

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی مواد

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی گرایش شناسایی و انتخاب مواد

عنوان:

بررسی تاثیر پارامترهای پوشان و مذاب بر نحوه تجزیه فوم کوپلیمر و تاثیر آن
بر ایجاد عیوب در قطعات چدنی تولید شده به روش ریخته‌گری با مدل‌های از
بین رونده

استاد راهنما:

دکتر رامین رئیس‌زاده

مؤلف:

سهراب فلک‌امند

شهریور ۱۳۸۸

تقدیم به

پدرم و مادرم

که همیشه با شکیبایی و تحمل سختیها و مشکلات، پشتیبان و مشوق من بودند.

تقدیر و تشکر

یگانه پروردگار هستی را سپاس می‌گوییم که مرا توفیق عطا فرمود تا این مجموعه مختصر را تقدیم دارم. لازم می‌دانم بدینوسیله از همکاری و همیاری اساتید، متخصصین و کارشناسان و دوستانی که انجام و تحقق این پژوهش بدون یاری ایشان غیر ممکن می‌نمود کمال تشکر و قدردانی را ابراز دارم. بزرگوارانی همچون استاد محترم جناب آقای دکتر رامین رئیس‌زاده (استاد راهنما) که راهنمایی‌های ارزنده ایشان در تدوین این پژوهش مساعدتی بس بزرگ بود.

در نهایت از زحمات بی دریغ پرسنل محترم شرکت ریخته‌گری تراکتورسازی ایران به ویژه مدیریت محترم عامل جناب آقای مهندس مهاجرانی، معاونت محترم تحقیق و توسعه و طرح و برنامه جناب آقای مهندس حسین حامدیزدان و همکاران محترم مرکز تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای متالورژی و نیز از استاد ارجمند جناب آقای دکتر مصطفی رضایی کمال سپاسگزاری را دارم.

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر پارامترهای مختلف در فرآیند ریخته‌گری با مدل‌های از بین رونده بر ایجاد عیوب در قطعات چدنی می‌باشد. به این منظور ابتدا آزمایش‌ها به روش طراحی آزمایشی تاگوچی طراحی شدند. سپس برای بررسی نحوه و زمان پر شدن قالب و صحت نتایج بدست آمده، ذوب‌ریزی فرآیند ریخته‌گری با مدل‌های از بین رونده که یک وجه قالب بصورت شیشه‌ای بود انجام گرفت و از جریان مذاب تصویر برداری شد. تجزیه و تحلیل نتایج بر پایه آزمایش‌های فتوگرافی و قطعات چدنی حاصل از آزمایش‌ها انجام گرفتند. شرایط بهینه برای کاهش هر یک از عیوب ماسه سوزی، عیوب کربنی، حفرات سطحی، حفرات داخلی بدست آمدند. نهایتاً شرایط بهینه برای کاهش همزمان چهار متغیر بر همه عیوب ریخته‌گری با مدل‌های از بین رونده پیشنهاد شدند. در بررسی زمان و درصد پر شدن قالب شرایط بهینه برای هر یک از آنها بدست آمدند. در ادامه پژوهش با بررسی نتایج بدست آمده، تطابق کاملی بین داده‌های پروب‌گذاری و فیلم برداری است. در مقایسه زمان پر شدن قالب نمونه با محل قرارگیری راهباره از بالا، پهلوی و پایین نشان داد که زمان‌های پر شدن قالب در روش LFC بیشتر از زمان‌های پر شدن روش‌های ریخته‌گری معمولی (برای آلیاژ چدن) است. در روش ریخته‌گری LFC و روش ریخته‌گری معمولی با محل قرارگیری راهباره از بالا، پهلوی و پایین زمان پر شدن قالب به ترتیب افزایش می‌یابد.

فهرست مطالب

و	چکیده
ز	فهرست مطالب
ی	فهرست اشکال
ن	فهرست جداول
۱	فصل اول : مقدمه
۲	۱-۱- مقدمه
۴	۱-۲- تاریخچه
۶	۱-۳- معرفی روش
۶	۱-۳-۱- تهیه دانه های پیش شکفته فوم
۸	۱-۳-۲- ساخت مدل فومی
۱۱	۱-۳-۳- فرآیند پیر سازی مدل فومی
۱۱	۱-۳-۴- خوشه سازی مدل ها
۱۲	۱-۳-۵- پوشان دهی
۱۳	۱-۳-۶- قالب گیری و ریخته گری
۱۵	۱-۴- مزایای استفاده از روش LFC
۱۵	۱-۴-۱- مزایای فنی
۱۵	۱-۴-۲- مزایای اقتصادی
۱۵	۱-۴-۳- مزایای زیست محیطی
۱۶	۲-۴- معایب روش LFC
۱۷	فصل دوم : مروری بر منابع
۱۸	۲-۱- انواع عیوب در فرایند ریخته گری با مدل های تبخیر شونده
۱۸	۲-۱-۱- انواع عیوب کربنی در سطح قطعات
۲۰	۲-۱-۱-۱- کربن براق و چین خوردگی
۲۳	۲-۱-۱-۲- سطوح تاول مانند و آبله گون

۲۴	۲-۱-۲-۱- انواع عیوب کربنی در داخل قطعات
۲۵	۲-۲- عوامل موثر در فرآیند ریخته‌گری با مدل‌های از بین رونده
۲۵	۲-۲-۱- پوشان
۲۶	۲-۲-۱-۱- انواع پوشان بر مبنای آنالیز شیمیایی
۲۷	۲-۲-۱-۲- نفوذپذیری
۲۸	۲-۲-۲- نوع فلز
۳۰	۲-۲-۳- فوم
۳۶	۲-۲-۴- ماسه
۳۷	۲-۳- نحوه کنترل عیوب ریخته‌گری با مدل‌های از بین رونده
۳۸	۲-۳-۱- اثر نوع و خواص پوشان بر میزان عیوب ریخته‌گری با مدل‌های از بین رونده
۴۲	۲-۳-۲- اثر نوع و خواص فوم بر میزان عیوب فرآیند ریخته‌گری با مدل‌های از بین رونده
۴۳	۲-۳-۳- اثر نوع فلز و متغیرهای وابسته به آن بر روی عیوب فرآیند ریخته‌گری با مدل‌های از بین رونده
۴۵	۲-۳-۴- تاثیر نوع ماسه و توزیع اندازه ذرات ماسه
۴۶	۲-۴- روشهای بررسی جریان مذاب در قالب
۴۷	۲-۴-۱- روش فیلم برداری مستقیم
۴۸	۲-۵- طراحی آزمایش
۵۰	فصل سوم : روش انجام آزمایش‌ها
۵۱	۳-۱- مقدمه
۵۲	۳-۲- آزمایش‌های تجربی
۵۲	۳-۲-۱- روش ردیابی فاصله گازی
۶۲	۳-۲-۲- بررسی عیوب فرآیند ریخته‌گری با مدل‌های از بین رونده
۶۲	۳-۲-۲-۱- انتخاب متغیرهای آزمایش
۶۵	۳-۲-۲-۲- طراحی آزمایش‌ها به روش تاگوچی
۶۸	۳-۲-۳- بررسی زمان ریخته‌گری بین روش معمولی و LFC

۶۹ ۴-۲-۳- بررسی زمان ریخته‌گری بین روش پروب‌گذاری و فیلم‌برداری

۷۱ فصل چهارم : نتایج و بحث

۷۲ ۴-۱- مقدمه

۷۲ ۴-۲- بررسی عیوب فرآیند ریخته‌گری با مدل‌های از بین رونده

۷۲ ۴-۲-۱- بررسی عیوب ماسه‌سوزی

۷۶ ۴-۲-۲- بررسی عیوب کربنی سطحی

۷۸ ۴-۲-۳- بررسی عیوب حفره‌های سطحی

۸۱ ۴-۳-۴- بررسی عیوب حفره‌های داخلی

۸۵ ۴-۲-۵- بررسی اثرات همزمان چهارمتغیر بر همه عیوب ریخته‌گری با مدل‌های از بین رونده

۸۸ ۴-۳- بررسی زمان پر شدن قالب

۹۱ ۴-۴- بررسی درصد پر شدن قالب

۹۴ ۴-۵- مقایسه‌ی نتایج آزمایش‌ها

۹۴ ۴-۵-۱- اثر پارامترهای ریخته‌گری

۹۴ ۴-۵-۱-۱- اثر پوشان

۱۰۲ ۴-۵-۱-۲- اثر دما

۱۰۲ ۴-۵-۱-۳- اثر محل قرارگیری راهباره

۱۰۲ ۴-۵-۱-۴- اثر سطح مقطع راهباره

۱۰۳ ۴-۶- مقایسه‌ی زمان ریخته‌گری بین روش معمولی و LFC

۱۰۷ ۴-۷- مقایسه‌ی زمان ریخته‌گری بین روش پراب‌گذاری و فیلم‌برداری

۱۱۰ فصل پنجم : نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱۱۱ ۵-۱- نتیجه‌گیری

۱۱۳ ۵-۲- پیشنهادات

۱۱۴ مراجع

فهرست اشکال

- ۱ فصل اول : مقدمه
- ۸ شکل (۱-۱) : نمونه‌ای از دستگاه پیش انبساط دهنده (pre-expander)
- ۹ شکل (۱-۲) : نمونه‌ای از دستگاه تزریق فوم
- ۹ شکل (۱-۳) : نمایی از قالب نیمه پائینی و بالایی دیسک ترمز پژو
- ۱۳ شکل (۱-۴) : پوشش‌دهی (سمت چپ) و قالب‌گیری (سمت راست) در روش LFC
- ۱۴ شکل (۱-۵) : ریخته‌گری در روش LFC
- ۱۷ فصل دوم : مروری بر منابع
- ۱۸ شکل (۲-۱) : عیب کربنی ورقه ای
- ۱۹ شکل (۲-۲) : سمت راست عیب کربن براق جدا شده از سطح قطعه، سمت چپ کربن براق چسبیده به قطعه
- ۱۹ شکل (۲-۳) : دو نمونه از عیوب ناشی از چین خوردگی در سطوح قطعات ریخته‌گری
- ۲۰ شکل (۲-۴) : سمت راست عیب سطحی تاول مانند و در سمت چپ سطوح آبله‌گون
- ۲۱ شکل (۲-۵) : شماتیکی از حذف مواد حاصل از تجزیه فوم و ورود آنها به داخل ماسه
- ۲۲ شکل (۲-۶) : مکانیزم زنجیری واکنش‌های قابل انجام در فصل مشترک چسب و فلز در دمای ذوب ریزی در فرآیند ریخته‌گری با ماسه تر
- ۲۲ شکل (۲-۷) : چین خوردگی‌های حاصل از تجمع لایه‌های کربنی
- ۲۳ شکل (۲-۸) : مکانیزم ایجاد سطوح آبله‌گون در قطعات ریخته‌گری شده با ماسه تر
- ۲۴ شکل (۲-۹) : لایه کربنی محبوس و منجمد شده به طول $6/35$ میلیمتر ، بین دو جریان فلز
- ۳۱ شکل (۲-۱۰) : تاثیر چگالی و وزن مولکولی فوم روی زمان پرشدن
- ۳۱ شکل (۲-۱۱) : روش مورد استفاده برای بررسی مکانیزم تخریب فوم
- ۳۲ شکل (۲-۱۲) : ساختار دانه‌ها در پلیمر الف) ساختار اولیه دانه ب) ساختار در 115°C نشانگر فروریختگی سلول‌های فوم ج) دانه‌های ذوب شده در 160°C
- ۳۴ شکل (۲-۱۳) : طول فضای پر شده با گاز در مقابل جبهه جریان مذاب، فوم PMMA (سمت راست) و فوم EPS (سمت چپ)

- شکل (۲-۱۴) : تغییرات حجم گازهای ایجاد شده به هنگام تجزیه پلیمر بر حسب
 ۳۵ تغییرات درجه
- شکل (۲-۱۵) : منحنی مسافت طی شده توسط فلز مذاب در داخل فوم؛ فوم
 ۳۶ EPS (راست)، فوم PMMA (چپ)
- شکل (۲-۱۶) : عوامل کنترل کننده عیوب ریخته‌گری با مدل‌های از بین رونده
 ۳۸
- شکل (۲-۱۷) : ارتباط قابلیت نفوذ گاز بر حسب عدد بومه و تعداد لایه‌ها برای پوشان با
 عبوردهی گاز بالا
 ۳۹
- فصل سوم : روش انجام آزمایش‌ها**
 ۵۰
- شکل (۳-۱) : سیستم راهگامی از پایین در پژوهش حاضر
 ۵۳
- شکل (۳-۲) : سیستم راهگامی از بالا در پژوهش حاضر
 ۵۳
- شکل (۳-۳) : سیستم راهگامی از پهلو در پژوهش حاضر
 ۵۴
- شکل (۳-۴) : شماتیکی از طراحی درجه در پژوهش حاضر
 ۵۴
- شکل (۳-۵) : شماتیک طرح اندازه‌گیری حجم مذاب و فاصله گازی توسط توری فلزی در
 فرآیند LFC
 ۵۵
- شکل (۳-۶) : برش فوم و مونتاژ مدل فومی (چپ)، چسباندن ورقه‌های میکا (راست)
 ۵۷
- شکل (۳-۷) : نصب مدل فومی روی صفحه‌ی شیشه‌ای (چپ)، آب بندی آن (راست).
 ۵۷
- شکل (۳-۸) : مراحل پوشان‌دهی و خشک کردن مدل : پوشان‌دهی (چپ)، مدل آماده
 برای نصب در درجه (راست)
 ۵۸
- شکل (۳-۹) : نصب در درجه (چپ)، اتصال راهگامی (راست).
 ۵۹
- شکل (۳-۱۰) : مراحل قالب‌گیری : قالب‌گیری با ماسه بدون چسب (چپ)، قالب‌گیری با
 روش CO₂ (راست).
 ۵۹
- شکل (۳-۱۱) : نمایی از مراحل ریخته‌گری و فیلم‌برداری
 ۶۱
- شکل (۳-۱۲) : یک فریم از فیلم تهیه شده از مراحل بارریزی
 ۶۱
- شکل (۳-۱۳) : دستگاه x-ray , مدل Mu 2000.
 ۶۴
- شکل (۳-۱۴) : انواع عیوب مورد بررسی در این تحقیق
 ۶۴
- شکل (۳-۱۵) : یک فریم از فیلم تهیه شده از مراحل بارریزی
 ۶۸
- شکل (۳-۱۶) : شمایی از مراحل پروب‌گذاری : قالب نمونه (الف و ب)، قطعه دیسک پژو
 (ج)، دستگاه ثبت زمان پروب‌ها (د)
 ۷۰

- ۷۱ فصل چهارم : نتایج و بحث
- ۷۳ شکل (۴-۱) : نمونه‌هایی از عیوب ماسه سوزی در برخی قطعات ریخته‌گری : الف) نمونه.
ب) مقطعی از نمونه
- ۷۵ شکل (۴-۲) : نحوه تاثیر متغیرهای مختلف بر تابع S/N مربوط به عیب ماسه‌سوزی در سطوح مختلف
- ۷۶ شکل (۴-۳) : نمونه‌هایی از عیوب کربنی سطحی در برخی قطعات ریخته‌گری
- ۷۷ شکل (۴-۴) : نحوه تاثیر متغیرهای مختلف بر تابع S/N مربوط به عیوب کربنی در سطوح مختلف
- ۷۹ شکل (۴-۵) : نمونه‌ای از عیب حفره‌های سطحی در یکی از قطعات ریخته‌گری شده.
- ۸۰ شکل (۴-۶) : نحوه تاثیر متغیرهای مختلف بر تابع S/N مربوط به عیوب حفره‌های سطحی در سطوح
- ۸۲ شکل (۴-۷) : نمونه‌ای از عیوب حفره‌های داخلی ایجاد شده در قطعات ریخته‌گری شده؛
الف, ب: آزمایش ۵ و ج, د: آزمایش ۷
- ۸۴ شکل (۴-۸) : نحوه تاثیر متغیرهای مختلف بر تابع S/N مربوط به عیوب حفره‌های داخلی در سطوح مختلف
- ۸۷ شکل (۴-۹) : نحوه تاثیر متغیرهای مختلف بر تابع S/N مربوط به کل چهار عیب با توجه به تابع اثرات اصلی
- ۸۸ شکل (۴-۱۰) : زمان شروع و پایان پر شدن قطعه صفحه‌ای (بدون سیستم راهگامی)،
فریم‌های بدست آمده از فتوگراف آزمایش‌ها (فریم‌های بالا: آزمایش ۲ تکرار اول).
- ۹۰ شکل (۴-۱۱) : نحوه تاثیر متغیرهای مختلف بر تابع S/N مربوط زمان پر شدن قالب
- ۹۱ شکل (۴-۱۲) : درصد پر نشدن قطعه صفحه‌ای (بدون سیستم راهگامی)، فریم‌های
بدست آمده از فتوگراف آزمایش‌ها؛ آزمایش ۵ (چپ)، آزمایش ۷ (راست).
- ۹۳ شکل (۴-۱۳) : نحوه تاثیر متغیرهای مختلف بر تابع S/N مربوط درصد پر شدن قالب
- ۹۵ شکل (۴-۱۴) : تاثیر تعداد دفعات فروبری مدل در دوغاب پوشان بر ضخامت پوشان.
- ۹۶ شکل (۴-۱۵) : مقایسه فتوگراف روند پر شدن قالب با محل قرارگیری راهباره از بالا در
فرآیند LFC الف) آزمایش ۱, ب) آزمایش ۶, ج) آزمایش ۸
- ۹۸ شکل (۴-۱۶) : مقایسه فتوگراف روند پر شدن قالب با محل قرارگیری راهباره از پهلو در
فرآیند LFC. الف) آزمایش ۳, ب) آزمایش ۵, ج) آزمایش ۷

- شکل (۴-۱۷) : مقایسه فتوگراف روند پر شدن قالب با محل قرارگیری راهباره از پایین
در فرآیند LFC الف) آزمایش ۲, ب) آزمایش ۴, ج) آزمایش ۹ ۱۰۰
- شکل (۴-۱۸) : مقایسه بین نتایج ریخته‌گری معمولی (روش CO₂) و LFC با محل
قرارگیری راهباره از بالا توسط روش فتوگرافی. الف) ریخته‌گری معمولی, ب) ریخته‌گری
LFC ۱۰۴
- شکل (۴-۱۹) : مقایسه بین نتایج ریخته‌گری معمولی (روش CO₂) و LFC با محل
قرارگیری راهباره از پهلو توسط روش فتوگرافی. الف) ریخته‌گری معمولی, ب) ریخته‌گری
LFC ۱۰۵
- شکل (۴-۲۰) : مقایسه بین نتایج ریخته‌گری معمولی (روش CO₂) و LFC با محل
قرارگیری راهباره از پایین توسط روش فتوگرافی. الف) ریخته‌گری معمولی, ب) ریخته‌گری
LFC ۱۰۶
- شکل (۴-۲۱) : زمان و مکان پرآب‌ها حاصل از نتایج دستگاه زمان‌سنج ۱۰۸
- شکل (۴-۲۲) : زمان و مکان پرآب‌ها حاصل از نتایج فتوگرافی ۱۰۹

فهرست جداول

- ۱۷ فصل دوم : مروری بر منابع
- ۲۹ جدول (۲-۱) : زمان پرشدن در ریخته‌گری با فلزات مختلف
- ۳۳ جدول (۲-۲) : خصوصیات تخریب فوم‌های EPS و PMMA
- ۴۰ جدول (۲-۳) : ترکیبات موثر در حذف عیوب کربنی
- ۴۰ جدول (۲-۴) : میزان تاثیر برخی از اکسیدها بر روی عیوب کربنی
- ۴۱ جدول (۲-۵) : اثرات افزودنی‌ها بر روی استحکام قطعات
- ۴۲ جدول (۲-۶) : اثرات خارج کردن گازهای هیدروکربنی روی عیوب کربن براق و چین‌خوردگی
- ۴۴ جدول (۲-۷) : تاثیر افزایش دما بر روی دو عیب کربن براق و چین‌خوردگی
- ۴۵ جدول (۲-۸) : اثرات مدت زمان ذوب‌ریزی روی عیوب کربن براق و چین‌خوردگی
- ۵۰ فصل سوم : روش انجام آزمایش‌ها
- ۶۰ جدول (۳-۱) : ترکیب شیمیایی چدن خاکستری مورد استفاده
- ۶۵ جدول (۳-۲) : متغیرها و سطوح پیشنهادی برای هر متغیر
- ۶۶ جدول (۳-۳) : آرایه [۹×۹] ارائه شده توسط روش تاگوجی برای بررسی عیوب فرآیند
- ۶۷ جدول (۳-۴) : آزمایش‌های انجام شده طبق روش تاگوجی و مقدار متغیرهای هر کدام
- ۶۸ جدول (۳-۵) : پارامترهای روش ریخته‌گری معمولی و LFC
- ۶۹ جدول (۳-۶) : پارامترها برای انجام آزمایش پروب‌گذاری
- ۷۱ فصل چهارم : نتایج و بحث
- ۷۴ جدول (۴-۱) : نتایج حاصل از بررسی عیب ماسه‌سوزی در ۹ آزمایش، با دو بار تکرار
- ۷۵ جدول (۴-۲) : تابع اثرات اصلی محاسبه شده برای چهار متغیر در سطوح مورد آزمایش با استفاده از روش S/N
- ۷۵ جدول (۴-۳) : مقدار بهینه چهار متغیر مورد مطالعه بمنظور کاهش عیب ماسه‌سوزی
- ۷۷ جدول (۴-۴) : نتایج حاصل از بررسی عیوب کربنی روی سطح قطعات
- ۷۷ جدول (۴-۵) : تابع اثرات اصلی محاسبه شده برای چهار متغیر در سطوح مورد آزمایش با استفاده از روش S/N
- ۷۸ جدول (۴-۶) : مقدار بهینه چهار متغیر مورد مطالعه بمنظور کاهش عیوب کربنی روی

سطح قطعات

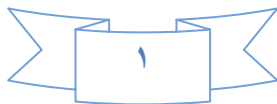
- ۷۹ جدول (۴-۷): نتایج حاصل از بررسی عیوب حفره‌های سطحی قطعات.
- ۸۰ جدول (۴-۸): تابع اثرات اصلی محاسبه شده برای چهار متغیر در سطوح مورد آزمایش با استفاده از روش S/N
- ۸۱ جدول (۴-۹): مقدار بهینه چهار متغیر مورد مطالعه بمنظور کاهش عیوب حفره‌های سطحی قطعات
- ۸۳ جدول (۴-۱۰): نتایج حاصل از بررسی عیوب حفره‌های داخلی
- ۸۳ جدول (۴-۱۱): تابع اثرات اصلی محاسبه شده برای چهار متغیر در سطوح مورد آزمایش با استفاده از روش S/N
- ۸۴ جدول (۴-۱۲): مقدار بهینه چهار متغیر مورد مطالعه بمنظور کاهش عیوب حفره‌های داخلی
- ۸۶ جدول (۴-۱۳): نتایج حاصل از بررسی تمام عیوب با استفاده از مقدار وزن تخصیص یافته برای هر متغیر
- ۸۶ جدول (۴-۱۴): تابع اثرات اصلی محاسبه شده برای چهار متغیر در سطوح مورد آزمایش با استفاده از روش S/N
- ۸۷ جدول (۴-۱۵): مقدار بهینه چهار متغیر مورد مطالعه بمنظور کاهش هر چهار عیب ریخته‌گری با مدل‌های از بین رونده
- ۸۹ جدول (۴-۱۶): زمان پر شدن قطعه صفحه‌ای (بدون سیستم راهگامی) نتایج حاصل از فتوگراف آزمایش‌ها
- ۸۹ جدول (۴-۱۷): تابع اثرات اصلی محاسبه شده برای چهار متغیر در سطوح مورد آزمایش با استفاده از روش S/N
- ۹۰ جدول (۴-۱۸): مقدار بهینه چهار متغیر مورد مطالعه بمنظور کاهش زمان پر شدن قالب
- ۹۲ جدول (۴-۱۹): درصد پر نشدن قطعه صفحه‌ای حاصل از نتایج فتوگراف آزمایش‌ها
- ۹۲ جدول (۴-۲۰): تابع اثرات اصلی محاسبه شده برای چهار متغیر در سطوح مورد آزمایش با استفاده از روش S/N
- ۹۳ جدول (۴-۲۱): مقدار بهینه چهار متغیر مورد مطالعه بمنظور کاهش درصد پر نشدن قالب
- ۱۱۰ **فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات**
- ۱۱۱ جدول (۵-۱): مقادیر بهینه چهار متغیر مورد مطالعه بمنظور کاهش عیوب فرآیند ریخته‌گری با مدل‌های از بین رونده

Abstract

The effect of different parameters on defect formation in lost foam casting process was investigated. For this purpose, experiments were designed by Taguchi method. In order to verify the obtained results the casting experiment was conducted in a transparent mold and the filling procedure was recorded by a digital camera. The obtained results were analyzed by Taguchi method and the optimum conditions for reduction of sand burning, carbon defects, surface and internal holes were obtained. Finally an optimal condition for simultaneous reduction of all four parameters was proposed. By the study of filling time and amount, the optimum condition was obtained. Furthermore, a good agreement was found between the results of photography and probe experiments. Comparison between the results of experiments with different runner location (top, bottom, side) showed that the filling time in LFC process is more than conventional casting of grey iron. In LFC and conventional casting, the filling time of top, side and bottom increases respectively.

فصل اول

مقدمه



فصل دوم

مروری بر منابع

فصل سوم

آزمایشات

فصل چهارم

نتایج و بحث

فصل پنجم

نتیجه گیری