

تراشکاری و ماشین کاری موتور برای مکانیک ها

راهنمای کف تراشی، هونینگ، بالانس و مونتاژ دقیق بلوک



Mike Marvigian
مترجم: مهندس علیرضا صالحین



انتشارات علمی صالحین

نام کتاب: تراشکاری و ماشین کاری موتور برای مکانیک ها

مولف : مارک مارویجیان

مترجمان: مهندس علیرضا صالحین

ویراستاران: نیلوفر زینی/ مهندس بهزاد نادرخانی/ مهندس

حمید رضا صالحین / علیرضا محسنی فخر

گرافیسٹ : کتایون علی نوری

سال چاپ: ۱۴۰۴

نوبت چای: اول

شمارگان : ۱۰۰

قیمت : ۳۵۰۰۰۰ تومان

شاک: ۹۷۸-۶۲۲-۸۸۹۸۹-۷-۱

حق چاپ برای نشر علمی، صالحین محفوظ می باشد.

نشانی: تهران، خیابان آزادی، بعد از خیابان شادمهر،

ساختمان اداری شادمان، پلاک ۳۹۹، طبقه چهارم، واحد ۲۳

[illegible]

فهرست مطالب

۸	 مقدمه
۱۰	 فصل ۱: تمیزکاری قطعات موتور
۱۰	 • دستگاه‌های شات بلاست بدون هوا (Airless Shot Blasters)
۱۱	 • تمیزکاری با مخزن داغ (Hot Tank)
۱۱	 • کابین‌های شستشوی تحت فشار (Jet Spray)
۱۲	 • شستشوی با حلال سرد
۱۴	 • کوره‌ها
۱۶	 • آب و صابون
۱۸	 • سندبلاست با مواد ساینده (مدیا بلاست)
۲۳	 • سندبلاست با جوش شیرین (سودا بلاست)
۲۳	 • مواد ساینده بلاستینگ (مدیا)
۲۶	 • تمیزکاری ارتعاشی و غلتشی (Vibratory & Tumbling)
۲۷	 • تمیزکاری اولتراسونیک (فراصوت)
۲۷	 • تمیزکاری با ابزارهای دستی و برقی
۲۸	 فصل ۲: ابزارهای اندازه‌گیری دقیق
۳۱	 • میکرومتر
۳۶	 • اندیکاتور ساعتی (ساعت اندیکاتور)
۴۱	 • گیج داخل‌سنج ساعتی (بور گیج)
۴۴	 • نصب بور گیج با استفاده از فیکسچر تنظیم
۴۸	 • عمق‌سنج
۵۰	 • گیج کالیپر داخلی
۵۰	 • اندازه‌گیری طول میل تایپیت (پوشراد)
۵۳	 • گیج ارتفاع فنر سوپاپ
۵۴	 • گیج تاب‌سنجی سیت سوپاپ (Runout)
۵۵	 • گیج کشش‌سنج پیچ شاتون
۶۰	 • روش گشتاور-بعلاوه-زاویه (Torque-Plus-Angle)
۶۰	 • ضخامت‌سنج اولتراسونیک
۶۱	 • آچارهای گشتاورسنج (ترکمتر)
۶۷	 • ابزار بررسی پروفایل بادامک میل سوپاپ
۷۰	 فصل ۳: دمنواژ و بازرسی بلوک سیلندر
۸۳	 • بازرسی میل‌لنگ
۸۶	 • بازرسی شاتون

•	بازرسی میل بادامک.....	۸۷
•	بازرسی میل تایپیت (پوشراد).....	۸۹
•	بازرسی اسبک‌ها (Rocker Arm).....	۸۹
•	بازرسی سرسیلندر.....	۸۹
فصل ۴: ماشین‌کاری بلوک سیلندر		۱۰۱
•	پلیسه‌گیری لبه‌های تیز و موانع.....	۱۰۸
•	هونینگ هم‌راستاسازی سوراخ اصلی (کپه‌های میل‌لنگ).....	۱۱۰
•	تراشکاری و هونینگ سیلندر.....	۱۱۱
•	نصب پوش سیلندر (Sleeving).....	۱۱۲
•	هونینگ و بوش‌گذاری سوراخ تایپیت‌ها.....	۱۱۴
•	کف‌تراشی سطح بلوک (Deck Resurfacing).....	۱۲۹
•	آماده‌سازی سوراخ‌های رزوه‌دار.....	۱۳۸
•	بلوپرینتینگ بلوک (Block Blueprinting).....	۱۳۹
فصل ۵: میل‌لنگ و آماده‌سازی آن		۱۴۶
•	اندازه‌گیری میل‌لنگ.....	۱۴۶
•	انتخاب سنگ فرز.....	۱۵۲
•	صاف کردن و فرم‌دهی سنگ (Dressing).....	۱۵۳
•	صاف کردن تاب میل‌لنگ.....	۱۵۵
•	سنگ‌زنی و پولیش ژورنال‌ها.....	۱۵۶
•	سنگ‌زنی فلاپویل.....	۱۶۴
فصل ۶: بازرسی و احیای شاتون‌ها		۱۶۶
•	بازرسی شاتون‌ها.....	۱۶۶
•	اندازه‌گیری قطر سوراخ بزرگ شاتون.....	۱۶۷
•	شماره‌گذاری شاتون‌ها و کپه‌ها.....	۱۸۱
•	نکات مربوط به پیچ‌های شاتون.....	۱۸۲
•	نظارت بر کشش پیچ.....	۱۸۳
•	برداشتن و نصب کپه‌ها.....	۱۸۴
فصل ۷: میل تایپیت‌ها (پوشرادها) و تایپیت‌ها (لیفترها)		۱۸۹
•	اندازه‌گیری برای تعیین طول میل تایپیت.....	۱۹۴
فصل ۸: پیستون‌ها		۲۰۵
•	اندازه‌گیری دامنه پیستون.....	۲۰۵
•	بررسی لقی رینگ در شیار پیستون.....	۲۰۷
•	اصلاح و تغییر شکل تاج پیستون.....	۲۰۷
•	بررسی فاصله سوپاپ تا پیستون.....	۲۱۳

۲۱۹	• فایل کاری دهانه رینگ ها (File Fitting).....
۲۲۵	فصل ۹: بازرسی، سرویس و ماشین کاری سرسیلندر.....
۲۳۰	• کف تراشی سطح سرسیلندر.....
۲۳۱	• اندازه گیری حجم محفظه احتراق.....
۲۳۴	• نصب گایدهای جدید سوپاپ.....
۲۳۵	• سنگ زنی سیت و فیس سوپاپ ها.....
۲۴۷	• اندازه گیری ارتفاع فنر سوپاپ.....
۲۴۸	• اندازه گیری ارتفاع ساقه سوپاپ.....
۲۴۹	• بررسی فشار فنر.....
۲۴۹	• پورت و پولیش سرسیلندر.....
۲۵۰	• مونتاژ نهایی.....
۲۵۲	فصل ۱۰: ماشین کاری بلوک موتور با CNC.....
۲۵۴	• کف تراشی بلوک.....
۲۶۳	• اصطلاحات CNC.....
۲۷۰	فصل ۱۱: ماشین کاری پورت ها.....
۲۷۰	• پورت ها و رانرها.....
۲۷۲	• پورتینگ و تغییر شکل رانر.....
۲۷۲	• سرسیلندرهایی پورت شده با CNC.....
۲۷۳	• مزایای پورتینگ CNC.....
۲۷۳	• تایید و نظارت با فلونج.....
۲۸۳	• هونینگ اکستروژن (Extrusion Honing).....
۲۸۵	فصل ۱۲: بالانس موتور.....
۲۸۷	• نیروهای نابالانسی روی میل لنگ.....
۲۸۹	• شاتون ها.....
۲۹۹	• پیستون ها.....
۳۰۴	• انواع سبک موتور.....
۳۰۴	• وزنه های تعادلی (Bobweights).....
۳۱۰	• موتورهای ۴ سیلندر خطی.....
۳۱۰	• میل لنگ.....
۳۱۹	• مفهوم بالانس کمتر در مقابل بیشتر (Under- vs Over-Balancing).....
۳۱۹	• بالانس داخلی در مقابل خارجی.....
۳۲۰	• دمپر ها و فلاپیول ها.....
۳۲۴	فصل ۱۳: بررسی لقی ها (Clearance Checking).....
۳۲۴	• یاتاقان های ثابت (Main Bearings).....

۳۲۵	• یاتاقان‌های متحرک (Rod Bearings).....
۳۲۶	• یاتاقان‌های میل‌بادامک.....
۳۲۷	• لقی محوری میل‌بادامک.....
۳۲۸	• لقی پیستون به دیواره سیلندر.....
۳۳۰	• لقی جانبی شاتون.....
۳۳۰	• لقی تایپیت در سوراخ خود.....
۳۳۲	• لقی میل‌لنگ به بلوک.....
۳۳۳	• لقی شاتون به بلوک.....
۳۳۶	• فاصله دهانه رینگ پیستون.....
۳۳۸	• لقی محوری میل‌لنگ (Crank Thrust).....
۳۴۰	• فاصله سوپاپ تا پیستون.....
۳۴۴	• فصل ۱۴: مونتاژ نهایی.....
۳۴۴	• نظافت.....
۳۴۵	• میل سوپاپ.....
۳۴۹	• یاتاقان‌های ثابت بالایی.....
۳۵۰	• میل‌لنگ و کاسه نمد عقب.....
۳۵۱	• کپه‌های یاتاقان ثابت و یاتاقان‌های پایینی.....
۳۵۳	• پیستون‌ها و شاتون‌ها.....
۳۶۴	• سیستم تایمینگ.....
۳۶۶	• پمپ روغن و لوله مکش.....
۳۶۸	• تایپیت‌ها.....
۳۶۸	• سرسیلندرها.....
۳۷۳	• منیفولد ورودی.....
۳۷۵	• دلکو.....
۳۷۸	• قاب جلو (سینی جلو)، قاب عقب، کارتل و در سوپاپ‌ها.....
۳۸۰	• واتر پمپ.....
۳۸۱	• بالانسر میل‌لنگ (پولی سر میل‌لنگ).....

مقدمه نویسنده

به عنوان یک تیونر یا سازنده موتور، شما چه برای یک بازسازی استاندارد، چه برای یک موتور اصلاح شده یا یک موتور با عملکرد بالا (High-Performance)، به خدمات یک کارگاه ماشین کاری نیاز دارید. چه یک علاقه مند جدی باشید و چه حرفه ماشین کاری را به عنوان شغل خود در نظر گرفته باشید، این کتاب تمام عملیات حیاتی ماشین کاری موتور را پوشش می دهد تا شما درک روشنی از فرآیندها و نحوه انجام برخی از رویه ها توسط خودتان داشته باشید. اگرچه معمولاً برای انجام فرآیندهای ماشین کاری خودرو به افراد حرفه ای نیاز است، اما این موضوع مانع از آن نمی شود که یک علاقه مند جدی، خود برخی از کارهای ماشین کاری را انجام دهد و در طول بازسازی موتور یا ساخت یک موتور با عملکرد بالا، از نزدیک در فرآیند ماشین کاری دخیل باشد.

یک کارگاه ماشین کاری خودروی معمولی، صدها هزار دلار تجهیزات ماشین کاری را در خود جای داده است. حتی یک مصرف کننده بسیار حرفه ای نیز توانایی مالی خرید این تجهیزات را ندارد و این کار عملی هم نیست. در نتیجه، کسی که در خانه موتور خود را می سازد، باید با یک کارگاه ماشین کاری واجد شرایط برای خدمات ماشین کاری موتور قرارداد ببندد. اگر شما هزاران دلار برای ساخت یک موتور سرمایه گذاری می کنید، باید این رویه های ماشین کاری موتور را به طور کامل درک کنید تا بتوانید فرآیند را هدایت کرده و تایید کنید که نتایج صحیح به دست آمده اند. هنگامی که سرسیندر، بلوک، منیفولدهای ورودی و بسیاری از قطعات دیگر شما ماشین کاری شدند، شما باید بازرسی، اندازه گیری و تایید کنید که قطعات مطابق با مشخصات فنی هستند.

پس از اتمام تمام مراحل ماشین کاری، مونتاژ یا توسط شما یا توسط کارگاه ماشین کاری انجام خواهد شد. این قطعات حیاتی باید با دقت بسیار بالایی با یکدیگر جفت شوند. تلورانس ها بین قطعات بسیار دقیق است و می تواند به اندازه ۰.۰۰۰۱ اینچ (یک ده هزارم اینچ) باشد. این وظیفه شماس است که روی مجموعه ای از ابزارها سرمایه گذاری کنید تا کاری که انجام شده را اندازه گیری و تایید نمایید. این ابزارها شامل میکرومتر C-شکل، میکرومتر کالیپری، ساعت اندیکاتور، گیج داخل سنج ساعتی (بور گیج)، فیکسچر تنظیم بور گیج، عمق سنج، گیج تلورانس، ابزار اندازه گیری میل تایپیت، خط کش دقیق ماشین کاری، ترکمتر، گیج گشتاور-بعلاوه-زاویه، تستر اولتراسونیک و دیگر ابزارها و مواد تخصصی برای ساخت موتور است. با این ابزارها، شما قادر به تحلیل و ارزیابی کار کارگاه ماشین کاری خواهید بود. به همان اندازه مهم، این ابزارها وسیله ای برای انجام اندازه گیری های حیاتی در طول مونتاژ موتور فراهم می کنند. در نتیجه، شما می توانید موتور را با دقت بالا مونتاژ کنید و این به شما کمک می کند تا اطمینان حاصل کنید که یک موتور قدرتمند و قابل اعتماد دارید.

اطلاعات ارائه شده در این کتاب هم برای ماشین کاران موتور مشتاق و هم برای مصرف کنندگان حرفه ای (Performance Consumer) در نظر گرفته شده است. این کتاب بینش ارزشمندی در مورد فرآیندهای درگیر در ماشین کاری و مونتاژ موتور ارائه می دهد. به شما یک تور کامل از ماشین کاری لازم برای ساخت یک موتور معمولی داده می شود و فراتر از آن، مراحل ماشین کاری قطعات موتور برای یک پروژه ساخت به شما نشان داده می شود. تمام قطعات موتور باید با یکدیگر سازگار و مکمل باشند؛ یک مجموعه مشخص از قطعات نیازمند ماشین کاری دقیق است تا موتور بتواند همان طور که طراحی شده، کار کند.

در بسیاری از موارد، یک سازنده موتور کار خود را با یک موتور کاملاً کار کرده و فرسوده که نیاز به بازسازی دارد، شروع می کند. در این کتاب به شما آموزش داده می شود که چگونه تمام اجزای موتور را با استفاده از روش های شات بلاست، سودا بلاست، شیمیایی و اولتراسونیک به درستی تمیز کنید. به شما نشان داده می شود که چگونه بلوک موتور را بازرسی

و ارزیابی کنید تا اطمینان حاصل شود که کاندیدای مناسبی برای بازسازی است. علاوه بر این، شما در مورد بازرسی تمام اجزای موتور یاد می‌گیرید تا بتوانید مشکلات گذشته، راه‌حل‌های فعلی را شناسایی کرده و تعیین کنید کدام قطعات ارزش نگهداری دارند و کدام ندارند.

وقتی صحبت از ماشین‌کاری بلوک می‌شود، هم‌راستاسازی سوراخ اصلی، هونینگ و تراشکاری سیلندر و تونل میل سوپاپ پوشش داده می‌شود. بوش‌گذاری سیلندر اغلب در فرآیند ساخت موتور مورد نیاز است و آن نیز آشکار می‌شود. صاف کردن سطوح رویی بلوک (کف‌تراشی)، آب‌بندی بین بلوک و سرسیلندرها را تضمین می‌کند. یک میل‌لنگ تحت انواع بارهای مخالف قرار می‌گیرد و با انباشت ساعات کار، ممکن است خم شود، ژورنال‌های آن ساییده شوند و دچار مشکلات دیگری شود. اندازه‌گیری، ماشین‌کاری و سایر بخش‌های آماده‌سازی میل‌لنگ به تفصیل پوشش داده شده است. شاتون‌ها پرتنش‌ترین قطعات در یک موتور هستند و بنابراین، اگر قرار است از شاتون‌های شما مجدداً استفاده شود، باید به طور کامل بازرسی و به درستی احیا شوند. به طور خاص، انتخاب و نصب پیچ‌های شاتون باید به درستی انجام شود تا اطمینان حاصل شود که هیچ شکستی رخ نمی‌دهد، زیرا شکست یک شاتون به احتمال زیاد کل موتور را از بین خواهد برد. به شما نشان داده می‌شود که چگونه گایدها را نصب کنید، سیت سوپاپ‌ها را ماشین‌کاری و نصب کنید، سطح سرسیلندر را صاف کنید، محفظه‌های احتراق را اندازه‌گیری کنید و تمام مراحل حیاتی دیگر برای بازگرداندن سرسیلندرها به سلامت کاملشان را انجام دهید. پیستون‌ها و رینگ‌ها باید به درستی در سیلندر یک بلوک موتور خاص فیت شوند، بنابراین فرآیند فیت کردن رینگ به سیلندر و سوهان‌کاری دهانه رینگ پوشش داده شده است.

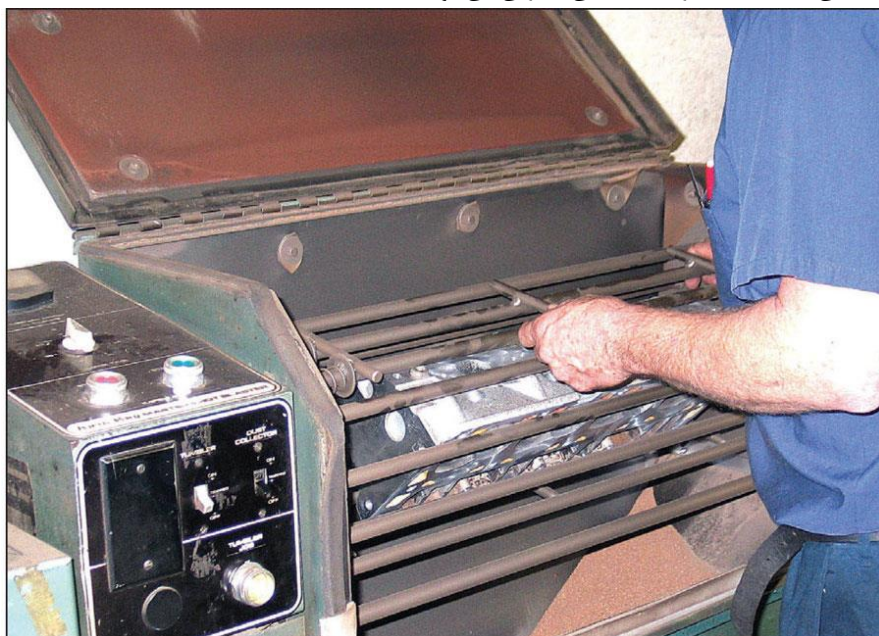
فصل‌ها اطلاعاتی در مورد بالانس مجموعه دوار، بلوپریتینگ، بررسی لقی‌ها، ماشین‌کاری CNC، همسان‌سازی پورت‌ها، میل تایپیت‌ها، شاتون‌ها و موارد دیگر ارائه می‌دهند. همچنین یک نمای کلی از نکات مونتاژ نهایی موتور نیز گنجانده شده است.

با این کتاب جامع، شما قادر خواهید بود قطعات موتور را دمونتاژ، بازرسی و ارزیابی کنید. و با این اطلاعات، شما قادر خواهید بود بهترین تصمیمات را برای ساخت یک موتور با عملکرد بالا و بازسازی موتور بگیرید تا در نهایت بهترین موتور را متناسب با نیازهای خود داشته باشید. پس از انجام ماشین‌کاری، شما قادر خواهید بود تمام قطعات را برداشته، آن‌ها را به درستی فیت کرده و یک مونتاژ نهایی با کیفیت حرفه‌ای انجام دهید.

فصل ۱: تمیزکاری قطعات موتور

قبل از تست قطعات (test fitting) و/یا مونتاژ نهایی موتور، تمیزی امری کاملاً حیاتی است. این شامل تمام قطعات درگیر می‌شود (بلوک، میل‌لنگ، شاتون‌ها، پیستون‌ها، میل‌سوپاپ، سیستم تایمینگ، پمپ روغن و لوله مکش آن، کارتل روغن، درپوش‌های سوپاپ، منیفولد ورودی، سرسیلندرها، اسبک‌ها، میل تایپیت‌ها، تایپیت‌ها، درپوش تایمینگ و غیره). چیزی به نام «بیش از حد تمیز» وجود ندارد.

بسته به کاربرد، روش‌های متنوعی برای تمیزکاری موجود است. این روش‌ها شامل مخازن داغ (hot tanks)، کابین‌های شستشوی تحت فشار (spray cabinets)، کوره‌ها (ovens)، شات بلاست بدون هوا (airless shot blasting)، بلاستینگ با مواد ساینده در کابین (cabinet media blasting)، غلتاندن (tumbling) و تمیزکاری دستی با استفاده از ابزارهای دستی یا برقی می‌شود.



یک دستگاه شات بلاست بدون هوا، ساچمه‌های فولادی (یا فولاد ضدزنگ) را به سمت بلوک یا سرسیلندرها پرتاب می‌کند، در حالی که قطعه در یک قفس قابل تنظیم محکم شده و می‌چرخد. در این روش از هوای فشرده استفاده نمی‌شود. پس از شات بلاستینگ، قطعه باید در یک درام با آستر لاستیکی غلتانده شود تا هرگونه ساچمه فولادی باقیمانده از آن جدا شود.

دستگاه‌های شات بلاست بدون هوا

یک کابین شات بلاست بدون هوا از یک پروانه (impeller) با سرعت بالا استفاده می‌کند که ساچمه‌های فولادی را به سمت قطعات پرتاب می‌کند در حالی که قطعات به آرامی در یک قفس می‌چرخند. این دستگاه از هوای فشرده استفاده نمی‌کند. ساچمه‌های فولادی (یا فولاد ضدزنگ) حدود ۰.۰۳۰ اینچ قطر دارند. پس از اینکه قطعه بلاست شد، باید در یک درام غلتشی بزرگ غلتانده شود تا هرگونه ساچمه باقیمانده از آن خارج شود. بلاستینگ بدون هوا با ساچمه فولادی فقط برای قطعات چدنی در نظر گرفته شده و نباید برای قطعات آلومینیومی نرم‌تر استفاده شود. قطعات تنها پس از اینکه چربی‌زدایی شده و کاملاً خشک باشند، می‌توانند تحت شات بلاست بدون هوا قرار گیرند.

تمیزکاری با مخزن داغ

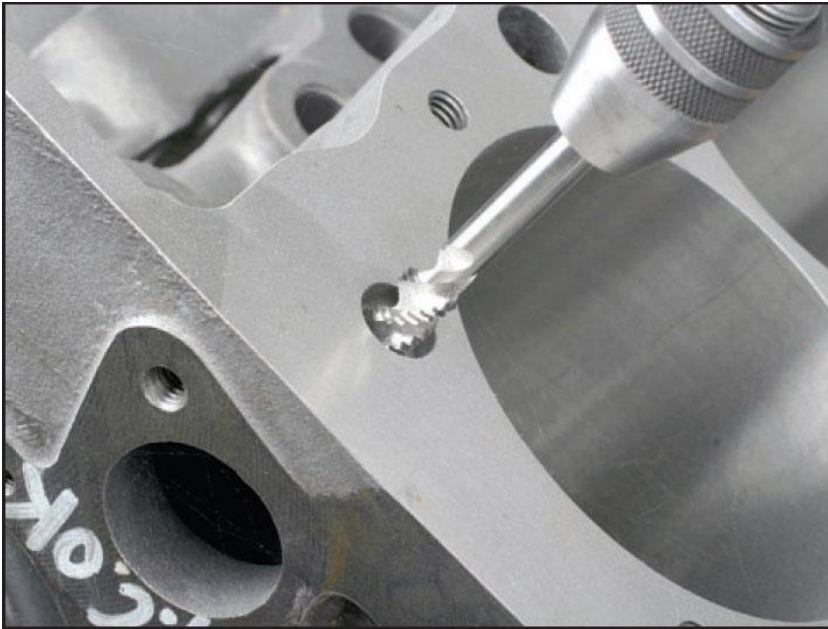
حلال‌هایی که تا دمای تقریبی ۱۷۰ درجه فارنهایت (۷۷ درجه سانتی‌گراد) گرم شده‌اند، آلاینده‌ها را سریع‌تر از حلال‌های با دمای اتاق تجزیه می‌کنند. با این حال، حلال‌ها باید با دقت انتخاب شوند تا با قطعات آهنی (فولاد یا چدن) یا غیرآهنی (آلیاژها) سازگار باشند. پس از اینکه قطعه‌ای در مخزن داغ تمیز شد، باید با آب داغ شسته شده و سپس با فشار هوا خشک شود. در این مرحله، سطوح فولادی یا چدنی تمایل دارند که خیلی سریع دچار زنگار سطحی شوند، بنابراین استفاده از یک ماده ضد زنگ در اسرع وقت الزامی است. مخازن داغ در انواع مختلفی موجود هستند، از جمله غوطه‌وری در محلول داغ (hot-soak) و غوطه‌وری داغ همراه با هم‌زدن و جت‌های اسپری.

کابین‌های شستشوی تحت فشار

یک دستگاه شستشوی “جت (Jet)” از حلال داغ و یک سری نازل اسپری پرفشار استفاده می‌کند. قطعاتی که در حال تمیز شدن هستند، روی یک صفحه گردان، در یک قفس یا پایه مناسب محکم می‌شوند. قطعه در طول چرخه شستشو و آبکشی می‌چرخد. مایعات، بسته به کاربرد، می‌توانند شامل آب داغ و/یا حلال‌های مناسب برای ماده‌ای که تمیز می‌شود، باشند. حلال‌های با خاصیت قلیایی بالا ممکن است برای فولاد یا چدن مناسب باشند؛ یک پاک‌کننده بر پایه مواد شوینده برای قطعات آلومینیومی بهترین گزینه است.

سوراخ‌های رزوه‌دار

صرف نظر از روش تمیزکاری، تمام سوراخ‌های رزوه‌دار در بلوک موتور باید بازرسی و تمیز شوند. اطمینان حاصل کنید که تمام سوراخ‌های پیچ را تمیز کرده و توجه ویژه‌ای به سوراخ‌های روی سطح بلوک (برای پیچ‌های سرسیلندر) و سوراخ‌های رزوه‌دار کپه‌های یاتاقان ثابت داشته باشید. با استفاده از یک برس سیمی به سبک برس‌تنظیف‌تفنگ، تمام سوراخ‌های مادگی رزوه‌دار را بسایید. برای اطمینان از اینکه رزوه‌ها در وضعیت خوبی هستند و برای از بین بردن هرگونه آلاینده/ضایعات، ایده خوبی است که یک **قلاویز اصلاحی (Chasing Tap)** را در تمام سوراخ‌های رزوه‌دار بچرخانید. این را با یک **قلاویز برشی (Cutting Tap)** اشتباه نگیرید. قلاویزهای برشی معمولی تمایل به برداشتن فلز دارند که باید از آن اجتناب شود. قلاویزهای اصلاحی به طور خاص برای تمیز کردن و بازسازی رزوه‌های موجود، **بدون برداشتن مواد اضافی**، طراحی شده‌اند. به خصوص برای سوراخ‌های پیچ کپه‌های یاتاقان ثابت و سوراخ‌های پیچ سرسیلندر روی بلوک، استفاده از قلاویز اصلاحی به شما کمک می‌کند تا اطمینان حاصل کنید که رزوه‌ها ضمن حفظ استحکام و یکپارچگی لازم، تمیز هستند.

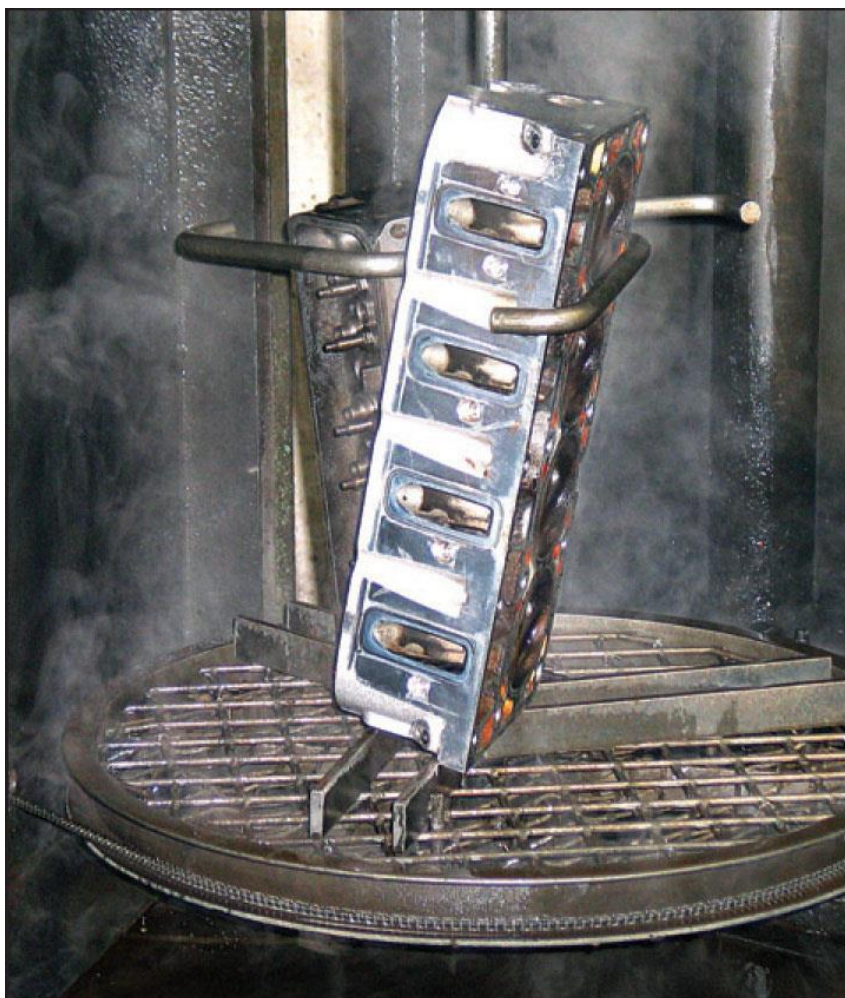


تمام سوراخ‌های رزوه‌دار در یک بلوک باید برای اطمینان از تمیزی و وضعیت رزوه، قلاویزکاری اصلاحی شوند. در اینجا، سوراخ روی سطح بلوک (Deck) که برای پیچ سرسیلندر است، در حال قلاویزکاری اصلاحی است. قلاویز را **فقط با دسته دستی** بچرخانید. برای پوشش دادن تمام سوراخ‌ها به سائزهای مختلفی نیاز است. حیاتی‌ترین سوراخ‌های رزوه‌دار شامل سوراخ‌های روی سطح بلوک برای پیچ‌های سرسیلندر و سوراخ‌های کپه‌های یاتاقان ثابت هستند.

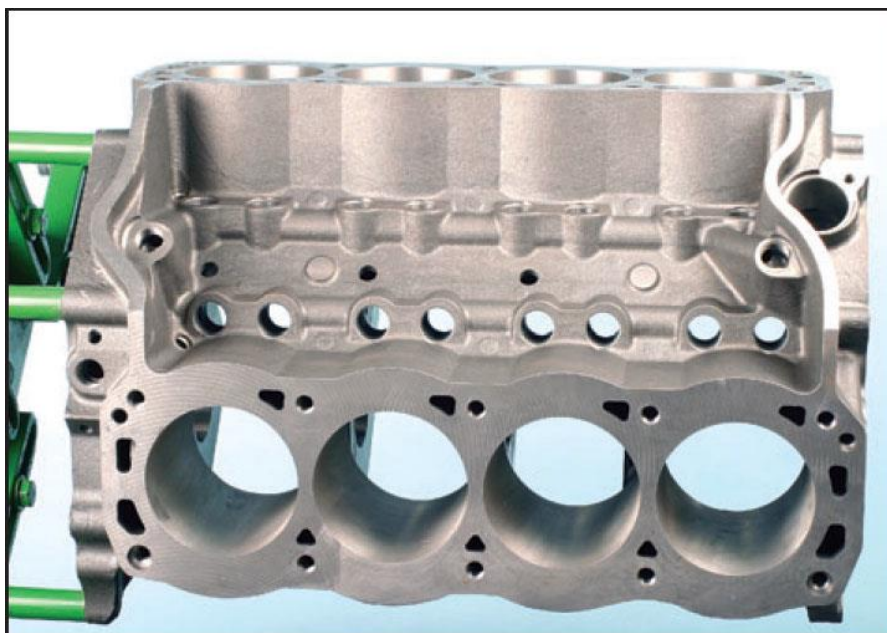
سطح بیرونی بلوک را با یک برس نرم و تمیز آغشته به آب داغ و مایع ظرفشویی (مانند Dawn) بسایید و آبکشی کنید. قصد تبلیغ برند شوینده را ندارم، اما به دلایلی، به نظر می‌رسد Dawn بهترین عملکرد را در از بین بردن روغن و گریس دارد. وقتی تمام سطوح داخلی و خارجی به طور کامل آبکشی شدند، هوای فشرده تمیز را از داخل تمام سوراخ‌های پیچ، مجاری و سطوح خارجی عبور دهید. در این مرحله، وقتی بلوک خشک شد، **بلافاصله** یک لایه نازک روغن موتور تمیز را روی نشیمن‌گاه‌های یاتاقان ثابت (main saddles)، سوراخ‌های تایپیت (lifter bores) و دیواره سیلندرها بمالید تا از زنگ‌زدگی سطحی جلوگیری شود. بلوک‌های چدنی وقتی تمیز و خشک هستند، تمایل دارند خیلی سریع اکسید شوند (زنگار سطحی)، بنابراین اکنون زمان خوبی برای پوشاندن (Masking) و رنگ‌آمیزی قسمت بیرونی بلوک است. اگر قرار نیست قطعه رنگ شود، یک لایه نازک از یک ماده ضد زنگ را به تمام سطوح بمالید، به خصوص اگر قطعه قرار است برای مدتی قبل از مونتاژ نگهداری شود.

شستشوی با حلال سرد

دستگاه‌های قطعه‌شوی رایج که از حلال سرد (گرم‌نشده) استفاده می‌کنند، برای چربی‌زدایی قطعات کوچک‌تر مانند شاتون‌ها، پیستون‌ها، میل‌سوپاپ و غیره مفید هستند، اما این کار مستلزم آن است که قطعات در حلال غوطه‌ور شوند و سپس با برس دستی یا کاردک تمیز شوند تا گریس و سایر آلاینده‌های قابل حل در حلال از بین بروند. با این حال، از آنجا که هیچ فشاری در کار نیست، این روش ممکن است نتواند آلاینده‌ها را از سوراخ‌های بسته (blind holes) یا مجاری پاک کند. همچنین، این فرآیند زمان‌بر است و معمولاً در کارگاه یک تیونر موتور استفاده نمی‌شود.



یک دستگاه شستشوی “جت (Jet)” از حلال داغ و یک سری نازل اسپری پرفشار استفاده می‌کند. قطعاتی که در حال تمیز شدن هستند، روی یک صفحه گردان، در یک قفس یا پایه مناسب محکم می‌شوند. قطعه در طول چرخه شستشو و آبکشی می‌چرخد. مایعات، بسته به کاربرد، می‌توانند شامل آب داغ و/یا حلال‌های مناسب برای ماده‌ای که تمیز می‌شود، باشند. حلال‌های با خاصیت قلیایی بالا ممکن است برای فولاد یا چدن مناسب باشند؛ یک پاک‌کننده بر پایه مواد شوینده برای قطعات آلومینیومی بهترین گزینه است.



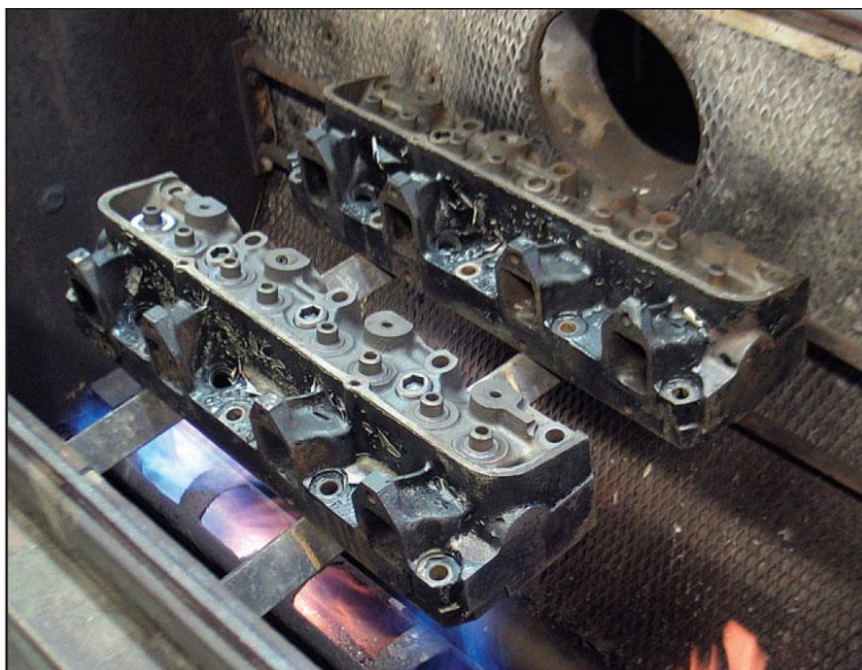
این بلوک در کوره تمیز شده، غلتانده شده و در یک کابین شستشوی تحت فشار شسته شده تا به ظاهری شبیه نو برسد.

کوره‌ها

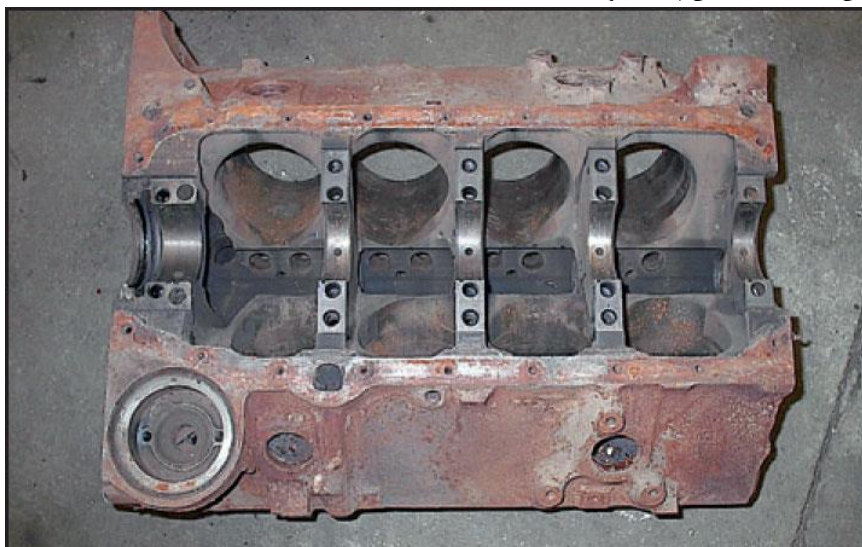
که اغلب به آن **تمیزکاری حرارتی (Thermal Cleaning)** نیز گفته می‌شود، می‌توان از یک کوره اختصاصی برای چربی‌زدایی بلوک موتور یا سرسیلندرها استفاده کرد. یک کوره تمیزکاری اختصاصی، قطعه را "می‌پزد" و گریس، روغن، رنگ و سایر آلاینده‌ها را به خاکستر تبدیل می‌کند. قطعه در ابتدا تا حدود ۳۷۵ درجه فارنهایت (۱۹۰ درجه سانتی‌گراد) گرم می‌شود تا بخارات سطحی آن پخته شود، که سپس در یک محفظه جداگانه در دمای حدود ۱۳۰۰ درجه فارنهایت (۷۰۴ درجه سانتی‌گراد) اکسید می‌شوند. سپس دمای محفظه اصلی کوره به دمای از پیش انتخاب شده بالاتری، حدود ۶۰۰ تا ۷۰۰ درجه فارنهایت (۳۱۵ تا ۳۷۱ درجه سانتی‌گراد) برای قطعات فولادی یا چدنی، افزایش می‌یابد. وقتی چرخه تمیزکاری کامل شد، که معمولاً حدود سه ساعت طول می‌کشد، تمام آلاینده‌های لجنی به خاکستری تبدیل شده‌اند که به راحتی قابل دفع است. پس از خنک شدن قطعه، آن را در یک مخزن داغ شستشو/آبکشی می‌کنند تا ذرات باقیمانده از بین بروند.

قطعات آلومینیومی به مراقبت بیشتری نیاز دارند زیرا دماهای بسیار بالا می‌تواند منجر به **تاب برداشتن (distortion)** آن‌ها شود. به طور معمول، قطعات ریخته‌گری آلومینیومی در دمای حدود ۵۰۰ درجه فارنهایت (۲۶۰ درجه سانتی‌گراد) پخته می‌شوند. این دمای پایین‌تر همچنین احتمال شل شدن سیت‌های سوپاپ و گایدها در سرسیلندر را کاهش می‌دهد. صرف نظر از جنس (فولاد، چدن یا آلومینیوم)، دمای کوره باید پس از مرحله پخت بسیار **آهسته** کاهش یابد تا به دمای اتاق برسد تا از تاب برداشتن فلز جلوگیری شود.

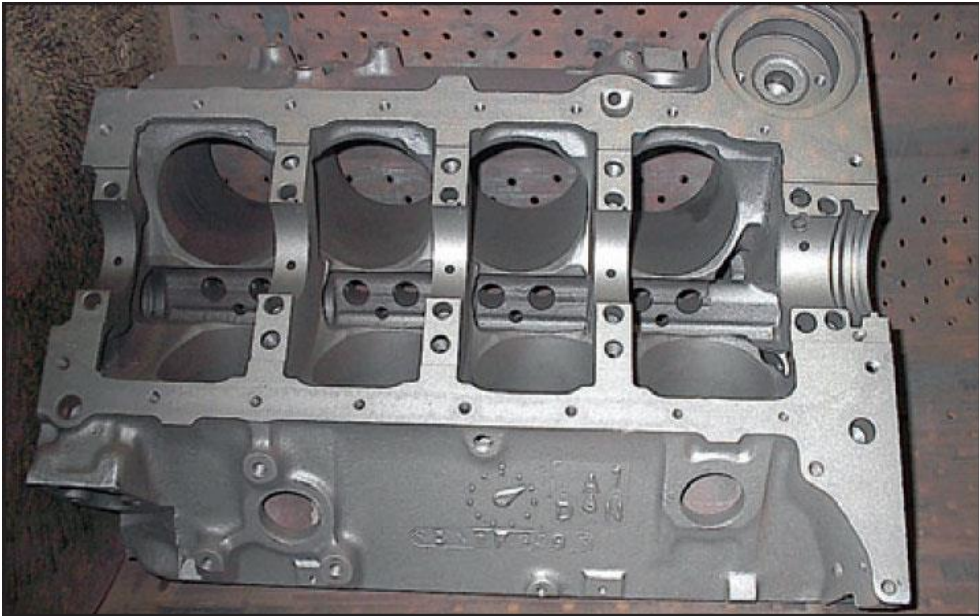
اگرچه یک مخزن داغ، لجن را انباشته می‌کند و نیاز به تمیزکاری دوره‌ای و دفع مناسب دارد، استفاده از یک کوره تمیزکاری نیاز به دفع پسماندهای خطرناک (لجن) را از بین می‌برد و این امر کوره‌ها را از نظر زیست‌محیطی کمی قابل قبول‌تر می‌کند.



اگرچه اکثر کوره‌های تمیزکاری طوری طراحی شده‌اند که قطعه را در طول چرخه‌های حرارتی بپرخانند تا به طور یکنواخت گرم شود، برخی از سازندگان موتور دوست دارند برخی قطعات را قبل از بلاست با دانه‌های شیشه، از قبل گرم کنند تا روغن‌های باقیمانده آن پخته شود.



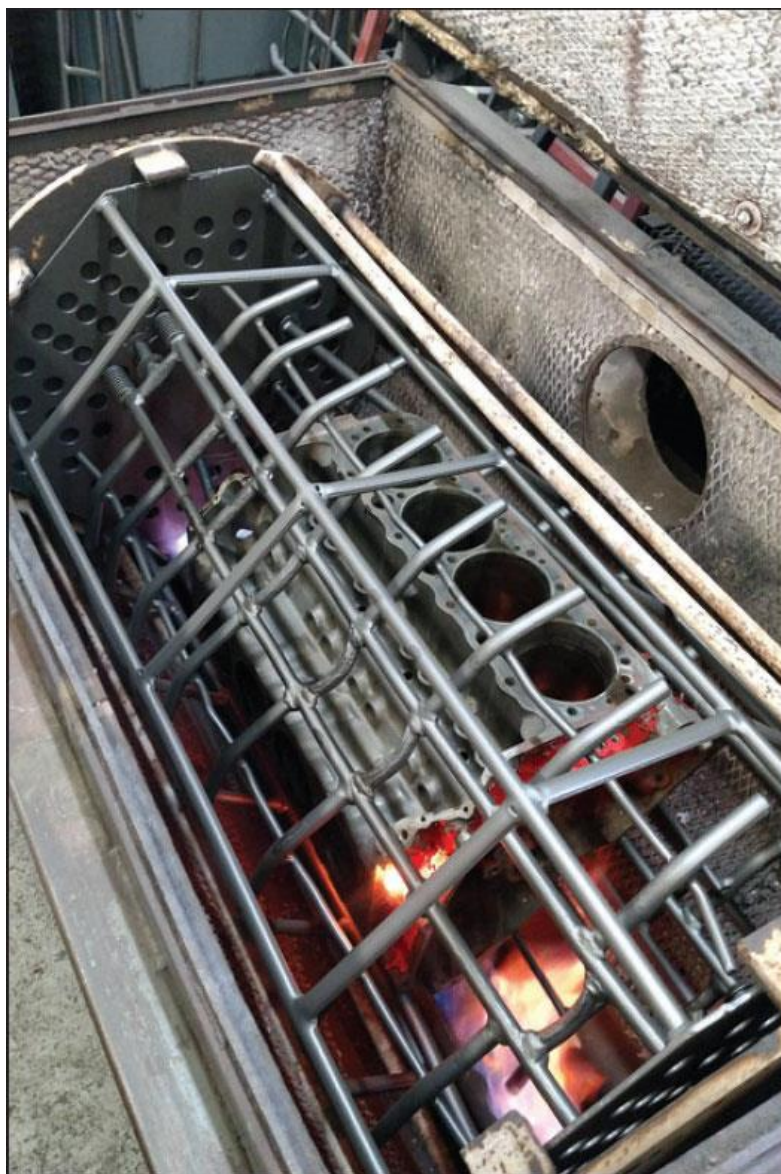
این بلوک چربی‌زدایی شده است، اما زنگار سطحی و برخی آلاینده‌ها باقی مانده‌اند.



همان بلوک اکنون شات بلاست و غلتانده شده است. بلوک حالا برای ماشین کاری آماده است.

آب و صابون (مایع شوینده)

مواردی وجود دارد که شستشو/ساییدن و آبکشی با دست کاربرد دارد، مانند انجام شستشو و آبکشی نهایی یک بلوک موتور که قبلاً ماشین کاری شده، پیش از مونتاژ. استفاده از آب بسیار داغ (آنقدر داغ که دستان شما بتوانند تحمل کنند) و مایع ظرفشویی Dawn می تواند نتایج عالی به همراه داشته باشد. در حالی که بلوک روی پایه ای قرار دارد که به شما امکان چرخاندن آن را می دهد، آب داغ را با فشار به داخل تمام مجاری روغن و خنک کننده بپاشید و سپس مایع Dawn را در همان مجاری بریزید. با استفاده از برس های سیمی اختصاصی (و تمیز) که برای تمیز کردن بلوک طراحی شده اند، تا جایی که دسترسی دارید مجاری را بسایید؛ سپس چندین بار با آب داغ آبکشی کنید تا تمام آثار صابون (مایع شوینده) از بین برود.



این بلوک بزرگ شورولت (big-block) باز شده و در یک کوره تمیزکاری قرار گرفته است. بلوک در داخل یک قفس لوله‌ای محکم شده است. با نصب قفس در کوره، دستگاه بلوک را در طول فرآیند تمیزکاری حرارتی می‌چرخاند تا گرما به طور یکنواخت توزیع شود و تمام گریس، رنگ، زنگ و لجن پخته شود.



در اینجا، فرآیند شات بلاست بدون هوا تکمیل شده و نتیجه آن یک بلوک تمیز و رسیده به فلز خالص است که برای غلتاندن آماده است. پس از اینکه بلوک در کوره خنک شد، در حالی که هنوز در قفس خود نصب است، به یک کابین شات بلاست بدون هوای فولادی منتقل می‌شود که خاکستر ایجاد شده توسط کوره را تمیز می‌کند.

بلاستینگ با مواد ساینده

یک کابین بلاست محصور می‌تواند برای تمیز کردن قطعات خاصی مانند پیستون‌ها، شاتون‌ها، براکت‌های نصب، درپوش‌های سوپاپ و غیره ایده‌آل باشد، اما ماده ساینده (media) باید با دقت انتخاب شود. انواع مختلفی از مواد بلاستینگ موجود است، از جمله (اما نه محدود به) "دانه‌های شیشه (glass bead)"، پوست گردوی خرد شده، چوب بلال خرد شده، پوست گردوی آمریکایی (پکان) خرد شده، دانه‌های پلاستیکی و جوش شیرین (soda). بسته به نوع ماده ساینده، شما نه تنها می‌توانید قطعه را تا رسیدن به فلز خالص تمیز کنید، بلکه در صورت لزوم لبه‌های تیز و برنده را نیز به آرامی پلیسه‌گیری (deburr) کنید. هرگز از مواد ساینده بسیار زبر مانند ماسه استفاده نکنید، که به سادگی بیش از حد تهاجمی است. اگر از یک ماده ساینده مانند دانه‌های شیشه استفاده شود، قطعه باید پس از آن به طور کامل و با دقت شسته و آبکشی شود تا تمام ذرات دانه شیشه از بین بروند. به همین دلیل، عاقلانه نیست که قطعه‌ای مانند

منیفولد ورودی را با دانه‌های شیشه بلاست کنید، زیرا احتمال گیر افتادن ذرات در داخل رانرها (مجاری ورودی) بسیار زیاد است.



سپس قفس باز شده و از بلوک جدا می‌شود. با استفاده از جرثقیل سقفی کارگاه، بلوک در قفس، از دستگاه شات بلاستر خارج می‌شود.



در نهایت، بلوک در یک درام غلتان (تامبلر) با آستر لاستیکی قرار می‌گیرد. درام می‌چرخد و به بلوک اجازه می‌دهد تا به صورت تصادفی غلت بخورد. همزمان با غلت خوردن بلوک، هرگونه ساچمه فولادی باقیمانده از آن جدا شده و از بلوک خارج می‌شود.

برس‌های تمیزکاری بلوک

صرف‌نظر از روش چربی‌زدایی مورد استفاده، همیشه مجاری روغن و آب را با برس‌های مویی زبر (bristle brushes) با اندازه مناسب تمیز کنید. می‌توان از یک برس تفنگی با موهای بلند برای تمیز کردن مجاری اصلی روغن از جلو تا عقب بلوک استفاده کرد. از برس‌های تفنگی با قطر کم می‌توان برای تمیز کردن مجاری روغن در یاتاقان‌های

ثابت و متحرک میل لنگ استفاده کرد. می‌توان از یک برس تفنگی با دسته بلند و قطر اختصاصی برای تمیز کردن سوراخ‌های میل بادامک استفاده کرد. برس‌های تفنگی تخصصی با قطر بسیار کوچک نیز به طور خاص برای تمیز کردن داخل میل تایپیت‌های توخالی (oil-through pushrods) موجود هستند. پس از اینکه برس‌ها از داخل هر مجرای عبور داده شدند، آن مجرا باید با آب داغ تحت فشار شستشو داده شده و سپس با هوای فشرده خشک شود. پس از اتمام کار با برس‌ها و قبل از نگهداری آن‌ها، تمام برس‌ها را با آب داغ و مواد شوینده بشوئید و با آب داغ آبکشی کنید تا هرگونه آلودگی از روی موهای برس پاک شود.

نکات مربوط به کابین (بلاستینگ)

کابین‌های بلاستینگ تجهیزات فوق‌العاده‌ای برای هر کارگاهی هستند که برای تمیزکاری، پلیسه‌گیری و/یا ایجاد یک سطح با بافت نرم برای پوشش‌دهی‌های برنامه‌ریزی شده استفاده می‌شوند. با این حال، استفاده طولانی‌مدت باعث بروز برخی مشکلات ناشی از سایش می‌شود. پنجره بازدید (معمولاً شیشه‌ای) در نهایت ممکن است مات و خراشیده شود، حتی اگر مستقیماً به سمت پنجره بلاست نکنید. اگرچه این امر بر عملکرد تأثیر نمی‌گذارد، اما دیدن را دشوارتر می‌کند. نصب یک فیلم شفاف جداشدنی (peel-off) روی سطح داخلی شیشه را در نظر بگیرید. درست مانند فیلم شفاف جداشدنی که روی ویزور بسیاری از کلاه‌های مسابقه استفاده می‌شود، هنگامی که لایه بیرونی فیلم مات/خراشیده شد، به سادگی آن را جدا می‌کنید تا لایه بعدی نمایان شود، یا لایه موجود را جدا کرده و یک لایه جدید نصب می‌کنید. به عنوان مثال، شرکت Goodson Tools & Shop Supplies این فیلم‌ها را (که می‌توانید متناسب با پنجره خود برش دهید) با شماره قطعه GB-FILM (P/N) ارائه می‌دهد. استفاده از این فیلم محافظ، در هزینه و زمان تعویض شیشه بازدید صرفه‌جویی می‌کند.

مراقب گسکت (واشر) درب کابین باشید. به خصوص اگر کابین طوری طراحی شده باشد که از بالا باز شود (که وزن درب به طور مداوم گسکت را فشرده می‌کند)، آب‌بند در نهایت ممکن است فشرده شده و منجر به از دست رفتن خلاء کابین (با فرض اینکه کابین شما دارای پمپ خلاء است) و نشت ماده ساینده به بیرون شود. در حالی که درب کابین بسته و چفت شده است، وقتی پمپ خلاء کابین را روشن می‌کنید، آستین‌های دستکش شما باید به سرعت به سمت داخل کشیده شده و در حالت کشیده قرار گیرند (انگار که در حال باد شدن هستند). اگر اینطور نیست، شما نشتی خلاء دارید.

دستکش‌های کابین بلاستینگ همیشه یک مسئله هستند، به خصوص وقتی قطعات کوچک دستی را بلاست می‌کنید که در نهایت منجر به بلاست کردن نوک انگشتان دستکش می‌شود. با کیفیت‌ترین دستکش‌های موجود را بخرید تا عمر نوک انگشتان را افزایش دهید (از اجناس ارزان وارداتی خودداری کنید). انواع مختلفی از دستکش‌ها موجود است، برخی به صورت یک تکه (دستکش و آستین) و برخی با دستکش‌های قابل تعویض (که با یک بست به آستین بازو متصل می‌شوند). اگر در حال تعویض آستین‌های بازو هستید (چه آستین‌ها دارای دستکش یکپارچه باشند و چه دستکش‌های جداگانه)، باید آن‌ها را با اندازه سوراخ پورت مناسب سفارش دهید تا ورودی آستین‌ها با پورت‌های کابین شما مطابقت داشته باشد. همچنین، اطمینان حاصل کنید که آستین‌ها به اندازه کافی بلند هستند تا به شما امکان دهند به انتهای کابین برسید. آستین‌های کوتاه‌آزاردهنده هستند و شما را مجبور می‌کنند کار را متوقف کرده و درب کابین را برای برداشتن قطعه‌ای که دور از دسترس است باز کنید.

به چراغ‌های داخلی کابین توجه زیادی داشته باشید. فقط از نوع لامپی استفاده کنید که توسط سازنده کابین توصیه شده است. لامپ‌ها باید صنعتی (heavy duty) باشند، با شیشه‌ای از گرید فضای باز که ضخیم بوده و در برابر بلاست تصادفی مقاومت کند.

اگر قصد دارید به کابین بلاستینگ خود تکیه کنید، مواد مصرفی یدکی را آماده نگه دارید تا از زمان از کار افتادگی جلوگیری کنید. این شامل لامپ‌های یدکی، دستکش، شیشه بازديد، نازل تفنگ بلاست (سرامیکی یا کاربایدی)، شلنگ تغذیه، بست‌های شلنگ و آب‌بندهای درب است. برنامه‌ریزی قبلی از نیاز به ثبت سفارش اضطراری از یک تامین‌کننده خارج از شهر در حالی که کابین بیکار مانده است، جلوگیری می‌کند.

بسته به محل قرارگیری کابین بلاستینگ، ممکن است استفاده از یک پرده جوشکاری ایستاده که محوطه کابین را احاطه کند، در نظر بگیرید. مگر اینکه کابین در یک اتاق "کیف" جداگانه قرار داشته باشد، این کار گرد و غبار معلق ماده ساینده را که می‌تواند به راحتی در سراسر کارگاه پخش شود، به حداقل می‌رساند.

قبل از بلاست هر قطعه با دانه‌های شیشه، قطعه باید قبلاً به طور کامل چربی‌زدایی شده باشد و تمام گریس، روغن و لجن نرم از آن پاک شود. در غیر این صورت، دانه‌ها به این آلاینده‌ها می‌چسبند و به طور بالقوه باعث گیر افتادن دانه‌ها در شکاف‌ها و سوراخ‌ها می‌شوند. اگر یک کوره تمیزکاری در دسترس باشد، می‌توان قطعه را برای چند دقیقه پخت تا هرگونه روغن قبل از بلاست با دانه‌های شیشه از بین برود.

کابین‌های بلاستینگ با دانه‌های شیشه دارای دستکش‌های لاستیکی هستند که به اپراتور اجازه می‌دهد قطعات را در کابین جابجا کرده و با آنها کار کند. این دستکش‌ها مستعد سایش هستند و باید به طور مرتب بازرسی شوند. دستکش‌ها در قطرها و طول‌های مختلف آستین برای سازگاری با تمام مدل‌های کابین بلاستینگ موجود هستند.

یک کابین بلاستینگ دارای یک پنجره بازديد شیشه‌ای است. سطح داخلی شیشه در نهایت ساییده شده و دیدن از طریق آن را دشوار می‌کند. بسته به میزان استفاده از کابین، برای تعویض شیشه حدوداً سالی یک بار برنامه‌ریزی کنید.

تفنگ‌های کابین بلاستینگ دارای یک نازل سرامیکی هستند که الگوی پاشش مناسب ماده ساینده را فراهم می‌کند. نازل‌های سرامیکی، اگرچه بسیار سخت هستند، اما در نهایت فرسوده شده و کارایی بلاستینگ ماده ساینده را کاهش می‌دهند. نازل‌ها به راحتی قابل تعویض هستند. عاقلانه است که چند عدد یدک جدید در دسترس داشته باشید.

نمایی از یک قیف (hopper) در کابین دانه‌های شیشه. بسته به طراحی قیف کابین، ماده ساینده ممکن است روی دیواره‌های شیب‌دار انباشته شود. همراه با جذب رطوبت هوا، توانایی ماده ساینده برای جمع شدن روی لوله تغذیه کاهش می‌یابد. پر نگه داشتن قیف با سطح مورد نیاز از ماده ساینده تازه به جلوگیری از این امر کمک می‌کند. تمیز نگه داشتن شیشه بازديد کابین بلاست و وجود خلاء کافی برای گرد و غبار، دید اپراتور را بهبود می‌بخشد.

اگر قطعه‌ای که قرار است تمیز شود دارای مجاری پنهانی است که نمی‌توان با اطمینان آنها را تمیز کرد، از بلاست کردن با یک ماده ساینده خودداری کنید. همچنین، از بلاست کردن دانه‌ها به داخل سوراخ‌های رزوه مادگی خودداری کنید، زیرا دانه‌ها می‌توانند در آن گیر کرده و عمل ساینده‌گری می‌تواند یکپارچگی رزوه‌ها را تخریب کند. پس از بلاست با دانه، از هوای فشرده برای خارج کردن تمام آثار ذرات دانه استفاده کنید. سعی نکنید در ابتدا ذرات دانه را با آبکشی مرطوب حذف کنید، زیرا این کار به راحتی می‌تواند باعث چسبیدن دانه‌ها به سطوح، احتمالاً به صورت توده‌های کوچک در داخل هر مجرای، شود. همچنین، هرگز از یک ماده ساینده روی قطعه‌ای که خیس است یا دارای روغن یا گریس است استفاده نکنید. قطعه باید قبل از بلاست، چربی‌زدایی، آبکشی و خشک شود.

نگرانی‌ها در مورد آلودگی احتمالی سوراخ‌های رزوه شده با ماده ساینده را می‌توان با مسدود کردن این سوراخ‌ها با پیچ‌های موقت برطرف کرد. پس از بلاست با دانه، پیچ‌ها را برداشته و سوراخ‌های رزوه مادگی را به صورت دستی با یک قلاویز تمیزکار (chaser tap) و حلال تمیز کنید. من در ادامه این فصل در مورد استفاده از قلاویزهای تمیزکار بحث می‌کنم. جوش شیرین (بی‌کربنات سدیم، اساساً نوعی پودر شیرینی‌پزی) انتخاب خوبی است، زیرا در آب حل می‌شود و امکان حذف آسان‌تر از طریق آبکشی را فراهم می‌کند. مزایای جوش شیرین شامل توانایی تمیز کردن حتی سطوحی است که هنوز به روغن یا گریس آلوده هستند. جوش شیرین کار تمیزکاری را عالی انجام می‌دهد، اما به شما اجازه نمی‌دهد لبه‌های تیز را نرم کنید زیرا به اندازه سایر مواد ساینده مانند دانه‌های شیشه تهاجمی نیست. اگرچه ممکن است بتوان از جوش شیرین در یک کابین بلاست معمولی استفاده کرد، اما بهتر است از یک سیستم بلاست که برای جوش شیرین طراحی شده است استفاده شود تا بالاترین کارایی و بازایی گرد و غبار را داشته باشد.

بلاستینگ با جوش شیرین در کابین

استفاده از جوش شیرین به جای روش‌های سنتی با استفاده از دانه‌های شیشه یا پلاستیک، مزایای مشخصی دارد. برخلاف این مواد ساینده دیگر، جوش شیرین به راحتی باقی‌مانده گریس و روغن سطحی و همچنین رنگ را از بین می‌برد و نیاز به مرحله پیش-تمیزکاری را حذف می‌کند. یک مزیت مشخص مربوط به تمیز کردن منیفولد ورودی (به ویژه منیفولد از نوع دو صفحه‌ای) است. خطر استفاده از دانه‌های شیشه (یا سایر مواد ساینده) در این نگرانی نهفته است که ذرات در داخل نواحی پنهان/دشوار دسترس رانرها گیر کنند، که می‌تواند منجر به نتایج فاجعه‌بار در یک موتور در حال کار شود. از آنجا که جوش شیرین در آب حل می‌شود، با یک آبکشی ساده از گیر افتادن آن جلوگیری می‌شود. هر ذره‌ای که ممکن است باقی بماند، خطر ساییدگی ایجاد نمی‌کند (زیرا ذرات ساینده سختی نیستند) و به طور موثر در حین کار موتور تجزیه می‌شوند.

مزایای بلاستینگ با جوش شیرین

جوش شیرین دانه‌ای (گرانولی) است و برای استفاده در دیگ‌های تحت فشار یا در سیستم‌های کابینتی مناسب است. کریستال‌های جوش شیرین تیز هستند و هنگامی که با فشار نسبتاً کم اما با سرعت بالا پاشیده می‌شوند، عملکرد تمیزکاری/لایه برداری فوق‌العاده‌ای ارائه می‌دهند. جوش شیرین “شکننده (friable)” است، به این معنی که به ذرات کوچکتر شکسته می‌شود. این امر عملکرد تمیزکاری را افزایش می‌دهد در حالی که ضربه بلاستینگ را نرم‌تر می‌کند. برخلاف سایر مواد ساینده، جوش شیرین نسبتاً نرم است و به سطوح فلزی آسیب نمی‌رساند.

جوش شیرین غیر سمی و غیر خطرناک است، با pH تقریباً خنثی ۸.۲.

جوش شیرین در آب حل می‌شود و به راحتی با آبکشی تمیز می‌شود.

جوش شیرین هیچ “گریت” ساینده‌ای که بتواند به قطعات متحرک آسیب برساند، باقی نمی‌گذارد.

مواد ساینده بلاستینگ (Media): طیف گسترده‌ای از مواد ساینده بلاستینگ موجود است که هر کدام ویژگی‌های خاص خود را دارند. بسته به جنسی که قرار است بلاست شود، از جمله چدن، آلومینیوم ریخته‌گری، فولاد و غیره، و نوع قطعه شامل بلوک‌ها، سرسیلندرها، منیفولدها، پیستون‌ها، شاتون‌ها و غیره، و همچنین پرداخت سطح مورد نظر، باید به انتخاب نوع مناسب ماده ساینده برای کاربرد خاص توجه شود.

ماسه: ماسه سیلیسی معمولی بسیار تهاجمی است و هرگز نباید روی هیچ سطح مرتبط با موتور استفاده شود. این ماده اغلب روی قطعات خودرو، پنل‌های بدنه، ریل‌های شاسی و قطعات سیستم تعلیق استفاده می‌شود. اما ماسه آنقدر ساینده

است که به معنای واقعی کلمه آلومینیوم نرم را می خورد، چدن را حفره دار می کند و آسیب جبران ناپذیری به سایر قطعات فولادی وارد می کند.

دانه شیشه (Glass Bead) :

بسته به گرید خاص (زبری)، ماده ساینده دانه شیشه به صورت توپ های کوچک از پیش ساخته شده تولید می شود که بسته به گرید شیشه، پرداخت صاف تر و "روشن تری" نسبت به مواد ساینده زاویه دار ایجاد می کند (که منجر به پرداخت ساتن مات می شود). دانه شیشه، مانند اکثر مواد ساینده (غیر از جوش شیرین)، به عنوان یک خشک کننده عمل نمی کند، بنابراین قطعه باید قبل از بلاست خشک و بدون گریس باشد. گریس، روغن و غیره در نهایت در طول بلاست پاک می شوند، اما در دراز مدت، شما دانه شیشه موجود در کیف را آلوده می کنید. همین امر در مورد لایه های رنگی که به راحتی پوسته پوسته می شوند نیز صدق می کند. پوسته های بزرگ (بزرگتر از، مثلاً، ناخن انگشت کوچک شما) در کیف جمع شده و در نهایت لوله تغذیه را مسدود می کنند. اگر این اتفاق افتاد، یک راه حل سریع این است که نوک یک پیچ را در نازل تفنگ قرار داده و پدال پایی را فشار دهید. این کار باعث می شود دانه ها "بک-فلاش" (پس شویی) شوند و سیستم به طور موقت برای استفاده مجدد پاک شود. صرف نظر از این، دانه شیشه یا هر ماده بلاست دیگری باید به طور مرتب تعویض شود تا آلاینده های خارجی حذف شده و قابلیت های ماده ساینده تجدید شود. چیزی که اکثر مردم نمی دانند این است که طیف وسیعی از دانه های شیشه، از گریدهای بسیار بسیار تهاجمی تا فوق العاده ریز، موجود است. همه دانه های شیشه یکسان ساخته نشده اند، پس به چیزی که می خرید توجه کنید. یک دانه شیشه با گرید ریز، پرداختی ساتن مات ایجاد می کند.

گریت شیشه خرد شده

در ظاهر اولیه شبیه به دانه شیشه است، اما ذرات آن دارای اشکال تصادفی و لبه های تیزتر هستند. این ماده سریعتر برش می دهد و تهاجمی تر از دانه شیشه است و بافتی متوسط ایجاد می کند.

جوش شیرین

برخلاف مواد ساینده سخت و تهاجمی مانند ماسه، جوش شیرین (بی کربنات سدیم) قادر است سطح را تا رسیدن به فلز خالص لایه برداری کند بدون اینکه سطح اصلی را بساید. ماده ساینده جوش شیرین "نرم تر" از انواع دیگر مواد ساینده است و "شکننده" است، به این معنی که کریستال های جوش شیرین در اثر ضربه تجزیه می شوند (شبیه به پرتاب یک گلوله برفی به دیوار آجری در مقابل پرتاب یک سنگ به همان دیوار). اساساً، جوش شیرین کار را بدون آسیب رساندن به فلز انجام می دهد. از آنجا که جوش شیرین "نرم تر" است و در آب حل می شود، هیچ گریت ساینده ای که بتواند به قطعات متحرک (مانند لولاهای کاپوت یا در) آسیب برساند، باقی نمی گذارد. جوش شیرین غیر سمی و غیر خطرناک است و استفاده از آن را بسیار ایمن تر از سایر روش های لایه برداری ساینده یا شیمیایی می کند. با این حال، بلاستینگ خشک گرد و غبار زیادی تولید می کند. به همین دلیل، توصیه می شود از ماسک گرد و غبار و همچنین محافظ چشم و گوش استفاده شود. علاوه بر بلاست کردن ورق های فلزی برای بازسازی/ترمیم بدنه، جوش شیرین همچنین یک انتخاب برجسته برای تمیزکاری قطعاتی مانند شاسی، قطعات سیستم تعلیق، قطعات ترمز، قطعات موتور و غیره است. از آنجا که هیچ گریت ساینده سختی وجود ندارد، قطعاتی مانند بلوک های موتور، سرسیلندرها، منیفولدهای ورودی و غیره را می توان تمیز کرده و سپس بدون نگرانی از گیر افتادن ذرات گریت آسیب رسان، آبکشی کرد.

اکسید آلومینیوم

بسته به فشار بلاست، این ماده می‌تواند بسیار تهاجمی باشد و یک پرداخت بافت‌دار و زبر به جای بگذارد. این ماده اقتصادی است، اما آگاه باشید که بسیار سریع برش می‌دهد و فلز بیشتری را حذف می‌کند. با استفاده صحیح (سطح فشار بلاست)، می‌توانید از ایجاد یک پرداخت بیش از حد زبر جلوگیری کنید.

اسپید-بید

این یک ترکیب هیبریدی از دانه شیشه با گریت ۵۰ تا ۸۰ و اکسید آلومینیوم با گریت ۸۰ است. این ماده برش سریع‌تری نسبت به دانه شیشه فراهم می‌کند اما به اندازه اکسید آلومینیوم تهاجمی نیست.

دانه پلاستیکی

معمولاً در اندازه گریت ۳۰ تا ۴۰ موجود است، دانه پلاستیکی برای از بین بردن رنگ و زنگ زدگی سطحی خوب است. دانه پلاستیکی گرمای بلاستینگ کمتری تولید می‌کند. این ممکن است انتخاب خوبی برای تمیز کردن چرخ‌دنده‌ها، ابزارآلات و غیره باشد، زیرا ابعاد را تغییر نمی‌دهد و سطح را حکاکی (etch) نمی‌کند.

نکته ویژه در مورد منیفولدهای ورودی

بدیهی است که منیفولدهای ورودی (تک صفحه‌ای یا دو صفحه‌ای) دارای رانرهای (مجاری) ورودی هستند. حتی پس از چربی‌زدایی دقیق، بلاست کردن با یک ماده ساینده می‌تواند خطرناک باشد، به خصوص در مورد منیفولد ورودی دو صفحه‌ای که دسترسی آسان به تمام سطوح پورت‌ها وجود ندارد. ذرات ریز ماده ساینده می‌توانند در مواد فرو روند (یا در یک تکه لجن یا کربن دور از دسترس گیر کنند)، و این شانس را افزایش می‌دهد که آن ماده ساینده در نهایت به داخل موتور مکیده شود. اگر تصمیم گرفتید یک منیفولد ورودی را، به عنوان مثال، با دانه شیشه بلاست کنید، باید کاملاً مطمئن شوید که هرگونه احتمال گیر افتادن ذرات در داخل رانرها را از بین برده‌اید. اگر احساس می‌کنید نیاز به بلاست دارید و نگران باقی ماندن ذرات مضر هستید، جوش شیرین بهترین انتخاب است زیرا هنگام آبکشی در آب حل می‌شود. با اینکه جوش شیرین تهدیدی برای موتور ایجاد نمی‌کند، هرگونه پوسته زنگ، کثیفی و غیره که در آن محبوس شده باشد، خطر جدی ایجاد می‌کند. صرف نظر از نوع ماده ساینده‌ای که استفاده می‌کنید، همچنان باید رانرها را با دقت بسیار زیاد شستشو دهید. اگر منیفولد ورودی را با ماده ساینده بلاست می‌کنید و در مورد بقایای پنهان مطمئن نیستید، یک تمیزکاری تکمیلی در یک واحد اولتراسونیک به همراه شستشو/آبکشی با آب داغ و صابون باید هرگونه آلاینده باقیمانده را از بین ببرد.

پوست گردو

پوست گردوی خرد شده (علاوه بر زیست‌تخریب‌پذیر بودن) نسبتاً ملایم است و برای حفظ پرداخت ریز سطح (micro finish) در حین تمیزکاری ایده‌آل است. در شرایط کنترل شده، برای مواردی که می‌خواهید لایه‌های رویی رنگ را حذف کنید اما لایه آستر را حفظ کنید نیز مفید است. مانند اکثر مواد ساینده، پوست گردو در انواع مختلفی از گریت، از بسیار زبر تا بسیار ریز، موجود است.

چوب بلال

چوب بلال حتی نرم‌تر است و برای نهایی کردن یک پرداخت ساتن زیبا خوب است. هم پوست گردو و هم چوب بلال می‌توانند در از بین بردن رنگ و زنگ زدگی بسیار موثر باشند، بدون اینکه فلز پایه را بخورند. و این نوع مواد ساینده ارگانیک نسبتاً ارزان هستند. یک گرید ریز از پوست گردو یا چوب بلال هیچ فلزی را از بین نمی‌برد، فلزات نرم‌تر را

حکاکی یا خراش نمی‌دهد، و مواد در سطح فلز فرو نمی‌رود. پوست گردو یا چوب بلال انتخاب‌های عالی برای مواردی هستند که پرداخت ریزتر و حفظ جزئیات اهمیت دارد.

گریت فولادی

یک گرید ریز از گریت فولادی پرداختی نسبتاً صاف به جای می‌گذارد. فولاد بسیار سریع برش می‌دهد و دوام بیشتری دارد (زیرا برخلاف اکسید آلومینیوم، شکسته نمی‌شود). با این حال، گریت فولادی احتمالاً باعث سایش و فرسودگی بیشتر تجهیزات بلاستینگ شما (نازل، لوله مکش، هد قدرت، شلنگ و غیره) خواهد شد. این ماده برای قطعات یا سطوح ظریف مناسب نیست.

کاربید سیلیکون

این ماده ساینده نسبت به انواع دیگر تیزتر باقی می‌ماند و دوام بیشتری دارد، اما تهاجمی است و باعث سایش سریع‌تر تجهیزات بلاستینگ می‌شود.

تمیزکاری غلتانی (Tumbling) و ارتعاشی

این روش شامل "غلطاندن" قطعات غوطه‌ور در مخلوطی از ماده ساینده خشک یا مرطوب است، که در آن غلتش یا ارتعاش قطعات را پردازش می‌کند. ماده ساینده می‌تواند فولاد، سرامیک یا مواد دیگری باشد که در اشکال و اندازه‌های بسیار متنوعی موجود است. نوع ماده ساینده به نتایج مورد نظر بستگی دارد، که می‌تواند شامل تمیزکاری، پلیسه‌گیری یا پولیش باشد. دستگاه‌های تامبلر در اندازه‌های مختلف، از کوچک تا بزرگ صنعتی، وجود دارند. قطعات به صورت تصادفی در مخلوط ماده ساینده چرخانده می‌شوند و تماس بین ذرات ماده ساینده، قطعات را تا رسیدن به فلز خالص لایه‌برداری می‌کند. تامبلرهای کوچک انتخاب‌های عالی برای تمیز کردن اقلام کوچکی مانند سوپاپ‌ها، فنرهای سوپاپ، نگهدارنده‌ها، اسبک‌ها و غیره هستند. برخلاف تمیزکاری با بلاست، نیازی به تمیز کردن ذرات یا گرد و غبار نیست و با حلال‌های نامطبوع سر و کار ندارید. برای محافظت از ساق سوپاپ‌ها، می‌توان یک تکه لوله لاستیکی را روی ساق سوپاپ کشید.



تامبلرهای ارتعاشی (Vibratory tumblers) ممکن است از دوغاب خشک یا مرطوب سنگ استفاده کنند. دوغاب مرطوب معمولاً برای پولیش کاری استفاده می‌شود تا تمیزکاری.

تمیزکاری اولتراسونیک

یک سیستم تمیزکاری اولتراسونیک گزینه دیگری برای تمیز کردن قطعات ظریف است که در آن می‌خواهید از مواد ساییده یا مواد شیمیایی قوی اجتناب کنید. قطعات در یک مخزن آب قرار داده می‌شوند و فرکانس‌هایی به آب القا می‌شود تا اساساً ذرات را با ارتعاش جدا کنند. به عنوان مثال، این نوع سیستم تمیزکاری در میان کارگاه‌هایی که انژکتورهای سوخت فشار بالای موتورهای دیزلی را بازسازی می‌کنند، محبوب است.

تمیزکاری با ابزار دستی و برقی

ضمناً، پدهای اسکاچ-برایت (Scotch-Brite)، اگرچه برای ساییدن یا تمیز کردن برخی سطوح فلزی فوق‌العاده هستند، اما هیچ جایی در اتاق آماده‌سازی موتور ندارند. الیاف ریزی که پس از استفاده باقی می‌مانند، به راحتی می‌توانند نه تنها موتوری را که روی آن کار می‌کنید، بلکه هر موتور یا تجهیزات دیگری را در همان اتاق آلوده کنند. چه در حین تمیزکاری اولیه از پدهای اسکاچ-برایت استفاده کنید یا نه، هرگز در حین مونتاژ آنها را نزدیک موتور قرار ندهید.



یک سر مویی زبر Roloc که با یک فرز انگشتی پنوماتیک کار می‌کند، می‌تواند برای از بین بردن رسوبات از سطوح مختلف خارجی استفاده شود.

فصل ۲: دقت و ابزارهای دقیق

ابزارهای اندازه‌گیری دقیق برای هر دو فرآیند ماشین‌کاری و مونتاژ یک ضرورت هستند. در این فصل، من ابزارها و سیستم‌های اندازه‌گیری دقیق رایجی را که به طور مرتب در هر کارگاه ماشین‌کاری موتور استفاده می‌شوند، مورد بحث قرار می‌دهم.

میکرومتر

میکرومتر یک ابزار اندازه‌گیری است که در اشکال مختلفی موجود است، از جمله میکرومتر خارج‌سنج، که برای اندازه‌گیری ضخامت، طول یا قطر استفاده می‌شود؛ میکرومتر داخل‌سنج، که برای اندازه‌گیری قطر داخلی یک سوراخ استفاده می‌شود؛ و میکرومترهای عمق‌سنج، که برای اندازه‌گیری عمق سوراخ به کار می‌روند.

یک میکرومتر خارج‌سنج دارای یک بدنه به سبک گیره (C-clamp) است. در انتهای آن یک سندان (anvil) با سطح صاف قرار دارد. روبروی سندان در طرف مقابل بدنه، یک اسپیندل (spindle) با سطح صاف قرار دارد. سندان در موقعیت ثابتی روی بدنه قرار دارد. اسپیندل با تنظیم میکرومتر حرکت می‌کند. پوسته (sleeve) دارای علائم شاخص مدرج است و ثابت می‌باشد. استوانه مدرج متحرک (thimble) در انتهای دسته می‌چرخد و دارای علائم اضافی است. یک اهرم قفل برای ثابت کردن تنظیمات در حالت قفل در صورت لزوم، تعبیه شده است.

یک میکرومتر با فرمت اینچی دارای یک مکانیزم پیچی داخلی است که دارای ۴۰ رزوه در هر اینچ است. یک دور کامل چرخش پیچ، رزوه را به اندازه ۴۰/۱ اینچ حرکت می‌دهد که معادل ۰.۰۲۵ اینچ است. هر علامت روی پوسته (sleeve) نشان‌دهنده ۰.۰۲۵ اینچ است. سطح پخ‌خورده استوانه متحرک (thimble) دارای ۲۵ خط با فواصل مساوی است که هر کدام نشان‌دهنده ۰.۰۰۱ اینچ می‌باشند.



اجزای اصلی یک میکرومتر خارج‌سنج در اینجا نام‌گذاری شده‌اند، از جمله بدنه (frame)، سندان ثابت (stationary anvil)، اسپیندل متحرک (sliding spindle)، پوسته ثابت با شاخص مدرج (stationary index marked sleeve) و استوانه مدرج متحرک چرخان (rotating thimble). میکرومترها دارای یک قفل هستند که به شما امکان می‌دهد یک اندازه‌گیری را برای مرجع قفل کنید. این میکرومتر دارای قفل اهرمی است. یک مجموعه میکرومتر معمولاً شامل محدوده‌های ۰ تا ۱ اینچ، ۱ تا ۲ اینچ، ۲ تا ۳ اینچ، ۳ تا ۴ اینچ است. همچنین سه استاندارد کالیبراسیون و یک آچار تنظیم برای تنظیم کالیبراسیون میکرومتر در آن گنجانده شده است.

هنگام خواندن میکرومتر، ابتدا به خطوط و اعداد بزرگتر روی پوسته (sleeve) توجه کنید و سپس به خطوط کوچکتر بین خطوط شماره‌گذاری شده نگاه کنید. به عنوان مثال، اگر عدد ۳ روی پوسته قابل مشاهده باشد، به این معنی است

که شما حداقل ۰.۳۰۰ اینچ را اندازه‌گیری می‌کنید. فرض کنیم سه خط کوچکتر بعد از عدد ۳ نیز قابل مشاهده هستند. اکنون می‌دانید که اندازه‌گیری حداقل ۰.۳۷۵ اینچ است (به یاد داشته باشید که هر خط نشان‌دهنده ۰.۰۲۵ اینچ است، بنابراین دیدن سه خط از اینها نشان‌دهنده ۰.۰۷۵ اینچ است).

سپس، به خطوط روی استوانه متحرک (thimble) توجه کنید تا ببینید کدام خط آن با آخرین خط قابل مشاهده روی پوسته (sleeve) هم‌تراز می‌شود. به عنوان مثال، فرض کنیم خط روی استوانه متحرک با شماره ۸ مشخص شده است. از آنجا که هر خط روی استوانه متحرک فضایی برابر با ۰.۰۰۱ اینچ را نشان می‌دهد، این بدان معناست که شما ۰.۰۰۸ اینچ اضافی دارید. از آنجا که اندازه‌گیری قبلی ۰.۳۷۵ اینچ بود، وقتی علامت ۸ از پوسته اسپیندل را اضافه می‌کنید، اندازه‌گیری نهایی ۰.۳۸۳ اینچ خواهد بود.

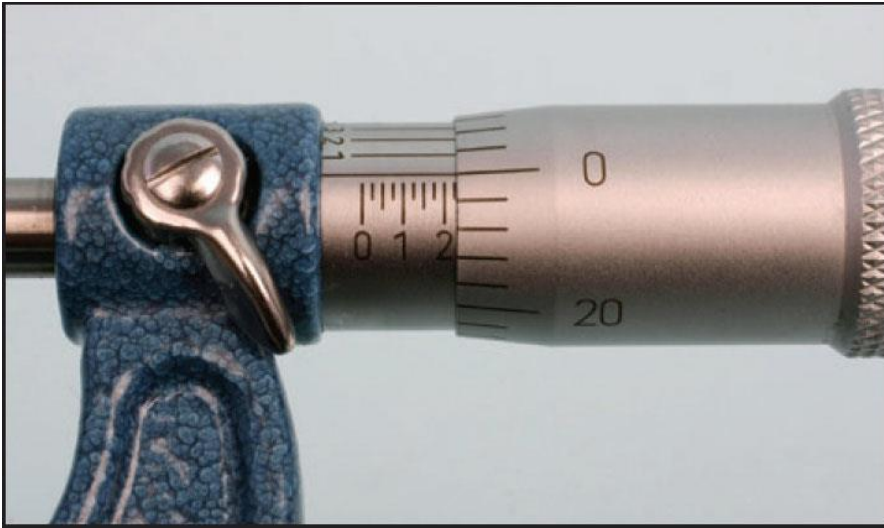


این قرائت نمونه، خط شماره ۲ را هم‌سطح با لبه پخ‌خورده استوانه متحرک (thimble) نشان می‌دهد، در حالی که خط صفر استوانه متحرک با خط افقی پوسته (sleeve) هم‌تراز است، که دقیقاً ۰.۲۰۰ اینچ را نشان می‌دهد.

کاربری که برای اولین بار از میکرومتر استفاده می‌کند احتمالاً مرعوب خواهد شد، اما با کمی تمرین، خواندن میکرومتر بسیار آسان‌تر می‌شود. هنگام اندازه‌گیری یک قطعه با میکرومتر، به یک قانون پایبند باشید: به آرامی پیش بروید. از چرخاندن یا پیچاندن سریع استوانه متحرک (thimble) خودداری کنید. به آرامی و با دقت کار کنید. میکرومتر را با غلتاندن استوانه متحرک در امتداد دست خود تقریباً به اندازه دهانه مورد نظر تنظیم کنید؛ از پیچاندن سریع آن خودداری کنید. میکرومتر را روی قطعه قرار دهید و آن را با یک دست محکم نگه دارید. از حس لامسه خود استفاده کنید تا مطمئن شوید که محور میکرومتر عمود بر سطح اندازه‌گیری شده است. میکرومتر را تکان ندهید؛ از حس لامسه خود استفاده کنید. میکرومتر را با استفاده از پیچ جغجه‌ای (ratchet knob) ببندید تا زمانی که اسپیندل تقریباً با قطعه تماس پیدا کند. سپس به آرامی اسپیندل میکرومتر را ببندید تا استاپ جغجه‌ای با یک کلیک آزاد شود.

همیشه میکرومتر را در زمانی که از آن استفاده نمی‌کنید در یک جعبه محافظ نگهداری کنید. اینها ابزارهای دقیق و ظریفی هستند و هنگام کار با آنها یا نگهداری‌شان به مراقبت نیاز دارند.

میکرومترهای “دیجیتال” نیز موجود هستند؛ آنها دارای یک عدد اندازه‌گیری با خوانش آسان در یک پنجره نمایشگر هستند که نیاز به خواندن خطوط علامت‌گذاری سنتی را از بین می‌برد. با این حال، کاملاً حیاتی است که هر دو نوع میکرومتر باید به طور مرتب کالیبره نگه داشته شوند.



این قرائت، یک علامت روی پوسته (sleeve) را بزرگتر از عدد ۲ نشان می‌دهد که به ۰.۲۲۵ اینچ ترجمه می‌شود. عدد ۲ نشان‌دهنده ۰.۲۰۰ اینچ است و یک خط اضافی در لبه استوانه متحرک (thimble) قابل مشاهده است. از آنجایی که هر خط روی پوسته نشان‌دهنده ۰.۰۲۵ اینچ است، اندازه‌گیری نشان داده شده در اینجا ۰.۲۲۵ اینچ است.



این میکرومتر با نمایشگر دیجیتال باید به درستی کالیبره شود. قرائت در پنجره نمایشگر نشان داده می‌شود. این میکرومتر را می‌توان با ارجاع به علائم روی پوسته (sleeve) و استوانه متحرک (thimble) نیز خواند. نمای نزدیک از پنجره یک میکرومتر دیجیتال. قفل در این مدل یک پیچ چرخان آج‌دار (knurled) است به جای اهرم کلیدی.



اندازه‌گیری قطر دامنه پیستون (piston skirt) نیازمند داشتن میکرومترهای خارج سنج در محدوده پیستون‌هایی است که با آنها سر و کار دارید. هنگام اندازه‌گیری قطر دامنه پیستون، همیشه در محلی که توسط سازنده پیستون مشخص شده اندازه‌گیری کنید، زیرا ممکن است یک شیب مخروطی جزئی از ناحیه رینگ‌ها تا پایین دامنه وجود داشته باشد.

کالیبره کردن میکرومتر

یک میکرومتر باید به طور منظم برای کالیبراسیون بررسی شود زیرا کالیبراسیون می‌تواند تحت تأثیر سایش یا آسیب (افتادن و غیره) قرار گیرد. برای بررسی کالیبراسیون، ابتدا تأیید کنید که سطوح سندان (anvil) و اسپیندل (spindle) تمیز هستند. برای یک میکرومتر صفر تا ۱ اینچ، یک ورق کاغذ تمیز را بین سندان و اسپیندل قرار دهید و فاصله را ببندید تا کاغذ گیر کند، سپس کاغذ را بیرون بکشید. سطوح را با دقت تمیز کنید اما از باقی گذاشتن پرز روی سطوح خودداری کنید. سپس، شما به یک "استاندارد" که بلوک بررسی یا checking block نیز نامیده می‌شود (نیاز دارید، که یک قطعه فولادی است که با دقت به طول دقیقی سنگ‌زنی شده است. استانداردها به راحتی در دسترس هستند و بسیاری از کیت‌های میکرومتر شامل مجموعه‌ای از استانداردها در طول‌های مختلف می‌باشند. هم میکرومتر و هم استاندارد باید کاملاً تمیز باشند و هر دو باید در دمای اتاق باشند.

با استفاده از یک استاندارد بررسی، استاندارد را بین سندان و اسپیندل قرار دهید. به عنوان مثال، اگر از یک استاندارد ۱ اینچی استفاده می‌کنید و قرائت دقیقاً ۱ اینچ نیست، ابزار باید دوباره کالیبره شود. استاندارد را روی میکرومتر قرار دهید و میکرومتر را تا حد "احساس" سفت کنید (با زور بیش از حد سفت نکنید). مطمئن شوید که سندان و اسپیندل میکرومتر به طور کاملاً صاف و مستقیم روی استاندارد قرار گرفته‌اند (کج نباشند). قفل میکرومتر را فعال کنید تا از حرکت آن جلوگیری شود. استوانه مدرج آچار (knurled thimble) را با یک دست نگه دارید. آچار تنظیم (spanner wrench) (که همراه میکرومتر است) را در سوراخ کوچک روی پوسته (sleeve) میکرومتر قرار دهید. آچار تنظیم را بین شست و انگشت اشاره دست دیگران نگه دارید، در حالی که شست شما روی پوسته قرار دارد. آچار تنظیم را بچرخانید تا تصحیح انجام شود. اگر از یک استاندارد ۱ اینچی استفاده می‌کنید، آنقدر تنظیم کنید تا میکرومتر دقیقاً ۱ اینچ را بخواند. قفل میکرومتر را باز کنید و تأیید کنید که هنگام اندازه‌گیری استاندارد ۱ اینچی، قرائت شما دقیقاً ۱ اینچ است.



استانداردها (بلوک‌های مرجع اندازه‌گیری) یک ضرورت مطلق هستند تا به شما امکان دهند به طور مرتب کالیبراسیون یک میکرومتر را بررسی کنید. سه استاندارد با طول‌های ۱، ۲ و ۳ اینچ در اینجا نشان داده شده‌اند. اینها بلوک‌های مرجع سنگ‌خورده دقیق هستند و باید با احتیاط با آنها کار کرد.



میکرومترهای خارج‌سنج دارای یک سوراخ کوچک در پوسته (sleeve) برای استفاده از آچار تنظیم (spanner wrench) هستند که به شما امکان می‌دهد میکرومتر را برای کالیبراسیون تنظیم کنید.

ابزارهای اندازه‌گیری دقیق باید تمیز نگه داشته شوند. حتی کوچکترین ذره گرد و غبار می‌تواند قرائت شما را تغییر دهد. سطوح سندان و اسپیندل را قبل از هر بار استفاده تمیز کنید. پس از تمیز کردن با یک پارچه یا حوله نرم، گرد و غبار را

با دهان خود فوت کنید. از هوای فشرده کارگاهی با فشار بالا استفاده نکنید، زیرا سرعت بالای هوای فشرده می‌تواند ذرات گرد و غبار را به داخل مکانیزم ابزار وارد کند.



استفاده از پایه میکرومتر به شدت توصیه می‌شود. این وسیله به شما امکان می‌دهد تا یک میکرومتر را در فک‌های پددار محکم کنید و بررسی‌های کالیبراسیون و اندازه‌گیری‌های مختلف را بدون نیاز به نگه داشتن میکرومتر در یک دست، هنگام تلاش برای اندازه‌گیری یک استاندارد یا هنگام تنظیم یک بورگیج (bore gauge) با میکرومتر، انجام دهید.



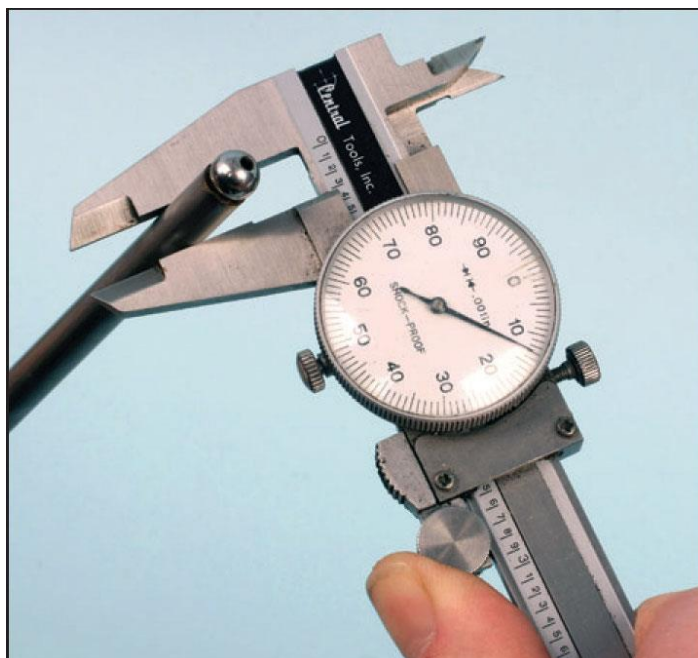
در حالی که استاندارد اندازه‌گیری در جای خود قرار دارد، از آچار تنظیم برای تنظیم میکرومتر استفاده می‌شود تا دقیقاً طول استاندارد را بخواند. در اینجا یک میکرومتر در حال تنظیم است تا با استفاده از یک استاندارد ۱ اینچی، دقیقاً ۱ اینچ را نشان دهد.

گاهی اوقات، یک قطره روغن ابزار دقیق را به اسپیندل در جایی که از بدنه بیرون زده است، بزنید.

کولیس

از کولیس می‌توان برای اندازه‌گیری ابعاد خارجی یا داخلی استفاده کرد؛ به عنوان مثال، قطر خارجی (O.D.) ساق سوپاپ یا قطر داخلی (I.D.) یک سوراخ. کولیس‌ها در هر دو نوع ساعتی (dial) و دیجیتال موجود هستند. گیج یک کولیس ساعتی معمولاً دارای علائم درجه‌بندی شده در فواصل ۰.۰۰۱ اینچ است. ابعاد اصلی روی قسمت کشویی (slide) کولیس مشخص شده است (مثلاً ۱ اینچ، ۲ اینچ و غیره). اعدادی که روی قسمت کشویی بین فک‌های ثابت و متحرک کولیس قابل مشاهده هستند، نشان‌دهنده فواصل یک صدم اینچی هستند (به عنوان مثال، عدد ۵ نشان‌دهنده ۰.۵۰۰ اینچ است).

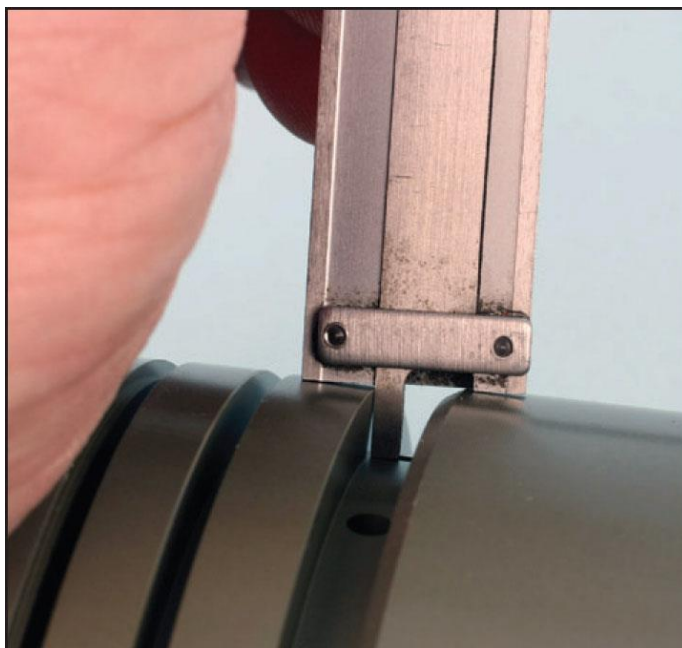
عقربه گیج با نشان دادن فواصل اضافی ۰.۰۰۱ اینچی، اندازه‌گیری را دقیق‌تر می‌کند. هنگامی که عقربه گیج برای اولین بار شروع به حرکت از صفر می‌کند، این نشان‌دهنده ۰.۰۰۱ اینچ اضافی در قرائت است. به عنوان مثال، اگر عدد روی قسمت کشویی ۵ را نشان دهد و عقربه گیج ۱۳ را نشان دهد، قرائت ۰.۵۱۳ اینچ است.



نحوه اندازه‌گیری قطر یک میل تایپت (pushrod) نشان داده شده است. این مثال اندازه‌گیری 0.3013 اینچ را نشان می‌دهد. نمونه‌ای از یک کولیس ساعتی رایج. کولیس ساعتی اساساً یک خط‌کش است که با افزودن یک نشانگر ساعتی (dial indicator)، دقت اندازه‌گیری را افزایش می‌دهد. خواندن کولیس ساعتی بسیار آسان است. این مثال تنظیم 0.5013 اینچ را نشان می‌دهد. فاصله اولیه روی قسمت کشویی نمایش داده می‌شود، جایی که لبه داخلی فک متحرک با علائم روی کشویی هم‌تراز می‌شود. هر خط جداگانه روی صفحه ساعتی نشان‌دهنده 0.001 اینچ است.



اگرچه می توان از یک میکرومتر خارج سنج سنتی برای اندازه گیری ضخامت دیسک ترمز استفاده کرد، اما یک کولیس مخصوص ضخامت دیسک انتخاب بهتری است. سندان ثابت دارای یک سطح صاف سنگ خورده دقیق است، در حالی که نقطه تماس بازوی متحرک دارای سطحی نوک تیز است.



از نوک انتهایی یک کولیس ساعتی می توان برای اندازه گیری عمق استفاده کرد. نوک را با چرخاندن غلتک شستی کولیس به بیرون بکشید، آن را داخل سوراخ یا شیار قرار دهید و به آرامی به سمت پایین فشار دهید تا انتهای بدنه خط کش به سطح بالایی بچسبد، سپس اندازه گیری را روی گیج بخوانید.

ساعت اندیکاتور

ساعت اندیکاتور دارای یک گیج مدرج و یک پیستون (plunger) فنردار است. هنگامی که پیستون به داخل فشرده می شود، قرائت گیج کاهش می یابد و میزان حرکت پیستون را نشان می دهد. ساعت های اندیکاتور در کاربردهای متنوعی استفاده می شوند که نوع پایه نصب (mounting fixture) مورد نیاز را تعیین می کنند.

کاربردها شامل (اما نه محدود به) اندازه گیری لنگی جانبی دیسک ترمز، موقعیت پیستون نسبت به نقطه مرگ بالا (TDC) در بلوک موتور، اندازه گیری لقی محوری (thrust) میل لنگ، اندازه گیری لنگی (runout) روی میل لنگ، میل بادامک، ساق سوپاپ، میل تایپت (pushrod) و غیره است. در هر مورد، گیج ساعت اندیکاتور باید به طور کاملاً محکم نصب شود تا فقط پیستون گیج بتواند حرکت کند.

صرف نظر از کاربرد، روش تنظیم و خواندن گیج یکسان است.

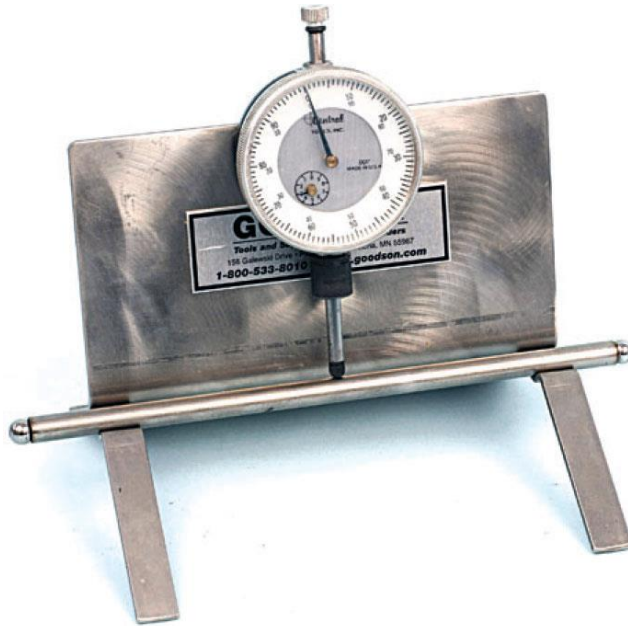
بایبید بررسی لقی محوری/انتهایی (thrust/endplay) میل لنگ را به عنوان مثال در نظر بگیریم. در مورد بلوک موتور چدنی، گیج ساعت اندیکاتور روی یک پایه نصب با کفی مغناطیسی (magnetic base) نصب می شود (برای بلوک آلومینیومی، از پایه ای که به یک سوراخ رزوه دار موجود پیچ می شود استفاده می شود). ساعت اندیکاتور را طوری

قرار دهید که پیستون با سطح پوزه (snout) میل‌لنگ یا سطح صاف موجود دیگر تماس پیدا کند. پیستون باید موازی با خط مرکزی میل‌لنگ باشد و نسبت به میل‌لنگ زاویه نداشته باشد.

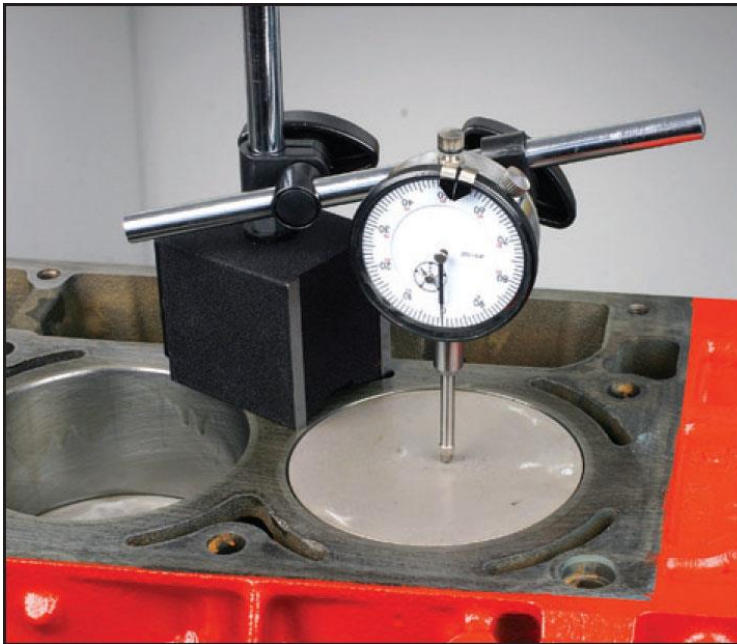
ساعت اندیکاتور را طوری تنظیم کنید که پیستون با سطح تماس پیدا کرده و یک پیش‌بار (preload) جزئی (حدود ۰.۰۵۰ اینچ) ایجاد کند. پیش‌بار برای اطمینان از اینکه پیستون همیشه در تماس تحت فشار با میل‌لنگ باقی می‌ماند، حیاتی است. با استفاده از یک اهرم مانند پیچ‌گوشتی، بین یک کپه اصلی (main cap) و وزنه تعادل (counterweight) میل‌لنگ، میل‌لنگ را تا جایی که ممکن است به عقب حرکت دهید و پیچ‌گوشتی را بردارید. صفحه مدرج گیج را بچرخانید تا عقربه گیج دقیقاً صفر را نشان دهد. سپس از اهرم خود برای حرکت کامل میل‌لنگ به جلو استفاده کنید و مسافت حرکت را روی گیج یادداشت کنید. این قرائت را چندین بار تکرار کنید. میل‌لنگ را کاملاً به جلو حرکت داده و گیج را دوباره صفر کنید، سپس میل‌لنگ را به عقب حرکت دهید (باید همان قرائت مشاهده شود). معمولاً، بسته به کاربرد، ممکن است حدود ۰.۰۰۴ تا ۰.۰۰۸ اینچ حرکت جلو و عقب میل‌لنگ را مشاهده کنید.

استفاده از ساعت اندیکاتور برای همه کاربردها یکسان است، چه در حال اندازه‌گیری حرکت باشید و چه لنگی (runout) به عنوان مثال، اگر در حال بررسی لنگی (تابیدگی) میل‌تایپ‌ها هستید، یک پایه مخصوص بررسی لنگی میل‌تایپ ایده‌آل است. میل‌تایپ را روی پایه قرار دهید و ساعت اندیکاتور را در مرکز میل‌تایپ قرار دهید. ساعت اندیکاتور را با کمی پیش‌بار تنظیم کنید. به آرامی میل‌تایپ را بچرخانید تا گیج اندیکاتور حداکثر یا حداقل را بخواند. سپس صفحه مدرج گیج را صفر کرده و به آرامی میل‌تایپ را بچرخانید و توجه کنید که عقربه چقدر از صفر حرکت می‌کند. این مقدار نشان‌دهنده میزان لنگی است. به طور کلی، حداکثر ۰.۰۰۰۵ تا ۰.۰۰۱ اینچ قابل قبول است.

هنگام بررسی لنگی دیسک ترمز، ساعت اندیکاتور باید به طور محکم نصب شود تا از حرکت بدنه گیج جلوگیری شود. چندین روش موجود است، از جمله پایه‌ای با کفی مغناطیسی و میله‌های با طول قابل تنظیم برای موقعیت‌دهی گیج، یا یک بازوی انعطاف‌پذیر/قفل‌شونده که به یک ناحیه محکم مانند پایه کمک فنر (strut bracket) متصل می‌شود (گیج باید به قطعه‌ای نصب شود که نسبت به دیسک به طور مستقل حرکت نکند). پیستون ساعت اندیکاتور را با زاویه ۹۰ درجه نسبت به دیسک قرار دهید (مستقیم روی سطح دیسک، نه با زاویه). پیستون باید با سطح دیسک در حدود ۱ اینچ به سمت داخل از لبه دیسک تماس داشته باشد. اندیکاتور را با کمی پیش‌بار (حدود ۰.۰۵۰ اینچ) تنظیم کنید و به آرامی دیسک را بچرخانید تا گیج در نقطه حداقل قرار گیرد. عقربه گیج را صفر کنید و به آرامی دیسک را یک دور کامل ۳۶۰ درجه بچرخانید و به عقربه گیج نگاه کنید. حداکثر قرائت گیج نسبت به صفر، میزان لنگی دیسک را نشان می‌دهد. همیشه به مشخصات لنگی سازنده مراجعه کنید، اما به طور کلی، حداکثر حدود ۰.۰۰۲ اینچ باید قابل قبول باشد.



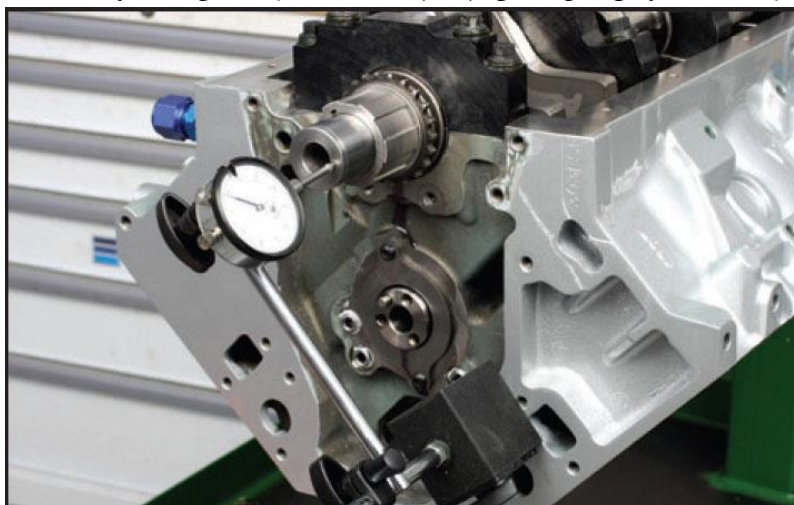
یک ابزار بررسی لنگی میل تایپت شامل یک پایه و یک ساعت اندیکاتور است. میل تایپت را روی نگهدارنده‌های پایه قرار دهید. ساعت اندیکاتور را طوری تنظیم کنید که پیستون اندیکاتور با مرکز شعاع میل تایپت تماس پیدا کند و اندیکاتور را برای ایجاد پیش‌بار تقریبی 0.050 اینچ تنظیم کنید، سپس گیج اندیکاتور را صفر کنید. به آرامی میل تایپت را بچرخانید و اندیکاتور را برای اندازه‌گیری هرگونه لنگی میل تایپت زیر نظر بگیرید. این نوع ابزار بررسی، اندازه‌گیری لنگی/خمیدگی هر میل تایپت را آسان می‌کند. به طور کلی، لنگی بیش از 0.001 اینچ غیرقابل قبول است.



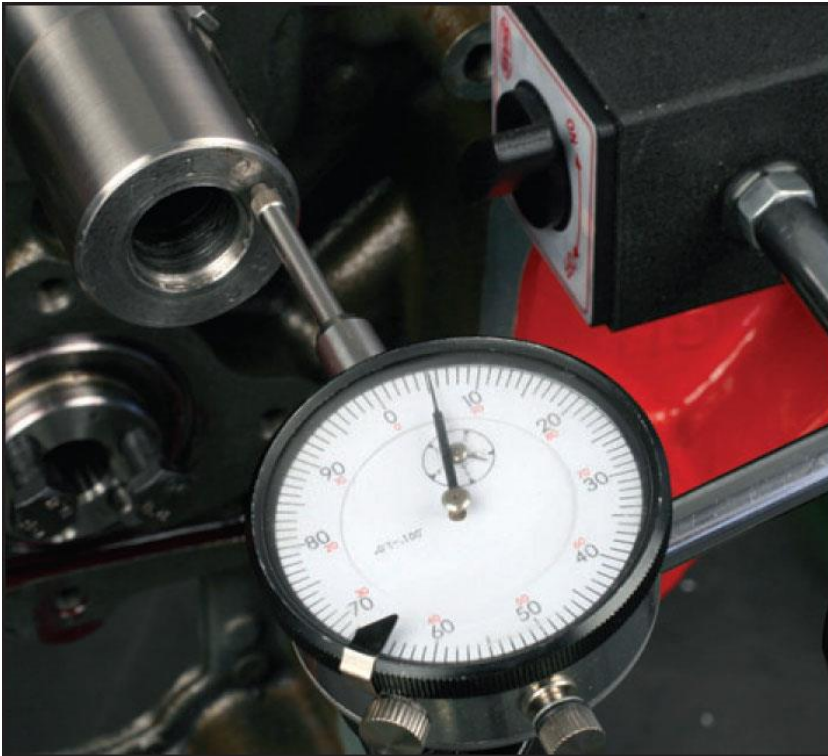
از یک ساعت اندیکاتور با پایه مغناطیسی می‌توان برای اندازه‌گیری ابعاد مختلف استفاده کرد. در این مثال، پایه مغناطیسی به سطح بلوک چدنی محکم شده و پیستون اندیکاتور با تاج پیستون تماس دارد، که یکی از روش‌های بررسی موقعیت پیستون در نقطه مرگ بالا (TDC) است.



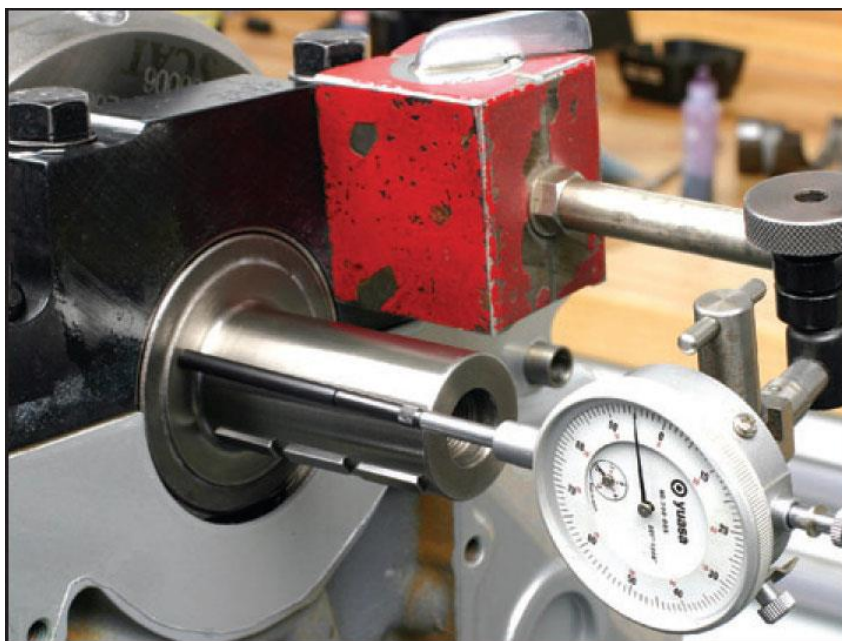
در اینجا یک ساعت اندیکاتور در حال استفاده برای اندازه‌گیری عمق سوپاپ نصب شده نسبت به سطح سرسیلندر در یک سرسیلندر مسابقه‌ای نشان داده شده است. یک پایه پل مانند (bridge fixture) روی سطح سرسیلندر قرار گرفته و ساعت اندیکاتور روی آن نصب شده است. این کار امکان بررسی و اندازه‌گیری عمق هر سوپاپ را فراهم می‌کند تا سیت‌ها بتوانند برای به دست آوردن عمق یکسان جهت بهینه‌سازی عملکرد، ماشین‌کاری شوند.



در اینجا، یک ساعت اندیکاتور با پایه مغناطیسی برای اندازه گیری لقی محوری میل لنگ استفاده می شود. آهنربا باید برای پایداری مناسب به یک سطح تمیز و صاف بچسبد. اندیکاتور روی میله رابط ابزار تنظیم می شود تا پیستون اندیکاتور روی پوزه میل لنگ قرار گیرد. پایه مغناطیسی به بلوک موتور چدنی محکم شده است.



در اینجا، پیستون یک ساعت اندیکاتور برای تماس با سطح جلویی پوزه میل لنگ تنظیم شده است. صرف نظر از نقطه تماس، پیستون اندیکاتور باید موازی با خط مرکزی میل لنگ تنظیم شود، نه با زاویه. اگر پیستون در زاویه نامناسبی باشد، قرائت صحیح نخواهد بود. اندیکاتور را طوری تنظیم کنید که پیستون با یک ناحیه صاف از میل لنگ تماس داشته باشد و اندیکاتور را کمی به سمت میل لنگ فشار دهید تا پیش بار گیج حدود 0.050 اینچ به دست آید. میل لنگ را کاملاً به عقب فشار دهید و گیج را صفر کنید. سپس میل لنگ را به جلو فشار دهید و میزان حرکت را مشاهده کنید. نمای نزدیک این ساعت اندیکاتور نشان می دهد که لقی محوری میل لنگ کمی بیشتر از 0.006 اینچ است. عقربه گیج کمی از علامت 0.006 اینچ عبور کرده است. صفحه کوچک دیده شده در نزدیکی مرکز گیج، حرکت اضافی را در فواصل 0.0001 اینچی نشان می دهد. این قرائت لقی محوری میل لنگ تقریباً 0.0067 اینچ است.



اگر با یک بلوک موتور آلومینیومی سر و کار دارید، ممکن است بتوانید پایه مغناطیسی را به سطح کپه اصلی شماره ۱ که فولادی یا چدنی است، محکم کنید. در غیر این صورت، برای نصب ساعت اندیکاتور به یک پایه که به بلوک موتور پیچ می‌شود، نیاز است. در این مثال، یک رابط (extension) به پیستون اندیکاتور اضافه شده است، زیرا پیستون با پایه پوزه میل‌لنگ تماس دارد.

هنگام استفاده از ساعت اندیکاتور برای اندازه‌گیری لنگی دیسک ترمز، بهترین نوع اندیکاتور برای این کار، مدلی است که دارای نوک بلبرینگ روی پیستون باشد. این کار متغیر لرزش ناشی از تماس را کاهش می‌دهد و قرائتی روان‌تر و پایدارتر ارائه می‌دهد. ساعت‌های اندیکاتور با نوک ثابت یا غلتکی در دسترس هستند.

گیج داخل‌سنج ساعتی (بورگیج)

گیج داخل‌سنج ساعتی (بورگیج) به شما امکان می‌دهد قطر داخلی سوراخ‌ها را در نواحی مانند سوراخ‌های یاتاقان اصلی، سوراخ‌های سیلندر، سوراخ‌های تایپت (لیفتر)، سوراخ‌های میل‌بادامک و غیره اندازه‌گیری کنید. یک کیت بورگیج شامل مجموعه‌ای از رابط‌های سَدَنائی (anvil extensions) با طول‌های مختلف است که بسته به محدوده قطر سوراخی که قصد اندازه‌گیری آن را دارید، روی ابزار نصب می‌شوند.

در نظر داشته باشید که یک بورگیج به شما اجازه نمی‌دهد قطر سوراخ را به طور مستقیم اندازه‌گیری کنید. این گیج ابتدا بر روی قطر هدف (target diameter) تنظیم و سپس صفر می‌شود. گیج به شما امکان می‌دهد بخوانید که سوراخ مورد نظر چقدر به اندازه هدف نزدیک است (دقیقاً روی هدف، کوچک‌تر از اندازه یا بزرگ‌تر از اندازه، نسبت به قطر هدف).



در اینجا یک مجموعه گیج داخل سنج (بورگیج) معمولی نشان داده شده است. این ابزار شامل یک گیج و مجموعه‌ای از رابط‌ها و واشرهای فاصله‌انداز (spacer washers) است تا امکان استفاده در کاربردهای مختلف با قطرهای سوراخ مشخص را فراهم کند.

برای تنظیم گیج، به یک میکرومتر نیاز دارید. ابتدا، میکرومتر را روی اندازه قطر هدف تنظیم کنید. به عنوان مثال، اگر سوراخ مورد نظر باید ۲۰۰۰ اینچ باشد، میکرومتر را روی ۲۰۰۰ اینچ تنظیم کنید. سپس، گیج داخل سنج را با رابط سندانی مناسب که بتواند قطر ۲۰۰۰ اینچ را در بر بگیرد، آماده کنید. کیت‌های بورگیج شامل مجموعه‌ای از رابط‌ها و واشرهای فاصله‌انداز هستند که به شما امکان می‌دهند گیج را برای قطر سوراخ مشخص شده تنظیم کنید.

بورگیج را بین اسپیندل و سندان میکرومتر قرار دهید. به آرامی گیج داخل سنج را داخل میکرومتر به جلو و عقب و همچنین به طرفین حرکت دهید (تاب دهید). صفحه مدرج بورگیج را در کمترین مقداری که در حین قرار داشتن در میکرومتر پیدا می‌کنید، روی صفر تنظیم کنید.

سپس وقتی بورگیج داخل سوراخ مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد، می‌توانید قطر سوراخ را بر اساس مرجع روی صفحه گیج مشاهده کنید. هنگام اندازه‌گیری یک سوراخ، بورگیج را به آرامی به جلو و عقب و همچنین به طرفین حرکت دهید تا قرائت دقیقی به دست آورید. هنگامی که عقربه گیج به یک نقطه توقف می‌رسد و سپس شروع به حرکت در جهت مخالف می‌کند، گیج را طوری حرکت دهید تا به نقطه‌ای برسید که عقربه متوقف می‌شود، درست قبل از اینکه شروع به حرکت در جهت مخالف کند. به عنوان مثال، اگر قرائت سوراخ ۰.۰۰۲ اینچ کمتر از علامت صفر باشد، سوراخ ۰.۰۰۲ اینچ کوچک‌تر از حد است. اگر گیج ۰.۰۰۱۷ اینچ بیشتر از علامت صفر را نشان دهد، می‌دانید که سوراخ در حال حاضر ۰.۰۰۱۷ اینچ بزرگ‌تر از حد است. وقتی قطر سوراخ را بدانید، می‌توانید با بزرگ کردن سوراخ از طریق تراشکاری (boring) یا هونینگ (honing) آن را اصلاح کنید. اگر سوراخ بیش از حد بزرگ باشد، می‌توانید (بسته به کاربرد خاص) با بوش‌گذاری (sleeving) سیلندر و سپس هونینگ تا رسیدن به اندازه، یا نصب بوش در سوراخ تاییت و هونینگ تا رسیدن به اندازه، یا استفاده از پیستون‌ها یا تاییت‌های با قطر بزرگتر و غیره آن را اصلاح کنید.



قبل و در حین هونینگ همراستاسازی (align honing) سوراخ اصلی بلوک، از یک بورگیج برای نظارت بر قطر سوراخ استفاده می‌شود. در اینجا یک بررسی اندازه‌گیری در موقعیت‌های ساعت دوازده و شش انجام می‌شود. اندازه‌گیری سوراخ اصلی همچنین در موقعیت‌های ساعت سه و نه و به صورت قطری نیز بررسی می‌شود تا نه تنها قطر، بلکه لنگی (runout) نیز کنترل شود.

در اصل، شما گیج داخل سنج ساعتی را برای یک قطر هدف تنظیم می‌کنید، سپس از گیج استفاده می‌کنید تا ببینید سوراخ موجود چقدر از قطر هدف انحراف دارد.

نکته تنظیم

اگرچه تنظیم کردن یک بورگیج به نظر ساده می‌رسد، بخش دشوار کار، به دست آوردن یک نقطه دقیق در میکرومتر است. اساساً، شما به سه دست نیاز دارید، زیرا نگه داشتن صحیح گیج در مرکز میکرومتر در حالی که هر دو ابزار را با دست نگه داشته‌اید، دشوار است. می‌توانید میکرومتر را روی یک گیره رومیزی نصب کنید تا هر دو دست شما برای کار

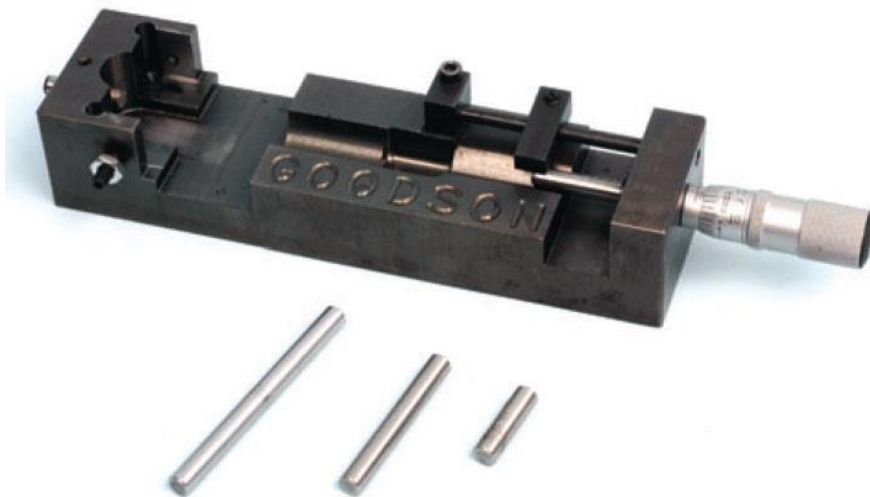
با گیج آزاد باشد، اما این کار نیز چالش برانگیز است، زیرا سفت کردن بیش از حد گیره، حتی به مقدار کم، می تواند باعث تغییر شکل میکرومتر شود.

یک راه حل بهتر، استفاده از یک ابزار تخصصی است که میکرومتر را به طور ایمن نگه می دارد. یک مثال، پایه میکرومتر گودسان (Goodson's Micrometer Stand - MIC-FIX) است. این ابزار به عنوان یک دست سوم عمل کرده و هر دو دست را برای نگه داشتن بورگیج آزاد می کند. این پایه دارای فک های لاستیکی است که میکرومتر را بدون آسیب رساندن به آن محکم می کند.

گزینه دیگر، محکم کردن خود بورگیج با استفاده از یک پایه تنظیم گیج داخل سنج (dial bore gauge setting fixture) است. پایه تنظیم بورگیج گودسان با اکثر گیج های محبوب از جمله Fowler, Phase II, Mitutoyo, Peacock و غیره سازگار است. این پایه با بورگیج Sunnen کار نمی کند، اما Sunnen یک پایه مناسب برای گیج های خود ارائه می دهد.

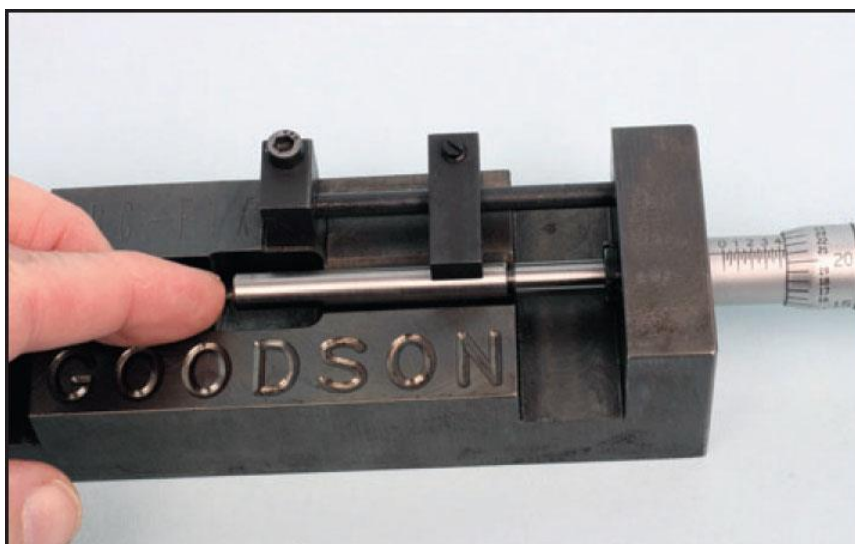
نصب بورگیج با استفاده از پایه تنظیم

به جای استفاده از یک میکرومتر C-شکل، می توان یک بورگیج را با استفاده از یک پایه تنظیم گیج داخل سنج، مانند DBG-FIX گودسان، تنظیم کرد. این پایه سنگین از فولاد ماشین کاری شده، یک میله استاندارد (standard) را می پذیرد (سه عدد در مجموعه وجود دارد، یکی برای محدوده ۲ تا ۳ اینچ، یکی برای محدوده ۳ تا ۴ اینچ و دیگری برای محدوده ۴ تا ۵ اینچ). ابتدا انتهای مخالف اسپیندل قابل تنظیم را تنظیم کنید تا یک جایگاه امن برای انتهای بورگیج فراهم شود. یک سندان وجود دارد که یک طرف بورگیج روی آن قرار می گیرد. سپس دو پیچ تنظیم (set screw) مقابل هم، یکی در هر طرف، برای در بر گرفتن طرفین بورگیج تنظیم می شوند. دو پیچ تنظیم مقابل هم را در فاصله مساوی از سندان مرکزی تنظیم کنید. این پیچ ها را روی بورگیج سفت نکنید. بلکه، پیچ های تنظیم را طوری تنظیم کنید که لقی ۰.۰۰۵ تا ۰.۱ اینچ فراهم شود. این کار تراز مناسب بورگیج را هنگام قرار گرفتن در پایه فراهم می کند که به نوبه خود تراز مناسب با اسپیندل و میله استاندارد پایه را تضمین می کند.



اگرچه می توان یک بورگیج را با استفاده از یک میکرومتر تنظیم کرد (در حالی که میکرومتر روی قطر مورد نظر تنظیم شده است)، یک پایه تنظیم بورگیج این کار را آسان تر می کند و نیاز به نگه داشتن یک میکرومتر خارجی را از بین می برد. مجموعه ای از میله های استاندارد برای محدوده ۲ تا ۳ اینچ، ۳ تا ۴ اینچ و ۴ تا ۵ اینچ ارائه شده است و تنظیم نهایی از

طریق میکرومتر تعبیه شده انجام می شود. بورگیج در انتهای جایگاه پایه تنظیم قرار می گیرد. پیچ های تنظیم رزوه دار در هر طرف، در فاصله مساوی از سندان مرکزی که در اینجا دیده می شود، تنظیم می شوند. این کار گیج را در مرکز قرار می دهد. پیچ های تنظیم را محکم روی گیج تنظیم نکنید. اجازه دهید لقی 0.005 تا 0.010 اینچ در هر طرف گیج وجود داشته باشد.



بر اساس قطر هدف، یک میله استاندارد را در پایه قرار دهید. ورنیه میکرومتر (mic thimble) را برای رسیدن به قطر دقیق هدف خود تنظیم کنید. وقتی پایه تنظیم شد، شما برای تنظیم بورگیج خود آماده هستید.



رابط بورگیج مناسب برای قطر هدف خود را انتخاب کنید. انتهای کوتاهی که در اینجا دیده می شود، داخل گیج قرار می گیرد. برای تغییر طول رابط در صورت نیاز، یک واشر فاصله انداز ارائه شده را به انتهای کوتاه رابط نصب کنید. در اینجا من یک واشر به ضخامت 0.100 اینچ نصب کرده ام. کیت های گیج معمولاً شامل واشرهای فاصله انداز با ضخامت های 0.100 ، 0.050 و 0.020 اینچ هستند.