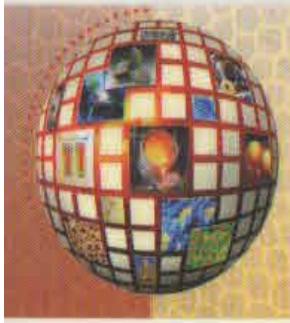


پنجمین همایش مشترک

مهندسی و علم مواد

پانزدهمین کنگره سالیانه انجمن مهندسین متالورژی ایران
و بیست و سومین سمینار سالانه انجمن علمی ریخته‌گری ایران

۳ و ۴ آبان ۱۳۹۰

دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان

5th Joint Congress of
Iranian Metallurgical Engineering Society
& Iranian Foundrymen`s Society

25-26 Oct.2011

Department of Materials Engineering of
Isfahan University of Technology

گواهی ارائه مقاله

ضمن تشکر و قدردانی از ارائه مقاله با عنوان

بررسی اندازه‌دانه‌ی آستنیت اولیه در ریزساختار چدن خاکستری ریخته‌گی به کمک سطح شیدار به روش اکسیداسیون

در پنجمین همایش مشترک مهندسی و علم مواد، پانزدهمین کنگره سالانه انجمن مهندسین متالورژی ایران و بیست و سومین سمینار سالانه انجمن علمی ریخته‌گری ایران

این گواهینامه به نویسنده (گان) مقاله:

فاطمه ترابی پور، علیرضا کیانی رشید، ابوالفضل بابا خانی

اعطاء می گردد. موفقیت روز افزون شما را در پیشبرد علم و فناوری از خداوند متعال خواستاریم.

دکتر جلال حجازی
رییس هیئت مدیره انجمن علمی ریخته‌گری ایران

دکتر محمود نیلی احمدآبادی
رییس هیئت مدیره انجمن مهندسین متالورژی ایران

دکتر محمود مرآتیان
دبیر همایش

P-G3

مجموعه چکیده مقالات

پنجمین

همایش مشترک مهندسی و علم مواد

پانزدهمین کنگره سالانه انجمن مهندسین متالورژی ایران و

بیست و سومین سمینار سالانه انجمن علمی ریخته‌گری ایران

دبیر سمینار

دکتر محمود مرآتیان

۳ و ۴ آبان ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مواد

Isfahan University
of Technology
Department of
Materials Engineering
25 & 26 Oct. 2011

5th Joint Congress of Materials Science & Engineering

Iranian Metallurgical Eng. Society

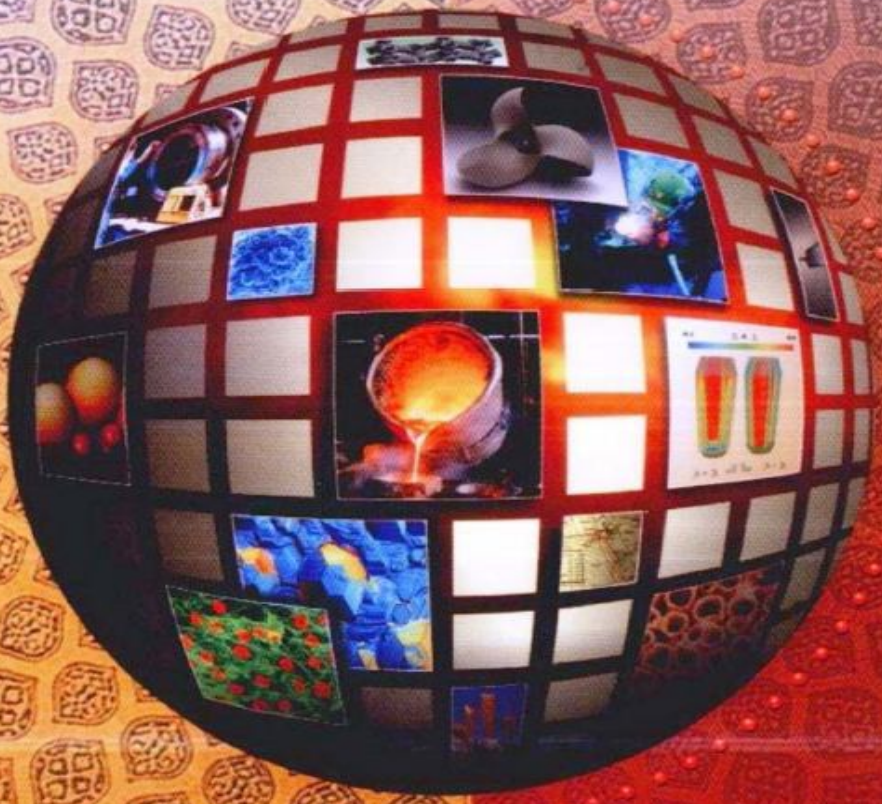
Iranian Foundrymen's Society

Abstracts of

5th Joint Congress of Materials Science & Engineering

Iranian Metallurgical Eng. Society

Iranian Foundrymen's Society



حامیان ویژه :

ISBN:978-600-5442-89-2

انتشارات ارکان دانش

5th Joint Conference of
Iranian Metallurgical Engineering Society
and Iranian Foundrymen's Society
25,26 October 2011

پنجمین همایش مشترک
انجمن مهندسی متالورژی ایران
و پنجمین همایش سالانه انجمن ملی ریخته گری ایران

بررسی اندازه دانه آستنیت اولیه در ریزساختار چدن خاکستری ریختگی به کمک سطح شیبدار به روش اکسیداسیون

فاطمه ترابی پور[1]، علیرضا کیانی رشید[2]، ابوالفضل باباخانی[3]

چکیده

امروزه یکی از روش‌های تولید ساختارهای ریزدانه بدون افزودن مواد جوانه استفاده از سطح شیبدار می‌باشد. در این روش در حین عبور مذاب از سطح شیبدار در اثر اعمال نیروی برشی به مذاب که در طول حرکت آن در سطح اعمال می‌شود بازوهای دندرینی ایجاد شده شکسته می‌شوند و به عنوان محل‌های هسته گذاری عمل می‌کنند. با توجه به این پدیده، در این پژوهش اثر استفاده از سطح شیبدار بر اندازه دانه آستنیت اولیه در ریز ساختار چدن خاکستری مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از مدل‌های گوه‌ای در شرایط متفاوت، تعداد متنابهی نمونه ریخته گری شد که بخشی از نتایج بررسی‌های ریزساختاری این پژوهش در این مقاله ارائه شده است. جهت تشخیص و اندازه‌گیری اندازه دانه آستنیت اولیه، عملیات اکسیداسیون بر روی نمونه‌های ریخته شده انجام شد و دانه‌های آستنیت اولیه در ریزساختار نمایان شدند. نتایج نشان داد که تعداد دانه‌های آستنیت اولیه در ریزساختارهای حاصل از ریخته‌گری بر سطح شیبدار افزایش و اندازه دانه‌ها کاهش می‌یابد که سختی سنجی نمونه‌ها نیز این نتایج را تایید می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: چدن خاکستری، ریخته گری بر سطح شیبدار، آستنیت اولیه، اندازه دانه، ریزساختار.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد، دانشگاه فردوسی مشهد
faiemeh.torabipour@gmail.com
۲- دانشیار گروه مهندسی متالورژی و مواد، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استادیار گروه مهندسی متالورژی و مواد، دانشگاه فردوسی مشهد

بررسی اندازه دانه‌ی آستنیت اولیه در ریزساختار چدن خاکستری ریختگی به کمک سطح شیبدار به روش اکسیداسیون

چکیده

امروزه یکی از روش‌های تولید ساختارهای ریزدانه بدون افزودن مواد جرانه استفاده از سطح شیبدار می‌باشد. در این روش در حین عبور مذاب بر سطح شیبدار در اثر اعمال برشی که در طول حرکت مذاب بر سطح، به مذاب اعمال می‌شود بازوهای دندریتی ایجاد شده شکسته می‌شوند و به عنوان محل‌های هسته گذاری عمل می‌کنند. با توجه به این پدیده، در این پژوهش اثر استفاده از سطح شیبدار بر اندازه دانه آستنیت اولیه در ریز ساختار چدن خاکستری مورد بررسی قرار گرفت. در همین ارتباط با استفاده از مدل های گوه ای در شرایط متفاوت ریخته گری تعداد متنابهی نمونه تهیه و بررسی‌های ریزساختاری بخشی از نتایج این پژوهش می‌باشد که در این مقاله ارائه شده است. جهت تشخیص و اندازه گیری اندازه دانه آستنیت اولیه عملیات اکسیداسیون بر روی نمونه‌های ریخته شده انجام شد و دانه های آستنیت اولیه در ریزساختار نمایان شدند. نتایج نشان داد که تعداد دانه‌های آستنیت اولیه در ریزساختارهای حاصل از ریخته گری بر سطح شیبدار افزایش و اندازه دانه‌ها کاهش می‌یابد که سختی سنجی نمونه‌ها نیز این نتایج را تایید نمود.

واژه‌های کلیدی: چدن خاکستری، ریخته گری بر سطح شیبدار، آستنیت اولیه، اندازه دانه، ریزساختار.

۱. مقدمه

اصلاح ریزساختار آلیاژهای فلزی تحقیقات بسیاری را در حوزه متالورژی به خود اختصاص داده است. دلیل این مطلب این است که خواص مکانیکی، شکل‌پذیری و ماشین‌کاری آلیاژها به طور گسترده به اندازه و نحوه توزیع دانه‌ها در ریزساختار وابسته می‌باشد [۱]. اصلاح ساختارهای ریختگی نیازمند جوانه‌زنی در گستره وسیعی از مکان‌ها و جلوگیری از رشد زیاد بلورها می‌باشد. روش‌های موجود جهت اصلاح دانه را می‌توان به سه دسته مکانیکی، شیمیایی و حرارتی تقسیم نمود. در روش‌های مکانیکی اصلاح دانه با استفاده از هم‌زدن مکانیکی، الکترومغناطیسی یا اولتراسونیک، درون مذاب در حال انجماد اغتشاش ایجاد می‌شود اما اغلب این روش‌ها در مقیاس آزمایشگاهی کاربرد دارند و نیازمند تجهیزات خاصی می‌باشند و به واسطه هزینه بالای فرآیند و مدت زمان طولانی بروسه تنها در برخی از فرآیندهای فلزکاری نیمه جامد به کار می‌روند [۱].

فرآیند فلزکاری نیمه جامد در سال ۱۹۷۱ توسط اسپنسر[1] و فلمینگز[2] در حین تحقیق پارگی داغ آلیاژ Sn-Pb کشف شد. آنها دریافتند که اعمال اغتشاش (مکانیکی، مغناطیسی و یا به روش‌های دیگر) بر آلیاژ در حال انجماد منجر به تشکیل دوغاب‌های غیردندریتی با ویسکوزیته‌ای چندین برابر کمتر می‌شود. از آن زمان به بعد جهت بهره-گیری از مزایای چنین ساختارهایی فرآیند نیمه‌جامد به طور گسترده موضوع تحقیقات و فعالیت‌های صنعتی قرار گرفت [۴-۲]. در میان روش‌های گوناگونی که جهت تولید ساختارهای نیمه‌جامد با بلورهای اولیه کروی پیشنهاد شده‌اند، روش ریخته‌گری به کمک سطح شیبدار به دلیل سهولت فرآیند یکی از جذاب‌ترین روش‌ها می‌باشد [۵، ۲] همچنین در میان روش‌هایی که جهت تولید دوغاب‌های نیمه‌جامد استفاده می‌شوند این روش دارای تجهیزات ساده، هزینه اندک و کارایی بالا می‌باشد [۶]. سطح شیبدار را می‌توان به راحتی بر روی کلیه دستگاه‌های مرسوم ریخته‌گری نصب کرد [۷].

در این تحقیق به کمک روش اکسیداسیون اثر استفاده از سطح شیبدار بر اندازه دانه آستنیت اولیه در ریزساختار چدن خاکستری مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین تأثیر تغییر زاویه سطح شیبدار بر اندازه دانه‌های آستنیت اولیه و سختی نمونه‌ها بررسی می‌شود.

---

[1]- Spencer

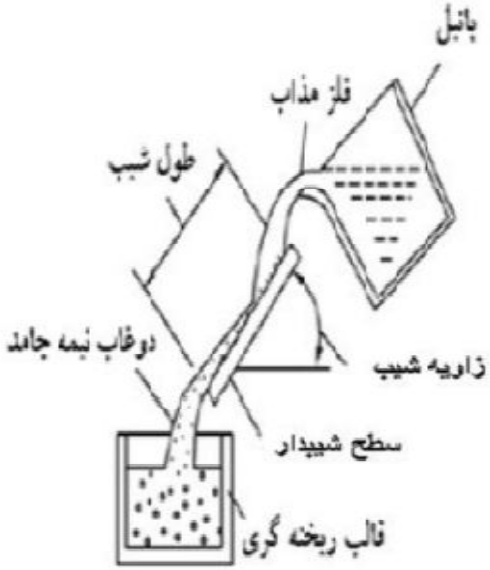
[2]- Flemings

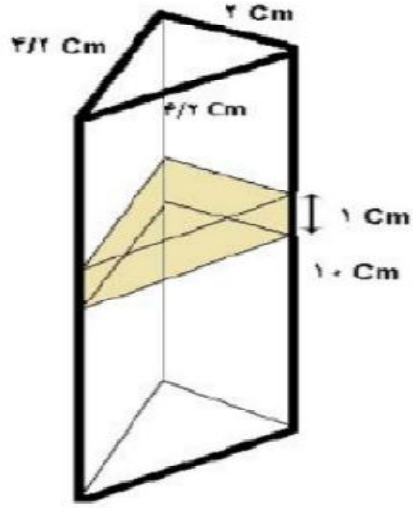
۱. مواد و روش تحقیق

مواد شارژ استفاده شده جهت آزمایش، شمش‌های چدن خاکستری بودند که ترکیب شیمیایی آنها در جدول ۱ بیان شده است. در این تحقیق قطعات گوه ای شکلی با سطح مقطع $۴/۰۸\ cm^2$ و ارتفاع $۱۰\ cm$ که در شکل ۱ تصویر شماتیک آن مشخص شده، درون قالبی از جنس ماسه CO_2 که با استفاده از چسب سیلیکات سدیم و تزریق گاز CO_2 به درون آن مستحکم شده بود ریخته شدند. میزان $۱۰\ Kg$ از شمش‌های چدنی با ترکیب مشخص درون کوره زمینی تا حدود $۱۴۰۰^{\circ}C$ ذوب شدند. زمانی که دمای مذاب خارج شده از کوره، در درون پاتیل به حدود $^{\circ}C$ ۱۳۰۰ رسید میزان ۰/۲ درصد وزنی Fe-75%Si به عنوان جوانه‌زا به بوته اضافه شد. در یک دمای مناسب، شارژ مذاب بر روی سطح شیبداری از جنس گرافیت که در زاویه مشخص نسبت به افق قرار گرفته بود ریخته شد و پس از عبور از سطح شیبدار به درون قالبی که در زیر سطح قرار گرفته بود سرازیر شد. این آزمایش در زوایای $^{\circ}$۱۰، $^{\circ}$۲۰، $^{\circ}$۳۰ و $^{\circ}$۴۰ انجام شد. تصویر شماتیکی از فرآیند ریخته‌گری در شکل ۲ نشان داده شده است. سطح شیبدار گرافیتی به کار رفته به ترتیب دارای طول، عرض و ضخامتی در حدود ۴۵cm، ۵cm و ۱cm می‌باشد. به منظور مقایسه تغییرات ریزساختاری حاصل از ریخته‌گری بر سطح شیبدار نسبت به روش معمول ریخته‌گری، نمونه‌هایی نیز بدون سطح شیبدار ریخته شدند.

جدول ۱. ترکیب شیمیایی مواد شارژ به کار رفته در آزمایش

عنصر آلیاژی	درصد وزنی
Fe	۹۳/۴
C	۳/۵۶
Si	۲/۴۹
Mn	۰/۲۱۹
P	۰/۰۲۰
S	۰/۰۵۵





شکل ۱. تصویر شماتیک از قطعه گوه‌ای شکل ریخته‌گری شده. شکل ۲. تصویر شماتیک از فرآیند ریخته گری به کمک سطح شیبدار

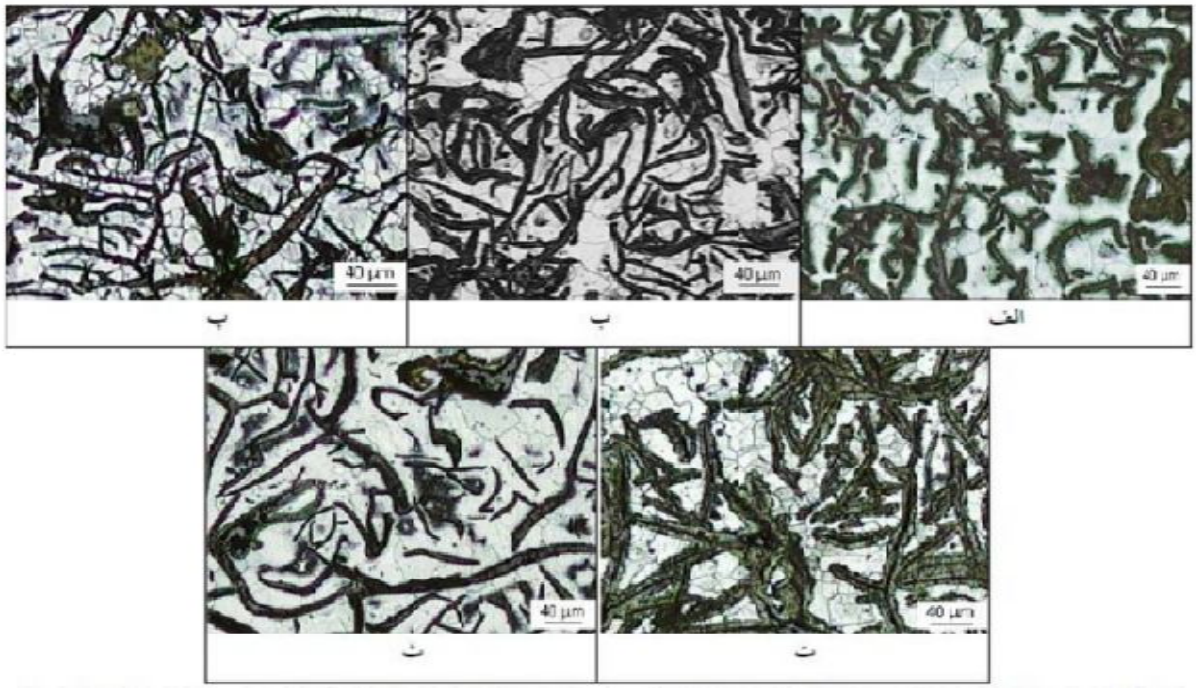
پس از انجام ریخته‌گری نمونه‌هایی با ابعاد مشخص شده در شکل ۱، از درون قطعات ریخته شده و به فاصله ۴/۵cm از قاعده بارریزی برش زده شدند که جهت سختی سنجی برینل مورد بررسی قرار گرفتند. به طوری که میزان سختی از نوک تا قاعده نمونه در ۵ نقطه مختلف از سطح اندازه‌گیری گردید. همچنین نمونه‌هایی نیز به ضخامت ۳ mm جهت اندازه گیری اندازه دانه آستنیت اولیه و انجام فرآیند اکسیداسیون برش زده شدند. در واقع جهت آشکارسازی دانه‌های آستنیت اولیه از روش اکسیداسیون استفاده گردید به این ترتیب که پس از انجام سنباده زنی روی نمونه‌های با ضخامت ۳ mm ، درون کوره موفلی در دمای ۷۶۰ °C به مدت ۴۰ دقیقه حرارت داده شدند تا اینکه ساختار پرلیتی– فریتی زمینه به یک ساختار آستنیتی تبدیل شود و یک لایه اکسیدی نیز بر روی نمونه‌ها تشکیل شود، سپس نمونه ها را از کوره خارج کرده و سریعاً در آب کوئینچ نمودیم. نمونه‌های تحت عملیات حرارتی قرار گرفته مجدداً توسط یک سنباده نرم پولیش شدند تا فقط لایه اکسیدی تشکیل شده بر سطح کمی برداشته شود. پس از این کار در محلول پیکرال اچ شدند و با استفاده از میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین اندازه دانه‌های آستنیت اولیه مطابق استاندارد ASTM E112 مشخص شد.

۲. نتایج و بحث

در این آزمایش از آنجا که بررسی‌های میکروسکوپی اولیه نشان داد زمینه کلیه نمونه‌های چدنی ریخته شده دارای ساختار پرلیتی- فریتی بودند و با توجه به این که امکان بررسی تاثیر سطح شیبدار بر اندازه کلونی‌های پرلیتی وجود نداشت به همین منظور جهت آشکارسازی فاز آستنیت اولیه تشکیل شده در حین انجماد بر سطح شیبدار گرافیتی از روش اکسیداسیون بهره جستیم.

با توجه به استاندارد ASTM E112 تصاویری در بزرگنمایی x ۱۰۰ از نمونه‌هایی که تحت عملیات اکسیداسیون قرار گرفته بودند گرفته شد (شکل ۳) و به صورت چشمی با تصاویر مشخص شده در استاندارد مقایسه شد، نتایج این مقایسه در جدول ۲ آمده است. همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود استفاده از سطح شیبدار در ریخته‌گری منجر به کاهش اندازه دانه‌ها یا به عبارتی افزایش تعداد دانه‌ها در واحد سطح نمونه شده است. همچنین در میان نمونه‌های حاصل از ریخته‌گری در زوایای مختلف بر سطح شیبدار، نمونه‌هایی که بر سطح شیبدار گرافیتی با زاویه 30° نسبت به افق ریخته شده‌اند کمترین اندازه دانه آستنیت اولیه را دارا می‌باشند که این مسئله نشان دهنده این مطلب می‌باشد که زاویه 30° درجه نسبت به زاویه 10°، 20° و 40° تأثیر بیشتری بر اصلاح دانه در طول فرآیند ریخته‌گری دارد.

جهت توجیه کاهش اندازه دانه‌ها توسط ریخته‌گری بر سطح شیبدار بهتر است در ابتدا نحوه تشکیل ذرات جامد و مکانیزم انتقال حرارت مذاب بر سطح شیبدار توضیح داده شود. در واقع زمانی که مذاب بر سطح شیبدار جریان می‌یابد به دلیل انتقال حرارت زیادی که بین مذاب و سطح شیبدار ایجاد می‌شود جوانه‌های فاز جامد اولیه تشکیل می‌شوند. در طول جابه جایی مذاب تنش برشی ایجاد شده در اثر نیروهای گرانشی منجر به حرکت فاز جامد اولیه بر سطح و شکسته شدن بازوهای دندریتی رشد کرده بر روی سطح می‌شود. ذرات جامد تولیدی در طول سیلان بر سطح، درون مذاب توزیع می‌شوند و در نهایت به همراه مذاب باقیمانده به درون قالبی که زیر سطح شیبدار قرار گرفته سرازیر می‌شوند. در طول انجماد درون قالب، فاز جامد اولیه تشکیل شده بر سطح شیبدار به عنوان یک منبع جوانه‌زنی عمل می‌کند و در نهایت ساختاری ریزدانه حاصل می‌شود. بر طبق نتایج حاصله زاویه سطح شیبدار تأثیر به سزایی بر اندازه دانه فاز آستنیت اولیه دارد. تعدادی از محققان تشکیل سه لایه را در طول سیلان مذاب بر سطح شیبدار گزارش کرده‌اند که این لایه‌ها دارای نرخ‌های انتقال حرارت متفاوتی می‌باشند [۸، ۹]. لایه زیرین که در تماس با سطح شیبدار قرار دارد یک لایه جامد است که به دلیل انتقال حرارت شدید بین مذاب و سطح شیبدار حاوی



شکل ۳. تصویر میکروسکوپ نوری نمونه‌های ریخته شده ، الف- بر سطح شیبدار گرافیتی با زاویه °۱۰، ب- بر سطح شیبدار گرافیتی با زاویه °۲۰، پ- بر سطح شیبدار گرافیتی با زاویه °۳۰، ت- بر سطح شیبدار گرافیتی با زاویه °٤۰ و ث- نمونه مرجع که تحت فرایند اکسیداسیون قرار گرفته‌است. همانطور که در شکل دیده می‌شود علاوه بر ورقه‌های گرافیتی مرزدانه‌های آستنیت اولیه نیز در ساختار مشاهده می‌شوند.

جدول۲. مقایسه تعداد دانه های آستنیت اولیه در نمونه مرجع با نمونه‌های ریخته شده به کمک سطح شیبدار گرافیتی در زوایای مختلف

مشخصه	نمونه مرجع	نمونه ریختگی در زاویه °۱۰	نمونه ریختگی در زاویه °۲۰	نمونه ریختگی در زاویه °۳۰	نمونه ریختگی در زاویه °۴۰
عدد اندازه دانه آستنیت اولیه	۷	۷-۸	۸	۹	۸
تعداد دانه در بزرگنمایی ۱۰۰x در $1in^2$	۶۴	۶۴-۱۲۸	۱۲۸	۲۵۶	۱۲۸
اندازه دانه آستنیت اولیه محاسبه شده (µm)	۳۵/۸	۲۵/۴-۳۵/۸	۲۵/۴	۱۷/۹	۲۵/۴