

۲۰۷۲۸



دانشگاه تهران

دانشکده فنی



موضوع :

بررسی تأثیر پارامترهای فرآیند و استفاده از پوشان بر کیفیت قطعات چدنی تهیه شده به روش ریخته گری با مدل‌های فومی

۱۳۷۹ / ۷ / ۲۴

نگارش :

میرکریم مرسلی

استاد راهنما :

دکتر ایوب حلویی

استاد مشاور :

دکتر فرشاد اخلاقی

8237

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

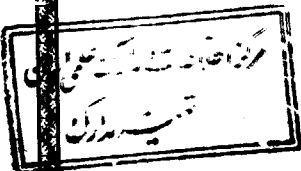
در

رشته مهندسی متالورژی و مواد

گرایش شناسایی و انتخاب مواد فلزی

شهریور ۱۳۷۹

۳۰۷۲۸



صفحه تصویب پایان نامه توسط هیئت داوران

دانشگاه تهران

دانشکده فنی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی متالورژی و مواد

گرایش شناسایی و انتخاب مواد فلزی

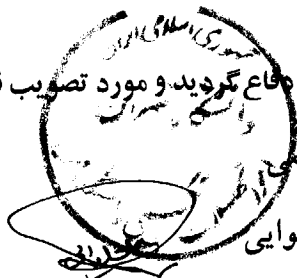
موضوع:

بررسی تأثیر پارامترهای فرآیند و استفاده از پوشان بر کیفیت قطعات
پدنی تهیه شده به روش ریخته‌گری با مدل‌های فومی

توسط:

میرکرم مرسلی

از این پایان نامه در تاریخ ۱۳۷۹/۶/۳۰ در مقابل هیئت داوران دفاع گردید و مورد تصویب قرار گرفت.



سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده فنی: دکتر بنی هاشمی

مدیر گروه آموزشی

دکتر ایوب حلویایی

سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی گروه: دکتر حمیدرضا قاسمی منفرد

استاد راهنما

دکتر ایوب حلویایی

استاد مشاور

دکتر فرشاد اخلاقی

استاد مدعو داخلی

دکتر مسعود امامی

استاد مدعو

دکتر سعید شبستری

تقدیم به :

**پدر و مادرم که همدلی و همرازی آنها
جاودان سرمایه زندگی من است
آنان که به بلندای عمرم در پی سعادت بوده‌اند.**

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس بیکران پروردگاری را که زبان در بیان شکرش قاصر است.

در ابتدای این گزارش لازم می‌دانم از زحمات بیدریغ استاد راهنمای گرامی جناب آقای دکتر ایوب حلوائی که در انجام این پژوهش همواره از راهنمایی‌های ارزشمند ایشان بهره‌مند شده‌ام، سپاسگزاری نمایم.

همچنین از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر فرشاد اخلاقی که مسؤولیت مشاوره این پروژه را بر عهده داشته‌اند، قدردانی می‌نمایم. از اساتید گرامی جناب آقای دکتر حمیدرضا قاسمی منفرد راد سرپرست محترم تحصیلات تکمیلی گروه و جناب آقای دکتر سعید شبستری که زحمت بازخوانی این پروژه را متقبل شده‌اند، کمال تشکر را دارم.

از مدیریت عامل محترم شرکت ریخته‌گری تراکتورسازی تبریز جناب آقای مهندس زمانلو بخاطر طرح پروژه و کمک و مساعدت ایشان در اجرای آن در شرکت ریخته‌گری تشکر و قدردانی می‌کنم. از راهنمایان و همکاری بی‌شائبه جناب آقای مهندس سیامک خالیچی مدیریت محترم تحقیقات و توسعه شرکت ریخته‌گری و دیگر پرسنل امور تحقیقات و توسعه سپاسگزارم.

همچنین از جناب آقایان مهندس علیزاده چرندابی، زوار و کلیه پرسنل کارگاه قالبگیری دستی و آزمایشگاه‌های شیمی، متالوگرافی، مکانیکی و ماسه شرکت ریخته‌گری که در انجام آزمایشهای این پروژه مرا مساعدت و یاری فرمودند، تشکر و قدردانی می‌کنم.

بررسی تأثیر پارامترهای فرآیند و استفاده از پوشان بر کیفیت قطعات چدنی

تهیه شده بروش ریخته‌گری با مدل‌های فومی

نام و نام خانوادگی: میرکریم مرسلی

رشته: شناسایی و انتخاب مواد فلزی

گروه: مهندسی متالورژی و مواد

تاریخ دفاع: ۷۹/۶/۳۰

استاد راهنما: دکتر ایوب حلوائی

چکیده

ریخته‌گری با مدل‌های فومی از روش‌های نوین تولید قطعات با کیفیت قابل توجه است که در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از شرکتهای معرف خودروسازی جهان قرار گرفته است. در این روش ابتدا مدل فومی قطعه مورد نظر تهیه شده و توسط یک نوع پوشان مخصوص پوشش داده می‌شود. سپس با استفاده از این مدل و یک درجه ویژه، قالبگیری با ماسه خشک انجام می‌گیرد. پر شدن قالب با ذوب و تجزیه ماده فومی و خروج محصولات ناشی از این تجزیه از طریق لایه پوشان نسوز و جایگزینی مذاب بجای آن صورت می‌گیرد. در این روش تأثیر جنس، ویژگیها و شرایط کاربردی نظیر قابلیت عبور گاز و مقاومت پوشان در مقابل فلز مذاب و همچنین دمای بارریزی که نرخ تجزیه مدل فومی را تعیین می‌کند، از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این پژوهش، تأثیر نوع و ضخامت پوشان و همچنین دمای بارریزی بر کیفیت قطعه چدنی اعم از کیفیت ظاهری، استحکام کششی، دانسیته ظاهری و ساختار میکروسکوپی مورد بررسی قرار گرفته است. یافته‌های آزمایشی نشان داد که برای ریخته‌گری موفقیت‌آمیز قطعات چدن خاکستری با مدل‌های فومی، استفاده از پوشانهایی با قابلیت عبور گاز بالا و

ضخامت کم و همچنین دمای بارریزی بالا برای پوشان با قابلیت عبور گاز زیاد و دمای بارریزی نسبتاً پایین برای پوشان با قابلیت عبور گاز کم، مطلوب می باشد. ساختار میکروسکوپی نمونه های آزمایشی تفاوت فاحشی با نمونه های معمولی ندارند، فقط کاهش محسوسی در اندازه و توزیع تیغه های گرافیتها مشاهده می شود و بخصوص تشکیل تیغه های گرافیت ریز در اثر القای عنصر کربن به مذاب و جوانه زنی گرافیتها بر روی آنها قابل توجه است.

فهرست مطالب

عنوان شماره صفحه

فصل اول : مقدمه ۱

۱-۱- تاریخچه پیدایش و توسعه فرآیند ۲

۱-۲- تعریف و مزایا و محدودیتهای فرآیند ۲

۱-۳- مسائل متالورژیکی ریخته گری فلزات آهنی با مدل فومی ۳

فصل دوم : مروری بر منابع مطالعاتی ۵

۱-۲- تأثیر مشخصات مدل فومی بر کیفیت قطعه ریخته گری ۶

۱-۱-۲- پلی استایرن مصرفی (EPS: Expandable Polystyrene) ۶

۲-۱-۲- پلی متیل متا اکریلیک (PMMA : Polymethyl methacrylic) ۷

۳-۱-۲- ساخت مدل فومی ۷

۲-۲- تأثیر پارامترهای پوشان بر کیفیت قطعه ریخته گری ۸

۱-۲-۲- اهمیت پوشش دادن و اجزاء سازنده پوشان ۸

۲-۲-۲- خواص پوشان مورد استفاده در فرآیند EPC ۹

۳-۲-۲- قابلیت عبور گاز پوشانها و راههای اندازه گیری آن ۱۰

۴-۲-۲- روش پوشان دادن مدل های فومی ۱۳

۳-۲- قالبگیری با مدل های فومی ۱۴

۱-۳-۲- ویژگیهای ماسه مورد استفاده در این فرآیند ۱۴

۲-۳-۲- قالبگیری مدل های فومی و متراکم نمودن ماسه ۱۵

۴-۲- تأثیر پارامترهای تولید بر کیفیت قطعه ریخته گری ۱۵

۱-۴-۲- پروفیل جلوی جبهه مذاب ۱۵

۲-۴-۲- تأثیر دمای بارریزی ۱۷

۳-۴-۲- اثر سرعت بارریزی ۱۸

فهرست مطالب

عنوان شماره صفحه

۵-۲- مشکلات متالورژیکی فرایند EPC و راههای کنترل آن ۱۹

فصل سوم: روش تحقیق ۲۳

۱-۳- تهیه و پوشش دادن مدل ۲۴

۲-۳- قالبگیری ۲۵

۳-۳- ذوب ریزی ۲۶

۴-۳- آزمایشهای انجام شده ۲۶

۱-۴-۳- آزمایش کشش ۲۷

۲-۴-۳- آزمایش بررسی تخلخل نمونه ها ۲۷

۳-۴-۳- آزمایش متالوگرافی و آنالیز تصویری نمونه ها ۲۷

۴-۴-۳- آزمایش سختی ۲۷

۵-۴-۳- آزمایش ضربه ۲۸

۶-۴-۴- آزمایش SEM پوشانها ۲۸

فصل چهارم: نتایج ۲۹

۱-۴- آزمایش قابلیت عبور گاز پوشانها ۳۰

۲-۴- آزمایش کشش ۳۰

۳-۴- آزمایش بررسی تخلخل نمونه ها ۳۱

۴-۴- آزمایش متالوگرافی و آنالیز تصویری نمونه ها ۳۲

۵-۴- آزمایش سختی ۳۳

۶-۴- آزمایش ضربه ۳۴

فهرست مطالب

عنوان شماره صفحه

فصل پنجم: بحث ۳۵

۱-۵- قابلیت عبور گاز پوشانها ۳۶

۲-۵- کیفیت ظاهری نمونه‌ها ۳۷

۳-۵- تخلخل نمونه‌ها ۳۹

۴-۵- خواص مکانیکی نمونه‌ها ۴۱

۵-۵- سختی ۴۹

۶-۵- انرژی ضربه نمونه‌ها ۵۰

فصل ششم: نتیجه‌گیری ۵۱

منابع مراجعه ۵۳

جدولها ۵۷

شکلها ۶۷

پیوست ۱۰۲

فهرست جداول

عنوان	شماره صفحه
جدول ۱-۱: برخی از شرکت‌های معروف جهان و قطعات ریختگی آنها که به روش EPC تولید می‌شوند.	۵۸
جدول ۱-۲: اندازه انواع دانه‌های انبساط یافته EPS (cm) برحسب دانسیته [۱].	۵۸
جدول ۲-۲: مقایسه قابلیت عبور گاز پوشانهای نسوز در فرآیندهای ریخته‌گری معمولی و مدل فومی [۱۱].	۵۹
جدول ۱-۳: مشخصات پوشان‌های مورد استفاده در آزمایشها شماره‌نام پوشان پایه پوشان عدد بومه دانسیته (g/cm^3) سایر ترکیبات.	۵۹
جدول ۲-۳: ترکیب شیمیایی چدن خاکستری ریخته شده در قالبهای فومی.	۵۹
جدول ۱-۴: تغییرات استحکام کششی (Mpa) برحسب دمای بارریزی برای ضخامتهای مختلف پوشان Sty.702.	۶۰
جدول ۲-۴: تغییرات استحکام کششی (Mpa) برحسب دمای بارریزی برای ضخامتهای مختلف پوشان Sty.210.N.	۶۰
جدول ۳-۴: تغییرات دانسیته (g/cm^3) با دمای بارریزی برای ضخامتهای مختلف پوشان Sty.210.N.	۶۱
جدول ۴-۴: تغییرات دانسیته (g/cm^3) با دمای بارریزی برای ضخامتهای مختلف پوشان Sty.702.	۶۱
جدول ۵-۴: درصد حجمی گرافیت‌های خیلی ریز نمونه‌ها برحسب دمای بارریزی در ضخامتهای مختلف پوشان Sty.702.	۶۲
جدول ۶-۴: درصد حجمی گرافیت‌های خیلی ریز نمونه‌ها برحسب دمای بارریزی در ضخامتهای مختلف پوشان Sty.210.N.	۶۲
جدول ۷-۴: تغییرات MGL (mm) نمونه‌ها برحسب دمای بارریزی در ضخامتهای مختلف پوشان Sty. 702.	۶۳
جدول ۸-۴: تغییرات MGL (mm) برحسب دمای بارریزی در ضخامتهای مختلف پوشان Sty. 210.N.	۶۳
جدول ۹-۴: درصد فریت تشکیل شده برحسب ضخامت پوشان Sty.702 در نمونه‌های ریخته شده در دمای $136^{\circ}C$.	۶۴

فهرست جداول

عنوان شماره صفحه

جدول ۴-۱۰ : تغییرات سختی (BHN) برحسب دمای بارریزی در ضخامتهای مختلف پوشان Sty.702 .. ۶۴

جدول ۴-۱۱ : تغییرات سختی (BHN) برحسب دمای بارریزی در ضخامتهای مختلف پوشان

Sty.210.N ۶۴

جدول ۴-۱۲ : تغییرات انرژی ضربه جذب شده (J) بر حسب دمای بارریزی برای ضخامتهای مختلف

پوشان Sty.702 ۶۵

جدول ۴-۱۳ : تغییرات انرژی ضربه جذب شده (J) بر حسب دمای بارریزی برای ضخامتهای مختلف

پوشان Sty.210.N ۶۵

جدول ۴-۱۴ : نتایج بدست آمده از نمونه ریخته شده بروش ماسه چسب دار و گاز CO₂ و قالب توخالی .. ۶۵

جدول ۵-۱ : تغییرات درصد تخلخل نسبی برحسب دمای بارریزی در ضخامتهای مختلف پوشان Sty.702 . ۶۶

جدول ۵-۲ : تغییرات درصد تخلخل نسبی برحسب دمای بارریزی در ضخامتهای مختلف پوشان

Sty.210.N ۶۶

فهرست اشکال

عنوان	شماره صفحه
شکل ۱-۱: نمودار ساده جریان‌ی روش EPC [۴]	۶۹
شکل ۱-۲: ائتلاف پنتان از دانه‌های EPS در درجه حرارت‌های مختلف [۱]	۶۹
شکل ۲-۲: میزان انقباض فوم پلی‌استایون در زمان‌های مختلف پس از خروج از قالب [۳]	۶۹
شکل ۳-۲: دیاگرام شماتیک نحوه قالب‌گیری مدل پلی‌استایرینی [۷]	۷۰
شکل ۴-۲: مورفولوژی دو نوع پوشان با قابلیت عبور گاز بالا و پایین [۱۳]	۷۰
شکل ۵-۲: تصویر شماتیک یک نوع پوشان دارای چسب‌های آلی قبل از ذوب‌ریزی [۱۴]	۷۱
شکل ۶-۲: تصویر شماتیک پوشان دارای چسب‌های آلی بعد از ذوب‌ریزی که تبخیر چسب‌های آلی منافذ بزرگی را در پوشان بر جای گذارده است [۱۴]	۷۱
شکل ۷-۲: ارتباط بین قابلیت عبور گاز، ضخامت، بومه و تعداد لایه‌ها برای پوشان با قابلیت عبور گاز بالا [۱۳]	۷۲
شکل ۸-۲: ارتباط بین قابلیت عبور گاز، ضخامت، بومه و تعداد لایه‌ها برای پوشش با قابلیت عبور گاز پایین [۱۳]	۷۳
شکل ۹-۲: ارتباط قابلیت عبور گاز و تعداد لایه‌های پوششی برای قابلیت عبور گاز بالا و پایین. ضخامت لایه پوششی حدود ۷/۰ میلی‌متر می‌باشد [۱۳]	۷۳
شکل ۱۰-۲: شکل استوانه، واشرها و مقرری فولادی به همراه کلاهک آن [۱۶]	۷۴
شکل ۱۱-۲: سیستم اندازه‌گیری قابلیت عبور گاز پوشان [۱۶]	۷۴
شکل ۱۲-۲: فصل مشترک فوم - مذاب با مکانیزم کنترل فشار به عقب (BP) [۲۰]	۷۵
شکل ۱۳-۲: فصل مشترک فوم - مذاب با مکانیزم کنترل تجزیه فوم (FD) [۲۰]	۷۶
شکل ۱۴-۲: اثر دمای ریختن بر سیالیت چدن خاکستری، پوشش تک‌لایه، بومه ۵۰ و ارتفاع رهگاه ۶۱ سانتی‌متر بوده است [۱۳]	۷۷
شکل ۱۵-۲: اثر دمای ریختن بر سیالیت آلومینیوم، پوشش تک‌لایه، بومه ۵۰ و ارتفاع رهگاه ۶۱ سانتی‌متر بوده است [۱۳]	۷۷

فهرست اشکال

عنوان.....	شماره صفحه
شکل ۱۶-۲: نمودار تغییرات غفلت گاز در طول بارریزی به عنوان تابعی از حرکت مذاب پیش‌رونده [۱۰].	۷۸
شکل ۱۷-۲: اثر ورود کربن به داخل مذاب و کمک به جوانه‌زنی یوتکتیک در قطعه ریختگی (A) ریخته‌گری با ماسه تر (B) فرآیند EPC [۱۰].	۷۹
شکل ۱۸-۲: لایه‌های ضخیم کربن باقی‌مانده و کربن درخشان در قطعه ریختگی چدن داکتیل [۱۰].	۸۰
شکل ۱۹-۲: عیوب سطحی بخاطر باقی ماندن بقایای کربن از پلی‌استایرن تخریب شده [۱۰].	۸۰
شکل ۲۰-۲: آخالهای لایه‌مانند (Pellicular) کربن درخشان در قطعه ریختگی چدن داکتیل، (A) عیب در بزرگنمایی پایین (B) حضور لایه‌های کربن، (C) حضور حفرات ریز در لبه‌های آخالها که از تجزیه پلی‌استایرن حال شده است [۱۰].	۸۱
شکل ۲۱-۲: عیوب مربوط به سرپاره در نزدیکی سطح قطعه ریختگی از جنس چدن داکتیل در فرآیند EPC [۲۳].	۸۲
شکل ۱-۳: تصویر خوشه مورد استفاده برای ریخته‌گری نمونه‌ها.	۸۲
شکل ۲-۳: منحنی XRD پوشان Sty.702.	۸۳
شکل ۳-۳: منحنی XRD پوشان Sty.210.N.	۸۴
شکل ۴-۳: تصویر سیلندر و کلاهک و توری مورد استفاده برای اندازه‌گیری قابلیت عبور گاز پوشانها.	۸۵
شکل ۵-۳: کل دستگاه اندازه‌گیری قابلیت عبور گاز پوشانها.	۸۵
شکل ۶-۳: تصویر درجه به همراه و بیره‌ها، فیلتر و لوله خلاء متصل به آن.	۸۶
شکل ۷-۳: تصویر سیستم خلاء مورد استفاده در آزمایشها.	۸۶
شکل ۸-۳: تصویر شماتیک صفحه ریخته شده و محل‌های برش نمونه‌های کشش-(T)، ضربه (I)، تخلخل و دانسیته (P) و متالوگرافی (M)، ابعاد بر حسب میلیمتر.	۸۷

فهرست اشکال

عنوان	شماره صفحه
شکل ۹-۳: شکل و ابعاد نمونه کشش مطابق استاندارد ASTM, A48M ابعاد بر حسب میلیمتر [۲۵].	۸۸
شکل ۱۰-۳: تصویر و ابعاد نمونه ضربه مطابق استاندارد ASTM, A327، ابعاد بر حسب میلیمتر [۲۵].	۸۸
شکل ۱-۴: منحنی های قابلیت عبور گاز برای پوشانهای Sty.702 و Sty.210.N بر حسب ضخامت پوشان	۸۹
شکل ۲-۴: منحنی استحکام کششی نمونه ها بر حسب دمای بارریزی در ضخامتهای مختلف پوشان Sty.702	۸۹
شکل ۳-۴: منحنی استحکام کششی نمونه ها بر حسب دمای بارریزی در ضخامتهای مختلف پوشان Sty.210.N بر حسب ضخامت پوشان	۹۰
شکل ۴-۴: منحنی تخلخل نمونه ها بر حسب دمای بارریزی در ضخامتهای مختلف پوشان Sty.702	۹۰
شکل ۵-۴: منحنی تخلخل نمونه ها بر حسب دمای بارریزی در ضخامتهای مختلف پوشان Sty.210.N	۹۱
شکل ۱-۵: تصویر SEM از مورفولوژی و دانه بندی پوشان Sty.210.N	۹۱
شکل ۲-۵: تصویر SEM از مورفولوژی و دانه بندی پوشان Sty.702	۹۲
شکل ۳-۵: نمونه ریخته گری شده بدون استفاده از پوشان	۹۲
شکل ۴-۵: کیفیت سطحی نمونه ریخته گری در دمای 1375°C در ضخامت $0/3$ میلیمتر پوشان Sty.702	۹۳
شکل ۵-۵: تصویر نمونه ریخته گری شده (راست) در دمای 1420°C در ضخامت $0/5$ میلیمتر پوشان Sty.210.N به همراه مدل فومی (چپ).	۹۳
شکل ۶-۵: منحنی تخلخل بر حسب ضخامتهای مختلف پوشان Sty.702 در دماهای مختلف بارریزی.	۹۴
شکل ۷-۵: منحنی تخلخل بر حسب ضخامتهای مختلف پوشان Sty.210.N در دماهای مختلف بارریزی	۹۴
شکل ۸-۵: تغییرات استحکام نمونه ها با تخلخل نسبی در دماهای مختلف بارریزی با پوشان Sty.210.N	۹۵