوری شده به موازات پیشرفت سایر مراحل می‌توان افزود.

مطالعات علمی مربوط به انجام این پروژه می‌تواند با دو هدف کلی زیر انجام پذیرد.

(الف) کاهش عناصر ناخالصی و تصفیه فلز مذاب تا محدوده فولادهای ماوراء تمیز.

(ب) اصلاح ساختار داخلی و بهبود خواص مکانیکی فولاد. تحقیق در مورد بند الف با استفاده از مواد آلیاژی موجود در داخل کشور مانند آلیاژ میش متال دارای دو عنصر سریوم و لانتانیم در دست اجراء است. برای افزایش عناصر آلیاژی از قوطی فلزی با استفاده از روش غوطه‌ور سازی همراه با دمش گاز خنثی کمک گرفته می‌شود. جواب آزمایشهای مقدماتی در این مورد مثبت بوده است. مطالعات تئوری همراه با آزمایشهای عملی در این خصوص ادامه دارد. در مورد بند ب، استفاده از روش غوطه‌ور سازی برای تلقیح و انادیوم و نایوبیوم بسیار موفقیت آمیز بوده است. گزارش کامل این روش در سمینار فرآیندهای نوین متالورژی، گروه تحقیقات و گسترش صنایع دفاعی، ارائه گردیده است (پیوست ۱).

بررسی خواص مکانیکی و مشخصات ساختاری فولادهای میکروآلیاژی با استفاده از آزمایشهای کشش و سختی سنجی قبل و بعد از عملیات حرارتی و مکانیکی انجام گردیده و وسایل مورد نیاز در حال حاضر تقریباً به طور کامل فراهم می‌باشند. در عین حال انجام فرآیند نورد کنترل شده با توجه به محدودیت وسایل آزمایشگاهی بویژه کوره‌های گرمکن با توجه به توان حرارتی مورد نیاز، با دشواریهای فراوانی مواجه است. در این خصوص

- تغییر طرز توزیع اضافات غیر فلزی.
- تغییر ترکیب شیمیائی و وضعیت مرزین کریستالها در فلز جامد.
- ریز کردن دانه‌های فلز و کنترل میزان رشد دانه‌ها هنگام حرارت دادن فلز.
- افزایش مقاومت در برابر خوردگی تحت تنش، تری هیدروژن، و پوسته شدن در دماهای بالا.
- بهبود خواص مکانیکی مانند استحکام، چقرمگی، مقاومت در برابر خستگی، مقاومت در برابر سایش و قابلیت تغییر شکل دائم گرم *thermoplasticity*
- افزایش عناصر آلیاژی جزئی، همچنین بر نقاط بحرانی، دمای جوانه‌زنی مجدد، و سختی پذیری فولادها، اثر می‌گذارد. مکانیزم اثر این عناصر بر خواص مختلف فولادها، هنوز تا حدود زیادی مبهم و در عین حال قابل بحث و بررسی است.

و همچنین راه‌اندازی دستگاه میکروسکوپ الکترونی *SEM* موجود در دانشکده که با وجود تهیه قطعات یدکی، هنوز توفیقی در بکارگیری آن حاصل نگردیده است، در مقطع حاضر بسیار ضروری می‌باشد. در حال حاضر تلاشهای فراوانی برای بکار انداختن این وسائل توسط متخصصین و تکنیسینهای مجرب در دست انجام است که امید می‌رود هر چه سریعتر به نتیجه نهایی برسند تا امکان انجام آزمایشهای عملی با دقت‌های مورد نیاز فراهم گردد.

در خاتمه، برخی از اثرات ممکن افزایش عناصر آلیاژی جزئی به فولادها را میتوان بصورت موارد زیر یادآور شد:

- اکسیدزدائی، سولفیدزدائی و گاززدائی از فلز.
- خارج کردن عناصر نساخالصی مضر مانند آرسنیک، آنتیموان و قلع
- تغییر شکل و تغییر خواص ذرات اضافات غیر فلزی *non-metallic inclusions*