

بررسی مؤلفه‌های مؤثر بر ساخت قطعات آلومینایی به روش قالب‌گیری تزریقی با فشار پایین (LPIM)

نوع مقاله: علمی پژوهشی

دانیال غفوری، کامبیز شوقی

^۱ شرکت مادیار صنعت پارس نواندیش، بخش مواد

چکیده:

روش قالب‌گیری تزریقی با فشار پایین در این مقاله به عنوان روش شکل‌دهی قطعات آلومینایی مورد بررسی قرار گرفته است. این روش یکی از روش‌های ساخت سرامیک‌های مهندسی با شکل‌های پیچیده و دقت ابعادی بالا است. در این روش از یک ترکیب چسب (پارافین وکس+کارنوبا وکس) به عنوان عامل پلاستیک جهت شکل‌دهی آسان ذرات آلومینا استفاده شد. مؤلفه‌های متفاوتی نظیر دمای خوراک، فشار تزریق، زمان تزریق، دمای قالب و ... در شکل‌دهی قطعات سرامیکی به روش قالب‌گیری تزریقی در فشار پایین اثرگذار است. بررسی این مؤلفه‌های و انتخاب مقدار بهینه آن‌ها در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. دمای بهینه تزریق در محدوده $80-90^{\circ}\text{C}$ ، فشار بهینه در محدوده $4-6\text{ bar}$ ، زمان تزریق در محدوده $10-15$ ثانیه برای شکل استوانه‌ای به ابعاد $20 \times 125\text{ mm}$ ($D \times H$) به دست آمد.

اطلاعات مقاله:

دریافت: ۲۷ آذر ۱۴۰۰

پذیرش: ۲۸ دی ۱۴۰۰

صفحه ۳۷ تا صفحه ۴۷

در دسترس در نشانی:

www.ijcse.ir

زبان نشریه: فارسی

شاپا چاپی: ۲۳۵۲-۲۳۲۲

شاپا الکترونیکی:

۳۰۰۳-۲۷۸۳

کلیدواژه:

قالب‌گیری تزریقی در فشار پایین، آلومینا، پارافین وکس، چسب‌زدایی، خوراک.

20.1001.1.23222352.1400.10.0.21.4

کد DOR:

بوده‌اند [۱]. روش‌های مختلفی برای ساخت قطعات پیشرفته سرامیکی وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به پرس تک محوره، پرس داغ، پرس ایزواستاتیک سرد و داغ، ریخته‌گری دوغابی، ریخته‌گری زلی، اکستروژن و قالب‌گیری تزریقی اشاره نمود [۲]. برای ساخت قطعات سرامیکی مهندسی

۱- مقدمه

تولید قطعات پیشرفته سرامیکی (شکل ۱) یکی از چالش‌های موجود در ساخت قطعات مهندسی است که محققین همواره به دنبال روش‌های ساده و مطمئن برای ساخت این قطعات



زینتر می‌شود.

روش دوم، با نام قالب‌گیری تزریقی با فشار پایین^۳، مبتنی بر استفاده از ترکیبات آلی گرمانرم است که در دمای نسبتاً کم تری ($60-70^{\circ}\text{C}$) سیال می‌شوند. جز اصلی این ترکیب چسب پارافین وکس است که در این دمای کم، ذوب می‌شود. از آنجا که ترکیبات چسب-سرامیک برپایه پارافین، دارای ویسکوزیته نسبتاً کم و سیالیت بالا، در دمای نسبتاً پایین هستند، به فشارهای کم‌تری ($0.7-1.2\text{ MPa}$) برای پر کردن قالب نیاز دارند [۸، ۹]. پس از نرم‌شدن پارافین در دمای $60-70^{\circ}\text{C}$ مخلوط خاصیت پلاستیک خود را به دست می‌آورد و سپس به داخل قالب جریان می‌یابد. وقتی قالب خنک شد، یک بدنه خام جامد از قالب خارج می‌شود. پس از حذف چسب بدنه سرامیکی به منظور دستیابی به استحکام نهایی زینتر می‌شود. این روش و اصول اصلی آن در دهه ۱۹۶۰-۱۹۵۰ میلادی توسط گریووسکی^۴ در روسیه معرفی شد. در آن زمان نام این روش، ریخته‌گری داغ^۵ یا ریخته‌گری داغ دوغاب گرمانرم^۶ بود. بهینه‌سازی این روش، امکان تولید قطعات سرامیکی مختلف را در ابعاد صنعتی فراهم کرد.

سرامیک‌های ساخته شده با اشکال پیچیده با روش قالب‌گیری تزریقی با فشار پایین در شکل ۱ آورده شده است. در این مقاله به منظور ساخت قطعات آلومینایی از این روش استفاده شد. مؤلفه‌های مؤثر بر این روش در ساخت قطعات آلومینایی در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است.

روش‌های ریخته‌گری دوغابی، پرس تک‌محوره و پرس ایزواستاتیک سرد به قدر کافی مناسب نیستند به دلیل اینکه عملیات ماشین‌کاری سرامیک‌ها در حالت خام یا زینترشده هزینه بالایی در پی دارد و همچنین تنش‌های مکانیکی این مرحله در قطعات باقی‌مانده که در نهایت موجب تخریب آن‌ها می‌شود. بنابراین روش‌های جایگزین با بهره‌وری بالا و قابلیت تولید اشکال پیچیده بدون ماشین‌کاری بیشتر مورد توجه قرار گرفت. فناوری قالب‌گیری تزریقی یکی از بهترین روش‌ها برای تولید قطعات سرامیکی است [۳-۵].

فرآیند قالب‌گیری تزریقی برپایه دوغاب^۱ سرامیکی است که حاوی یک ترکیب چسب است که در دما و فشار معین، یک قالب فلزی را پر می‌کند. وقتی دوغاب (خوراک) در قالب خنک می‌شود، جامد شده و در نتیجه بدنه‌ای خام به دست می‌آید [۶]. دو روش اصلی از فناوری قالب‌گیری تزریقی وجود دارد که به طور فعال در صنعت سرامیک استفاده می‌شود. این دو روش با توجه به ترکیب چسب و همچنین مقدار فشار اعمالی از همدیگر متمایز می‌شوند [۷].

روش اول، با نام قالب‌گیری تزریقی با فشار بالا^۲، مبتنی بر استفاده از ترکیبات آلی گرمانرم است که در دمای 150°C - 300 مایع می‌شوند. در این روش، پودر سرامیکی با ترکیب چسب معین در محدوده دمایی ذکر شده، پلاستیک شده و سپس ترکیب چسب سرامیک با استفاده از یک پیستون وارد دستگاه تزریق می‌شود. شکل‌دهی در این روش تحت فشارهای بالا ($5-70\text{ MPa}$) در قالب‌های فلزی انجام می‌شود. بدنه خام به دست آمده پس از سوزاندن چسب آماده

⁴ P.O. Gribovsky

⁵ Hot Casting

⁶ Hot casting of thermoplastic slurries

¹ slurry

² high pressure injection moulding

³ low pressure injection moulding



جدول ۱- ترکیب مواد اولیه خوراک

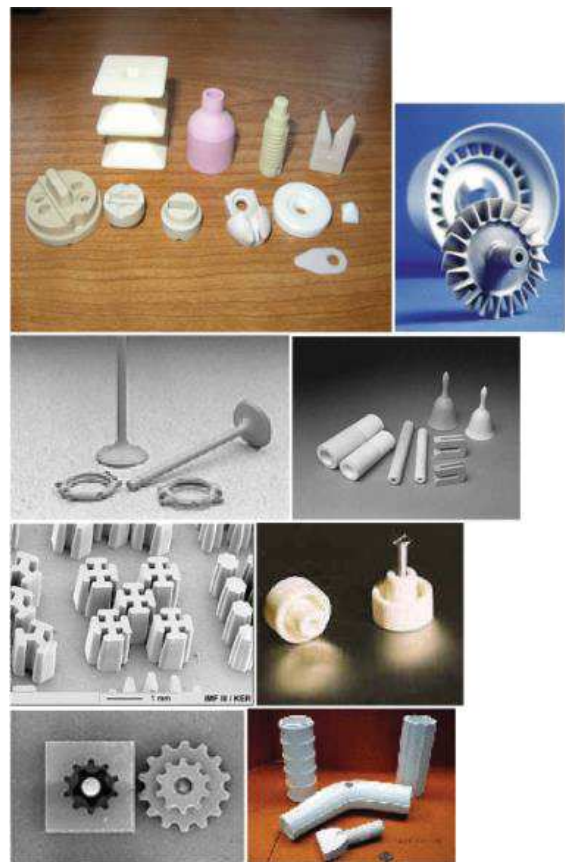
دمای ذوب (°C)	درصد وزنی	مواد
۲۰۷۲	۸۰/۷	آلومینا
۲۸۵۲	۲/۱	سیلیس
۸۲۵	۱/۴	کربنات کلسیم
۱۷۱۰	۰/۸	منیزیا
۸۰-۶۵	۱۲	پارافین وکس
۸۷-۸۰	۲	کارنوبا وکس
۷۳	۱	استتاریک اسید

۲-۲- فرآیند آزمایشگاهی

۲-۲-۱- تهیه خوراک

اولین مرحله در تهیه خوراک، آماده‌سازی پودر سرامیکی است. بدین منظور ترکیبات آلومینا، سیلیس، منیزیا و کربنات کلسیم با مقادیری که در جدول ۱ ذکر شده، توزین می‌شوند. سپس به منظور اختلاط همگن، به وسیله آسیاب ماهواره‌ای یا جارمیل تحت آسیاب تر (آب) قرار می‌گیرند. در این مرحله به منظور پخش یکنواخت روانساز در میان ذرات پودری، استتاریک‌اسید اضافه می‌شود. پس از گذشت ۲ ساعت از آسیاب، دوغاب به دست آمده درون آون قرار می‌گیرد تا کاملاً خشک شده و آماده مراحل بعدی شود.

در مرحله دوم پودر سرامیکی تهیه شده با استفاده از یک همزن سیاره‌ای دو تیغه در دمای ۹۰-۷۵°C با پارافین مخلوط شده و در نهایت خوراک مورد نظر به دست می‌آید. پس از آماده‌سازی خوراک لازم است تا حباب‌های به وجود آمده در حین اختلاط از بین برود که برای این کار از یک پمپ خلأ استفاده می‌شود. پس از حباب‌زدایی خوراک به دست آمده سرد شده و به صورت گرانول‌های ۲ تا ۳ سانتی‌متری در آمده و آماده مرحله تزریق می‌شود. در هنگام فرآیند آن‌ها را ذوب



شکل ۱- قطعات سرامیکی ساخته شده به روش قالب‌گیری تزریقی با فشار پایین

۲- فعالیت‌های تجربی

۲-۱- مواد اولیه

مواد اولیه مورد استفاده در این روش حاوی پودر آلومینا $4 \mu\text{m}$ (خلوص ۹۹/۶٪، که در شکل ۲ ریزساختار و توزیع اندازه ذرات آن آورده شده)، منیزیا، سیلیس و کربنات کلسیم هر کدام با اندازه ذرات زیر ۱۰ میکرون (خلوص ۹۹٪) است. همچنین ترکیب چسب حاوی پارافین وکس و موم برزیلی (کارنوبا وکس)، و استتاریک اسید به عنوان روانساز استفاده شد. ساخت قطعه آلومینای ۹۶٪ با استفاده از روش قالب‌گیری تزریقی با فشار پایین در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است.



کرده و از آن‌ها برای پر کردن قالب استفاده می‌شود.

۲-۲-۲- تزریق خوراک

به منظور تزریق خوراک آلومینا از یک قالب آلومینیومی با شکل استوانه توخالی استفاده شد. بدین منظور خوراک را به داخل محفظه دستگاه انتقال نموده و دمای آن را بالا برده تا مذاب شود ($100-80^{\circ}\text{C}$) سپس با استفاده از فشار هوا ($0.7-0.1 \text{ MPa}$) خوراک به داخل قالب استوانه‌ای تزریق می‌شود. با سرد شدن قالب بدنه خام تشکیل شده خارج می‌شود. چرخه تزریق-خنک کردن-خروج قطعه از قالب-مونتاژ قالب بسیار سریع (از ۱ تا ۵ دقیقه) انجام می‌شود بنابراین تا چند صد قطعه در هر شیفت کاری قابلیت تولید وجود دارد. با توجه به توانایی مواد بر پایه پارافین در مایع شدن در دمای پایین، می‌توان از ضایعات خوراک گرمانرم یا قطعات معیوب مجدداً استفاده نمود. فاکتورهای مختلفی از جمله مورفولوژی و خواص پودر سرامیکی و نحوه آماده‌سازی آن، ترکیب چسب گرمانرم، نسبت جامد (پودر سرامیکی) به فاز مایع (سیستم چسب)، مؤلفه‌های خوراک گرمانرم، فرآیند تزریق، طراحی قالب، فرآیند حذف چسب و زینتر نهایی بر خواص و عملکرد

قطعه سرامیکی نهایی اثرگذارند.

۲-۲-۳- فرآیند چسب‌زدایی:

فرآیند چسب‌زدایی قطعات تزریق شده به ۳ شکل مختلف قابل انجام است:

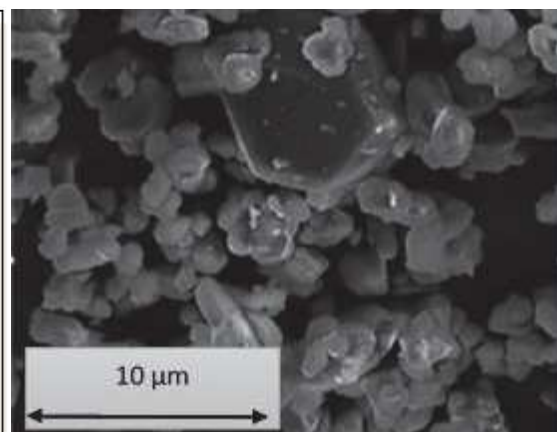
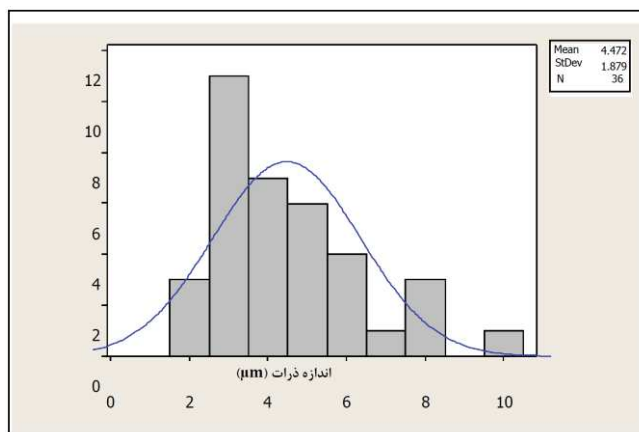
(۱) حرارتی

(۲) با استفاده از حلال

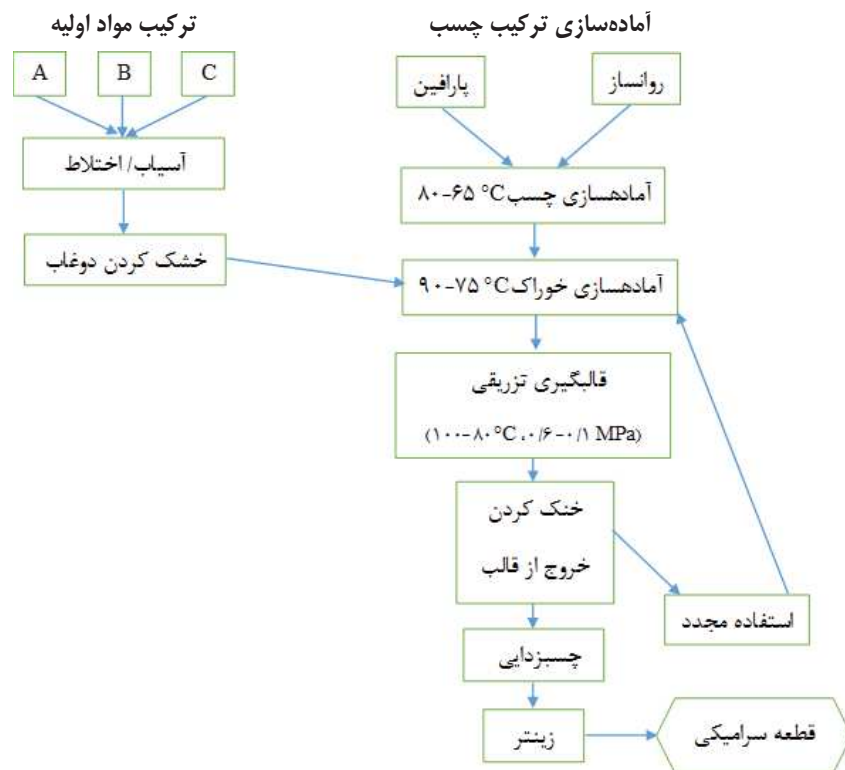
(۳) با استفاده از کاتالیست

چسب‌زدایی حرارتی مرسوم‌ترین این روش‌هاست. در این روش حذف چسب باید با سرعت کم انجام شود تا قطعه سرامیکی تحت تنش‌های ناشی از خروج چسب دچار ترک و در نهایت تخریب نشود.

به منظور جلوگیری از اتفاقات مخرب، فرآیند چسب‌زدایی قطعه سرامیکی در بستر یک جاذب انجام می‌شود. بدین ترتیب که بدنه‌های تزریق شده در یک بستر پودر غوطه‌ور شده و با استفاده از نیروهای موئین، چسب توسط پودر جذب شده و در نهایت تبخیر می‌شود. فرآیند چسب‌زدایی حرارتی قطعات سرامیکی ساخته شده به روش قالب‌گیری تزریقی با فشار پایین به ۶ مرحله زیر تقسیم می‌شود:



شکل ۲- توزیع اندازه ذرات آلومینایی استفاده شده برای ساخت خوراک



شکل ۳- فلوچارت ساخت قطعات سرامیکی به روش قالب‌گیری تزریقی با فشار پایین [۱۸]

(۳) در این مرحله پارافین ذوب شده در محدوده دمایی $300-150^{\circ}\text{C}$ تجزیه شده و در نهایت تبخیر می‌شود. در پایان این مرحله میزان تجزیه پارافین به $95-90\%$ می‌رسد. (۴) تجزیه هیدروکربن‌های باقی‌مانده در وسط بدنه و سوزاندن آن‌ها در محدوده دمایی $300-400^{\circ}\text{C}$ رخ می‌دهد. در این مرحله نرخ دما به $20-10^{\circ}\text{C/h}$ افزایش می‌یابد. (۵) مرحله نهایی چسب‌زدایی در محدوده دمایی $1000-850^{\circ}\text{C}$ به منظور استحکام بخشی به بدنه خام انجام می‌شود. (۶) سرد کردن قطعات بعد از چسب‌زدایی سریع انجام می‌شود زیرا سرامیک دارای تخلخل نسبتاً بالایی است اما به اندازه

(۱) در گرم کردن چسب‌های بر پایه پارافین، اجزای روغنی که معمولاً در پارافین‌های صنعتی مشاهده می‌شود در دمای $50-60^{\circ}\text{C}$ شروع به خروج می‌کند که اصطلاحاً به آن تعریق می‌گویند. این مرحله به آرامی و با سرعت $5-10^{\circ}\text{C/h}$ انجام می‌شود. اگر این مرحله با همین سرعت انجام شود استحکام مکانیکی قطعه سرامیکی بالاتر خواهد بود. (۲) مرحله بعدی گرمایش، دمای $100-150^{\circ}\text{C}$ است که با سرعت $5-10^{\circ}\text{C/h}$ انجام می‌شود که پارافین ذوب شده و به داخل جاذب حرکت می‌کند و فرآیند تجزیه شروع می‌شود. در پایان این مرحله دما به مدت معینی ثابت در نظر گرفته می‌شود تا فرصت کافی برای خروج چسب فراهم شود.



۳- نتایج و بحث

در فرآیند قالب‌گیری تزریقی مؤلفه‌های فشار، زمان تزریق، دمای خوراک و دمای قالب حائز اهمیت است. لذا به منظور قالب‌گیری بهتر باید تمام این مؤلفه‌ها در حالت بهینه قرار گیرد. در ادامه به بررسی تأثیر این عوامل بر شکل‌دهی سرامیک در روش قالب‌گیری تزریقی پرداخته خواهد شد.

۳-۱- تأثیر زمان تزریق بر پر کردن قالب

یکی از عوامل مهم در قالب‌گیری تزریقی زمان نگهداری فشار باد (عامل تزریق) است. اگر زمان انتخاب شده کم باشد خوراک به خوبی قالب را پر نمی‌کند و در صورت پر کردن هم مشکلاتی نظیر حفرات، ریزترک‌ها و ... ایجاد خواهد کرد. همانطور که در شکل ۵ (الف) نشان داده شده است اثر زمان در دما و فشار ثابت مورد ارزیابی قرار گرفت. با افزایش زمان از ۱ تا ۵ ثانیه درصد حجمی ماده تزریق شده در قالب از حدود ۲۰ به ۱۰۰ درصد افزایش یافت. در زمان ۵ ثانیه به صورت ظاهری قالب پر شده است اما در مرکز قطعه سوراخ‌هایی دیده شد که ناشی از نبود زمان کافی برای فشردگی^۱ نهایی قطعه بوده است (شکل ب). با افزایش زمان به ۱۰ ثانیه قطعه به شکل نهایی خود بدون هیچ گونه حفره، ترک یا خط جوشی^۲ خواهد بود. افزایش بیش از این مقدار باعث داغ شدن قالب شده و عمل خنک کردن را به تعویق می‌اندازد. این اتفاق در نمونه‌سازی خللی ایجاد نخواهد کرد اما در تولید صنعتی به دلیل حجم بالای تولید باید زمان هر تزریق تا حد ممکن کاهش یابد. بنابراین زمان ۱۰ ثانیه برای این قطعه زمان بهینه است.

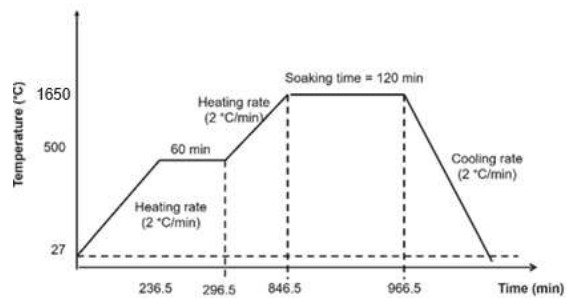
^۱ compaction

^۲ Welding Line

کافی مستحکم است تا بارهای مکانیکی و حرارتی را تحمل کند [۱۰-۱۵].

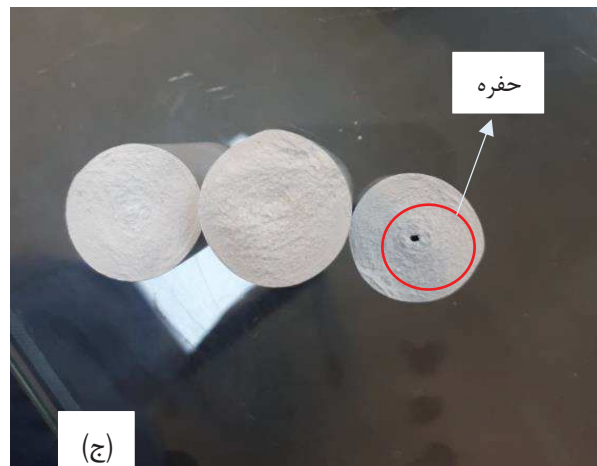
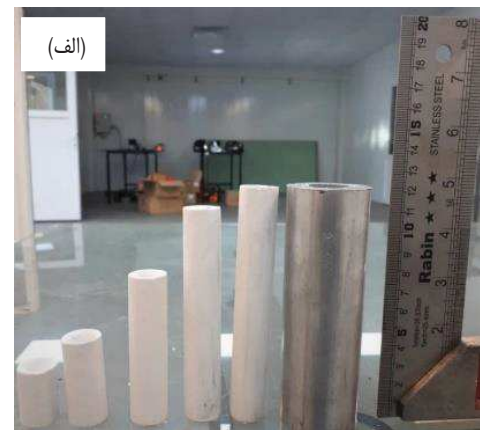
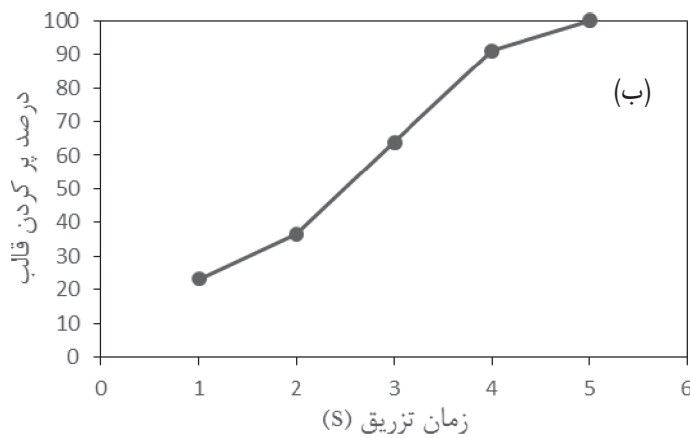
زینتر:

هدف از انجام فرآیند زینتر تبدیل بدنه فشرده شده بعد از چسب‌زدایی به بدنه نهایی است. دمای زینتر معمولاً بین ۰/۵ تا ۰/۷۵ دمای ذوب انتخاب می‌شود که با توجه به اینکه دمای ذوب آلومینا 2073°C این دما در محدوده 1400°C - 1720°C خواهد بود [۱۶]. با توجه به درصد آلومینا در بدنه اصلی که ۹۵٪ است دمای زینتر آن 1650°C انتخاب و در این دما به مدت ۲ ساعت نگه داشته شد.



شکل ۴- پروفیل دمایی زینتر قطعات آلومینایی

چگالی کلی نمونه‌ها به روش ارشمیدس ASTM C134-C135 اندازه‌گیری شد. سطح شکست نمونه‌ها برای بررسی عمق غشای رسی با استفاده از دستگاه SEM (مدل MIRA3 ساخت شرکت TESCAN) مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی توزیع اندازه تخلخل غشاهای رسی از آنالیز تصاویر SEM در نرم‌افزار ImageJ و رسم نمودار هیستوگرام داده‌ها استفاده شد. لازم به ذکر است که قطعه مورد نظری که بررسی مؤلفه‌ها روی آن انجام شد یک قطعه استوانه‌ای با ابعاد $20 \times 125 \text{ mm}$ (D×H) است.



شکل ۵- الف و ب) تأثیر زمان تزریق بر پر کردن قالب در فشار ۳ bar و دمای ۹۰۰°C، ج) وجود حفره در نمونه به دلیل نامناسب بودن زمان تزریق

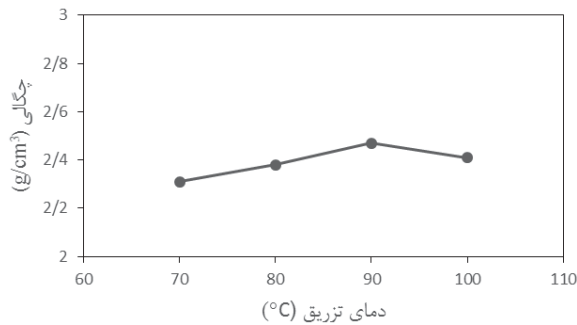
۳-۲- تأثیر فشار تزریق بر چگالی

افزایش فشار تزریق باعث افزایش سرعت تزریق ماده به داخل قالب شده و در نتیجه قالب سریع‌تر پر خواهد شد. در قطعات پیچیده و به خصوص قالب‌های چند حفره افزایش فشار بسیار بر فرآیند تزریق اثر گذار خواهد بود.

با افزایش سرعت تزریق، سرعت انقباض ماده در داخل قالب نیز کاهش یافته و در این صورت قطعه نهایی بدون حفره‌های

انقباضی و با چگالی خام بالاتر تشکیل می‌شود. با این حال، افزایش فشار تزریق تنها در محدوده ۴-۶ bar مؤثر است و در فشارهای بالاتر چگالی افزایش نخواهد یافت. زمان نگهداری این فشار روی قالب به شکل و مواد اولیه سرامیکی بستگی دارد؛ زمان‌های نگهداری طولانی معمولاً برای قطعات بزرگ‌تر استفاده می‌شود. اگر زمانی برای نگهداری فشار نباشد یا کوتاه باشد احتمال حضور حفره در قطعه و کاهش چگالی آن وجود دارد. به این پدیده اثر فواره‌ای^۱

^۱ Jetting effect



شکل ۷- تأثیر دمای تزریق بر چگالی قطعه پس از تزریق
(10 s, 5MPa)

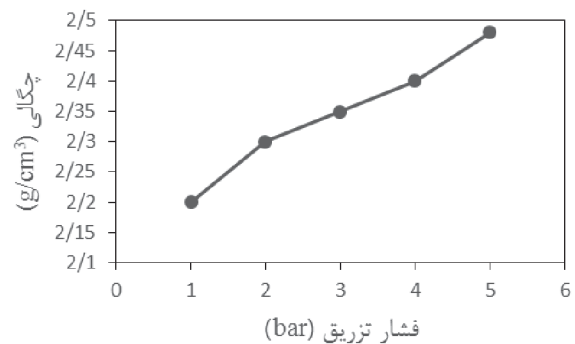
۳-۴- ریزساختار

در شکل ۸ ریزساختار الف) خوراک، ب) نمونه آلومینایی پس از چسب‌زدایی و ج) نمونه آلومینایی پس از زینتر در دمای ۱۶۵۰°C به مدت ۲ ساعت، قابل مشاهده است. در تصویر الف فاز چسبنده پارافین که ذرات Al_2O_3 را در کنار هم نگه‌داشته مشاهده می‌شود. در تصویر ب نمونه‌ای خام و بدون پارافین که ذرات Al_2O_3 بدون فاز واسط در برخی نقاط به هم متصلند و در تصویر ج که زینتر به کمک فاز مذاب $(3SiO_2:2CaO:MgO)$ ذرات آلومینا را به کمک فاز مذاب کنار هم نگه داشته است.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله مؤلفه‌های مؤثر بر روش قالب‌گیری تزریقی در فشار پایین برای شکل‌دهی قطعات آلومینایی مورد بررسی قرار گرفت. مشاهده شد این مؤلفه‌ها بر خواص نهایی قطعات از جمله چگالی آن‌ها مؤثرند. همچنین مشخص شد که اثر فواره‌ای (Jetting effect) باعث ایجاد حفرات و تخلخل‌ها در قطعات تزریق شده، می‌شود و در نتیجه چگالی و استحکام قطعات را کاهش می‌دهد. بهترین نتایج در دمای ۸۰-۹۰°C فشار تزریق ۴-۶ بار و زمان تزریق ۱۵-۱۰ ثانیه به دست آمد.

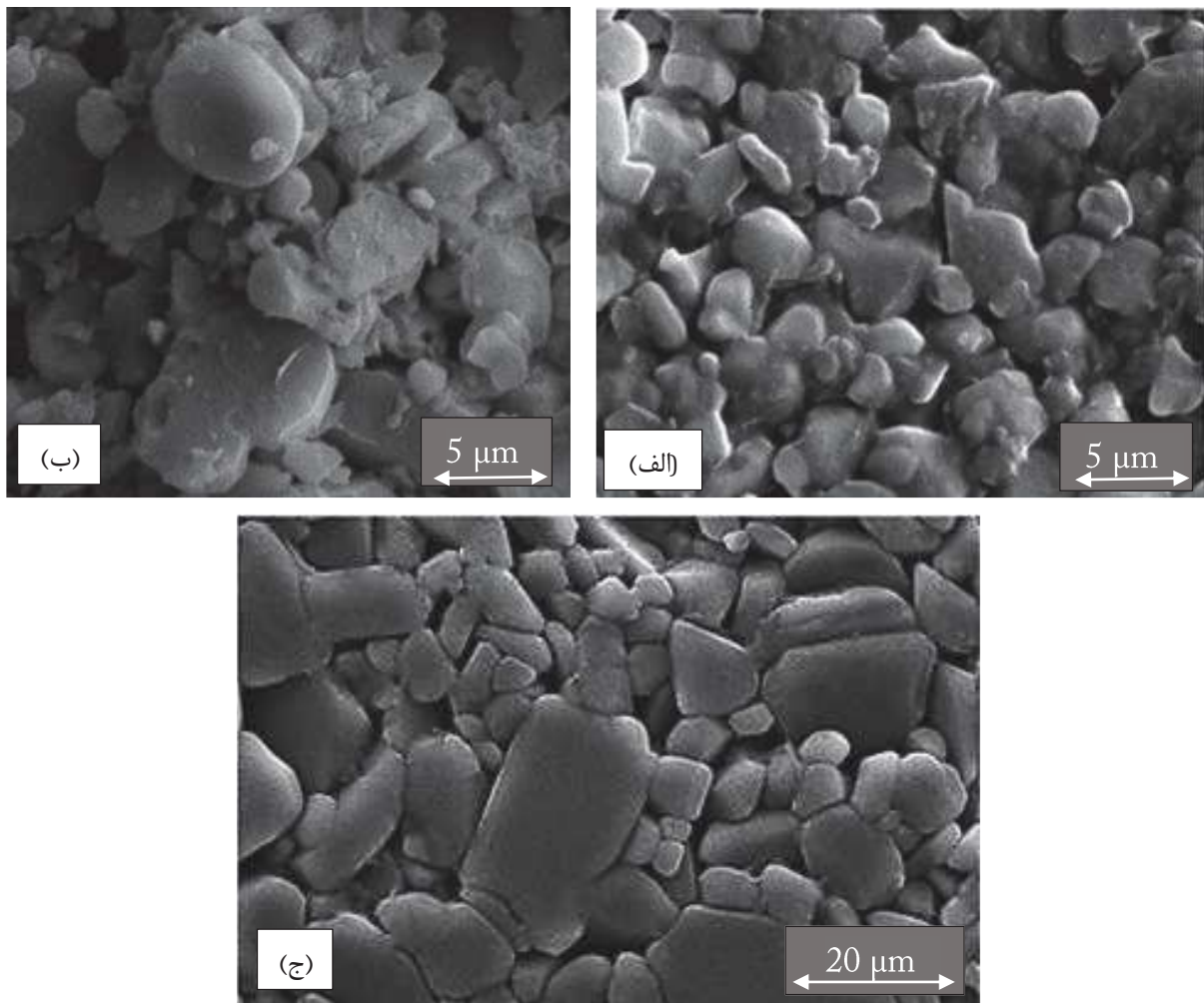
می‌گویند [۱۷، ۱۸]. انتخاب فشار مناسب برای پر کردن قالب به ویسکوزیته خوراک بستگی دارد؛ اگر ویسکوزیته خوراک بالا باشد فشار مورد نیاز برای پر کردن قالب نیز بالا خواهد بود. دمای خوراک نیز بر فشار مورد نیاز برای پر کردن قالب مؤثر است. جهت تعیین تأثیر فشار بر چگالی خام قطعه دما ثابت و ۹۰°C در نظر گرفته شد. همچنین زمان نگهداری فشار روی قالب ۱۰ ثانیه در نظر گرفته شد.



شکل ۶- تأثیر فشار تزریق بر چگالی قطعه پس از تزریق
(10 s, 90°C)

۳-۳- تأثیر دمای تزریق بر چگالی:

افزایش دمای خوراک در جریان‌یابی آن و پر کردن قالب به خصوص برای اشکال پیچیده تأثیر مثبت می‌گذارد. زمانیکه دمای خوراک از ۷۰ به ۹۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد درصد تخلخل کاهش یافته و چگالی نمونه خام (تزریق شده) افزایش می‌یابد. با افزایش دما به ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، پارافین شروع به تبخیر می‌کند و بنابراین این دما و بالاتر از آن برای انجام تزریق توصیه نمی‌شود. همچنین کاهش چگالی در دمای بالای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به دلیل افزایش سرعت انقباض ماده در داخل قالب منجر به ایجاد حفره و تخلخل در ماده می‌شود. در نمودار زیر تأثیر دمای خوراک بر چگالی بدنه تزریق شده قابل مشاهده است.



شکل ۸- الف) ریزساختار خوراک، ب) ریزساختار پس از چسب‌زدایی، ج) ریزساختار پس از زینتر در دمای 1650°C به مدت ۲ ساعت

مراجع

- Powder Metallurgy Institute 105, College Road East, Princeton, 1990. Materials and Manufacturing Processes, 1992. 7(1): p. 139-140.
- [4] Hens, K.F., Key Issues in Powder Injection-Molding. Ceramic Bulletin, 1991. 70: p. 1294-1302.
- [5] Edirisinghe, M.J. and J.R.G. Evans, Review: Fabrication of engineering ceramics by injection moulding. II. Techniques. International Journal of High Technology Ceramics, 1986. 2(4): p. 249-278.
- [6] Edirisinghe, M.J.A.C.S.B., Fabrication of engineering ceramics by injection molding. 1991. 70: p. 824-828.
- [1] Rödel, J., et al., Development of a roadmap for advanced ceramics: 2010–2025. Journal of the European Ceramic Society, 2009. 29(9): p. 1549-1560.
- [2] Barbieri, R.A., C.A. Perottoni, and J.E. Zorzi, Influence of Sintering Temperature on the Mechanical Properties of Alumina Springs. International Journal of Applied Ceramic Technology, 2012. 9(3): p. 599-605.
- [3] Bhaduri, S., Review of: "POWDER INJECTION MOLDING" by R.M. German Metal Powder Industries Federation American



- [7] Karácsony, Z., et al., Development of Ceramic Feedstock for Powder Injection Molding. *Materials Science Forum*, 2015. 812: p. 95-99.
- [8] Nogueira, R., et al., Low-Pressure Injection Molding of Alumina Ceramics Using a Carnauba Wax Binder: Preliminary Results. *Key Engineering Materials - KEY ENG MAT*, 2001. 189-191: p. 67-72.
- [9] Leverkoehne, M., et al., Novel Binder System Based on Paraffin-Wax for Low-Pressure Injection Molding of Metall-Ceramic Powder Mixtures. *Advanced Engineering Materials*, 2001. 3: p. 995-998.
- [10] Çetinel, F., et al., Factors affecting strength and shape retention of zirconia micro bending bars during thermal debinding. *Ceramics International*, 2011. 37: p. 2809-2820.
- [11] Çetinel, F.A. and W. Bauer, Ceramic micro parts. Part 1: How thermal debinding can be utilized to enhance surface finish and mechanical properties. *Journal of the European Ceramic Society*, 2013. 33(15): p. 3123-3134.
- [12] Çetinel, F., Ceramic micro parts, Part 2: Process-related factors influencing surface finish and shape retention during thermal debinding. *Journal of the European Ceramic Society*, 2013. 33: p. 3135-3144.
- [13] Zorzi, J., C. Perottoni, and J. Jornada, A new Partially Isostatic Method for Fast Debinding of low-Pressure Injection Molded Ceramic Parts. *Materials Letters - MATER LETT*, 2003. 57: p. 3784-3788.
- [14] Gorjan, L., T. Kosmač, and A. Dakskobler, Single-step wick-debinding and sintering for powder injection molding. *Ceramics International*, 2014. 40: p. 887-891.
- [15] Gorjan, L., et al., Strength Evolution of Injection-Molded Ceramic Parts During Wick-Debinding. *Journal of the American Ceramic Society*, 2012. 95.
- [16] Rahaman, M.N., Ceramic Processing, in *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. p. 1-98.
- [17] Atre, S.V., T.J. Weaver, and R.M. German, *Injection Molding of Metals and Ceramics*. 1998, SAE International.
- [18] Medvedovski, E. and M. Peltsman, Low Pressure Injection Moulding Mass Production Technology of Complex Shape Advanced Ceramic Components. *Advances in Applied Ceramics*, 2012. 111.

Investigation of Effective Parameters on the Fabrication of Alumina Parts by Low Pressure Injection Molding (LPIM)

Danial Ghafoori, Kambiz Shoghi

Material department, Madyarsanat pars Co

Abstract: Low pressure injection molding (LPIM) method in this paper is investigated as a method of forming alumina parts. This is one of the methods of making engineering ceramics with complex shapes and high dimensional accuracy. In this method, a binder system (paraffin wax + carnuba wax) was used as a plastic agent for easy formation of alumina particles. Different parameters such as feedstock temperature, injection pressure, injection time, mold temperature, etc. are effective in shaping ceramic parts by LPIM. The study of these parameters and the selection of their optimal value are discussed in this article. The optimum injection temperature was in the range of 90-90 ° C, the optimum pressure was in the range of 4-6 bar, the injection time was in the range of 10-15 seconds for a cylindrical shape with dimensions of 20×125 mm (D × H).

Keywords: Low Pressure Injection Molding, Alumina, Paraffin Wax, Debinding, Feedstock.