

روش تولید بوش سیلندر اتومبیل

بوش سیلندر از جمله قطعات چدنی است که نسبت به ساختار زمینه بسیار حساس است و ویژگی های ساختاری قطعه تعیین کننده عمر و دوام و سلامت موتور اتومبیل می باشد . برای تولید این قطعه در صنعت از دو روش استفاده می شود . روش نخست ، ریخته گری در ماسه به روش سیلیکات سدیم است . بوشی که از این روش تولید می شود دارای استحکام پایینی بوده و بعلت رطوبت موجود در سیستم ، عیوب انقباضی و گازی فراوانی در قطعه مشاهده می شود .

روش صنعتی و جدید برای تولید بوش سیلندر ریخته گری در قالب فلزی به روش گریز از مرکز است . در این روش مذاب به سرعت در قالبی که در حال گردش است ، ریخته شده ، شکل می گیرد . استفاده از روشهای گریز از مرکز برای تولید بوش چدنی به جای روش ریخته گری در ماسه دارای مزایای زیر است :

- 1- حداقل عیوب گازی و انقباضی به همراه ضریب تراکم جرمی بالا
- 2- حذف سیستم راه گاهی و تغذیه و مشکلات موجود در این سیستمها
- 3- حذف سیستم ماهیچه گذاری و مشکلات موجود در این سیستم
- 4- تولید بوش با حداقل ضخامت ممکن برای انجام مراحل ماشین کاری
- 5- استحکام و خواص مکانیکی بالاتر نسبت به سیستم ریخته گری در ماسه
- 6- افزایش سرعت تولید

گرچه استفاده از روشهای گریز از مرکز در تولید بوش از مزایای زیادی برخوردار است ، ولی باید توجه داشت که به دلیل شرایط خاصی که به لحاظ استفاده

از قالب فلزی بر نحوه انجماد حاکم است ، باعث می شود تا کنترل ساختار متالورژیکی قطعه با مشکلات عدیده ای روبرو باشد که از آنجمله می توان به موارد زیر اشاره کرد :

1- جدایش فازها در اثر نیروی گریز از مرکز

2- تغییر ساختار متالورژیکی و تشکیل مناطق کاربیدی

در فرآیندهای متداول ریخته گری سیلندر ، دستیابی به ساختاری مناسب در قسمت سیلندر با پیستون که سایش و حرارت بالایی ایجاد می کند عملاً غیر ممکن است . به منظور بالابردن مقاومت به سایش و ضریب هدایت حرارتی از به کار بردن قطعه ای استوانه ای شکل (بوش سیلندر) که بطور جداگانه با ساختار مطلوب ریخته گری می شود ، در آن محل استفاده می کنند . بوش سیلندر را معمولاً از جنس چدنهای خاکستری بدلی دارا بودن قابلیت ریخته گری خوب و خواص فیزیکی و مکانیکی ویژه تهیه می کنند . نوع و اندازه گرافیتها و فازهای تشکیل دهنده زمینه ریز ساختار پارامترهای اصلی تعیین کننده خواص چدنهای خاکستری هستند .

گرافیت نوع A (گرافیت لایه ای نازک با توزیع یکنواخت) با اندازه متوسط از نظر مقاومت به سایش عالی هستند . در چدنهای خاکستری با گرافیتی نوع A ، ورقه های گرافیت شبیه مخزن روغن کاری کننده عمل می کنند . همچنین این نوع گرافیتها باعث هدایت حرارتی و کنترل دمای سطوح مرتبط با منبع گرما می شوند . گرافیتهای ورقه ای ضمن داشتن قابلیت ماشین کاری خوب ، شرایط عالی در برابر

سایش نیز دارند . برای افزایش مقاومت به سایش چدنهای خاکستری می توان از ایجاد فازهای مختلف و مناسب در ریز ساختار بهره گرفت . بطور کلی سختی چدن خاکستری با زمینه کاملاً پرلیتی حدود 180 HB است . با افزودن مقداری فسفر حدود 0/5% به چدن فاز استریت با سختی حدود 400 HB در اطراف سلولهای یوتکتیک تشکیل می گردد . این فاز در برابر سایش بسیار مقاوم می باشد .

با توجه به مصرف گسترده بوشها و کاربرد حساس آنها در سیلندر تولید آنها با مشخصات مناسب ضروری می باشد لیکن با توجه به طبیعت انجماد جهت دار در ریخته گری گریز از مرکز ، تولید چنین محصولاتی با مشکلاتی روبرو خواهد بود . لذا هدف اصلی تولید چدن خاکستری با داشتن گرافیت های نوع A ضمن داشتن ریز ساختاری شامل حدود 95% پرلیت و حدود 5% فسفید آهن می باشد .

### قالب های مورد استفاده در روش ریخته گری گریز از مرکز افقی :

بسته به شرایط کاری ، سرعت تولید ، جنس آلیاژ ریخته گری به دو دسته مصرف شدنی و دائمی تقسیم بندی شده است ، که قالب های مورد استفاده در ریخته گری گریز از مرکز لوله های چدنی مورد نظر فولاد دائمی است .

### جنس فولادهای قالب گریز از مرکز :

فولادهای قالب از نوع فولادهای گرم کار بوده که جهت تهیه لوله های چدنی و همچنین قالب های تزریقی پلاستیک در صنعت مورد توجه می باشند . در حین کار سطح داخلی آنها تحت درجه حرارت های بالا و بارهای مکانیکی نسبتاً بالا قرار دارد . فولادهای قالب در حین کار تحت تاثیر عواملی قرار می گیرند که بر طول عمر آنها تاثیر دارد . این عوامل عبارتند از :

1-سیکل تغییرات دما با دامنه  $230^{\circ}C$  تا  $70^{\circ}C$  در سطح داخلی قالب ( زمان یک دوره تغییرات دما تقریباً 210 ثانیه است ) .

2-نیروی گریز از مرکز بالا در اثر چرخش قالب با سرعت حدود  $950RPM$  حاصل می شود .

3-تنشهای بالا در نزدیکی سطح داخلی (حدود  $200MPa$  فشار  $780Mpa$  کششی )

4-خوردگی حاصل از گازها و هوا که از انجام واکنشها حاصل می شود .

5-ترکهای خراش که در هنگام بیرون کشیدن لوله ها از قالب در جهت محور قالب ایجاد می شوند.

### مشخصات متالورژی و مکانیکی فولاد قالب

KIC	چقرمگی شکست	استحکام کششی	استحکام تسلیم	درصد زیاد طول	HBتختی	
		$N / mm^2$	$W / mm^2$			
2600		700-850	700	17	200-240	فولاد 21
2400		750-900	700	17	200-240	فولاد 34

ضخامت قطعه و دمای جداریه قالب :

بطور کلی با کاهش ضخامت قطعه سرعت انتقال حرارت از مذاب به جداره قالب افزایش می یابد و در نتیجه بر سرعت انجماد قطعه افزوده می شود . این امر شرایط را برای ایجاد یوتکتیک در ساختار قطعه فراهم کرده و باعث افزایش مقدار منطقه سفید شده در قطعه می شود .

افزایش دمای جداره قالب بطور طبیعی باعث کاهش در میزان تحت انجماد می شود . ولی باید توجه داشت که افزایش بیش از حد دمای جداره قالب ممکنست به تغییراتی در ساختار انجماد و ایجاد انجماد معکوس ساختار قطعه شود .

## آزمایشهای عملی :

مراحل کاری تهیه بوشهای چدن خاکستری به روش گریز از مرکز افقی :

1. تهیه مذاب با آنالیز مورد نظر .
2. پوششکاری قالب گریز از مرکز .
3. پوششکاری پیله بارریزو ناودان ذوب ریز .
4. جوانه زایی در پاتیل اولیه .
5. جوانه زایی ثانویه در مرحله ریختن مذاب به قالب .

### 1. تهیه مذاب با آنالیز مورد نظر :

کوره های مورد استفاده در تهیه مذاب از نوع القائی با ظرفیتهای 400k فرکانس متوسط و کوره 1Ton فرکانس پایین میباشد . و مواد اولیه در تهیه مذاب شامل درصد های مناسبی از شمش چدن خاکستری ، برگشتی ، قراضه ، براده ، می باشد که در نهایت مطابق آنالیز مورد نظر چدن خالصتری ، مطابق با آنالیز زیر تهیه می گردند:

CE	% C	% Si	% P	% Mn	% S	% Cr	% Cu
C+%Si/3%	3/5-4	1/7-2/4	0/1-0/13	0/6	0/1>	0/13	0/45

آنالیز مذاب ، طی تهیه آن ، توسط قالب نمونه گیر آنالیز ، تهیه شده و به کمک

دستگاه کوانتومتر در هر مرحله از تهیه مذاب سنجیده می شود .

## 2. پوشش کاری قالب گریز از مرکز و نوع پوشان آن:

قالبهای تهیه بوشهای گریز از مرکز ، در هر مرحله از شرایط کاری تعیین گردیده و با توجه به کاربرد پوشان در قالبها ، همزمان با چرخش قالب ، توسط کمپرسورهای پوشان بصورت منظم از انتهای قالب به سمت بیرون آن ، به داخل آنها پاشیده می شود تا به این ترتیب ، خواصی نظیر ، عدم چسبندگی مذاب به قالب ، افزایش عمر قالب ، کنترل و انتقال حرارت ، ... را ایجاد نمایند.

### پایه پوشان مورد استفاده در این قالبها :

پودر سیلیس ، نبتونیت ، مایع کف زا ، خاک دیاتومه ، آب به نسبتهای معین و مش بسیار ریز (کمتر از 0/001 - 0/01 میلی متر ) می باشد ، به طوری که غلظت پوشان مورد نظر حاصل از مخلوط نمودن مواد فوق در حدود 45-55 بوده که توسط دانسیومتر تعیین می کردند . ضخامت پوشان مورد استفاده در قالب در حدود 0/5-1 میلی متر می باشد .

در این تحقیق سعی میگردد ، تا علاوه بر تغییر کمیت در اندازه و حتی نوع جوانه زها و به بکارگیری آنها در مرحله ثانویه جوانه زنی ، از مرحله جوانه زایی در پوشان قالب نیز آزمایش به عمل آمده و تأثیر آن بر نوع گرافیتهای سطوح بوش و



خواص آن نظیر سختی مورد بررسی قرارگیرد که در مراحل عملی به تشریح آنها پرداخته میشود .

### **3- پوششکاری پیاله بار ریز و ناودان ذوب ریز :**

پوشان مورد استفاده در پیاله بار ریز و ناودانی ذوب ریز نصب شده روی دستگاه ریخته گری گریز از مرکز افقی جهت بوش ریزی ، از نوع پوشش گرافیتی (دوده و آب ) می باشد تا بدین ترتیب تمامی خواص و انتظاراتی را که در بحث پوشان گفته شده ، بدست دهد .

این نوع پوشان بر روی سطوح پیاله بار ریز (تندیش) و ناودان ذوب ریز به کمک قلمو قرار می گیرد و بعد از هر چند مرحله ذوب ریزی ، مجدداً استفاده می گردد .

### **4- جوانه زایی در پاتیل اولیه :**

پاتیل اولیه ، پاتیل حمل مذاب از کوره های القایی ، به تندیش یا پیاله بار ریز دستگاههای گریز از مرکز است ، که در آنها یک مرحله جوانه زایی توسط جوانه زای پایه فروسیلیس 75% با دانه بندی 3-5 میلی متر و به میزان 0/6% wt درصد وزنی مذاب که در کف پاتیل به آن اضافه می شود ، انجام گردد . در این مرحله دمای مذاب 1420 تا 1520 درجه سانتی گراد می باشد .

جوانه زایی ثانویه در مرحله ریختن مذاب به قالب ، و یا جوانه زایی در پوشان یا بر روی سطح آن :

از آنجائیکه این مرحله از کار ، اساس پروژه بوده و تحقیقات و بررسی های انجام شده ، در زمینه بهینه سازی اثر جوانه زها در خواص چدن و نوع گرافیت ها ، مبحث اصلی تحقیق است ، تمامی آزمایشات بصورت مرحله به مرحله همراه با نتایج و عکسهای متالوگرافی و سختی سنجی و بررسی های آزمایش های متالوگرافی و متالورژیکی بیان می گردد.

#### بررسی متالوگرافی و سختی سنجی از نمونه های بوش:

بوشهای تولیدی به روش گریز از مرکز افقی دارای ابعاد و اوزان متنوعی می باشند که با تغییر و تعویض قالبهای مختلفی قابل تولید می باشند. نمونه بوشهای تولیدی در بررسی اثر جوانه زها ، قسمتی از وسط یا ناحیه میانی بوش است .

نمونه فوق توسط دستگاه اره لنگ از ناحیه میانی بوش تهیه می شود . قسمت های تیز آن توسط سنگ گرفته شده و سطح مورد مطالعه نیز سنگ و سنباده و پولیش می گردد و تحت بررسی متالوگرافی در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی 200× قرار می گیرد ، عکس های متالوگرافی تهیه شده از نمونه ها از قسمت b می باشد .

## جوانه زاهای مورد آزمایش:

جوانه زاهای زیر با مشخصات مربوط تهیه شده و تحت آنها بر اساس نوع و کیفیت و کمیت های آنها آزمایش های طرح ریزی و انجام گردید .

1- اینواسترانگ Inostrong

2- اینولیت Inolate

3-SRF75

4-SB5

5-VL7B

6- جوانه زای پایه فروسیلیس 75% بامش 1/5mm - 0/5 (پودری). جدول ترکیب جوانه زاهای فوق به صورت زیر آورده شده است .

آزمایش های عملی در رابطه با جوانه زها و ریزساختار و خواص قطعات

(بوشهای) تولیدی :

1- بوش ریخته گری شده بدون مرحله جوانه زایی در پیاله بارریز :

از آنجائیکه بوشهای تولیدی توسط دستگاههای گریز از مرکز افقی ، با تغییر قالب ها ، دارای ابعاد و مشخصات متنوعی هستند ، آزمایش های انجام شده بر روی بوش به

ابعاد و مشخصات زیر انجام شده است :

بوش قطر داخلی - قطر خارجی - طول شاخه - طول لبه - وزن شاخه

7/334kg - 470mm 96-97 80-81

در آزمایش ابتدایی ، بر روی بر روی قطعه تولیدی با مشخصات فوق ، 0% جوانه زا استفاده شد . یعنی ، هیچ مقدار جوانه زایی به مذاب در مرحله پیاله بار ریز اضافه نگردید و ملاحظات زیر و نتایج مربوط به آن به شرح زیر ارائه گردیده است : (جدول 8)

از سطح داخلی a تا سطح خارجی (سطح بوش)، گرافیت های نوع D

ملاحظه گردیده است و سختی سطح این نمونه 255HB برینل

گزارش شده است . تصویر متالوگرافی از قسمت میانی نمونه بدون 1 اینچ و با بزرگنمایی 200× برابر بصورت زیر ارائه می گردد :

شکل 52 - بدون جوانه زایی در تندیش - گرافیت های نوع D - 200×

نوع پودر داخل قالب جوانه زا	ترکیب شیمیایی پودرهای مختلف جوانه زایی کننده							
	Si	Al	Ca	Ba	Sr	Mg	F	Fe
FeSi%75	74-76	0/6-1/25	0/5-1	—	—	—	—	بقیه
FeSi+CaSi	74/7	0/75	3/6	—	—	—	—	بقیه
FeSi+Al	77	0/83	0/75	—	—	—	—	بقیه
FeSi+FeSiMg	74/3	0/81	0/75	—	—	0/5	—	بقیه
FeSi+CaSi+CaF2	63	0/65	3/4-4	—	—	—	1-1/2/2	بقیه
Supespeed	75	0/45	0/1	—	0/8	—	—	بقیه
Skw-SB5	58-65	1-1/5	3-4/5	1/5-2/5	—	—	1/5-2/5	بقیه

2- جوانه زای پایه فروسیلیس 75 بامش 1-3mm مورد استفاده در شرکت مهارت  
به مقدار 9 gr (0/13%wt مذاب)

مقدار 9gr جوانه زای پایه فروسیلیس با توجه به اینکه مقدار مذاب مورد مصرف بوش  
تولیدی حدود 7 kg می باشد برحسب درصد  $0.13\% = 7kg \times 10^{-3} \times 9 \times 100$  می باشد .  
پس از بررسی متالوگرافی مشخص گردید که : ساختار بوش تولید شده از سطح  
داخلی دارای حدود 1 mm گرافیت A بعلاوه حدود 1mm مخلوط گرافیت های A  
و D و شش میلی متر باقی مانده گرافیت D است .

سختی چدن ریخته شده در حدود 244 HB گزارش گردیده است .

نمونه ریز ساختار این چدن پس از متالوگرافی در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی  
200× برابر ملاحظه شد

3- جوانه زای پایه فروسیلیس 75 بامش 1-3mm مورد استفاده در شرکت مهارت به  
مقدار 7gr (0/1 wt% مذاب)

برحسب درصد ، مقدار 7gr از جوانه زای فوق در حدود  $0.1\% wt = 7 \times 100 \times 4 \times 10^{-3}$

بوده و نتایج آزمایش های متالوگرافی و سختی سنجی نمونه فوق بصورت زیر است :

بررسی متالوگرافی نمونه فوق نشاندهنده حضور گرافیت تا 3mm از سطح داخلی به

همراه 1mm مخلوط گرافیت های A و D و 4 mm گرافیت نوع D در سطح

خارجی نمونه بوش فوق است . سختی نمونه فوق در حدود 229 HB بوده .

4- جوانه زای پایه فروسیلیس 75 با مش 1-3mm مورد استفاده شرکت مهارت به مقدار 4gr:(0/057):

بررسی های متالوگرافی نمونه بوش ریخته شده با درصد وزنی 0/057%wt از جوانه زای پایه فروسیلیس 75 با مش 1-3 mm موید حضور گرافیت های نوع D از قسمت سطح داخلی تا خارجی بوش است . همچنین سختی آن در حدود HB 235 گزارش گردیده است . شکل ریزساختار این نمونه از قسمت میانی آن با بزرگنمایی 200× برابر بدون اچ در زیر نشان داده شده است .

از بررسی های فوق بهترین نتیجه در 7gr یعنی 0/1 درصد وزنی از جوانه زای مورد استفاده فوق نتیجه می شود .

5- استفاده از جوانه زای پایه فروسیلیس با مش 0/5-1mm در پوشش سطح داخلی: در این آزمایش به جای اضافه کردن جوانه زای مرحله پیاله بارریز ، از آن در داخل قالب استفاده شده است . مقدار این جوانه زا در حدود 7gr یعنی 0/1%wt درصد وزنی مذاب بوده و پس از حرکت قالب و حین چرخش قالب به آن اضافه شده است .

نتایج پس از نمونه برداری و بررسی های متالوگرافی و سختی سنجی بصورت زیر

تأید گردیده است :

از سطح داخلی تا سطح خارجی گرافیت A حدود 3mm بعلاوه 1mm مخلوط

گرافیت های A و D بعلاوه 4mm گرافیت نوع D

سختی نمونه فوق در حدود 234HB گزارش گردیده است .

6- استفاده از جوانه زای پایه فروسیلیس با مش 1m-0/5 به مقدار wt 0/1% وزنی

مذاب در پیاله بارریز :

جوانه زای پایه فروسیلیس به میزان 7gr یعنی wt 0/1% وزنی مذاب به آن اضافه شد و

این عمل در پیاله ریز صورت گرفت ، نتیجه پس از نمونه برداری به صورت زیر بوده

است :

از قسمت سطح داخلی نمونه به سطح خارجی آن حدوداً 6 mm گرافیت از نوع A و

2 mm مخلوط گرافیت A و D است . که نتیجه مناسب و مطلوبی است و شکل

ریز ساختار قسمت میانی نمونه بوش مورد نظر با بزرگنمایی 200× به صورت زیر

نشان داده شده است .

سختی نمونه فوق در حدود 234HB برنیل گزارش گردیده است .

7- استفاده از جوانه زای پایه فروسیلیسی با عنوان اینوکولین شرکت فیکسو با مش

حدود 3mm-1/5 به میزان wt 0/1% درصد وزنی مذاب در داخل پیاله بارریز :

حدود 7gr یعنی 0/1 درصد وزنی مذاب بوش هفت کیلوگرمی از جوانه زای فوق در

پیاله بارریز استفاده گردید ، و نتایج زیر بدست آمد :

از سطح داخلی تا سطح خارجی شامل حدود 5mm گرافیت نوع A بعلاوه حدود

3mm مخلوط گرافیت های A و D بوده است که در شکل متالوگرافی از

ریزساختار چدن خاکستری است . سختی آن در حدود 224HB گزارش گردیده

است.