بررسی تأثیر جوانهزائی بر نحوه انجماد و ساختار چدن نشکن

ابوالفضل باباخانی — مربی گروه متالورژی و مواد، دانشکدهٔ مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
سید محمدرضا یوسف ثانی — مربی گروه متالورژی و مواد، دانشکدهٔ مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
محمد حسن گلمکانی — دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

نحوه انجماد و ساختار چدن نشکن تحت تأثیر عوامل گوناگونی قرار دارد. ترکیب شیمیائی، دمای مذاب، مدول انجماد، سرعت سرد شدن، نوع و مقدار مواد جوانهزا، و روش جوانهزائی از جمله این عوامل هستند. تأثیر تعداد گرافیتهای کروی بر مشخصات مکانیکی و خواص ضربهپذیری چدنهای نشکن، موضوع تحقیقات فراوانی در سالهای اخیر بوده است. در پژوهش حاضر تأثیر جوانهزائی بر تعداد، اندازه و درصد گرافیتهای کروی و نیز، بر ساختار زمینه بررسی شده است. علاوه بر این، مطالعه تأثیر مشبندی ماده جوانهزا بر ریزساختار و سختی نمونههای با ضخامتهای مختلف نشان داد که میتوان، حتی در ضخامتهای ۳mm-۲ نیز چدن نشکن با کیفیت مطلوب تولید کرد.

کلمات کلیدی: چدن نشکن، جوانه زائی، گرافیت کروی، مقاومت بهضربه، مش بندی

Effects of Nucleation on Soldification and Structure of Ductile Iron

A. Babakhani — Lecturer, Dept. of Materials and Metallurgy, Faculty of Eng. Fersowsi University of Mashhad
S. M. R. Yusof Sani — Lecturer, Dept. of Materials and Metallurgy, Faculty of Eng. Ferdowsi University of Mashhad
M. H. Golmakani — M. Sc., Student, Isfahan University of Technology

Abstract

Among the most important parameters involved in solidification and structure of the cast ductile iron are: the composition, melt temperature, cooling rate, kind and amount of inoculant, and the nucleation procedure. The effect of graphite nodules per unit area on the mechanical properties of the ductile iron has been the subject of intensive research in recent years. In this paper, the effect of nucleation on the percentage of graphite nodules and the structure of cast material has been investigated. In addition, various methods of nucleation has been investigated. The effect of the inoculant size distribution on the microstructure and hardness of ductile iron with respect to thickness of cast material has been studied. It was shown that, it is even possible to produce ductile iron with nodular graphite in sections as thin as 2-3 mm.

Key words: Ductile Iron, Nucleation, Spheroidal, Graphite, Impact Strength, Mesh

۱- مقدمه

در سالهای اخیر استفاده از چدن نشکن در ساخت قطعات صنعتی افزایش چشمگیری یافته است. تولید این چدنها در مقایسه با فولادها از مزیتهای نسبی زیادی برخوردار است. از جمله این مزیتها میتوان به نقطهٔ ذوب پایین، سیالیت بالا و قابلیت ماشینکاری خوب چدنها اشاره کرد [۱تا5]. از طرفی با توجه به ضرورت استفاده از قطعات جدار نازک چدنی در تولید بعضی از ماشین آلات، نیاز به افزایش خواص مکانیکی اینگونه قطعهها، جاذبه فراوانی پیدا کرده است. از آنجا که تعداد و اندازه گرافیتهای کروی نقش تعیین کنندهای در خواص چدن نشکن دارد [۲]، لذا در این پژوهش کوشش شده است اثر جوانهزائی این پارامترها مورد بررسی قرار گیرد. افزون بر این، اثر پارامترهای انجمادی، مانند سرعت سرد شدن و مدل انجماد قطعهٔ ریختگی نیز بر جوانهزائی و تأثیر آن بر ریزساختار مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج بدست آمده نشان میدهد که با انجام عملیات جوانهزائی امکان تولید چدن نشکن با ساختار مناسب در مقاطع نازک (۳-۲ میلی متر) نیز وجود دارد.

۲- روش تحقیق

عملیات ذوب با استفاده از شمش سورل در کورهٔ القائی با فرکانس متوسط انجام گرفت. از فروسیلیسیم ۷۵% بهعنوان جوانهزا و از فروسیلیکومنیزیم (FeSiMg) ۵% بهعنوان کروی کننده گرافیت استفاده شد. این ماده بهروش ساندویچی و در دمای حدود $1450^{\circ}c$ به مذاب افزوده شد. قالبهای مورد استفاده با روش CO_2 تهیه گردیدند. برای بررسی تأثیر سرعت شدن و نیز، تأثیر مقدار مواد جوانهزا بر مدل انجماد و ریزساختار، از نمونههای گواهای شکل استفاده شد [6]. در مجموع دو نوع نمونه تهیه گردید:

۱- نمونههای مکعب مستطیل شکل- از این نمونهها به تعداد چهار عدد از Y- بلوکهای ریختگی، با درصدهای مختلف مواد جوانهزا، بهترتیب، (۵%، ۷۵%، ۱و ۱/۵ درصد شارژ)، برای نمونههای ۱ تا ۴ بریده شدند. در این نمونهها درصد ماده کروی کننده و اندازه مواد جوانهزا (مش بندی) ثابت بود، جدول (۱).

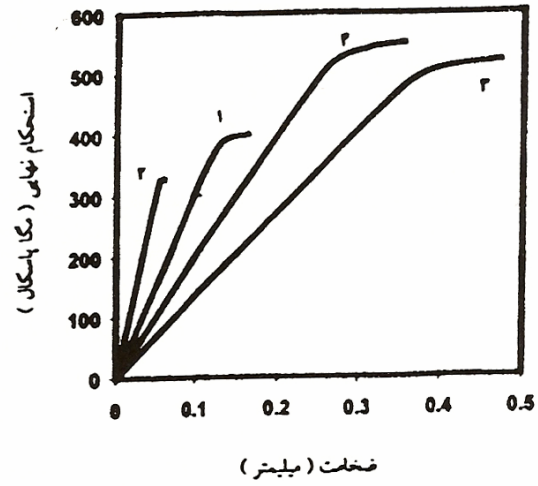
جدول ۱- مشخصات ریخته گری نمونه های Y – بلوک

شمارهٔ نمونه	وزن شمش شارژ شده (kg)	وزن ماده کروی کننده (g)	وزن ماده جوانه زا در پاتیل ثانویه (g)
۱	۱۰	۲۰۰	۵۰
۲	۱۰	۲۰۰	۷۵
۳	۱۰	۲۰۰	۱۰۰
۴	۱۰	۲۰۰	۱۵۰

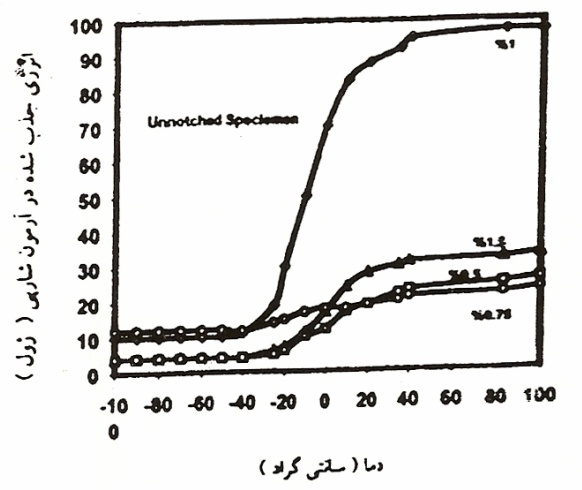
به این ترتیب اثر مقدار مادهٔ جوانهزا بر ریزساختار و خواص مکانیکی مورد بررسی قرار گرفت، شکلهای (۱) تا (۴). نمونههای آزمون ضربه بصورت بدون شیار آماده شدند [7].

۲- نمونههای گوهای- از این نمونهها پنج عدد تهیه گردید که اندازهٔ ابعادی مواد جوانهزای آنها یکسان نبود ولی برای همهٔ نمونههای مقدار مواد کروی کننده و جوانهزا ثابت بود. در هر

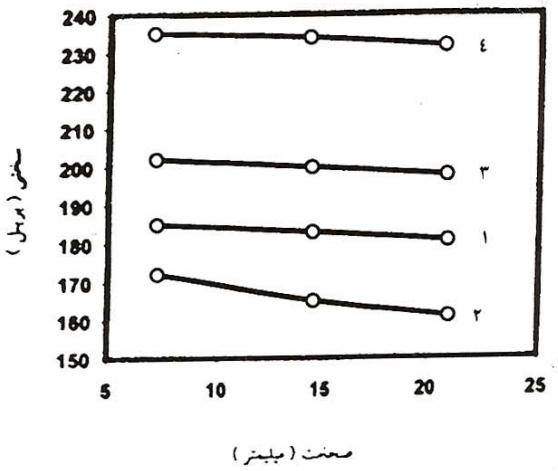
نوبت ذوب، یک درصد مواد جوانهزا با مشهای ۱۲، ۳۰، ۵۰، ۸۰ و ۱۰۰ در حوضچه پای راهگاه (میرائی حداقل جوانهزا) به مذاب اضافه شد، جدول (۲).



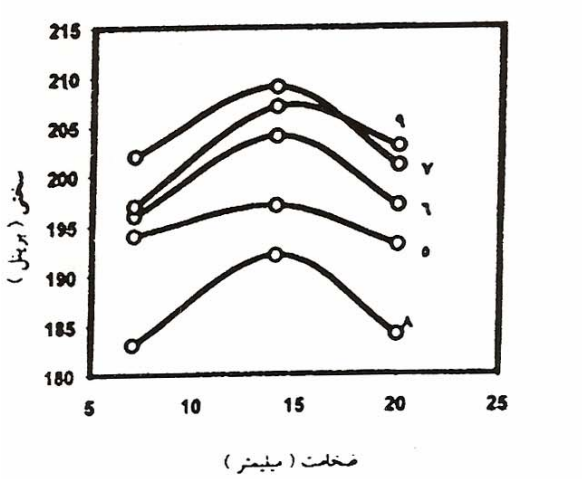
شکل ۱- نمودارهای تنش – کرنش نمونه های ۴-۱



شکل ۲- نمودارهای ضربه نمونه های ۴-۱



شکل ۳- نمودارهای سختی نمونه های ۴-۱

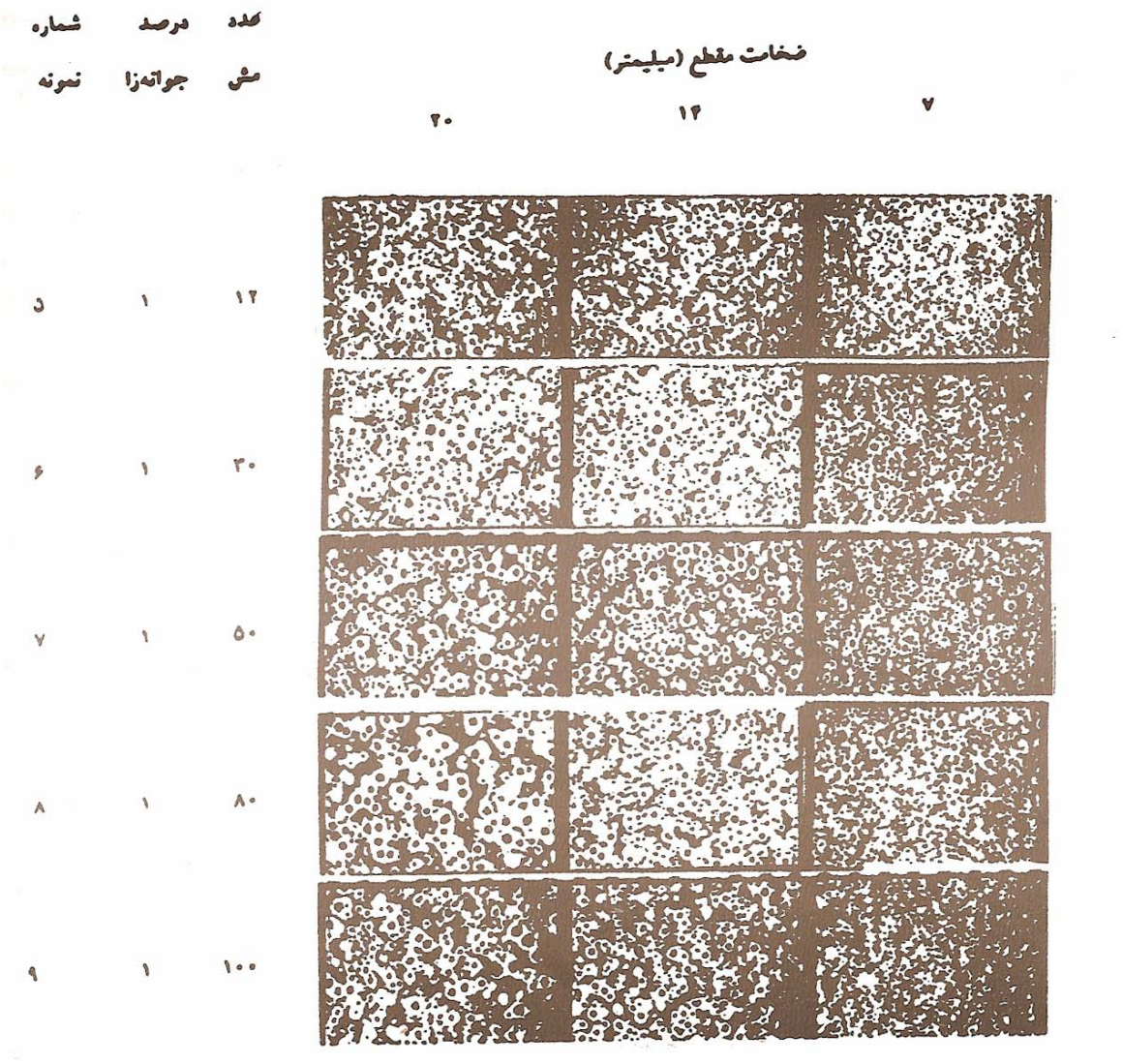


شکل ۴- نمودارهای سختی نمونه های ۹-۵

جدول ۲- مشخصات ریخته گری نمونه های گوه ای

وزن جوانه زا در حوضچه پای راهگاه (g)	عدد مش ماده جوانه زا	وزن کروی کننده (g)	وزن نمونه گوه ای (kg)	شماره نمونه
۱۲	۱۲	۲۴	۱/۲	۵
۱۲	۳۰	۲۴	۱/۲	۶
۱۲	۵۰	۲۴	۱/۲	۷
۱۲	۸۰	۲۴	۱/۲	۸
۱۲	۱۰۰	۲۴	۱/۲	۹

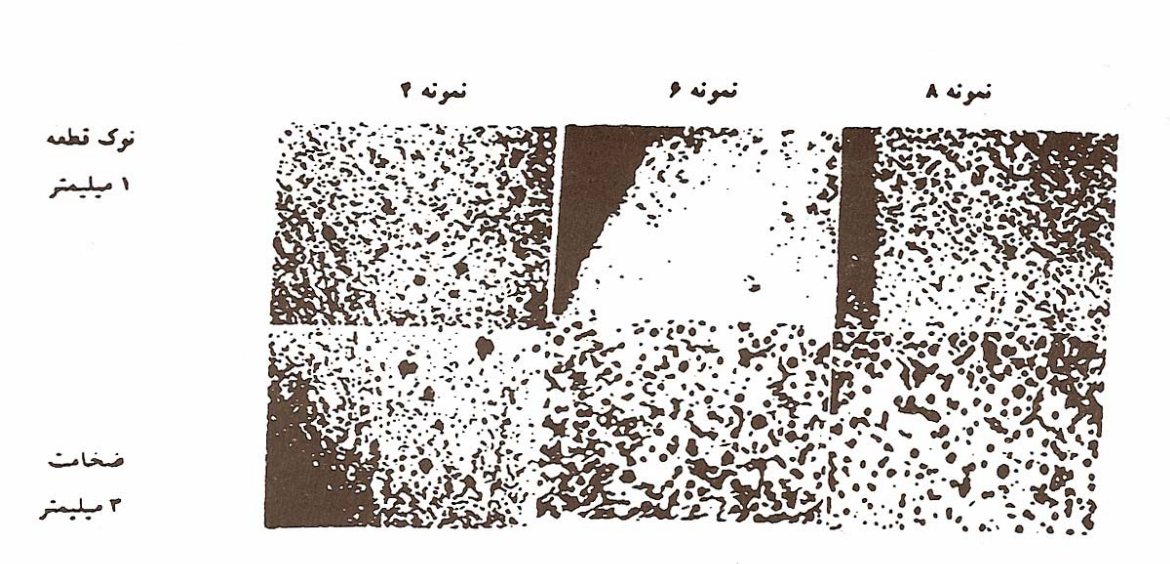
تصاویر میکروسکوپی برخـی از نمونههای یاد شـده در شکلـهای (۵)و (۶) آورده شده است.



شکل ۵- تصاویر میکروسکوپی از نمونه های ۹-۵

۳- یافتههای پژوهش

۱- افزایش مقدار ماده جوانهزا می‌تواند سهم چشمگیری در کاهش خواص ضربهپذیری چدن نشکن داشته باشد، هرچند استحکام کششی و سختی آن ممکن است افزایش یابد. همانطور که از جدول (۳) مشخص است، نمونهٔ شمارهٔ ۳ دارای بهترین خواص ضربهپذیری است. خواص ضربهای بهمیزان کروی شدن گرافیتها و مقدار آنها و نیز، ترکیب شیمیایی چدن وابسته است. با فراتر رفتن درصد سیلیسیم از حد حلالیت آن در فریت، انرژی جذب شده در آزمون ضربه کاهش می‌یابد، شکل (۳). بطور کلی وجود سیلیسیم زیاد (غیر قابل انحلال در فریت)، موجب کاهش انعطافپذیری چدن می‌شود. افزون بر این، با زیاد شدن تعداد گرافیتها ضربهپذیری آن نیز کاهش می‌یابد. از آنجاکه استحکام کششی چدن نشکن هم بهتعداد گرافیتها در واحد سطح و هم بهاندازهٔ آنها بستگی دارد، نباید انتظار داشت که تنها با افزایش مقدار مادهٔ جوانهزا (افزایش تعداد گرافیتها) استحکام کششی افزایش یابد، جدول (۳).



شکل ۶- تصویر میکروسکوپی از مقاطع نازک برخی از نمونه ها

جدول ۳- خواص مکانیکی نمونه های ۴-۱

شماره نمونه	استحکام تسلیم (MPa)	استحکام کششی (MPa)	درصد ازدیاد طول	مقاومت به ضربه در دمای محیط (J)	سختی (HB)
۱	۳۴۵	۳۸۹	۲/۲	۲۰	۱۸۳
۲	۲۸۵	۳۲۷	۰/۹	۲۱	۱۶۵
۳	۴۳۲	۴۵۱	۷/۲	۸۰	۲۰۵
۴	۴۹۶	۵۱۳	۵/۴	۲۷	۲۳۲

۲- با افزایش درصد مواد جوانهزا (فقط تا ۱/۵ درصد) هم میزان کروی شدن هم تعداد گرافیتهای کروی زیادتر می‌شود. زیاد شدن فاصله زمانی بین عملیات جوانهزایی و ریختن مذاب بعلت میرایی مواد جوانهزا مطلوب نیست چراکه زیاد شدن زمان یاد شده بر میزان کروی شدن و تعداد گرافیتها اثر منفی دارد.

۳- با افزایش درصد ماده جوانهزا عمق لایة تبریدی یا میزان سفید شدن نوک نمونهها کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، افزایش مقدار ماده جوانهزا (افزایش درصد کربن معادل) باعث شناور شدن گرافیت می‌گردد. شناور شدن گرافیت، بخصوص در مقاطع ضخیم، با مشاهده گرافیتهای پوک قابل تشخیص است.

۴- در نمونههای گوهای شکل درصد فریت در ضخامتهای کمتر، بیشتر است. در واقع با کاهش ضخامت مقطع مقدار فریت افزایش یافته و از مقدار پرلیت، کاسته است.

۵- بطور کلی، هرچه مدول ریختگی، ضخامت مقطع و زمان انجماد بیشتر باشد، تعداد گرافیتهای کروی کمتر خواهد بود. در عملیات مشبندی ماده جوانهزا نتیجه جالب دیگر، مشاهدة گرافیتهای کاملاً کروی در نوک نمونه می باشد.

۴- نتیجه گیری

در این مقاله اثر مقدار و اندازة مادة جوانهزا بر خواص مکانیکی چدن نشکن مورد بررسی قرار گرفت. نشان داده شد که افزایش اندازه و مقدار مادة جوانهزا خواص ضربهپذیری چدن را بیش از استحکام تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزایش مقدار مادة جوانه زا به مقادیری بیش از یک درصد، مقاومت بهضربه چدن را بشدت کاهش می دهد. علاوه بر این، مشخص گردید که با

انتخاب مناسب اندازه مواد جوانهزا (مش ۸۰) می‌توان در ضخامتهای کم (۲ تا ۳ میلی متر) چدن نشکن تولید کرد.

مراجع

[۱] سید محمد علی بوترابی، "تأثیر جوانه زائی بر مدل مادون انجماد چدنهای نشکن"، مجله ریخته گری. سال هجدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۷۶، ص ۱۴۵.

[۲] علیرضا احمدوند، "تأثیر نوع جوانهزا، عناصر نادر خاکی و بیسموت بر تعداد گرافیتهای کروی در چدن نشکن" مجله ریختهگری، سال نوزدهم، شماره ۵۹، زمستان ۱۳۷۷، ص ۲۸.

[۳] بهرام مصلح، "بررسی شکل، اندازه و توزیع گرافیتها در قطعات چدن نشکن با مدول انجماد بالا"، مجله ریختهگری، سال هجدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۷۶، ص ۱۵۳.

[4] davis, J. R. "ASM Specialty Handbook, Cast Irons, PP 54-70 (1996).

[5] ASM Handbook, Vol. 15, Casting, PP 647-666 (1988).

[6] Goodrich, G.M. and Jones, D.P., "Factors Affecting Ductile Iron Nodule Count: A Literature Review", AFS Transactions Vol. 101, PP 1031-1037, (1993).

[7] Emerson, P.J. and simmons,W. "Final Report on the Evaluation of The Graphite Form in Ferritic Ductile Iron by Ultrasonic and Sonic Testing, and of the Effect of Grapnite Form on Mechanical Properties", AFS Transaction Vol. 84, PP 109-128, (1976).