دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

تولید و بررسی خواص راهنمای سوپاپ سیستم سوخت رسانی خودرو به روش متالورژی پودر

دانشجو:
سیدرضا موسوی‌پور

استاد راهنما:
دکتر رسول صراف مأموری

تابستان ۱۳۸۸

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به **مادر** دلسوزم؛

که سرودن از عشق بدون او هدر دادن واژه است و بس.

و تقدیم به **پدر** مهربانم؛

که شنا در اقیانوس وسیع زندگی و پرواز در آسمان نیلگون محبت را به من آموخت.

تشکر و قدردانی:

پس از حمد و ثنای ایزد منان، بر خود لازم می دانم از کلیه کسانی که به نحوی در تهیه، اجرا و تدوین این پایان نامه مرا یاری نمودند، تقدیر و تشکر نمایم.

- ✓ از استاد ارجمند و فرزانه، جناب آقای دکتر رسول صراف ماموری که در طول تحصیل و اجرای مراحل مختلف این پژوهش، اینجانب را از راهنمایی‌ها و مساعدت‌های بی دریغ شان بهره‌مند ساخته‌اند و در کلیه مراحل تحقیق، قدم به قدم و مرحله به مرحله از پروژه پشتیبانی کردند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.
- ✓ از مسئولین و عزیزانی که در مجتمع متالورژی پودر ایران، نهایت همکاری را با انجام این پژوهش داشتند؛ جناب آقای دکتر نجفی، آقای مهندس حسینی، آقای مهندس صدیقی و سرکار خانم مهندس یوسفلی قدردانی می‌نمایم.
- ✓ از دوستان بزرگوار در آزمایشگاه XRD و SEM و جناب آقای مهندس رضایی و آقای مهندس کارگر و همچنین مسئولین آزمایشگاه عمومی بخش مواد، آقای فیروزی و خانم فرهنگیان، قدردانی می‌نمایم.
- ✓ در پایان بر خود لازم می‌دانم از پدر، مادر و خواهر عزیزم که همیشه مشوق و پشتیبان من بوده‌اند و تمامی موفقیت های خود را مدیون زحمات بی دریغ این عزیزان می‌دانم، کمال تشکر و سپاس را داشته باشم.

چکیده

راهنمای سوپاپ، استوانه‌ای توخالی می‌باشد که در سرسیلندر قرار گرفته و سوپاپ از درون حفره آن عبور می‌کند و بر اساس نوع کاربرد، دارای اشکال مختلفی می‌باشد. این قطعه، از سوپاپ پشتیبانی نموده و باعث می‌شود تا سوپاپ با نشیمنگاه خود هم محور باقی بماند. یکی از دلایل استفاده از این قطعه، تعویض آن بجای سرسیلندر در صورت ساییده شدن می‌باشد. بین راهنمای سوپاپ و سوپاپ معمولا فاصله مشخصی وجود دارد تا در اثر انبساط، فضای خالی برای سوپاپ وجود داشته باشد. از طرفی از سایش مستقیم سوپاپ با راهنمای سوپاپ جلوگیری می‌شود.

در این پژوهش از روش متالورژی پودر برای تولید راهنمای سوپاپ کمک گرفته‌شد. در ساخت این قطعه ترکیب ۲٪ کربن، ۴٪ مس، ۰/۵ ٪ قلع، ۰/۱ ٪ فسفر، ۰/۸ ٪ میکرو واکس و ۹۲/۶ ٪ آهن استفاده گردید. پودرهای گرافیت ریز و درشت، برنز، فروفسفر، آهن و میکرو واکس به منظور برآورده ساختن ترکیب مذکور درون مخلوط کن V شکل با یکدیگر مخلوط شده و تحت فشار ۶۰۰ مگاپاسکال فشرده گردیدند. این نمونه در دمای $^{\circ}C$ ۱۰۳۰ و تحت اتمسفر احیایی سینتر شد و آزمایش‌های چگالی، سختی، آنالیز گرمایی، استحکام کششی و شعاعی، ضربه و سایش بر روی آن انجام گرفت.

ریزساختار راهنمای سوپاپ، شامل زمینه پرلیتی، فازهای سخت کاربیدهای آهن و فسفر، گرافیت آزاد بعنوان روانکار جامد، برنز که نقش فاز مایع را بازی می‌کند و تخلخل می‌باشد. چگالی سینتر شده این نمونه ۶/۶۳ گرم بر سانتی متر مکعب بوده و حاوی ۱۱ ٪ تخلخل می‌باشد. میانگین سختی این نمونه ۲۹۵ برینل اندازه‌گیری شد. استحکام کششی نمونه راهنمای سوپاپ، ۴۲۹ MPa بدست آمد و استحکام ضربه میانگین ۸/۳ ژول بر سانتی متر مربع ثبت گردید. استحکام شعاعی آن ۵۹۵ MPa بود و میزان کاهش جرم این نمونه در ۱۰۰۰ سیکل رفت و برگشتی ۴۰ mg اندازه‌گیری شد.

واژگان کلیدی: متالورژی پودر، راهنمای سوپاپ، روانکار جامد، فاز مایع، تخلخل، استحکام شعاعی.

فهرست مطالب ..... **صفحه**

فصل اول: مقدمه..... ۱

فصل دوم: بررسی منابع مطالعاتی ۵

۲-۱- کلیات متالورژی پودر..... ۶

۲-۲- روش‌های تولید پودر آهن..... ۶

۲-۲-۱- روش‌های غیر مرسوم..... ۷

۲-۲-۲- روش اتمیزه کردن با آب ۷

۲-۳- مشخصه‌های پودر آهن..... ۸

۲-۳-۱- خواص شیمیایی..... ۹

۲-۳-۲- اندازه ذره ۹

۲-۳-۳- چگالی پودر و نرخ سیالیت..... ۱۰

۲-۳-۴- تراکم پذیری و چگالی خام ۱۱

۲-۴- مخلوط کردن پودرها..... ۱۲

۲-۵- فشردن ۱۲

۲-۶- سینتر کردن ۱۴

۲-۶-۱- مراحل سینتر کردن..... ۱۴

۲-۶-۲- مکانیزم‌های سینتر کردن ۱۶

۲-۶-۳- آلیاژسازی توسط متالورژی پودر ۱۷

۲-۷- فواید متالورژی پودر و کاربرد آن در صنعت خودرو..... ۲۰

۲-۸- نقش راهنمای سوپاپ در سیستم احتراق داخلی خودرو..... ۲۳

۲-۹- ابعاد و نحوه قرارگیری راهنمای سوپاپ در سرسیلندر..... ۲۷

۲-۱۰- خواص مورد انتظار از راهنمای سوپاپ خودرو..... ۲۹

۲-۱۰-۱- قابلیت هدایت حرارتی..... ۲۹

۲-۱۰-۲- سهولت ماشینکاری..... ۲۹

۲-۱۰-۳- خودروانکاری و مقاومت در برابر سایش ۳۲

۲-۱۰-۴- ترکیب و ریزساختار راهنمای سوپاپ..... ۳۷

۲-۱۱- تاثیر ویژگی پودر اولیه بر خواص نهایی راهنمای سوپاپ..... ۴۷

۲-۱۲- تاثیر توزیع تخلخل بر خواص نهایی راهنمای سوپاپ ۴۸

فصل سوم: فعالیت‌های آزمایشگاهی ۵۱

۳-۱- پودر مصرفی و مشخصات آن..... ۵۲

۳-۲- روش کار..... ۵۳

۳-۲-۱- مخلوط کردن پودرها..... ۵۳

۳-۲-۲- فشردن ۵۵
۳-۲-۳- سینتر کردن ۵۶
۳-۳- روش‌های آزمایش و تجهیزات مورد استفاده ۵۷
۳-۳-۱- دانه‌بندی پودر ۵۸
۳-۳-۲- چگالی ۵۸
۳-۳-۳- سختی و ریزسختی ۵۹
۳-۳-۴- بررسی ریزساختار ۵۹
۳-۳-۵- کشش ۶۰
۳-۳-۶- سایش ۶۰
۳-۳-۷- ضربه ۶۱
۳-۳-۸- آزمایش استحکام شعاعی ۶۱
۳-۳-۹- آنالیز حرارتی ۶۲

فصل چهارم: یافته‌ها و سگالش ۶۳

۴-۱- یافته‌های مربوط به ریزساختار ۶۴
۴-۱-۱- یافته‌های مربوط به متالوگرافی نمونه با گرافیت ریز ۶۴
۴-۱-۲- یافته‌های مربوط به پراش پرتو ایکس نمونه با گرافیت ریز ۶۶
۴-۱-۳- یافته‌های مربوط به میکروسکوپ الکترونی نمونه با گرافیت ریز ۶۶
۴-۱-۴- تاثیر درصد گرافیت درشت بر ریزساختار در دمای ۱۱۲۰ درجه سانتی‌گراد ۶۸
۴-۱-۵- تاثیر درجه حرارت سینتر بر ریزساختار ۷۱
۴-۱-۶- تاثیر استفاده از پودر برنز بجای پودرهای مس و قلع خالص بر روی ریزساختار ۷۳
۴-۱-۷- یافته‌های مربوط به پراش پرتو ایکس نمونه برنزدار ۷۵
۴-۱-۸- یافته‌های میکروسکوپ الکترونی نمونه برنزدار ۷۶
۴-۲- چگالی ۸۰
۴-۲-۱- تاثیر درصد گرافیت درشت بر چگالی خام و نهایی ۸۱
۴-۲-۲- تاثیر درجه حرارت سینتر بر چگالی سینتر شده ۸۳
۴-۲-۳- تاثیر استفاده از پودر برنز بر چگالی سینتر شده ۸۴
۴-۳- سختی ۸۵
۴-۴- آزمایش آنالیز گرمایی ۸۶
۴-۵- آزمایش کشش ۸۷
۴-۵-۱- تاثیر استفاده ازگرافیت درشت بر استحکام کششی ۸۷
۴-۵-۲- تاثیر درجه حرارت سینتر بر استحکام کششی ۸۸
۴-۵-۳- تاثیر استفاده از پودر برنز بر استحکام کششی ۹۰
۴-۶- آزمایش ضربه ۹۱
۴-۶-۱- تاثیر استفاده ازگرافیت درشت بر استحکام ضربه ۹۲
۴-۶-۲- تاثیر درجه حرارت سینتر بر استحکام ضربه ۹۲

۴-۶-۳- تاثیر استفاده از پودر برنز بر استحکام ضربه..... ۹۴
۴-۷- آزمایش استحکام شعاعی..... ۹۴
۴-۷-۱- تاثیر استفاده ازگرافیت درشت بر استحکام شعاعی..... ۹۵
۴-۷-۲- تاثیر درجه حرارت سینتر بر استحکام شعاعی..... ۹۶
۴-۷-۳- تاثیر استفاده از پودر برنز بر استحکام شعاعی..... ۹۷
۴-۸- سایش..... ۹۸
۴-۹- توزیع چگالی و تخلخل در طول نمونه نهایی راهنمای سوپاپ..... ۱۰۰
فصل پنجم: نتیجه‌گیری نهایی و پیشنهادها ۱۰۴
۵-۱- نتیجه‌گیری نهایی..... ۱۰۵
۵-۲- پیشنهادها..... ۱۰۶
منابع ۱۰۶
خلاصه انگلیسی ۱۰۶

شکل ۲-۱- نمای شماتیکی مخلوط‌کن دومخروطه و مخلوط‌کن V [۵] ۱۲
شکل ۲-۲- الگوی سینتر سه کره. a) نقاط تماس اولیه (b رشد گلوگاه (c و (d گردشدن حفره‌ها[۴] ۱۵
شکل ۲-۳- نمایش دو دانه استوانه‌ای سینتر شده به همدیگر [۴] ۱۷
شکل ۲-۴- تغییرات دما هنگام سینتر[۲] ۱۹
شکل ۲-۵- مقایسه دو فرآیند متالورژی پودر و آهنگری [۴۳] ۲۱
شکل ۲-۶- برخی قطعات متالورژی پودری مورد مصرف در اتومبیل [۲] ۲۲
شکل ۲-۷- موقعیت راهنما و نشیمنگاه سوپاپ در سرسیلندر [۱۵] ۲۳
شکل ۲-۸- رنج دمای کاری در موتور [۱۷] ۲۵
شکل ۲-۹- هدایت حرارتی به سرسیلندر توسط راهنمای سوپاپ [۱۷] ۲۶
شکل ۲-۱۰- مقطع عرضی انواع راهنماهای سوپاپ [۱۸] ۲۷
شکل ۲-۱۱- تاثیر میزان فسفر در سهولت ماشینکاری [۲۰] ۳۰
شکل ۲-۱۲- تاثیر میزان کربن در سهولت ماشینکاری [۲۰] ۳۱
شکل ۲-۱۳- مطالعه رفتار سایشی راهنمای سوپاپ [۲۷] ۳۴
شکل ۲-۱۴- ریزساختار راهنمای سوپاپ شامل پرلیت با مناطقی از محلول جامد مس در آهن[۲۱] ۳۹
شکل ۲-۱۵- ریزساختار راهنمای سوپاپ شامل محلول جامد مس در آهن ، شبکه محدود سمنتیت و مناطق کوچکی از پرلیت لایه ای [۲۱] ۳۹
شکل ۲-۱۶- ریزساختار راهنمای سوپاپ های سینترشده با ترکیب آهن-۳٪مس-۱/۵ ٪ گرافیت. نمونه a) آنیل شده b) بدون عملیات حرارتی و c) سولفید شده و سپس آنیل شده[۲۳] ۴۰
شکل ۲-۱۷- ریزساختار راهنمای سوپاپ سینتر شده[۲۴] ۴۲
شکل ۲-۱۸- مقطع عرضی از یک راهنمای سوپاپ CFCC با فیبرهای گرافیتی[۲۷] ۴۲
شکل ۲-۱۹- مقطع متالوگرافی راهنمای سوپاپ سینتر شده با ترکیب Fe-1.5%Mo-1%C(UF4) [۲۶] ۴۴
شکل ۲-۲۰- مقطع راهنمای سوپاپ سینتر شده با ترکیب Fe-1.5%Mo-1%C(UF4)-2%C(KS75) [۲۶] ۴۵
شکل ۲-۲۱- رویت ترک در منطقه مرکزی نمونه [۴۷] ۴۹
شکل ۲-۲۲- رفتار متقابل ذرات در برخورد [۴۷] ۵۰
شکل ۳-۱- مخلوطکن V شکل جهت همگن نمودن پودرها ۵۵
شکل ۳-۲- قالب پرس آزمایشگاهی جهت تهیه نمونه قرصی شکل ۵۵
شکل ۳-۳- پرس آزمایشگاهی ۳۰ تنی ۵۶

شکل ۳-۴- کوره سینتر تسمه نقاله ای ۵۷
شکل ۳-۵- نمودار سیکل حرارتی کوره تسمه نقاله ای ۵۷
شکل ۳-۶- دستگاه طبقه‌بندی لرزان پودر و الک‌های قرار گرفته بر روی آن ۵۸
شکل ۳-۷- شماتیکی از دستگاه سایش رفت و برگشتی ۶۰
شکل ۳-۸- شماتیک آزمایش استحکام شعاعی ۶۲
شکل ۴-۱- ریزساختار نمونه سینترشده $G_{(2)(0)1120}$ در بزرگنمایی ۲۰۰ برابر ۶۵
شکل ۴-۲- دیاگرام فازی آهن-کربن ۶۵
شکل ۴-۳- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه $G_{(2)(0)1120}$ ۶۶
شکل ۴-۴- تصویر میکروسکوپ الکترونی نمونه $G_{(2)(0)1120}$ ۶۷
شکل ۴-۵- آنالیز EDX نقطه ۱ نمونه $G_{(2)(0)1120}$ نشان داده شده در شکل۴-۴ ..... ۶۷
شکل ۴-۶- آنالیز EDX نقطه ۲ نمونه $G_{(2)(0)1120}$ نشان داده شده در شکل۴-۴ ..... ۶۸
شکل ۴-۷- ریزساختار نمونه سینترشده $G_{(0.4)(1.6)1120}$ در بزرگنمایی ۲۰۰ برابر ۶۹
شکل ۴-۸- ریزساختار نمونه سینترشده $G_{(0.5)(1.5)1120}$ در بزرگنمایی ۲۰۰ برابر ۶۹
شکل ۴-۹- ریزساختار نمونه سینتر شده $G_{(0.6)(1.4)1120}$ در بزرگنمایی ۲۰۰ برابر ۷۰
شکل ۴-۱۰- ریزساختار نمونه سینتر شده $G_{(0.4)(1.6)1030}$ در بزرگنمایی ۲۰۰ برابر ۷۱
شکل ۴-۱۱- ریزساختار نمونه سینترشده $G_{(0.4)(1.6)1060}$ در بزرگنمایی ۲۰۰ برابر ۷۱
شکل ۴-۱۲- ریزساختار نمونه سینتر شده $G_{(0.4)(1.6)1090}$ در بزرگنمایی ۲۰۰ برابر ۷۲
شکل ۴-۱۳- ریزساختار نمونه سینترشده $G_{(0.4)(1.6)1120}$ در بزرگنمایی ۲۰۰ برابر ۷۲
شکل ۴-۱۴- ریزساختار نمونه سینترشده $G_{(0.4)(1.6)1030B}$ در بزرگنمایی ۲۰۰ برابر ۷۳
شکل ۴-۱۵- دیاگرام فازی Cu-Sn ۷۴
شکل ۴-۱۶- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه $G_{(0.4)(1.6)1030B}$ تا زاویه ۳۰ درجه ۷۵
شکل ۴-۱۷- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه $G_{(0.4)(1.6)1030B}$ تا زاویه ۵۰ درجه ۷۵
شکل ۴-۱۸- تصویر میکروسکوپ الکترونی نمونه $G_{(0.4)(1.6)1030B}$ ۷۶
شکل ۴-۱۹- آنالیز EDX نقطه ۱ در شکل ۴-۱۸ ..... ۷۷
شکل ۴-۲۰- آنالیز EDX نقطه ۲ در شکل ۴-۱۸ ..... ۷۷
شکل ۴-۲۱- آنالیز EDX نقطه ۳ در شکل ۴-۱۸ ..... ۷۸
شکل ۴-۲۲- آنالیز EDX نقطه ۴ در شکل ۴-۱۸ ..... ۷۸
شکل ۴-۲۳- تاثیرگرافیت درشت بر چگالی خام و سینتر شده در دمای ۱۱۲۰ درجه سانتی‌گراد ۸۷
شکل ۴-۲۴- تاثیر دما بر چگالی خام و سینتر شده ۸۷
شکل ۴-۲۵- تاثیر برنز بر چگالی خام و سینتر شده در دمای ۱۰۳۰ درجه سانتی گراد ۸۷
شکل ۴-۲۶- نتیجه آنالیز گرمایی(DTA) نمونه $G_{(0.4)(1.6)1030B}$ ۸۷
شکل ۴-۲۷- مقایسه تاثیر گرافیت درشت بر استحکام کششی ۸۸
شکل ۴-۲۸- مقایسه تاثیر درجه حرارت بر استحکام کششی ۸۹

شکل ۴-۲۹- مقایسه تاثیر حضور برنز بر استحکام کششی ۹۱
شکل ۴-۳۰- مقایسه استفاده از گرافیت درشت بر استحکام ضربه ۹۲
شکل ۴-۳۱- مقایسه تاثیر درجه حرارت سینتر بر استحکام ضربه ۹۳
شکل ۴-۳۲- مقایسه تاثیر برنز بر استحکام ضربه ۹۴
شکل ۴-۳۳- مقایسه اثر درجه حرارت سینتر بر استحکام شعاعی ۹۶
شکل ۴-۳۴- مقایسه میزان سایش دو نمونه $G_{(2)(0)1120}$ و $G_{(0.4)(1.6)1030B}$ ۹۹
شکل ۴-۳۵- تصویر راهنمای سوپاپ تولید شده پیش از ماشینکاری ۱۰۰
شکل ۴-۳۶- تصویر راهنمای سوپاپ تولید شده پس از ماشینکاری ۱۰۱
شکل ۴-۳۷- برش قطعه راهنمای سوپاپ به سه قسمت ۱۰۱

فهرست جدول‌ها ..... **صفحه**

جدول ۲-۱- خواص مواد سینتر شده از نظر وابستگی یا عدم وابستگی به چگالی ۱۲
جدول ۲-۲- خصوصیات و ریزساختار راهنمای سوپاپ‌های آزمایش شده[۲۱] ۳۸
جدول ۲-۳- ترکیب اجزای موتور احتراق[۲۴] ۴۱
جدول ۲-۴- خواص مواد پیشنهادی برای راهنمای سوپاپ و کلاهک سوپاپ[۲۴] ۴۱
جدول ۳-۱- نوع پودرهای مصرفی و مشخصات آن ها ۵۲
جدول ۳-۲- مشخصات پودر میکروواکس مصرفی ۵۳
جدول ۳-۳- درصد عناصر مورد نیاز جهت ساخت راهنمای سوپاپ ۵۳
جدول ۳-۴- نام‌گذاری و شرایط تهیه نمونه‌های مورد استفاده در این پژوهش ۵۴
جدول ۳-۵- شرایط انجام آزمایش سایش ۲۶۱
جدول ۴-۱- چگالی تئوری اجزا، و درصد آن‌ها در ترکیب ۸۰
جدول ۴-۲- یافته‌های چگالی نمونه‌های سینتر شده ۸۱
جدول ۴-۳- تاثیر گرافیت درشت بر استحکام شعاعی ۹۵
جدول ۴-۴- یافته‌های استحکام شعاعی بدست آمده از نمونه‌ها با متغیر دما ۹۶
جدول ۴-۵- مقایسه اثر استفاده از برنز بر استحکام شعاعی ۹۷
جدول ۴-۶- چگالی و درصد تخلخل سه قسمت راهنمای سوپاپ تولید شده ۱۰۲

فصل اول:

مقدمه

راهنمای سوپاپ، استوانه‌ای توخالی می‌باشد که در سرسیلندر قرار گرفته و سوپاپ از درون آن عبور می‌کند و بر اساس نوع کاربرد، دارای اشکال مختلفی می‌باشد. این قطعه، از سوپاپ پشتیبانی کرده و باعث می‌شود تا سوپاپ با نشیمنگاه خود هم محور باقی بماند. ایفای نقش صحیح سوپاپ و نشیمنگاه، منوط به دقیق و بدون خطا کارکردن راهنمای سوپاپ می‌باشد. بین راهنمای سوپاپ و سوپاپ معمولا فاصله مشخصی قرار دارد. این فاصله بدین علت است که در اثر انبساط فضای خالی برای سوپاپ وجود داشته باشد. از طرفی از سایش مستقیم سوپاپ با راهنمای سوپاپ جلوگیری کرده و می‌تواند توسط روانکار مثلا روغن پر شود.

راهنماهای سوپاپ معمولا توسط پرس نصب می‌شوند و در هنگام نصب باید محور سوراخ سرسیلندر با محور راهنمای سوپاپ در یک راستا باشد. راهنماهای سوپاپ اغلب در دمای محیط نصب می‌شوند اما برای نصب راحت‌تر آن‌ها، از نیتروژن مایع برای سرد کردن راهنمای سوپاپ و انقباض آن استفاده می‌شود. گاهی اوقات سرسیلندر نیز گرم می‌شود. نصب راهنمای سوپاپ باید با دقت کافی همراه باشد تا از تغییر شکل یا بوجود آمدن ترک در آن جلوگیری گردد. برخی از راهنماهای سوپاپ برای بهتر نصب شدن دارای زائده نگهدارنده‌ای در قسمت فوقانی خود می‌باشند.

عملکرد سوپاپ به گونه‌ای است که راهنمای سوپاپ در مسیر سوپاپ حرکت می‌کند و این مهم‌ترین عامل سایش راهنمای سوپاپ می‌باشد. مسلما تعویض راهنمای سوپاپ اقتصادی‌تر و راحت‌تر از تعویض سرسیلندر است. راهنمای سوپاپ نه تنها برای راهنمایی کردن سوپاپ می‌باشد، بلکه وظیفه هدایت گرما از سوپاپ به سرسیلندر را نیز بر عهده دارد. انتقال حرارت سوپاپ به راهنمای سوپاپ، اندکی از طریق تابش و مقداری هم از طریق همرفت بوسیله روغن موجود در حد فاصل بین راهنمای سوپاپ و سوپاپ صورت می‌گیرد. دمای گازهای ناشی از احتراق به اندازه‌ای بالا می‌رود که می‌تواند موجب مشکلاتی گردد و پدیده «گذار گرمایی[1]» را باعث گردد. یکی از وظایف راهنمای سوپاپ، انتقال این گرمای اضافی از سوپاپ به سرسیلندر است تا از سوختن سوپاپ جلوگیری شود.

[1] Over-heating

راهنماهای سوپاپ معمولی که با روانکاری مایع بین سوپاپ و راهنمای سوپاپ کار می‌کنند دارای عمر ۲۰۰۰۰ ساعت می‌باشند. مشکل دیگری که برای راهنمای سوپاپ‌هایی که در دمای بالاتر از ۵۰۰ $^{\circ}C$ کار می‌کنند، این است که روانکاری موجود، چه آزمایشگاهی و چه تجاری، نمی‌تواند این شرایط ترموکسیدی سخت را بدون تشکیل رسوب و کاهش کنترل سایش و اصطکاک تحمل کند. رسوب بیشتر موجب چسبندگی سوپاپ و یا تشکیل ذراتی که سایش خراشان را سرعت می‌بخشند، می‌شود[۲۵].

راهنمای سوپاپ نصب شده، توسط ابزار ریم کننده[1] به قطر داخلی نهایی خود می‌رسد تا بعد از پرس شدن در سرسیلندر، دارای فاصله مناسبی با سوپاپ باشد. به منظور افزودن عمر ابزار ریم کننده، کم کردن زمان پروسه و کاهش انرژی مصرف شده برای انجام این فرآیند، راهنماهای سوپاپ باید دارای قابلیت ماشینکاری مناسبی باشند.

قطعات تولیدی به روش متالورژی پودر اساسا جایگزین قطعات ریختگی چدنی و قطعات ماشین-کاری شده از فولادهای آهنگری‌شده یا شمش‌های فولادی مربع مستطیل شکل و قطعات پتک‌کاری-شده از شمش‌هایی به شکل ورق شده است. قطعات سینتر شده متالورژی پودر در رنج وسیعی قرار دارند و توانایی انتخاب ماده و شکل فراوانی دارند[۱۲]. قطعات متالورژی پودر با تلرانس‌های دقیق و نرخ تولید زیاد و هزینه نسبی کمتر تولید می‌شوند. همگن بودن قطعه تولیدی، کنترل بیشتر شرایط تولید و صرف انرژی کمتر از مزایای این روش می‌باشد.

تلفات کم یا هدر نرفتن فلز، آنچنان که در ماشین‌کاری وجود دارد، باعث می‌شود که این روش بتواند با روش‌های دیگر رقابت کند. همچنین از جنبه کاهش آلودگی ناشی از کارگاه‌های ریخته‌گری، متالورژی پودر شیوه مناسبی برای تولید قطعه می‌باشد. روش تولید بسیاری از قطعات به ویژه میله-های کوچک و چرخ‌دنده‌ها، از پتک‌کاری به متالورژی پودر تغییر کرده است. زیرا در تولید به روش متالورژی پودر، به عملیات نهایی نسبتا پرهزینه مانند پلیسه‌زنی لبه‌ها نیازی نیست[۱].

[1] Reamer

کاربرد متالورژی پودر در خودروسازی در سال ۱۹۲۰ با ساخت یاتاقان‌های خودروانکار شروع شد[۱۱]. قطعات آهنی بیشتر در سیستم انتقال نیرو و قطعات شاسی مصرف دارند. قطعاتی مانند چرخ‌دنده‌های متحرک و دنده‌های پمپ روغن سال‌های زیادی از طریق متالورژی پودر تولید شده‌اندکه دلیل قابلیت تولید مجدد و قابلیت اعتماد آن است. همچنین دنده‌های میل‌لنگ میل‌بادامک و صفحات فشاری کلاچ همواره از پودر آهنی ساخته شده‌اند[۱۳]. در حال حاضر صنعت اتومبیل‌سازی مصرف-کننده بیش از ۷۵ ٪ پودر آهن است[۱۴].

از آنجایی که راهنمای سوپاپ در ایران تنها با روش ریخته‌گری تولید می‌شود، نیاز به تحقیق و بررسی بیشتر تولید به روش متالورژی پودر این قطعه احساس شد. با توجه به مزایای تولید به روش متالورژی پودر ذکر شده، در این پژوهش نیز برای تولید قطعه راهنمای سوپاپ، از روش متالورژی پودر استفاده گردید. به همین منظور عوامل موثر برای رسیدن به قطعه راهنمای سوپاپ ساخته شده به روش متالورژی پودر مورد بررسی قرار گرفت و در انتها پس از دست‌یابی به شرایط بهینه، قطعه‌ای با خصوصیات مطابق با استانداردهای موجود تولید گردید.

فصل دوم :

بررسی منابع مطالعاتی

در این فصل در ابتدا مطالبی در مورد متالورژی پودر و فرایندهای مربوط به آن آورده شده‌است و سعی بر آن بوده تا موارد کاربردی در این پژوهش نسبت به دیگر مطالب، توضیح بیشتری داده‌شود. در ادامه، نقش راهنمای سوپاپ در موتور خودرو و خصوصیات مورد انتظار از آن آورده شده‌است. در بیان این خصوصیات، تحقیقات و نتیجه بررسی‌های دیگر محققینی که در این زمینه کار کرده‌اند نیز ذکر گردیده‌است که این بررسی‌ها در انجام این پژوهش بسیار موثر بوده‌اند.

۲-۱- کلیات متالورژی پودر

بهترین تعریف برای متالورژی پودر شاید در مقایسه با «متالورژی ذوب» حاصل شود. در متالورژی ذوب، فلز یا آلیاژ ذوب و سپس در قالب ریخته می‌شود. ماده اولیه در متالورژی پودر به جای مذاب فلز، ذرات ریز فلزی است. بنابراین مراحل اصلی روش متالورژی پودر مشتمل بر تولید و منسجم‌سازی است.

مراحل رایج برای منسجم‌سازی پودر شامل پرس‌کردن پودر در قالب و تولید قطعه فشرده‌شده و سپس سینتر کردن آن است. در هنگام سینتر کردن، قطعه تا دمایی کمتر از نقطه ذوب فلز یا آلیاژ گرم می‌شود تا خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی مطلوب بدست آید. طی فرایند منسجم‌سازی مثل متالورژی ذوب می‌توان قطعه‌ای به شکل نهایی تولید کرد و با عملیات شکل‌دادن بعدی به قطعه نهایی رسید [۱].

۲-۲- روش‌های تولید پودر آهن

استاندارد بین‌المللی ISO3252 ، حداکثر بعد قابل قبول برای تعریف «پودر» را یک میلی‌متر تعیین کرده است. تعریف مختصری از هریک از روش‌های تولید پودر آهن در این قسمت آمده است که این روش‌ها در دو بخش روش‌های غیرمرسوم تولید پودر شامل خردکردن، احیا در حالت جامد و الکترولیز و روش اتمیزه کردن با آب آورده شده است.

۲-۲-۱- روش‌های غیر مرسوم

تجزیه فلز (مثلا آهن) به قطعات کوچک به روش‌های مکانیکی، از روش‌های بدیهی تولید پودر است. خردکردن روش چندان مهمی برای تولید پودرهای اساسی موردنیاز جهت تولید قطعات متالورژی پودر نبوده است.

سال‌ها فرایند احیا در حالت جامد متداول‌ترین روش تولید پودر آهن بوده است. پیشتاز این صنعت شرکت هوگاناس[1] سوئدی است. در این روش سنگ آهن تا رسیدن به اندازه موردنظر برای پودر آهن نهایی خرد و با پودر کک و ذغال‌سنگ مخلوط می‌شود. مخلوط داخل لوله‌های دیرگداز درون کوره، با چنان دمایی عبور داده می‌شود که انجام واکنش داده و اکسیدهای کربن آزاد شود. محصول باقیمانده آهن کم و بیش خالص به شکل اسفنج است که پس از خردشدن، پودر می‌شود.

فرایند الکترولیز، زمانی روش استاندارد تولید پودر مس بوده است و پیش از پیدایش فرایند آهن اسفنجی، برای تولید پودر آهن نیز بکار می‌رفت. در مورد آهن، فلز را روی آندهای فولاد زنگ‌نزن با استفاده از کاتد فولاد کم‌کربن رسوب می‌دهند. الکترولیت ممکن است سولفات یا کلرید باشد. گذشته از قیمت زیاد و همواره رو به افزایش برق، مسئله حجم زیاد پساب و مشکل رفع آن، تفاوت قیمت پودر الکترولیز و پودر حاصل از روش اتمیزه‌کردن[2] را زیادتر می‌کند، به‌طوری که برخی شرکت‌ها ترجیح می‌دهند پودر را به روش اتمیزه‌کردن تهیه کنند، سپس آن را تا حد اکسیدشدن برشته کنند، آنگاه احیا کنند تا پودر نوع اسفنجی با چگالی کم بدست آید [۲].

۲-۲-۲- روش اتمیزه کردن با آب

این نام تا حدی بی‌منطق به هر فرایند پودری که شامل تولید قطره‌های مذاب از طریق جداکردن از جریان مذاب یا هر روش دیگر و انجماد قطره‌ها پیش از رسیدن به یک سطح جامد باشد، گفته می‌شود. بسیار روشن است که اگر یک قطره سیال به حالت خود باشد، بعلت نیروی کشش سطحی به

[1] Höganäs AB
[2] Atomize

شکل کره درمی‌آید؛ لذا اگر قطره‌های فلز مذاب به آهستگی و بدون تماس با سطوح خارجی و قطره‌های دیگر سرد شوند، به شکل کره منجمد می‌شوند. از سوی دیگر اگر قطره‌ها بر اثر ضربه شدید مایع تشکیل شوند تغییر شکل زیادی می‌دهند و بر اثر سردشدن بسیار سریع به دلیل تماس با مایع، دانه‌های جامد با شکل‌های بسیار نامنظم بوجود می‌آورند. در نتیجه، با فرایند اتمیزه کردن گستره وسیعی از شکل دانه بین این دو حد قابل تحصیل است. برای تولید قطعات خام با استحکام کافی، پودر با دانه‌های نامنظم مطلوب است. اما برای برخی کاربردها که هم از لحاظ اهمیت و هم از نظر تعداد رو به افزایش‌اند، دانه‌های کروی ارجح هستند [۲].

ذرات ریز با توجه به معیارهای زیر بدست می‌آیند:

۱. ویسکوزیته پایین فلز
۲. کشش سطحی پایین فلز
۳. فلز فوق گداز شده
۴. قطر کم نازل
۵. فشار اتمیزه کردن بالا
۶. ارتفاع کوتاه جریان فلز مذاب
۷. طول کوتاه جت دمنده
۸. زاویه برخورد بهینه [۳]

روش‌های مختلف دیگری برای اتمیزه کردن پودر وجود دارد که می‌توان به اتمیزه کردن با روغن، اتمیزه کردن گازی و اتمیزه کردن گریز از مرکز اشاره نمود [۲].

۲-۳-مشخصه‌های پودر آهن

در تولید قطعات متالورژی پودر، خواص بدست آمده تا اندازه زیادی تابع خواص مواد اولیه، یعنی هریک از پودرها و مخلوط کردن آن‌هاست و ترکیبات مربوط به این امر را می‌توان با بررسی آزمون‌هایی که به طور روزمره انجام می‌شوند به خوبی درک کرد.

۲-۳-۱- خواص شیمیایی

یک ویژگی اضافی در قطعات ساخته شده از پودر نسبت به سایر روش‌های تولید، ماهیت سطوح دانه‌ها و خصوصا میزان اکسایش آن‌هاست. در آزمایش تعیین میزان افت هیدروژن، نمونه‌ای از پودر در دما و زمان معین در جریانی از گاز هیدروژن گرم می‌شود. میزان کاهش وزن نمونه تقریبا برابر مقدار اکسیژن موجود در پودر است، اما میزان افت هیدروژن ممکن است کمتر از مقدار واقعی اکسیژن موجود در پودر باشد چون اکسیدهای پایداری مثل SiO_2 و Al_2O_3 و CaO و غیره ممکن است در شرایط احیایی در هیدروژن احیا نشده باشند [۱].

در مورد پودرهای آهنی آزمون دیگری پیشنهاد شده که تعیین درصد مواد نامحلول در اسید است. در این روش مقدار معینی پودر در یک اسید معدنی حل شده و باقیمانده آن وزن می‌شود [۲].

۲-۳-۲- اندازه ذره

تنها برای ذرات کروی که بعد واحدی دارند، می‌توان اندازه ذره را معادل قطر ذره تعریف کرد. برای ذرات نامنظم اندازه ذره به روش تعیین اندازه بستگی دارد که روش الک کردن، اندازه‌گیری میکروسکوپی، روش ته‌نشینی و شمارش‌گر کولتر از جمله روش‌های اندازه‌گیری می‌باشند. در روش الک کردن، پودر را در الکی از سیم‌های بافته با مش مشخص و روزنه‌های مربع‌شکل می‌ریزند و ارتعاش می‌دهند. اندازه ذره معادل روزنه الکی است که ذره معین را در خود نگه می‌دارد. ذرات سوزنی‌شکل ذراتی هستند که طول آن‌ها نسبت به سایر ابعادشان بیشتر است و اگر ابعاد عمود بر طول آن‌ها کوچکتر از روزنه الک باشد از آن عبور می‌کنند [۱].

برای بدست آوردن توزیع اندازه ذرات، مقدار وزن شده‌ای از نمونه پودر بر روی بالاترین الک از مجموعه الک‌های دستگاه الک استاندارد ریخته می‌شود و برای مدت زمان معینی تحت لرزش قرار می‌گیرد که موجب می‌شود تا به شرایط تقریبا نهایی برسیم. سپس دانه های باقیمانده بر روی هر الک توزین می‌شود، نتیجه آزمون به صورت درصدی از کل نمونه که روی هر الک باقیمانده است به شکل هیستوگرام یا گاهی به شکل یک منحنی هموار گزارش می‌شود [۲].