

تأثير عامل حلاليت و فاصله راهبارة از محفظه واكنش بر توليد چدن نشكن در فرآيند افزودن منيزيم در راهگاه

حسن بافتي^۱، علي حبيب اله زاده^۲، محسن محمد نژاد^۳

چكیده

تحقيق حاضر با هدف بهينه سازي عامل حلاليت و فاصله راهبارة از محفظه واكنش در توليد چدن نشكن به روش افزودن منيزيم در راهگاه، جهت دستيابي به حداكثر راندمان كروي شدن گرافيت انجام شد. نتايج حاصل از متالوگرافي نشان مي دهد كه عملکرد محفظه واكنش متأثر از عامل حلاليت (يا ابعاد محفظه) است. به نحوي كه با در نظر گرفتن عامل حلاليتي در حدود ۰/۰۲-۰/۱۵، بهترين شرايط كروي شدن در نمونه چدني فراهم مي آيد. در چنين عامل حلاليتي فاصله راهبارة از محفظه تا ۱۵ سانتيمتري تأثير چنداني بر ميزان كروي شدن گرافيت در چدن ندارد، ولي نمونه هايي كه در فاصله ۱۰ سانتيمتري از محفظه قرار دارند، عموماً داراي گرافيت هاي كروي تر و نيز با توزيع بهتري نسبت به ساير نمونه ها مي باشند.

واژه هاي كليدي: چدن داکتيل، افزودن منيزيم در راهگاه، محفظه واكنش، عامل حلاليت، فاصله راهبارة از محفظه واكنش.

¹ - دانشجوي كارشناسي، دانشكده مهندسي، دانشگاه سمنان،

² - استاديار گروه مواد، دانشكده مهندسي، دانشگاه سمنان،

³ - دانشجوي كارشناسي، دانشكده مهندسي، دانشگاه سمنان.

۱- مقدمه

چدن نشکن با داشتن گرافیت های کروی در زمینه ای از فریت و پرلیت، دارای خواص منحصر به فردی می باشد. قابلیت تولید چدن با گرافیت کروی از طریق افزودن منیزیم (آلیاژ منیزیم، کلسیم و...) در راهگاه به مذاب چدن در سال ۱۹۲۰ معرفی شد. این روش شاید مهمترین پیشرفت در تکنولوژی فرآیندهای متالورژی در تولید چدن نشکن باشد. مهمترین جنبه های استفاده این فرآیند صرفه نظراز سادگی آن و عدم ایجاد دود در جریان افزودن منیزیم به مذاب، قابلیت کنترل حلالیت منیزیم در جریان مذاب است. این پدیده بهترین و ساده ترین روش ممکن در تولید چدن با گرافیت فشرده را نیز فراهم آورده است [۲].

سهولت استفاده از این روش در ذوب ریزی های اتومات، جنبه های اقتصادی تولید، کاهش فروسیسیم منیزیم مصرفی به مقدار کمتر از نصف (حدود ۰/۸ درصد) نسبت به روشهای دیگر، بازیابی بالای منیزیم و کاهش میزان اکسیده شدن آن، تلقیح همزمان منیزیم و فروسیسیم به عنوان جوانه زا، امکان تولید قطعاتی با وزن و ضخامت کم و عاری از کاربید ناخواسته در ریزساختار، استفاده از قراضه های محتوی منگنز بالاتر در تهیه مذاب چدن، همگی جاذبه های استفاده بیشتر از این فرآیند در سالهای اخیر می باشد. در مقابل، انتخاب ترکیب آلیاژ مناسب، فرآوری مذاب و نیاز به طراحی دقیق سیستم راهگاهی از محدودیتهای این فرآیند است [۳، ۴]. اساس طراحی سیستم راهگاهی بر پایه وزن قطعه و عامل حلالیت آلیاژ (A.S.F) می باشد [۵-۷]. سرعت حل شدن هر ماده کروی کننده بستگی به عواملی چون ترکیب، شکل و اندازه دانه های ماده کروی کننده، سرعت گذر مذاب از محفظه واکنش، درجه حرارت مذاب و ترکیب شیمیایی آن و وزن قطعه ریختگی دارد. برای کسب خواص و ساختمان میکروسکوپی مطلوب در قطعه ریختگی، بایستی این عوامل را تحت کنترل قرار داد و محدوده مطلوب آنها را شناخت [۸]. امروزه بر روی اثر اندازه و نوع آلیاژهای کروی کننده، بررسی تاثیر شکل هندسی محفظه واکنش و نوع سیستم راهگاهی و یافتن نسبت های مناسب بین ابعاد محفظه مطالعات زیادی انجام می شود [۳، ۷ و ۹].

در این پژوهش اثرات برخی از ابعاد سیستم راهگاهی شامل عامل حلالیت در (ابعاد) محفظه واکنش و اثر فاصله راهبار از محفظه واکنش بر ریزساختار و درصد کروی بودن قطعات ریختگی مورد مطالعه قرار گرفته است.

۲- روش آزمایش

عملیات ذوب چدن، با ترکیب شیمیایی مطابق جدول ۱، در کوره زمینی و بوته گرافیتی انجام شد. مذاب چدن در دمای °C ۱۴۲۰-۱۴۰۰ کنترل و بارگیری شد. برای بررسی اثر عوامل مختلف بر ریزساختار،

جدول ۱- ترکیب شیمیایی مذاب استفاده شده.

C	Si	Mn	S	P
۳٫۸۱	۱٫۱	۰٫۰۴	۰٫۰۱۴	۰٫۰۳

نمونه هایی استوانه ای با قطر ۳ و ارتفاع ۱۰ سانتیمتر در قالبهایی با چسب سیلیکات سدیم، قالبگیری و ریخته گری شدند. جهت بررسی اثرات تغییرات ابعاد سیستم راهگامی، در طراحی این سیستم دو راهبرد مد نظر قرار گرفت:

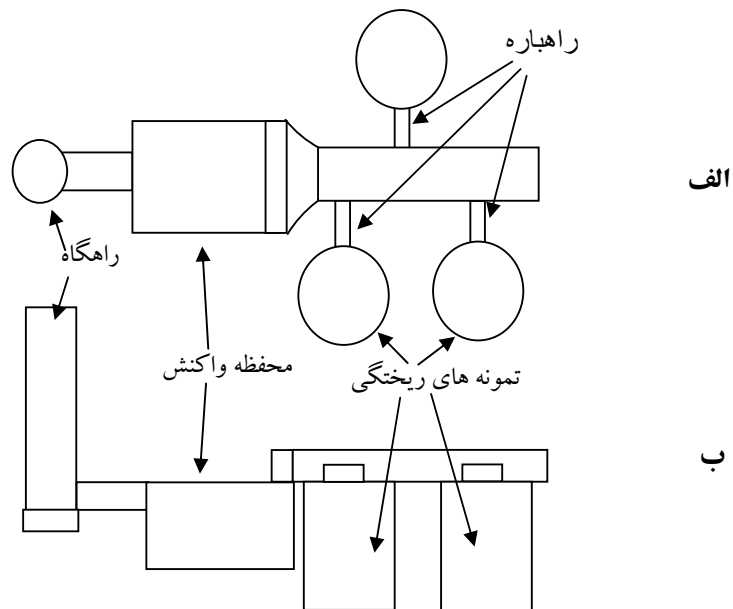
۱) با ثابت فرض نمودن ابعاد محفظه واکنش، نمونه ها در فواصل ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتیمتری از محفظه واکنش و در مجاورت راهبار قرار گرفتند.

۲) برای بررسی اثر ابعادی محفظه واکنش، ۵ عامل حلالیت مختلف مطابق جدول ۲، در نظر گرفته شد و با استفاده از فرمول های مربوط به طراحی محفظه واکنش [۵-۷]، محفظه هایی با ابعادی که در جدول ۲ آمده است، طراحی گردید.

جدول ۲- ابعاد محفظه های طراحی شده از ۵ عامل حلالیت مختلف.

عامل حلالیت (A.S.F) (kg.s ⁻¹ .cm ⁻²)	۰٫۰۱	۰٫۰۱۵	۰٫۰۲	۰٫۰۲۵	۰٫۰۳
ابعاد محفظه (cm)	۷٫۷×۷٫۷×۲٫۳	۶٫۳×۶٫۳×۲٫۵	۵٫۵×۵٫۵×۲٫۸	۵×۵×۳	۴٫۸×۴٫۸×۴٫۴

مقدار وزنی آلیاژ فروسیلیکو منیزیم (۵٫۵٪ منیزیم) در تمام محفظه ها ثابت و معادل ۱٪ در صد وزنی کل مذاب لازم، برای پر کردن قطعات و سیستم راهگامی در نظر گرفته شد. بعد از ریخته گری، نمونه ها با شرایط یکسان و به فاصله ۲ سانتیمتر از انتهای قطعه برش زده شد و بعد از آماده سازی و پولیش، از مرکز آنها تصاویر متالوگرافی تهیه شد. شماتیک سیستم راهگامی مورد استفاده و طراحی شده در شکل ۱، نشان داده شده است. با استفاده از تصاویر به دست آمده و آنالیز تصویری، اثر تاثیرات ابعادی محفظه واکنش و طول راهبار بر روی میزان و درصد کروی بودن گرافیت ها، مورد مطالعه قرار گرفت.



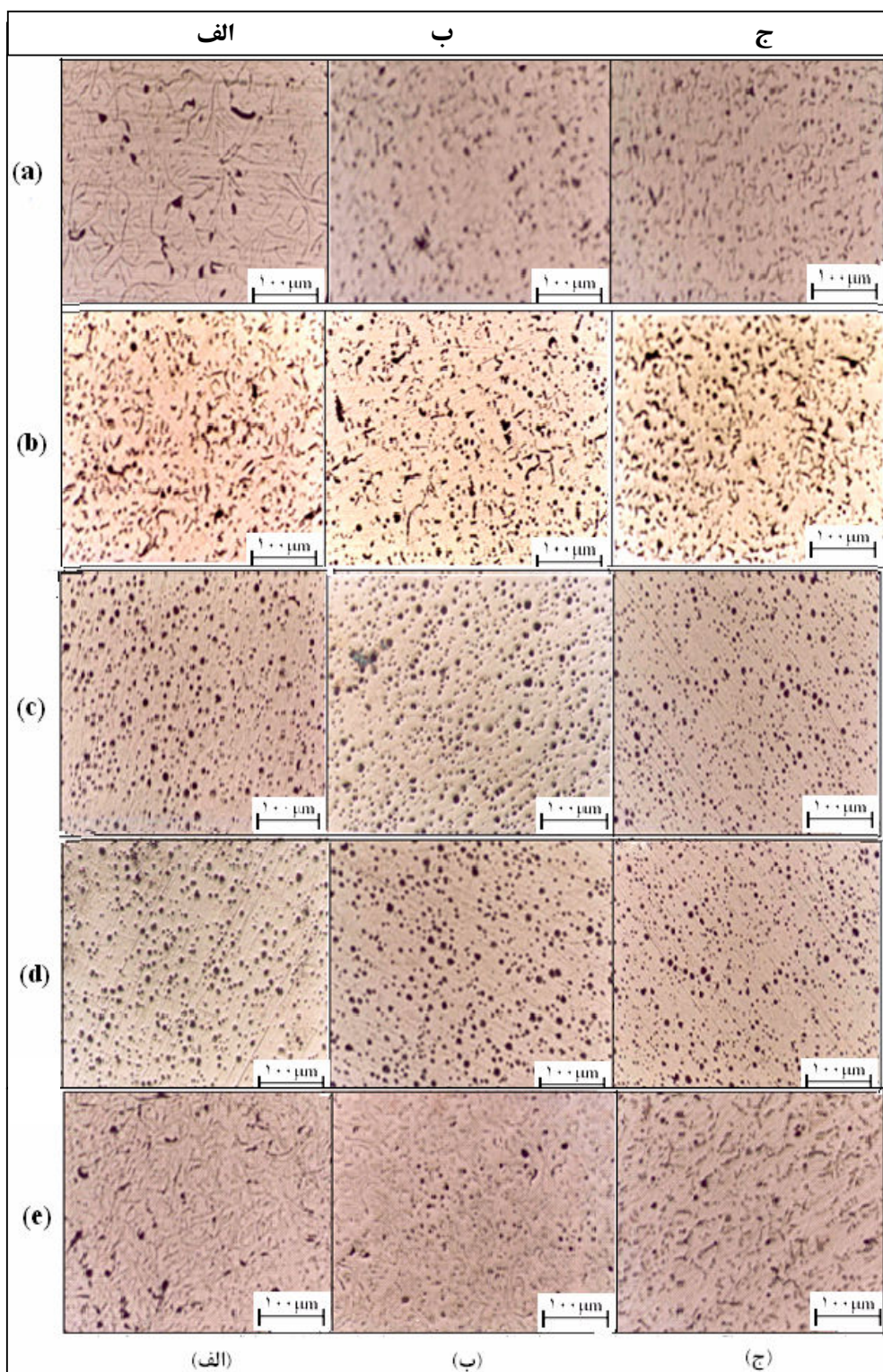
شکل ۱- نما از بالا (الف) و از پهلو (ب) سیستم راهگاهی مورد استفاده.

۳- نتایج و بحث

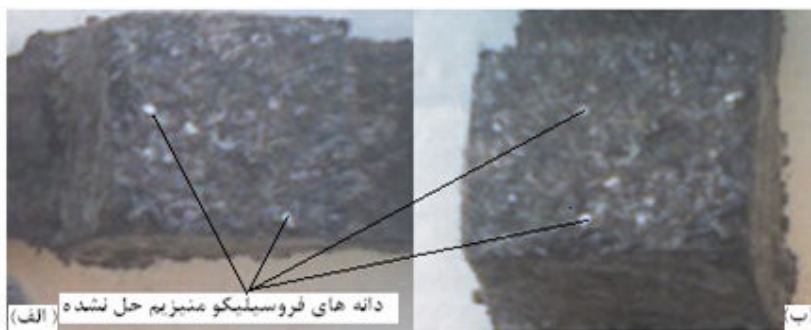
در تمام موارد قطعات از لحاظ ماکروسکوپی سالم بوده و هیچ اثری از تخلخل در آنها دیده نشد، که نشانه عملکرد صحیح سیستم راهگاهی از نظر طراحی و تکنیک هدایت مذاب می باشد.

ریزساختارهای مربوط به عملکرد محفظه با عامل حلالیت ۰/۰۳ در شکل ۲ ارائه شده است. طبق نتایج ریزساختار، در نمونه های ریختگی که دارای عامل حلالیت ۰/۰۳ و ۰/۰۲۵ هستند (شکل ۲- a و b)، محفظه واکنش به خوبی عمل نکرده و مذاب نمی تواند فروسیلیسم منیزیم موجود در محفظه واکنش را به خوبی در خود حل کند و مقادیر زیادی از آلیاژ در کف محفظه باقی مانده است. شکل ۳ عملکرد نامطلوب این دو نوع محفظه واکنش با عامل حلالیت ۰/۰۳ و ۰/۰۲۵ را نشان می دهد. ریزساختار این نمونه ها نیز دارای مقدار کمی گرافیت کروی می باشد (شکل ۲- a و b)، البته قطعه ای که در فاصله ی ۱۰ سانتیمتری از محفظه ی واکنش قرار دارد دارای گرافیت های کروی بیشتری می باشد.

ریزساختارها در نمونه های مربوط به عملکرد محفظه های واکنش با عامل حلالیت ۰/۰۲ و ۰/۰۱۵ (شکل ۲- c و d) نشان می دهند که نمونه های چدنی کاملاً کروی شده اند و درصد کروییت گرافیت ها در این نمونه ها بیش از ۹۵ درصد می باشد، به عبارتی در چنین شرایطی محفظه های واکنش با عامل



شکل ۲- ریزساختار نمونه های ریختگی به روش **in-mold** که از مرکز نمونه ها به دست آمده است در محفظه هایی با عامل حلالیت (a) ۰/۰۳ (b) ۰/۰۲۵ (c) ۰/۰۲ (d) ۰/۰۱۵ (e) ۰/۰۱ و فواصل نمونه از محفظه برابر با الف) ۵cm ب) ۱۰cm ج) ۱۵cm.



شکل ۳ عملکرد نامطلوب محفظه واکنش، الف) عامل حلالیت ۰/۰۳، ب) عامل حلالیت ۰/۰۲۵.

حلالیت ۰/۰۲ و ۰/۰۱۵ بهترین عملکرد را ارائه می کنند. میزان کروی بودن ریزساختارها در تمامی نمونه ها (شکل ۲- c و d) مبین این موضوع است که در این شرایط ریزساختار نمونه ها تقریباً مستقل از فاصله راهباره از محفظه می باشد. اندازه گرافیتها در ریزساختار مربوط به عامل حلالیت ۰/۰۱۵ (شکل ۲- d) نسبت به عامل حلالیت ۰/۰۲ (شکل ۲- c) تا حدودی ریزتر می باشد. شکل ۴ عملکرد محفظه واکنش مربوط به عامل های حلالیت ۰/۰۲ و ۰/۰۱۵ را نشان می دهد.



شکل ۴ عملکرد مطلوب محفظه واکنش، الف) عامل حلالیت ۰/۰۲، ب) عامل حلالیت ۰/۰۱۵.

طبق شکل ۴ اثری از آلیاژ فروسیلیکومنیزیم در محفظه دیده نمی شود و ظاهراً تمامی آلیاژ به طور کامل در مذاب چدن حل شده است.

ریزساختارها در نمونه های مربوط به عملکرد محفظه با عامل حلالیت ۰/۰۱ نیز در (شکل ۲- e) ارائه شده است. با توجه به شکل، ریزساختار دارای تعداد کمی از گرافیت های کروی در زمینه است و محفظه واکنش، به دلیل کاهش ارتفاع محفظه، عملکرد خوبی ارائه نداده است. البته در این حالت هم نمونه با فاصله ۱۰ سانتیمتر دارای شرایط نسبتاً بهتری از نظر کروی شدن گرافیت ها می باشد.

مشخصاً برای یک فروسیلیسم منیزیم (به عنوان مواد کروی کننده) مخصوص سرعت حل شدن به شرایط کوره، دمای مذاب و شرایط ریخته گری، اندازه‌ی محفظه واکنش، اندازه ذرات فروسیلیسم منیزیم و ابعاد و شکل قطعه بستگی دارد. در واقع فروسیلیسم منیزیم حل شده در مذاب چدن در واحد زمان، نسبت مستقیم با سطح ذرات مواد کروی کننده‌ی در تماس با جریان مذاب و نسبت معکوس با سرعت جریان مذاب دارد که با توجه به این مسئله، فاکتور حلالیت مشخص می شود. فاکتور حلالیت نشان دهنده‌ی قابلیت کم یا زیاد یک سیستم برای حل کردن آلیاژ مورد استفاده می باشد. بر اساس رابطه‌ی فوق سرعت حل شدن مواد کروی کننده را می توان به سهولت با تغییر سطح محفظه واکنش تغییر داد. با توجه به شرایط پژوهش، عامل حل شدن ۰/۰۲ ((ثانیه × سانتی متر مربع) / کیلو گرم) برای کروی سازی نمونه های چدنی در این پژوهش مناسب است، در صورتی که به ازاء عامل حلالیت بیش از ۰/۰۲۵، میزان حل شدن آلیاژ کاهش یافته و عمل کروی سازی به خوبی صورت نمی گیرد (شکل ۲a-). در مقابل چنانچه عامل حلالیت در محدوده ۰/۰۲ تا ۰/۰۱۵ باشد، سرعت حل شدن زیاد بوده و تمام مواد کروی کننده حل می شود. البته اگر عامل حلالیت کمتر انتخاب شود (۰/۰۱ < K) به دلیل کاهش ارتفاع محفظه و عدم انجام واکنش مناسب با کم شدن فضای واکنش، میزان کروی شدن گرافیت ها هم کاهش می یابد.

در این شرایط محفظه بایستی عامل ایجاد جریان منظم مذاب، روی آلیاژ شده و حل تدریجی آن را آسانتر کند. در صورتی که سطح محفظه وسیعتر باشد، مذاب آسانتر آلیاژ را حل کرده و به داخل قالب جریان می یابد. عمق محفظه میبایستی، به اندازه‌ای باشد که مذاب پس از رسیدن به آلیاژ یا انحلال اولیه (گرماگیر) سرد نشود و سیالیت کافی برای ادامه مسیر و انحلال کامل را داشته باشد.

۴- نتیجه گیری

از نتایج به دست آمده از پژوهش مشخص می شود که:

۱- عامل حلالیت در محدوده ۰/۰۲ تا ۰/۰۱۵ بهینه ترین شرایط کروی شدن گرافیت را در چدن

حاصل می کند و در این محدوده فاصله راهباره از محفظه واکنش تاثیر چندانی بر میزان کروی شدن گرافیت ندارد.

۲- فاصله راهباره از محفظه واکنش در حد ۱۰ سانتیمتر شرایط مناسبتری را در مقایسه با فواصل ۵ و

۱۵ سانتیمتری برای کروی شدن گرافیت فراهم می سازد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از آقای عظیم سهرابی و پرسنل مجرب کارگاه ریخته گری ومدلسازی که ما را در انجام پروژه یاری دادند، تشکر و قدردانی می گردد.

منابع و مراجع

- [1]. M. Remodino "inoculation spheroidizing treatment Directly inside the mold", AFS Trans, 1974, P.P13- 22
- ۲- پرویز دوامی، چدن‌ها، مبانی سیستم های راهگامی و تغذیه گذاری، ۱۳۶۱، انتشارات جامعه ریخته گران ایران.
- ۳- یحیی جافریان، پرویز دوامی، مجله ریخته گری، پائیز ۱۳۶۴، شماره ۳، انتشارات جامعه ریخته گران ایران.
- ۴- مهر انگیز فضلی، یحیی جافریان، پرویز دوامی، مجله ریخته گری، پائیز ۱۳۶۵، شماره ۱، انتشارات جامعه ریخته گران ایران.
- [5]. Y.S. Lerner, L. S. Aubrey, D.Craig, T. Margaria, "In-mold Treatment Processes in Iron Foundry Practice", Part 1, Foundry Trade Journal, England, December 2002, pp. 24-27
- [6]. Y.S. Lerner, L. S. Aubrey, D.Craig, T. Margaria, "In-mold Treatment Processes Practice", Part 2, Foundry Trade Journal, England, January 2003, pp. 28-31
- ۷- ک.ایکاو، ت. اهیدی، ناصر ورهرام، مجله ریخته گری، پائیز ۱۳۶۶، شماره ۳، انتشارات جامعه ریخته گران ایران.
- [8]. Y .S. Lerner, G.V. Panteleev, "Magnesium Treatments in Ductile Iron Production", Part 2, Foundry Management & Tecnology , volume 130,number 8, February 2003, pp. 25-31
- ۹- ک.ایکاو، ت. اهیدی، ناصر ورهرام، مجله ریخته گری، زمستان ۱۳۶۵، شماره ۴، انتشارات جامعه ریخته گران ایران.

Effect of Solution Factor and Gate Distance from Reaction Chamber on Production Ductile Iron during in- mold Process

H. Bafti¹, A. Habibolahzada², M. Mohamadnezhad³,

Abstract

This study is purposed for optimization of solution factor and gate distance from reaction chamber on production ductile iron during in-mold process, to achieve maximum spheroidizing of graphite in ductile iron. The results of metallographic studies show that efficiency of reaction chamber depends on its solution factor (or dimensions of the chamber). Solution factor of 0.015-0.02 provides optimum spheroidizing in ductile iron specimens, and in this condition gate distance (from the reaction chamber) up to 15cm show no significant effect on spheroidizing of graphite, however, gate distance of 10 cm provides more spheroidized graphite and better distribution of graphite.

Keywords: Ductile iron, In-mold process, Reaction chamber, Solution factor, Gate distance from the reaction chamber.

1- B.Sc. student, Engineering Faculty, Semnan University

2- Assistant Professor, Materials Department, Engineering Faculty, Semnan University,

3- B.Sc. student, Engineering Faculty, Semnan University.