انجمن مهندسین متالورژی ایران
انجمن علمی ریخته گری ایران
دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

همایش ملی مهندسی مواد ، متالورژی و ریخته گری ایران

تاثیر شرایط عملیات حرارتی بر تشکیل فاز گرافیت در فولاد آلیاژی پر کربن

علیرضا کیانی رشید

چکیده

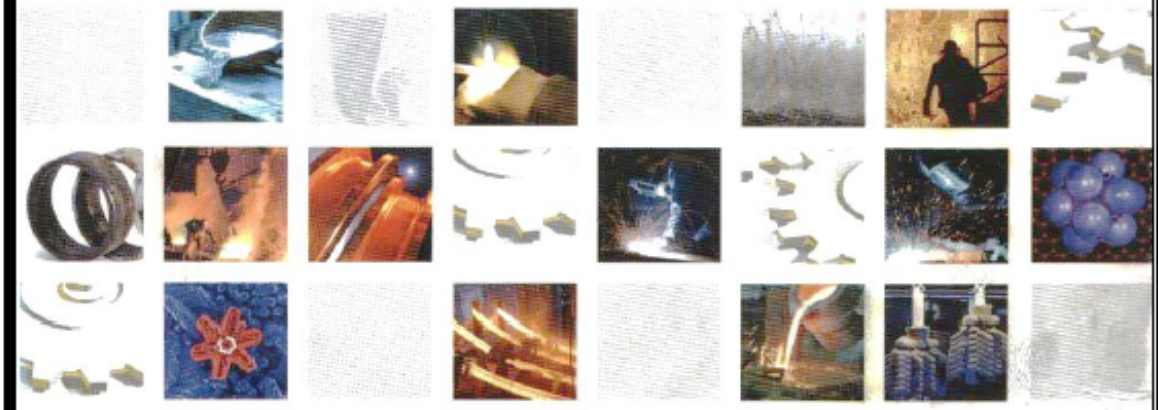
در این پژوهش تاثیر عملیات حرارتی بر گرافیت زایی فولاد آلیاژی پرکربن مطالعه شده است. تشکیل فازگرافیت در فولاد باعث بهبود قابلیت ماشینکاری، استحکام بعد از کوئنچ کردن و تمپر کردن و پتک کاری سرد می شود. این نوع از فولادها برا ی کاربردهایی که نیاز به صلابت و مقاومت سایشی دارند خیلی مناسب هستند. مورفولوژی گرافیت با شکل متمایل به کروی و با اندازه و توزیع بهینه در آلیاژهای آهنی خیلی اثرگذار می باشد. عملیات حرارتی متشکل از نگهداری در $920^{\circ}C$ و به مدت 5 hr و عملیات حرارتی بعدی همدما تاسقف 5 hr و در درجه حرارت $750^{\circ}C$ بکار گرفته شد. نتایج بدست آمده نشان می دهد که مقدار گرافیت با افزایش زمان عملیات حرارتی افزایش می یابد. سی‌های کلیدی پژوهش حاضر این می باشد که با وجود اهمیت اصولی، از پتانسیل کاربردی بسیار خوبی نیز برخوردار می باشد.

واژه های کلیدی : گرافیت زایی، فولاد، ریزساختار، عملیات حرارتی، آستنیت

۱.استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی متالورژی و مواد

برنامه

دومین همایش مشترک علمی مهندسی متالورژی و ریخته‌گری ایران



دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

انجمن مهندسین متالورژی ایران

انجمن علمی ریخته‌گری ایران

۲۸ و ۲۹ آبان ۸۷

محل برگزاری: رجایی‌شهر-بلوار شهید موذن
دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

دانشگاه آزاداسلامی واحد کرج: www.kiau.ac.ir
انجمن مهندسین متالورژی ایران: www.imes.ir
انجمن علمی ریخته‌گری ایران: www.irfs.ir

به نام خداوند جان و خرد

دومین همایش مشترک انجمن مهندسین متالورژی ایران

و انجمن علمی ریخته گری ایران

۲۹-۲۸ آبان ۱۳۸۷ دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

جناب آقای علی رضا کیانی رشید

ارائه مقاله ارزنده توسط جنابعالی دراین همایش تحت عنوان

تاثیر شرایط عملیات حرارتی بر تشکیل فاز گرافیت در فولاد آلیاژی پر کربن

نمودی از حرکت راستین شما، در جهت ارتقای صنعت متالورژی کشورمان است، چنین تلاشی را ارج نهاده و شایسته تقدیر می دانیم.

دکتر پرویز وداعی
دبیر علمی دومین همایش مشترک انجمن مهندسین متالورژی و انجمن علمی ریخته گری ایران

دکتر جلال جاوری
رئیس هیئت مدیره انجمن مهندسین متالورژی و انجمن علمی ریخته گری ایران

دکتر مسعود حاسی
رئیس دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج و دبیر اجرایی همایش

تاثیر شرایط عملیات حرارتی بر تشکیل فاز گرافیت در فولاد آلیاژی پر کربن

علیرضا کیانی رشید

چکیده

در این پژوهش تاثیر عملیات حرارتی بر گرافیت زایی فولاد آلیاژی پرکربن مطالعه شده است. تشکیل فازگرافیت در فولاد باعث بهبود قابلیت ماشینکاری، استحکام بعد از کوئنچ کردن و تمپر کردن و پتک کاری سرد می شود. این نوع از فولادها برا ی کاربردهایی که نیاز به صلابت و مقاومت سایشی دارند خیلی مناسب هستند. مورفولوژی گرافیت با شکل متمایل به کروی و با اندازه و توزیع بهینه در آلیاژهای آهنی خیلی اثرگذار می باشد. عملیات حرارتی متشکل از نگهداری در C° ۹۲۰ و به مدت hr ۵ و عملیات حرارتی بعدی همدما تاسقف hr ۵ و در درجه حرارت $^{\circ}C$ ۷۵۰ بکار گرفته شد. نتایج بدست آمده نشان می دهد که مقدار گرافیت با افزایش زمان عملیات حرارتی افزایش می یابد. سیمای کلیدی پژوهش حاضر این می باشد که با وجود اهمیت اصولی، از پتانسیل کاربردی بسیار خوبی نیز برخوردار می باشد.

واژه های کلیدی : گرافیت زایی، فولاد، ریزساختار، عملیات حرارتی، آستنیت.

۱) استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی متالورژی و مواد، صندوق پستی: ۱۱۱۱-۹۱۷۷۵، نمابر: ۰۵۱۱ ۸۷۶۳۳۰۵، kianirashid@gmail.com or fkiana@yahoo.com

۱ - مقدمه

با توجه به محدودیت های شدید در ارتباط با ایجاد کربن آزاد (گرافیت) در ریزساختار فولادها، پژوهش های انجام شده در این زمینه بسیار محدود می باشند. درصد ناکافی کربن فولادها، امکان تهیه ریزساختارهای میکروسکوپی با گرافیت آزاد در چنین آلیاژهایی را عمدتاً دشوار و گاهی غیر ممکن می سازد.

اصولاً" فولادها، آلیاژ دوتایی از آهن و کربن می باشند، در صورتیکه در چدنها عنصر سیلیسیم (Si) به عنوان عنصر سوم و اصلی مطرح میباشد. حضور Si عاملی جهت تجزیه سمنتیت (Fe_3C) در ساختار میکروسکوپی می باشد و از آنجائیکه مقدار کربن چدن ها بیشتر از میزان حلالیت محلول آستنیت در درجه حرارت یوتکتیک می باشد. بنابراین، چدنها شامل مقدار قابل توجهی کربن آزاد (گرافیت) هستند. درصورتیکه فولادهای موجود فاقد کربن آزاد می باشند [۱-۵].

کاربردهای ویژه این فولادها که موجب علاقمندی در گرافیت زایی در فولادها گردیده است، عبارتند از: ارزانی، سهولت ماشین کاری آنها، امکان بکارگیری در دماهای بالا، افزایش مقاومت اکسیداسیون دردرجه حرارت های بالا، افزایش قابل ملاحظه مقاومت سایشی، کاهش محدودیت های شکل پذیری از قبیل: نورد و فورجینگ و ظرفیت بالای جذب ارتعاش و استحکام کششی منطقی همراه با استحکام فشاری خیلی بالا. این نوع فولادها برای کاربردهایی که نیاز به صلابت و مقاومت سایشی دارند بسیار مناسب هستند و جذابیت ویژه ای را در زمینه صنایع خودرو سازی فراهم می سازند.

در بسیاری از فولادها، نیاز به قابلیت ماشینکاری خوب، پتک کاری سرد و سختی پذیری مناسب میباشد. بهرحال، این خواص عمدتاً در ارتباط با هم می باشند و حضور کربن آزاد (گرافیت)، یکی از راه حل های ممکن جهت رسیدن به این خواص می باشد. قابلیت های ماشین کاری و پتک کاری سرد فولادها به مقدار کافی با تبدیل سمنتیت به گرافیت و گرافیت زایی افزایش می یابد [۶و۷]. استحکام فولاد با انحلال گرافیت در حین کوئنچ کردن افزایش نشان می دهد. این اثرات بهرحال به شدت بستگی به توزیع و قطر ذرات گرافیت دارد [۸-۱۰ و۶].

گرافیت زایی به معنای تشکیل گرافیت در ریزساختار میکروسکوپی آلیاژها و به ویژه آلیاژهای آهنی می باشد. وجود کربن آزاد و به عبارتی گرافیت باعث تغییرات جدی در کلیه خواص این دسته از مواد می شود. در این آلیاژها سه مرحله مهم از گرافیت زایی وجود دارد. گرافیت زایی در طول انجماد، گرافیت زایی بوسیله رسوب کربن از آستنیت (حالت جامد) و گرافیت زایی در طول استحاله اوتکتیک (حالت جامد). در بعضی از موارد محدود، گرافیت زایی در زیر محدوده دگرگونی پائینتر از $523^{\circ}C$ اتفاق می افتد که از اهمیت کمتری برخوردار بوده و نیازمند زمان های طولانی در این درجه حرارت های نسبتاً پایین می باشد.

عناصر آلیاژی به روشهای بسیار متفاوتی روی خواص آلیاژها اثر می گذارند. در این ارتباط دسته بندی های متفاوتی قائل گردیده اند و بعضی از محققین بر این باور می باشند که آنها را می توان به چهار گروه اصلی تقسیم کرد. الف) عناصر کاربید زا همانند کروم، وانادیم، تلریم، مولیبدن، ازت، بیسموت و ارسنیک. این عناصر عمدتاً موجب تشکیل پرلیت میگردند. ب) عناصر گرافیت زا همانند سیلیسیم، آلومینیوم و مس. ج) عناصری که اثر تخریبی روی ساختمان گرافیت دارند، همانند: سرب، تلریم، بیسموت و آنتیموان. د) عناصری که باعث افزایش جذب هیدروژن و نهایتاً

مورفولوژی و ساختار ذرات دارد یا به عبارتی میزان تطابق سطوح ذرات با سطوح بسل گرافیت در شبکه کریستالی آن ها در میزان کروی بودن نودول ها موثر می باشد.

نوع دوم گرافیت ها از کروی بودن بیشتری برخوردار هستند و مورفولوژی با قاعده تری را دارا هستند ولی اندازه آن ها کوچکتر و دارای قطری حدود ۲ تا ۳ میکرومتر می باشند و چنین به نظر می رسد که در هسته آن ها از ذرات خارجی و بیگانه خبری نمی باشد. تحقیقات دقیقتر در این زمینه که به کمک میکروسکوپ های الکترونی عبوری (TEM) انجام شده است، نشان می دهد که نواحی مرکزی این ذرات که نواحی نسبتاً کوچکی هستند از نظم کریستالی کمتری در قیاس با لایه های خارجی تر برخوردار هستند [۲۱]. در هر صورت این دو نوع از نودول های گرافیت مشاهده شده دارای اندازه ی به مراتب کوچکتری در قیاس با گرافیت های موجود در ریزساختار معمول چدن ها می باشند [۵، ۱۱و۲۲].

ضمنا با توجه به گستردگی کار و لزوم مطالعات جامعتر نیاز به تعریف پروژه های متعدد دیگری در همین راستا می باشد. ازجمله این پژوهش ها، بررسی قابلیت های ماشینکاری و تعیین مقاومت سایشی و خواص مکانیکی این خانواده جدید از آلیاژهای فولادی می باشد.

۵ - نتیجه گیری

- هدف از مرحله نخستین عملیات حرارتی گرافیت زایی در این نوع از فولاد، بدست آوردن ساختاری یکنواخت تر و فراهم سازی شرایط لازم جهت گرافیت زایی است. در این ارتباط از دماهای متفاوتی جهت عملیات انحلالی استفاده شد که بهینه ترین فرآیند، دمای $920\ ^{\circ}C$ و به مدت ۵ ساعت می باشد.
- حضور درصد بالای گرافیت و به ویژه در سطح قطعات نشاندهنده شرایط مناسب عملیات حرارتی جهت راسب شدن کربن فوق اشباع در فاز اولیه و به شکل کره های گرافیت است.
- نکته قابل توجه یکنواختی و توزیع نسبتاً خوب این فاز در زمینه است و از تراکم قابل قبولی نیز برخوردار می باشد.
- از حدود شصت سال پیش، عموما پذیرفته شده است که در طول انجماد چدن، گرافیت مستقیما از مذاب شکل گرفته و نتیجه تجزیه کاربید های از پیش شکل گرفته و یا آستنیت فوق اشباع نمی باشد. بهر حال، باید توجه داشت که تحت شرایط ویژه گرافیت می تواند توسط چنین مکانیزم هایی شکل بگیرد که در گرافیت زایی چدنهای مالیبل و فولادهای پر کربن اثبات شده است.
- در تصویر ۴ با ادامه یافتن فرآیند عملیات حرارتی در دمای $750\ ^{\circ}C$ تغییراتی در شکل، اندازه و نحوه توزیع گرافیت ها ایجاد می شود. به نظر می رسد مقدار بیشتری از کربن فوق اشباع فرصت راسب شدن را پیدا کرده اند و ترجیحاً این کربن ها بر روی گرافیت های قبلی راسب شده اند.
- پایین بودن در صد کربن در چنین آلیاژهایی عامل اصلی در محدودیت تشکیل گرافیت وتغییرات جدی در ریزساختار می باشد و عملاً"" بیشترین این تحولات در دمای $920\ ^{\circ}C$ و در مرحله عملیات حرارتی آستنیته کردن و همراه با تشکیل آستنیت می باشد.

- اگرچه اختلاف در ترکیب شیمیایی فولاد می تواند نقش مهمی در تشکیل گرافیت داشته باشد، مجموعه نتایج بدست آمده بیانگر بهره گیری از روش های خاص عملیات حرارتی جهت تشکیل گرافیت یا کربن آزاد در ریزساختار فولادها می باشد. تفاوت در ترکیب شیمیایی آلیاژها اگرچه می تواند موثر باشد ولی عامل محدود کننده در این زمینه نمی باشد.
- گرافیت زایی ترجیحاً در دمای $920\ ^{\circ}C$ انجام گرفته و مقدار قابل قبولی گرافیت و به ویژه در سطح نمونه ها بوجود آمده است. حضور در صد بالای گرافیت در سطح باعث افزایش مقاومت سایشی و کار آیی مناسبی از قطعات پس از تولید و در مرحله سرویس خواهد بود.
- نتایج نشان می دهد که با نفوذ در عمق نمونه، از تعداد گرافیت ها کاسته می شود و پژوهش های انجام شده توسط سایر محققین نیز در این زمینه همسویی خوبی را نشان می دهد که در بخش های قبلی به آن اشاره گردید.
- از مجموعه نتایج این آزمایشات دسترسی به نوع خاصی از فولاد ها با درصد معقولی از گرافیت یا کربن آزاد می باشد. نکته قابل توجه امکان گرافیت زایی در فولادها با کنترل فرآیند صحیح عملیات حرارتی می باشد.

٦ - تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکاری آقایان: محسن خمری، حمیدرضا نورزایی وفریدون اوکاتی صادق و سرکار خانم فائقه طباطبایی به پاس تلاش های موثر آزمایشگاهی تشکر می گردد. اعتبار مربوط به انجام این تحقیق توسط معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان تامین گردیده است که بدینوسیله تقدیر می گردد.

٧ - مراجع

[1] H.T. Angus, Cast Iron, 1978, Physical and Engineering Properties, Butterworths & Co (Publishers) Ltd., London.
[2] R. Elliott, Cast Iron Technology, 1988, Butterworths & Co. (Publishers) Ltd., London.
[3] I.C.H. Hughes, Ductile Iron, Metals Handbook, Casting, 1988, BCIRA International Center for Cast Metals Technology, Great Britain, Ninth edition, Vol. 15, 647-666.
[4] P.R. Beely, Foundry Technology, 1972, Butterworths Scientific, Great Britain, The Camelot Press Ltd., Southampton.
[5] A.R. Kiani-Rashid, and D.V. Edmonds, 'Graphite Phase Formation in Al–Alloyed Ductile Irons', International Journal of Engineering, No.3, **15**, 2002, 261 – 272.
[6] Takashi. Iwamoto, Toshiyuki. Hoshino, Akihiro, Matsuzaki and Keniti. Amano, 'Effect of Boron and Nitrogen on Gaphitisation and Hardenability in 0.53%C Steels', ISIJ International, Japan, Vol. 42, Supplement, 2002, S77-S81.
[7] M.J. Olney and G.C. Smith, 'Surface Effects Occurring During the Heating and Cooling of Plain Carbon Steels', Journal of The iron and Steel institute, 1959, 107-116.
[8] Phase Diagram for Iron – Carbon System, Hagane no Netsushoti, ISLI, 1969.
[9] G.R. Speich, 'Surface Graphitization of a Hypereutectoid Iron-Carbon Alloy', Transactions of the metallurgical society of AIME, vol.221, 1961, 417-419.
[10] F.J. Derbyshire, A.E.B. Presland and D.L. Trimm, 'Graphite Formation by the Dissolution-precipitation of Carbon in Cobalt - Nickel and Iron', Carbon, vol.13, 1975, 111-113.