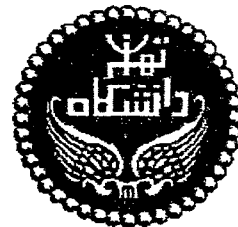
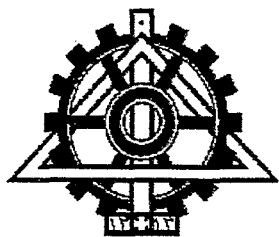


اسکن شد
تاریخ
ایرانور

الله أكبر

۰۵۲۵۹

~~XXXXXXXXXX~~



دانشگاه تهران
دانشکده فنی

۱۳۸۲ / ۷ / ۱۷

عنوان:

بررسی برخی از پارامترهای موثر بر ساخت ماهیچه های سرامیکی
مورد استفاده در ریخته گری پره های توربین

نگارش:

امیر سیف الدینی

آراء اطلاعات آژانس علمی ایران
تمهید بر آن

استاد راهنما: دکتر احمد علی آماده

استاد مشاور: دکتر علی محمد هادیان

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی متالورژی و مواد

گرایش شناسایی و انتخاب مواد

شهریور ۱۳۸۴

۰۴۳۹



تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب امیر سیدالستین ... تأیید می کنم که مطالب مندرج در این بیان نامه
رساله
حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این
نوشته از آنها استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این بیان نامه
رساله
قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.
کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشکده فنی دانشگاه تهران
می باشد.

۱۳۸۲ / ۷ / ۱۷

نام و نام خانوادگی دانشجو: امیر سیدالستین

امضای دانشجو:



بنام خدا
دانشگاه تهران

دانشکده فنی

گروه آموزشی متالورژی و مواد

گواهی دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

هیات داوران پایان نامه کارشناسی ارشد آقای: امیر سیف الدینی به شماره دانشجویی: ۸۱۰۷۸۱۰۰۹ در رشته مهندسی متالورژی و مواد گرایش: شناسایی و انتخاب مواد فلزی

با عنوان: بررسی برخی از پارامترهای موثر بر ساخت ماهیچه های سرامیکی مورد استفاده در ریخته گری پره های توربین

۱۷ / ۷ / ۱۳۸۲

را در تاریخ ۱۳۸۴/۶/۲۳

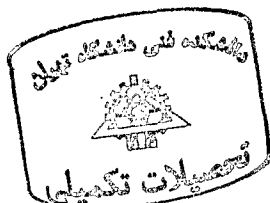
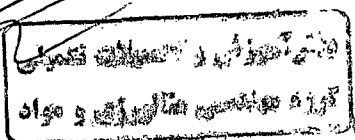
به عدد به حروف

با نمره نهایی: ۲۰ نسبت تمام

و درجه: عالی ارزیابی نمود.

ردیف	مشخصات هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه یا موسسه	امضاء
۱	استاد راهنما استاد راهنمای دوم (حسب مورد):	دکتر احمد علی آماده	دانشیار	دانشگاه تهران	
۲	استاد مشاور	دکتر علی محمد هادیان	دانشیار	دانشگاه تهران	
۳	استاد مدعو (یا استاد مشاور دوم)	دکتر حسین عبدی زاده	استاد یار	دانشگاه تهران	
۴	استاد مدعو	دکتر رسول صراف ماموری	استاد یار	دانشگاه تربیت مدرس	
۵	نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی گروه آموزشی:	دکتر محمود حیدر زاده سهی	دانشیار	دانشگاه تهران	

تذکر: این برگه پس از تکمیل توسط هیات داوران در نخستین صفحه پایان نامه درج می گردد.



۷۵۵۸۴

چکیده

ماهیچه های سرامیکی مورد استفاده در ریخته گری دقیق پره های توربین عمدتاً از مخلوط یک پودر سرامیکی و یک بایندر آلی (چسب) ساخته می شوند. در تحقیق حاضر مخلوط سیلیس آمورف و زیرکن (با نسبت ۸۰ به ۲۰ درصد وزنی) بعنوان پودر سرامیکی مورد استفاده قرار گرفته است. پس از مخلوط کردن پودر سرامیکی و بایندر (به نسبت های ۸۵ به ۱۵ درصد وزنی) در درجه حرارت مناسب، نمونه های استاندارد به روش قالب گیری تزریقی^۱ تهیه شدند. نمونه های تهیه شده پس از عملیات بایندر زدایی^۲ در درجه حرارت و زمانهای مختلف زینتر شدند. استحکام خمشی، درصد انقباض، تخلخل و دانسیته نمونه های زینتر شده در درجه حرارت های ۱۰۵۰، ۱۱۰۰، ۱۱۲۰، ۱۱۵۰ و ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد و مدت زمان زینترینگ ۳ و ۴ و ۵ ساعت اندازه گیری شدند. برای آنالیز فازی از پراش اشعه ایکس (XRD) و آنالیز ساختاری از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) استفاده گردید. پس از تعیین شرایط بهینه زینترینگ، تاثیر زیرکن بر خواص ماهیچه های سرامیکی (فازهای کریستالی تشکیل شده، درصد انقباض، دانسیته و استحکام خمشی) بررسی و ترکیب بهینه ماهیچه های پایه سیلیسی (سیلیسی- زیرکنی) با توجه به خواص مورد نیاز تعیین شده است.

¹ Injection molding

² debinding

من له يشكر المخلوق له يشكر الخالق

تقدیر و تشکر

خدای را سپاس می گویم که بر من منت نهاد و توفیق داد تا بتوانم ماحصل آنچه را که به لطفش در این چند سال در محضر اساتید بزرگوار و با تلاش بسیار آموختم در این مجموعه به رشته تحریر در آورم و آنرا به عنوان برگ پایانی بر این مقطع تحصیلی خود قرار دهم.

در اینجا بر خود لازم می دانم از زحمات فراوان و هدایت های ارزنده استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر آماده و راهنمایی های استاد مشاور گرامی جناب آقای دکتر هادیان کمال تشکر را بنمایم. از خانواده بزرگوارم که همیشه هادی و حامی من در کلیه مراحل زندگی بوده اند از صمیم قلب ممنون و سپاسگزارم.

از مسئولین و دست اندرکاران پژوهشکده علوم و فناوری مکانیک، بویژه جناب آقای مهندس احسان رئیسی و آقای مهندس داریوش گودرزی و آقای مهندس محمد حسین گودرزی بخاطر کمک ها و زحماتشان تشکر می نمایم. در پایان نیز از تمامی دوستانی که در این دوره همراه من بوده اند و به هر نحوی یاریم کرده اند قدر دانی می نمایم.

امیر سیف الدینی

تابستان هشتاد و چهار

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۴	فصل دوم: مروری بر منابع
۵	۱-۲- خواص عمومی ماهیچه های سرامیکی
۵	۱-۱-۲- دیرگذازی
۷	۲-۱-۲- پایداری شیمیایی در برابر مذاب
۷	۲-۱-۲- ۳ مقاومت در برابر شوک حرارتی
۹	۲-۱-۲- ۴ استحکام
۱۰	۲-۲- روشهای شکل دهی ماهیچه های سرامیکی
۱۰	۱-۲-۲- ریخته گری تعلیقی
۱۰	۲-۲-۲- فرآیند قالبگیری تزریقی
۱۸	۲-۳- مواد مورد استفاده در ساخت ماهیچه های سرامیکی
۱۸	۱-۳-۲- پودر سرامیکی و مشخصات آن
۱۸	۲-۱-۳-۲- اثر توزیع اندازه ذرات
۲۰	۲-۱-۳-۲- اثر شکل ذرات
۲۱	۲-۱-۳-۲- ۳- زبری سطح ذرات
۲۲	۲-۴- انواع ماهیچه های سرامیکی
۲۳	۱-۴-۲- ماهیچه های سرامیکی پایه آلومینا
۲۳	۲-۴-۲- ماهیچه های سرامیکی پایه سیلیسی
۲۵	۳-۴-۲- خصوصیات ماهیچه های پایه سیلیسی

۲۵	..... کریستالیزاسیون-۱-۳-۴-۲
۲۶	..... استحکام ماهیچه های پایه سیلیسی-۲-۳-۴-۲
۲۷	..... بایندر آلی و مشخصات آن-۵-۲
۲۸	..... اختلاط پودر سرامیکی - بایندر آلی-۶-۲
۲۹	..... فرایند های پس از شکل دهی-۷-۲
۲۹	..... ۱-۷-۲- فرآیند بایندر زدایی
۳۱	..... ۲-۷-۲- عوامل موثر بر بایندر زدایی
۳۱	..... ۱-۲-۷-۲- اثر ضخامت مقطع
۳۲	..... ۲-۲-۷-۲- اثر اندازه پودر سرامیکی
۳۲	..... ۳-۲-۷-۲- سرعت گرمایش
۳۲	..... ۴-۲-۷-۲- تمسفر بایندر زدایی
۳۳	..... ۵-۲-۷-۲- استفاده از بستر پودر
۳۳	..... ۳-۷-۲- زینترینگ
۳۴	..... ۱-۳-۷-۲- فرایند تف جوشی بدون فاز مایع
۳۴	..... ۱-۱-۳-۷-۲- تف جوشی به کمک جریان ویسکوز
۳۵	..... ۲-۱-۳-۷-۲- تف جوشی بدون جریان ویسکوز
۳۷	..... ۲-۳-۷-۲- فرایند تف جوشی در حضور فاز مایع
۳۸	..... ۳-۳-۷-۲- عوامل موثر در فرایند تف جوشی
۳۹	..... ۴-۷-۲- انقباض زینترینگ

.....	لیچینگ ماهیچه‌های سرامیکی	۴۳
.....	مکانیزم لیچینگ	۴۵
.....	فصل سوم: مراحل تحقیق	۴۷
.....	پودر سرامیکی	۴۸
.....	توزیع دانه بندی و درصد ماده جامد	۵۰
.....	بایندر آلی	۵۰
.....	آماده سازی مخلوط پودر سرامیکی-بایندرآلی	۵۱
.....	فرایند تزریق	۵۱
.....	فرایند بایندر زدایی و زینترینگ	۵۳
.....	استحکام خمشی	۵۴
.....	آنالیز پراش اشعه ایکس	۵۵
.....	میکروسکوپ الکترونی روبشی	۵۵
.....	دانسیته و تخلخل	۵۵
.....	فصل چهارم: نتایج و بحث	۵۷
.....	برسی اثر درجه حرارت زینترینگ	۵۸
.....	آنالیز فازی	۵۸
.....	تاثیر درجه حرارت زینترینگ بر تخلخل ظاهری	۶۲

۳-۱-۴- تاثیر درجه حرارت زینترینگ بر دانسیته ماهیچه ها	۶۳
۴-۱-۴- تاثیر درجه حرارت زینترینگ بر استحکام و درصد انقباض ماهیچه های سرامیکی	۶۷
۲-۴- بررسی اثر زمان زینترینگ بر خواص ماهیچه ها	۷۹
۳-۴- تاثیر زیرکن بر خواص ماهیچه های سرامیکی	۹۱
۱-۳-۴- تأثیر زیرکن روی استحکام خمشی	۹۱
۲-۳-۴- تأثیر مقدار زیرکن بر درصد انقباض و دانسیته ماهیچه های سرامیکی	۹۴
فصل پنجم: نتیجه گیری	۹۶
۱-۵- نتیجه گیری	۹۷
منابع مورد استفاده	۱۰۰

چکیده انگلیسی

فهرست جداول

عنوان

صفحه

-
- جدول ۲-۱- نقطه ذوب اکسیدهای مختلف سرامیکی..... ۶
- جدول ۲-۲- اثر توزیع اندازه ذرات روی حداکثر دانسیته تراکم ذرات کروی شکل..... ۱۹
- جدول ۲-۳- اثر شکل ذره بر روی حداکثر تراکم در توزیع اتفاقی ذرات..... ۲۰
- جدول ۲-۴- اجزاء سیستم های بایندری مورد استفاده در قالبگیری تزریقی..... ۲۸
- جدول ۲-۵- دمای تبدیل و تغییرات حجمی فازهای سیلیس..... ۴۱
- جدول ۲-۶- محلولهای مورد استفاده و مشخصات تکنیکی روش نفوذ دهی..... ۴۲
- جدول ۳-۱- آنالیز شیمیایی پودرهای سیلیس آمورف و زیرکن مصرفی..... ۴۸
- جدول ۳-۲- مشخصات فیزیکی سیلیس آمورف و زیرکن..... ۴۸
- جدول ۳-۳- توزیع دانه بندی پودرهای سرامیکی مورد استفاده..... ۵۰
- جدول ۳-۴- بایندر مورد استفاده..... ۵۱
- جدول ۳-۵- شرایط تزریق نمونه های استاندارد..... ۵۲

فهرست شکلها

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۲- تغییرات ضریب انبساط حرارتی چند ماده سرامیکی نسبت به دما ۸
- شکل ۲-۲- تغییر ضریب انبساط حرارتی فازهای مختلف سیلیس ۹
- شکل ۳-۲- قالب گچی برای شکل دهی فنجان به روش ریخته گری تعلیقی ۱۱
- شکل ۴-۲- قطعات راهنمای نخ مورد استفاده در صنعت نساجی ۱۲
- شکل ۵-۲- ماهیچه های سرامیکی مورد استفاده در ریخته گری دقیق پره های توربین ۱۲
- شکل ۶-۲- انواع نازل های سرامیکی ساخته شده به روش قالبگیری تزریقی ۱۲
- شکل ۷-۲- عوامل مؤثر در رسیدن به قطعه ای با کیفیت بالا ۱۳
- شکل ۸-۲- نمای شماتیک دو نوع ماشین قالبگیری تزریقی ۱۵
- شکل ۹-۲- نمای شماتیک تجهیزات قالبگیری تزریقی ۱۶
- شکل ۱۰-۲- نمودار کنترل کیفی و مراحل ساخت ماهیچه های سرامیکی ۱۷
- شکل ۱۱-۲- اثر شکل پودری روی توزیع بایندر و نسبت حجم بایندر به حجم حفره ۲۱
- شکل ۱۲-۲- اثر سطح ذرات پودر بر روی دانسیته تراکم ۲۲
- شکل ۱۳-۲- مراحل بایندرزدایی بایندر با وزن مولکولی کم ۳۱
- شکل ۱۴-۲- زینترینگ به کمک جریان ویسکوز ۳۵
- شکل ۱۵-۲- مراحل زینترینگ در حالت جامد بدون کمک جریان ویسکوز ۳۶
- شکل ۱۶-۲- تفت جوشی در حضور فاز مایع ۳۸
- شکل ۱۷-۲- میزان انقباض نمونه های نفوذ داده نشده و نفوذ داده شده با محلول های مختلف ۴۳
- شکل ۱۸-۲- ماهیچه تخریب شده در سطح مشترک ماهیچه / محلول ۴۶
- شکل ۳- ۱- الگوی پراش اشعه ایکس پودر های مصرفی ۴۹

فهرست شکلها

صفحه	عنوان
۵۲	شکل ۳-۲- شماتیک قالب و نحوه تزریق
۵۳	شکل ۳-۳- نمودار DTA/TGA بایندر مورد استفاده
۵۴	شکل ۳-۴- نمودار رژیم حرارتی مناسب جهت فرایند بایندر زدایی و زنتیرینگ
۵۹	شکل ۴-۱- آنالیز پراش اشعه ایکس نمونه زینتر شده در درجه حرارت $1050^{\circ}C$
۶۰	شکل ۴-۲- آنالیز پراش اشعه ایکس نمونه زینتر شده در درجه حرارت $1100^{\circ}C$
۶۰	شکل ۴-۳- آنالیز پراش اشعه ایکس نمونه زینتر شده در درجه حرارت $1120^{\circ}C$
۶۱	شکل ۴-۴- آنالیز پراش اشعه ایکس نمونه زینتر شده در درجه حرارت $1150^{\circ}C$
۶۱	شکل ۴-۵- آنالیز پراش اشعه ایکس نمونه زینتر شده در درجه حرارت $1200^{\circ}C$
۶۲	شکل ۴-۶- دیاگرام فازی ZrO_2-SiO_2
۶۳	شکل ۴-۷- تغییرات درصد تخلخل ظاهری نمونه‌ها با تغییر درجه حرارت زینترینگ
۶۴	شکل ۴-۸- تغییرات دانسیته نمونه‌ها با درجه حرارت زینترینگ
	شکل ۴-۹- الگوی پراش اشعه ایکس نمونه های زینتر شده در $1050^{\circ}C$ ، $1100^{\circ}C$ ، $1120^{\circ}C$ ، $1150^{\circ}C$
۶۶	و $1200^{\circ}C$ درجه سانتی گراد به مدت ۴ ساعت
۶۸	شکل ۴-۱۰- تغییرات استحکام و انقباض بر حسب درجه حرارت زینترینگ
	شکل ۴-۱۱- رپر ساختار ماهیچه سرامیکی زینتر شده در دمای $1200^{\circ}C$ به مدت ۴ ساعت، در بزرگنمایی ۱۰۰۰
۶۹	

فهرست شکلها

صفحه

عنوان

- شکل ۴-۱۲- ریز ساختار نمونه زینتر شده در دمای $1050^{\circ}C$ به مدت ۴ ساعت ۷۰
- شکل ۴-۱۳- ریز ساختار نمونه زینتر شده در دمای $1100^{\circ}C$ به مدت ۴ ساعت ۷۱
- شکل ۴-۱۴- ریز ساختار نمونه زینتر شده در دمای $1120^{\circ}C$ به مدت ۴ ساعت ۷۱
- شکل ۴-۱۵- ریز ساختار نمونه زینتر شده در دمای $1150^{\circ}C$ به مدت ۴ ساعت ۷۲
- شکل ۴-۱۶- ریز ساختار نمونه زینتر شده در دمای $1200^{\circ}C$ به مدت ۴ ساعت ۷۲
- شکل ۴-۱۷- ریز ساختار ماهیچه سرامیکی زینتر شده در $1120^{\circ}C$ و مدت زمان ۴ ساعت ۷۳
- شکل ۴-۱۸- آنالیز نقطه ای فاز شماره ۹ در شکل ۴-۱۷ ۷۴
- شکل ۴-۱۹- آنالیز نقطه ای فاز شماره ۱۰ در شکل ۴-۱۷ ۷۴
- شکل ۴-۲۰- ریز ساختار نمونه زینتر شده در $1200^{\circ}C$ بزرگنمایی ۴۰۰ ۷۵
- شکل ۴-۲۱- ریز ساختار منطقه مشخص شده با حرف A در شکل ۴-۲۰ ۷۶
- شکل ۴-۲۲- آنالیز نقطه ای ناحیه مشخص شده با شماره ۳ در شکل ۴-۲۱ ۷۶
- شکل ۴-۲۳- آنالیز نقطه ای ناحیه مشخص شده با شماره ۴ در شکل ۴-۲۱ ۷۷
- شکل ۴-۲۴- آنالیز نقطه ای ناحیه مشخص شده با شماره ۵ در شکل ۴-۲۱ ۷۷
- شکل ۴-۲۵- ریز ساختار پولیش و اچ شده نمونه زینتر شده در $1200^{\circ}C$ به مدت ۴ ساعت (در بزرگنمایی ۵۰۰۰) ۷۸
- شکل ۴-۲۶- آنالیز نقطه ای ذره مشخص شده با حرف C در شکل ۴-۲۵ ۷۸
- شکل ۴-۲۷- الگوی پراش اشعه ایکس نمونه زینتر شده به مدت ۳ ساعت در $1100^{\circ}C$ ۷۹

فهرست شکلها

صفحه

عنوان

- شکل ۲۸-۴- شکل ۲۸-۴ الگوی پراش اشعه ایکس نمونه‌زینتر شده در $1100^{\circ}C$ ۸۰
- شکل ۲۹-۴- الگوی پراش اشعه ایکس نمونه‌زینتر شده به مدت ۵ ساعت در $1100^{\circ}C$ ۸۰
- شکل ۳۰-۴- تغییرات استحکام و درصد انقباض نمونه‌های زینتر شده در درجه حرارت $1100^{\circ}C$ ، به مدت ۳، ۴ و ۵ ساعت ۸۱
- شکل ۳۱-۴- تغییرات تخلخل ظاهری نمونه‌های زینتر شده در درجه حرارت $1100^{\circ}C$ به مدت ۳، ۴ و ۵ ساعت ۸۲
- شکل ۳۲-۴- ریز ساختار نمونه های زینتر شده در دمای $1100^{\circ}C$ و مدت ۳ ساعت ۸۲
- شکل ۳۳-۴- ریز ساختار نمونه های زینتر شده در دمای $1100^{\circ}C$ و مدت ۴ ساعت ۸۳
- شکل ۳۴-۴- ریز ساختار نمونه های زینتر شده در دمای $1100^{\circ}C$ و مدت ۵ ساعت ۸۳
- شکل ۳۵-۴- تغییرات دانسیته بالک نمونه‌های زینتر شده در درجه حرارت $1100^{\circ}C$ ۸۵
- شکل ۳۶-۴- الگوی پراش اشعه ایکس نمونه‌های زینتر شده در $1100^{\circ}C$ ۸۷
- شکل ۳۷-۴- ریز ساختار نمونه زینتر شده در $1150^{\circ}C$ در بزرگنمایی ۵۰۰۰ ۸۹
- شکل ۳۸-۴- آنالیز نقطه ای ناحیه مشخص شده با عدد ۱۲ ۸۹
- شکل ۳۹-۴- ریز ساختار نمونه زینتر شده در $1050^{\circ}C$ به مدت ۴ ساعت ۹۰
- شکل ۴۰-۴- آنالیز نقطه ای ناحیه مشخص شده با عدد ۱ ۹۰
- شکل ۴۱-۴- تغییرات استحکام خمشی ماهیچه‌های سرامیکی را برحسب درصد زیرکن ۹۱
- شکل ۴۲-۴- اسکن خطی ذره سیلیس درمجاورت ذرات زیرکن ۱ ۹۲
- شکل ۴۳-۴- الگوی پراش اشعه ایکس نمونه های حاوی ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد زیرکن زینتر شده در $1100^{\circ}C$ به مدت ۴ ساعت ۹۲