

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com





دانشگاه صنعتی اصفهان



انجمن آهن و فولاد ایران



شرکت فولاد مبارکه اصفهان

سمپوزیوم فولاد ۸۴

۹ و ۱۰ اسفندماه ۸۴

اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان

بررسی راهکارهای تصفیه مذاب چدن خاکستری

مهندس علی دوست محمدی^۱، مهندس علی پارساپور^۱، دکتر محمد حسین فتحی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- استادیار دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی راهکارهای تصفیه مذاب چدن خاکستری انجام شد. از آن جا که مذاب چدن در حین انجام عملیات ذوب و ریخته گری در معرض پارامترهای متعدد و متغیری قرار دارد، کنترل مواد ورودی به مذاب نظیر جوانه زاء، فروژن (خالص ساز)، سلاکس (سرباره ساز) و موادی که با مذاب در تماسند مانند سرباره، بسیار اهمیت دارد. در آغاز انجام پژوهش، پس از جمع آوری قطعات ریخته شده معیوب که از قطعات مصرفی در خودرو بوده و دارای عیوب سطحی بودند، به بررسی مرفولوژی و آنالیز عنصری عیوب، پرداخته شد. آزمون های متعدد توسط میکروسکوپ الکترون روبشی (SEM) و آنالیز توزیع انرژی پرتو ایکس (EDX)، بر روی عیوب انجام گرفت. آنالیزهای به دست آمده نشان دهنده حضور عناصری خاص مانند کلسیم و آلومینیوم در ریز مک های سطحی ایجاد شده بود. در مرحله بعد، از تمامی اجزای درگیر با مذاب از جمله جوانه زاء، فروژن، سلاکس، سرباره و خاک نسوز نیز آنالیز عنصری به عمل آمد. نتایج نشان دهنده عدم تطابق آنالیز جوانه زاء مصرفی با استاندارد معمول جوانه زاء و حضور بیش از حد آلومینیوم در آن بود. آنالیز فروژن نیز که به کمک آزمون های متعدد پراش پرتو ایکس و آنالیز توزیع انرژی پرتو ایکس به دست آمد، نشان دهنده وجود کلسیم و ترکیبات آن به عنوان اجزای اصلی این ماده بود. با توجه به نتایج بدست آمده و با استفاده از جوانه زاء با درصد کم آلومینیوم (جوانه زاء استرانسیم دار) و مصرف کنترل شده فروژن در فرآیند ریخته گری قطعات، به میزان قابل توجهی از عیوب و ریز مک های سطحی کاسته شد.

کلمات کلیدی: چدن خاکستری، حفره و مک سطحی، جوانه زاء، فروژن

مقدمه

یکی از مهم ترین صنایعی که در سال های اخیر رشد چشم گیری داشته و با شتاب فزاینده ای به سوی توسعه و گسترش پیش می رود، صنعت خودروسازی است. واحدهای صنعتی در زمینه های متفاوت برای ساخت و تولید قطعات و مجموعه های خودرو فعالیت می کنند و پیشرفت های بسیاری در دهه گذشته حاصل شده است [۱].

در بین واحدها و مراکز تولیدی قطعه ساز و مجموعه ساز، واحدهای ریخته گری و همچنین فرایند ریخته گری از اهمیت، به سزایی برخوردارند. ریخته گری ریال، روشی برای تولید بسیاری از قطعات خودرو مانند پوسته موتور، گلدانی گیربکس، پوسته گیربکس، کاسه چرخ، دیسک ترمز، پوسته واتر پمپ و امثال این هاست. قدمت، تجربه و تبحر صنعت ریخته گری در ایران، امکان تولید قطعات برای مصرف داخلی و نیز صدور آن ها به خارج از کشور را میسر ساخته است.

جنس اکثر قطعات خودرو که توسط صنعت ریخته گری تولید می شوند، چدن است. صرفه اقتصادی و خواص مکانیکی و فیزیکی مناسب برای تولید قطعات خودرو از طریق ریخته گری، چدن را به یکی از پر مصرف ترین مواد اولیه تبدیل کرده است [۲ و ۱]. تهیه و فرآوری مذاب مناسب از یک سو و حصول اطمینان از تولید قطعه ای بدون عیب و با کیفیت مناسب از سویی دیگر، بسیار اهمیت دارد [۳].

یکی از مشکلات عمده در صنعت ریخته گری، آلوده شدن مذاب فلزات به انواع ناخالصی و آخال های غیر فلزی و نامطلوب است [۴ و ۱]. قطعاتی که از مذاب های به اصطلاح کثیف تولید می شوند، قطعاتی معیوب اند که عیوب آن ها عمدتاً به صورت ترک، حفره و مک در قطعات خود نمای می کنند [۵]. وجود ناخالصی های ناخواسته در مذاب چدن، از علل اصلی ایجاد این عیوب در قطعات تولیدی است. کنترل مذاب حاصل و جلوگیری از ورود ناخالصی ها به آن از یک سو و تصفیه و پاک سازی مذاب آلوده از سوی دیگر، دو راهکار اصلی برای مقابله با آلوده شدن مذاب و تولید قطعات معیوب است [۶ و ۵].

در این پژوهش، شناسایی ناخالصی های موجود در مذاب و قطعه و عیوب ناشی از آن صورت گرفته است. محل تشکیل عیوب و علت آن، ارتباط حضور ناخالصی ها با مواد اولیه و فرآیند تهیه و تأمین مذاب و سیستم راهگامی ذوب رسان مورد بررسی قرار گرفته است.

امکان سنجی تصفیه مذاب چدن خاکستری و نیز راهکار جلوگیری از ورود ناخالصی‌ها به محفظه قالب و قطعه نیز بررسی شده است. آزمون‌های فراوان بر روی مواد مصرفی و قطعات ریخته شده نهایی انجام گرفت و نتایج به دست آمده تحلیل و بررسی شد. به طور کلی هدف از اجرای این پروژه تحقیقاتی، کاهش ضایعات و بهبود زمان بندی تحویل و مشکلات مرتبط با آن از طریق شناسایی علل و سرچشمه حضور ناخالصی‌ها در قطعات چدنی ریختگی مصرفی در صنایع خودرو است. در نتیجه از طریق حذف عوامل ایجاد و ورود ناخالصی‌ها به مذاب و از جمله تصفیه مناسب مذاب، کنترل تهیه مذاب و کنترل ورود مواد اولیه و سیستم ذوب رسانی می‌توان کاهش عیوب و ضایعات را فراهم نمود.

روش تحقیق

۱- مواد

۱-۱- مواد فلزی

قطعات ریختگی معیوب چدن خاکستری جهت ارزیابی آزمون‌های آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفتند

الف) از چدن خاکستری با ترکیب شیمیایی مذاب برای تولیدات قطعات ریختگی استفاده شد و بعد از آماده سازی تحت آزمون‌های آزمایشگاهی قرار گرفت.

ب) مواد مصرفی؛ جوانه‌زا (۷۵٪ فروسیلیس) با سایز ۰/۴-۱/۲mm و مقدار مصرف ۱ پیمانه ۷۰ گرمی به ازای هر قالب ذوب ریز بود.

پ) فروژن ۸ برای سرباره گیری از پاتیل و سلاکس برای سرباره گیری از کوره استفاده شد.

۲-۱- شرایط آزمون

الف) دمای ذوب کوره هنگام تخلیه پاتیل پیش گرم شده ۱۰+۱۴۶۰ درجه سانتیگراد و هنگام تخلیه توسط ذوب ریز ۱۰+۱۴۳۰ درجه سانتیگراد بود.

ب) زمان ریخته‌گری؛ زمان ریخته‌گری هر قالب ۱۴-۱۲ ثانیه برای ذوب ریز است.

پ) شرایط ریز ساختار؛ گرافیت نوع A، زمینه عمدتاً پرلیتی با حداقل فریت و کاربیدها کمتر از ۲٪ بود. سختی قطعات نیز ۲۱۷-۲۰۷ برنیل اندازه گیری شد.

ث) شرایط ماسه سازی؛ درصد رطوبت ماسه $0/2 - 4/7$ ، استحکام فشاری تر $0/92$ ، ماسه کهنه 1200 کیلوگرم، بنتونیت 4 کیلوگرم، گرد زغال یک کیلوگرم، مواد فرار $2/6$ کیلوگرم و مواد سوختنی $8/7$ کیلوگرم.

۲- روش‌ها

۲-۱- آماده سازی نمونه‌های آزمایشگاهی: با انتخاب قطعات معیوب نمونه‌هایی از عیوب مورد نظر در کف و کناره‌های قطعات ریخته‌گری به اندازه مورد نظر بریده شد. آزمون‌های آزمایشگاهی مشتمل بر مشخصه‌یابی ساختاری و شناسایی عیوب آخال‌ها و آنالیز عناصری ناخالصی محبوس در حفره‌ها بود.

۲-۲- ارزیابی منابع آخال‌ها: ارزیابی منابع آخال‌ها مشتمل بر ارزیابی منابع اصلی ناخالصی‌ها مانند سرباره، مواد دیر گداز، جوانه زاء، مواد افزودنی برای سرباره گیری و مواد تلقیحی غیر قابل حل می‌باشد.

۲-۳- مشخصه‌یابی ساختاری: تکنیک پراش پرتو ایکس برای شناسایی ساختار و فازهای موجود در سرباره، فروژن، سلاکس، خاک نسوز و جوانه زاء مورد استفاده قرار گرفت. تیوب به کار رفته پرتو $K\alpha$ مس با طول موج $1/542$ آنگستروم را تامین کرده و فیلتری از نیکل داشت. نرخ روشی معادل نیم درجه ($0/5$) بر دقیقه، ولتاژ اعمالی برابر 30 کیلوولت و جریان معادل 30 میلی‌آمپر بوده و زاویه پراش 20 تا 100 درجه انتخاب گردید. پس از حصول الگوی پراش پرتو X ، فازها و اجزای سازنده تخمین زده شد. میکروسکوپ الکترونی روبشی (Philips xl 30) برای مطالعه مرفولوژی عیوب به کار رفت. میکرو آنالیز عنصری نیز به کمک تکنیک آنالیز توزیع انرژی پرتو ایکس برای ارزیابی ذرات آخال‌ها انجام شد.

نتایج و بحث

میکرو آنالیز عنصری از سرباره که با تکنیک طیف سنجی توزیع انرژی پرتو ایکس حاصل شده است در شکل (۱) مشاهده می‌شود. در نتایج آنالیز انجام شده وجود عناصر آلومینیوم، سیلیسیم، منگنز، کلسیم و اکسیژن که طبیعت سرباره است به وضوح دیده می‌شود. شکل (۲) نیز الگوی پراش پرتو ایکس سرباره را نشان می‌دهد. در الگوی پراش، پیک‌های منگنز و اکسید سیلیسیم مشهود است.

میکرو آنالیز عنصری از جوانه‌زای فروسیلیس، سلاکس، خاک نسوز و فروژن به ترتیب در شکل‌های (۳)، (۴)، (۵)، (۶) مشاهده می‌شود. عناصری مانند کلسیم و آلومینیم در فرو سیلیس، عناصر پتاسیم، آلومینیم، کلسیم و سیلیس در سلاکس و همچنین عناصری مانند سدیم، کلسیم و سیلیسیم در فروژن به وضوح دیده می‌شود. جدول (۱) ترکیب شیمیایی استاندارد برای فرو سیلیس را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میزان کلسیم و آلومینیم فروسیلیس مصرفی تا حد زیادی با استاندارد متفاوت است.

الگوی پراش پرتو ایکس فروژن در شکل (۷) مشاهده می‌شود. شکل (۸) نیز تصویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی از قطعات ریختگی و منطقه معیوب را نشان می‌دهد. ساختار دندریتی و آخال‌ها در شکل‌های مذکور دیده می‌شود. میکرو آنالیز عنصری از ذرات آخال در شکل (۹) نشان داده شده و عناصری مانند آلومینیم، کلسیم، اکسیژن و حتی سیلیس در حفره مشاهده می‌شود.

به طور کلی و با توجه به آزمون‌های انجام شده و نتایج به دست آمده و با عنایت به تصاویر گرفته شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، مشاهده می‌شود که مرفولوژی تمام عیوب و ریزمک‌های ایجاد شده در قطعات با هم مشابه است که این امر وجود ناخالصی در سیستم را به عنوان علت اصلی این عیوب تأیید می‌کند. منشأ این ناخالصی‌ها عمدتاً، مواد افزودنی به مذاب بوده و یک منشأ داخلی است. کلسیم، آلومینیم و منگنز از عوامل اصلی ناخالصی وارد شده به سیستم هستند که منابع اصلی ورود آن‌ها به ترتیب جوانه‌زا، فروژن و سرباره تشخیص داده شدند. تصفیه مذاب توسط فیلتر و فیلترگذاری تا حد زیادی قادر به جداسازی این مواد ناخالصی از سیستم مذاب خواهد بود ولی با توجه به قیمت بالای فیلتر و عدم توانایی آن در جداسازی ناخالصی‌های بسیار ریز، استفاده از آن جز در برخی موارد، به صرفه نخواهد بود. کنترل مواد اولیه ورودی به مذاب از جمله جوانه‌زا، فروژن و سلاکس و نیز ممانعت از تداخل بیش از حد مذاب و سرباره، به عنوان راهکار اصلی حصول یک مذاب تمیز و عاری از ناخالصی مطرح می‌شود.

استفاده از جوانه زای استرانسیوم دار به جای جوانه‌زای سمنان با درصد بالای آلومینیم، تا حد زیادی از ورود آلومینیم اضافی به سیستم خواهد کاست. حضور کلسیم در مذاب نیز به کمک استفاده از جوانه‌زای مناسب و نیز استفاده کنترل شده فروژن، تحت کنترل قرار خواهد گرفت. در نهایت و با توجه به اینکه قطعاتی که در ریخته‌گری آن‌ها از جوانه‌زای

استرانسیوم دار به میزان مناسب و در سیستم راهگامی استفاده شده بدون هیچ گونه عیوب و ریزمک بودند، لذا نوع، میزان و محل افزودن جوانه زا از عوامل اصلی در ایجاد این عیوب تشخیص داده شدند که با بهینه سازی هر سه پارامتر، قطعاتی سالم و بدون عیب قابل تولید خواهند بود.

نتیجه گیری

- ۱- با توجه به آنالیز عنصری جوانه زای سمنان و بالا بودن میزان آلومینیم آن (۲ تا ۳ درصد بیش از استاندارد)، می توان این جوانه زا را منشأ حضور آلومینیم در عیوب دانست.
- ۲- فروژن با داشتن ۲۱ درصد وزنی کلسیم، می تواند عامل ورود این عنصر در مذاب و قطعات نهایی باشد. لذا کاهش مصرف فروژن و مصرف کنترل شده آن ضروری به نظر می رسد.
- ۳- استفاده از جوانه زای استرانسیوم دار، ناخالصی ها و عیوب را تا میزان بسیار کمی کاهش داده است. از علل این امر، حضور آلومینیم با درصد وزنی کم (مطابق استاندارد) و حل شدن کامل آلومینیم، استرانسیوم و کلسیم در مذاب است.
- ۴- آنالیز عنصری سرباره وجود منگنز را در آن نشان می دهد. منگنز همچنین در عیوب ایجاد شده توسط سرباره نیز به چشم می خورد. پس سرباره را می توان منشأ حضور منگنز در عیوب دانست.

تشکر و قدردانی

مولفین مقاله بر خود لازم می دانند که از بذل توجه و همکاری صمیمانه واحد تحقیق و توسعه و کنترل کیفیت کارخانه ریخته گری آذرین کمال تشکر و سپاس را داشته باشند.

مراجع

- [۱] فتحی محمد حسین، "ریخته گری چدن"، ۱۳۷۴، انتشارات جهاد دانشگاهی.
- [2] Elliot, "Cast Iran technology", 1988.
- [3] ASM Hand book (Metals Hand book), ASM, vol. : 15 (Casting).
- [4] Cast Iran Hand book, ASM, 1996.

[۵] اطلس عیوب قطعات ریخته گری، جلال حجازی- پرویز دوامی ۱۳۶۵، انتشارات جامعه ریخته گران ایران.

[6] "Casting Defects Handbook", American Foundrymen Society, 1972.

[۷] مرعش مرعشی "متالورژی کاربردی چدن ها"، ۱۳۷۱، انتشارات اقبال.

[8] Lzudin Dugic and Ingvar L Svensoon, "The Effect of Inoculant Amount and Casting Temperature on Metal Expansion in Gray Cast Iron", Division of component Technology Jonkoping University, 1996. Box 1026, S-551 11 Jonkoping, Sweden,

[9] G.L. Rivera, J.A. sikora "Solidification of Gray Cast Iron", Scripta materialia 50, 2004, P: 331-335.

[10] United States Patent 6,590,200, "Systems for Detecting and Measuring Inclusion", july 2003.

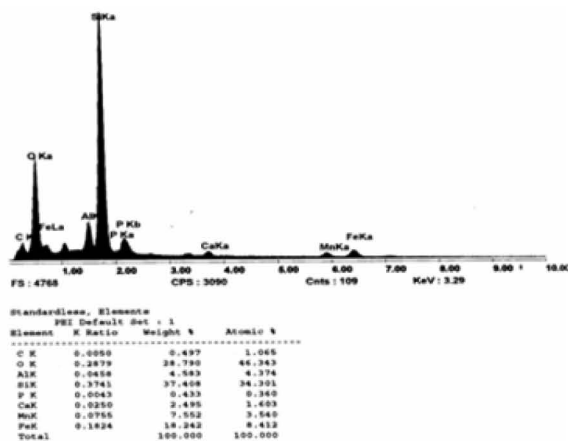
[11] D. B. Craig, M. J. Hamung and T. K. Mccluhan, "Gray Iron", Elkam Metals Company, 1991.

[۱۲] دکتر ناصر توحیدی "ترمودینامیک مهندسی مواد و متالورژی"، جلد سوم، ۱۳۸۲، انتشارات دانشگاه تهران.

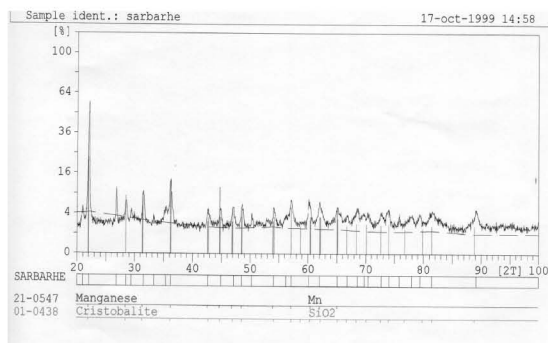
جدول ۱. استاندارد ترکیب شیمیایی فرو سیلیس [۷ و ۲].

Performance category of inoculant	Composition, %(a)									
	Si	Al	Ca	Ba	Ce	TRE(b)	Ti	Mn	Sr	Others
Standard	46-50	0.5-1.25	0.60-0.90	...	...	...	...	...	...	...
	74-79	1.25 max	0.50-1.0	...	...	...	...	...	...	...
	74-79	0.75-1.5	1.0-1.5	...	...	...	...	...	...	...
Intermediate	46-50	1.25 max	0.75-1.25	0.75-1.25	...	...	...	1.25 max	...	...
	60-65	0.8-1.5	1.5-3.0	4-6	...	...	...	7-12	...	...
	70-74	0.8-1.5	0.8-1.5	0.7-1.3	...	...	...	...	...	...
				0.75-1.25	...	...	...	...	...	...
	42-44	...	0.75-1.25	...	...	...	9-11	...	...	...
High	50-55	...	5-7	...	...	...	9-11	...	...	...
	50-55	...	0.5-1.5	...	...	...	9-11	...	...	...
	36-40	...	...	...	9-11	10.5-15	...	...	...	...
	46-50	0.50 max	0.10 max	...	...	...	...	...	0.60-1.0	...
	73-78	0.50 max	0.10 max	...	...	...	...	...	0.60-1.0	...
Stabilizing	6-11	0.50 max	0.50 max	...	...	...	...	...	...	48-52 Cr

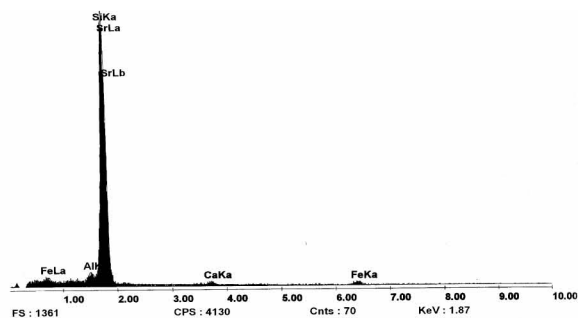
(a) All compositions contain balance of iron. (b) TRE, total rare earths



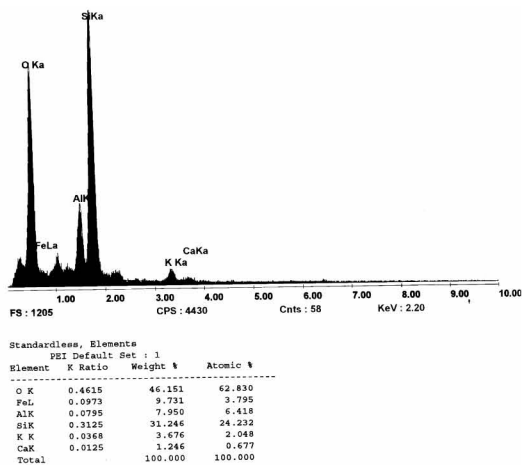
شکل ۱. آنالیز عنصری سرباره.



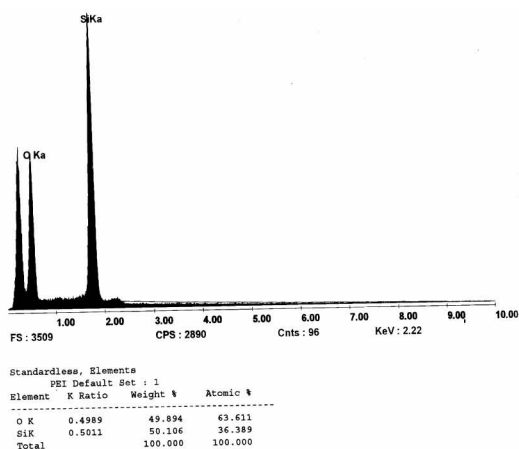
شکل ۲. آنالیز XRD از سرباره.



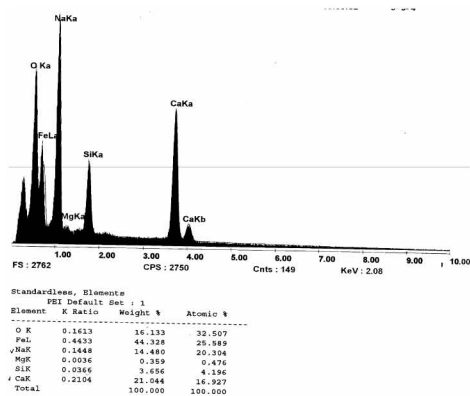
شکل ۳. آنالیز عنصری فروسیلیس.



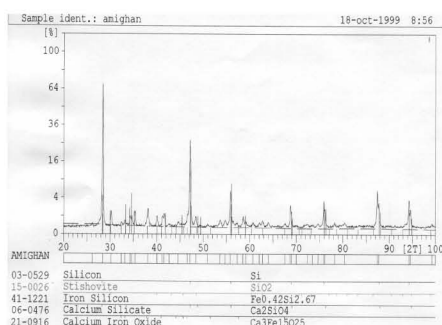
شکل ۴. آنالیز عنصری سلاکس.



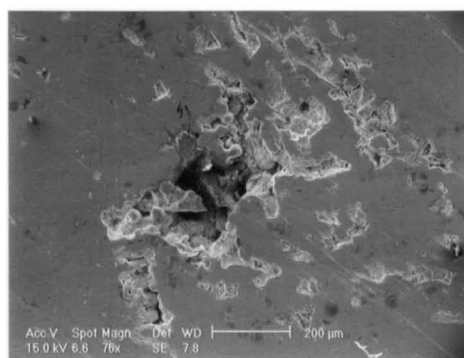
شکل ۵. آنالیز عنصری خاک نسوز.



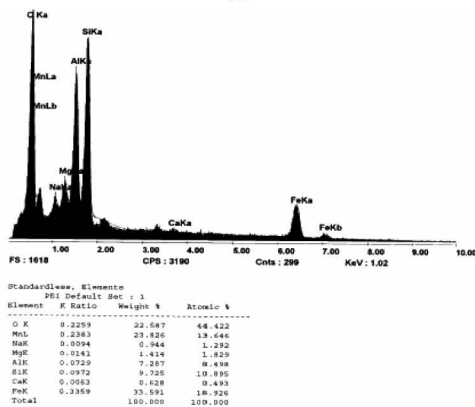
شکل ۶. آنالیز عنصری فروزن.



شکل ۷. آنالیز XRD از فروژن.



شکل ۸. مورفولوژی حفره های ریز موجود در قطعه معیوب، ساختار دندریتی به وضوح در شکل دیده می شود.



شکل ۹. آنالیز عنصری از ناخالصی های محبوس در حفره ها.