





دانشگاه فنی حرفه ای

دانشکده فنی انقلاب اسلامی

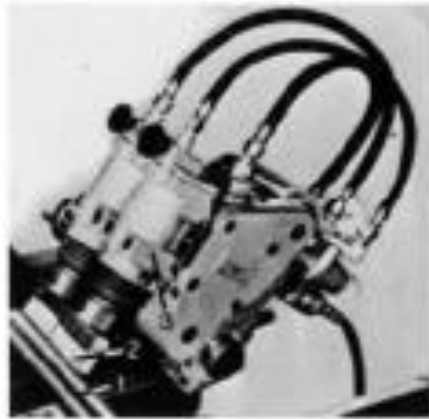
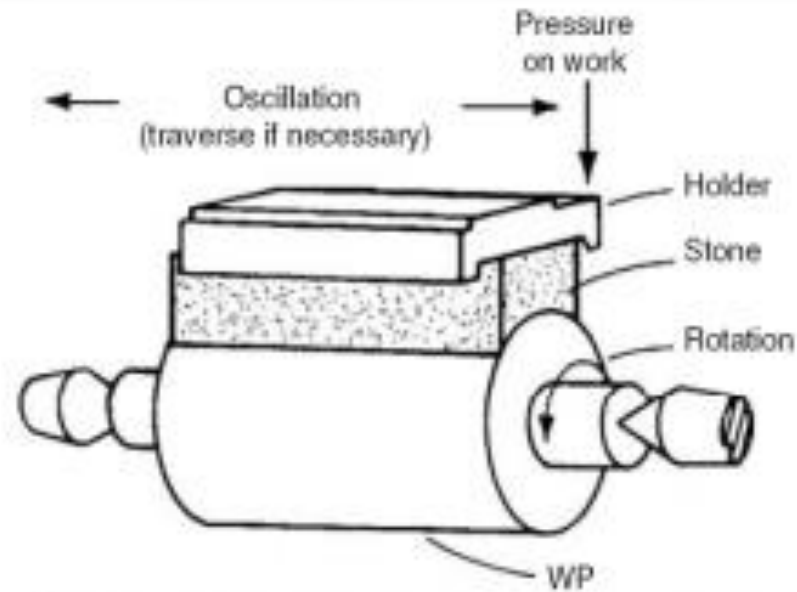
نام استاد: مجید سبزعلیان

نام واحد درسی: ماشین ابزار تولیدی

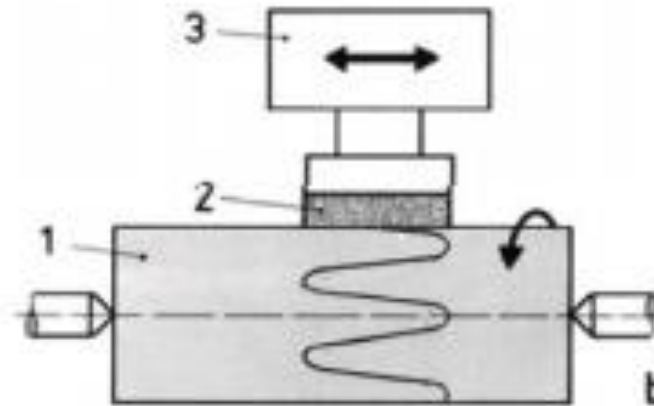
SUPERFINISHING (MICROHONING)

سوپر فینیشینگ
(میکرو هونینگ)

- سوپر فینیشنگ (میکرو هونینگ) که هونینگ با کورس کوتاه نیز نامیده می شود، یک فرآیند خراش دهنده برای پرداخت نهایی سطوح استوانه ای خارجی، قطعات تخت و کروی استفاده می شود.
- این فرآیند برای تغییر ابعاد قطعه استفاده نمی شود بلکه فقط برای ایجاد سطح پرداخت با کیفیت عالی استفاده می شود. در این فرآیند فقط مقدار بسیار کمی ($2-30\text{ }\mu\text{m}$) در حد مقدار زبری سطح، براده برداری می شود، (شکل ۳-۱۱۲).
- فرآیند هونینگ به دو حرکت نیاز دارد در حالیکه در میکرو هونینگ به سه یا چند حرکت نیاز است.
- در نتیجه این حرکات مسیر ذرات ساینده تصادفی بوده و تکرار نمی شود.
- مهمترین تفاوت هونینگ و سوپر فینیشینگ در این است که در هونینگ ابزار می چرخد ولی در سوپر فینیشنگ قطعه کار می چرخد.
- اصول فرآیند سوپر فینیشینگ در شکل ۳-۱۱۳ نشان داده شده است.
- سنگ ذرات ساینده که مطابق شکل سطح قطعه کار می باشد تخت فشار بسیار کمی است.
- برای قطعات بلند، از رفت و برگشت های با طول کم و فرکانس بالا استفاده می شود.



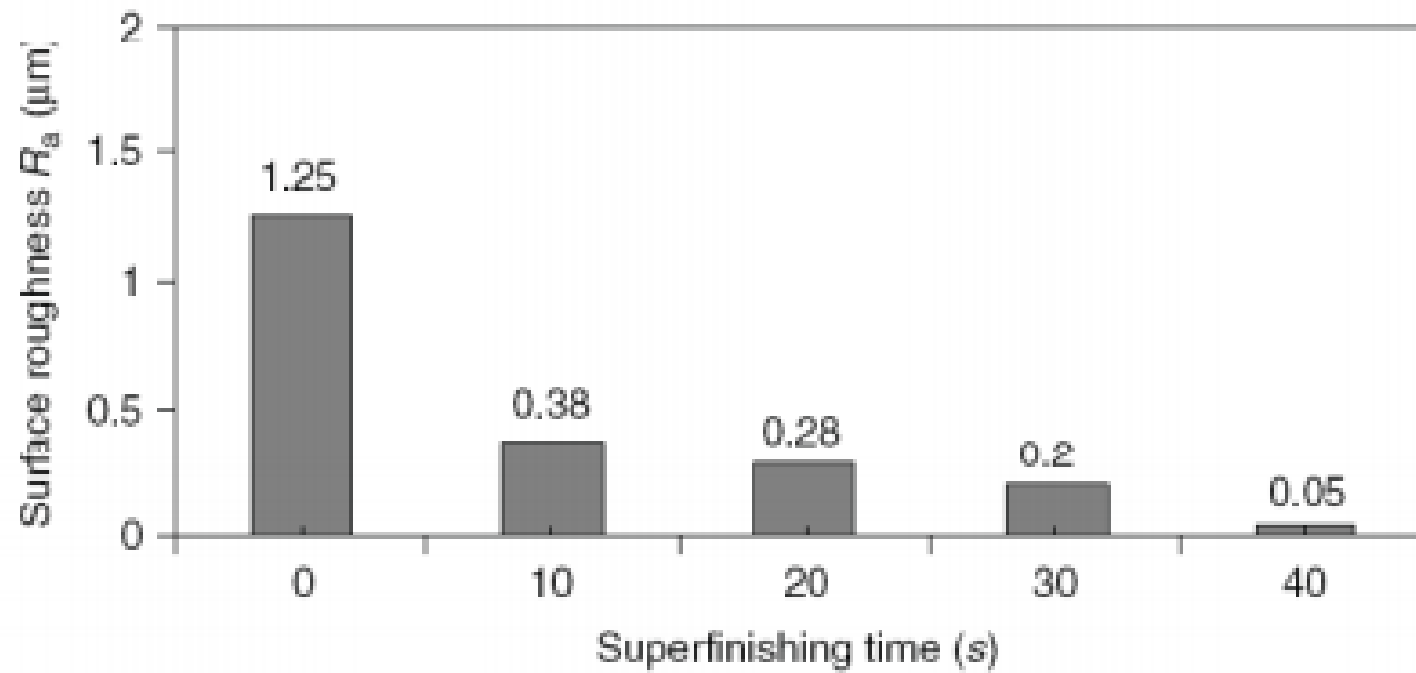
a



b

Figure 17.1

Superfinishing 1 workpiece, 2 abrasive wheel, 3 vibrating head, a) machine, b) principle



پارمترهای ماشینکاری

- پارامترهای زیر بر سوپر فینیشینگ تاثیر زیادی دارند:
 - ۱- نوع سنگ ذرات ساینده:
 - دو نوع سنگ معمولا استفاده می شوند: Al_2O_3 برای فولادهای آلیاژی و کربنی ساده و SiC برای فولدهای خیلی نرم و چقرمه و همچنین چدن ها و بیشتر فلزات غیر آهنی
 - ۲- اندازه دانه
 - اندازه دانه معمولا در محدوده (60-1000) که از خشنکاری تا پرداخت بسیار خوب استفاده می شود.

- **گريد:** گرید از J (نرم) برای آلياژهای خیلی سخت تا P (خیلی سخت) برای مواد خیلی نرم، چدن‌ها و فلزات غیر آهنی استفاده می شود.
- **عرض:** محدوده عرض بین ۶۰ تا ۸۰ درصد قطر قطعه کار می باشد ولی بیشتر از ۲۵ میلیمتر نیز در نظر گرفته نمی شود.
- **تعداد سنگها:** برای قطرهای بزرگتر از ۱۵۰ میلیمتر از چیدمان چندین سنگ استفاده می شود.
- **طول سنگ:** طول سنگ تا حدودی کمتر از طول قطعه کار انتخاب می شود البته نه بیشتر از سه برابر عرض سنگ
- **برای سوپر فینیشینگ** قطعات بلند یک حرکت طولی نیز نیاز است

- ۲- سرعت برشی
- برای خشن کاری $12-15 \text{ m/min}$ و برای پرداخت $30-60 \text{ m/min}$ (برای پرداخت عالی سرعت های بیش از 120 m/min استفاده می شود).
- در سرعت های پایین، خطوط مورب بر روی قطعه کار قابل تشخیص هستند و ممکن است برای کاربردهای خاص که سطح نباید آینه ای باشد، مورد دلخواه باشد.
- در سرعت های بالا، این بافت سطح بدون خطوط مورب بوجود می آید که سطحی براقتر ایجاد می کند.

- ۳- طول کورس و سرعت رفت و برگشت سنگ:
- رفت و برگشت سریع سنگ در کورس های کوتاه، مشخصه ای است که سوپرفینیشینگ را از هونینگ متمایز می سازد.
- بعضی ماشینها دارای فقط یک کورس بطول 4.76 mm هستند و بعضی از ماشینها دارای کورس متغیر بین ۲ تا ۵ میلیمتر هستند.
- سرعت خطی واقعی این حرکت تابعی از طول کورس (دامنه) و فرکانس رفت و برگشت است. معمولا سرعت بیشینه این حرکت بین 3-20 m/min است.
- فشار سنگ:
- برای کارهای معمولی: $ph = 1.5-3.0 \text{ kg/cm}^2$
- برای خشنکاری: $ph = 3.0-6.0 \text{ kg/cm}^2$
- برای پرداخت عالی: $ph = 1.0-2.0 \text{ kg/cm}^2$

Lapping Machines

لپینگ و کاربرد آن
پرورش
ماشین‌های لپینگ

لپینگ

- خراش تصادفی قطعه کار بر روی یک صفحه چدنی (لپ) با استفاده از ذرات ساینده روان در یک مایع مناسب برای بهبود بخشیدن به تلرانس و صافی سطح، را لپینگ گویند.
- لپینگ یک فرآیند خراش دهنده با سرعت پایین و با فشار کم است.
- در حالت کلی، کیفیت سطحی که بوسیله لپینگ فراهم می آید بوسیله دیگر فرآیندها به راحتی و اقتصادی تر بدست نمی آید.
- علاوه بر این، عمر اجزاء متحرک که در مواجهه با فرسایش هستند اگر لپینگ شوند، افزایش پیدا می کند. چون دره ها و قله های سطح در اثر لپینگ کاهش می یابد و درصد سطح واقعی تماس افزایش یافته و در نتیجه عمر قطعات افزایش می یابد.

- در واقع لپینگ آخرین عملیات ماشینکاری است که به وسیله آن به اهداف مهم زیر رسیده می‌شود:

- دقت ابعادی بسیار عالی

- کیفیت سطوح آینه ای

- تصحیح نقص‌های کوچک شکلی

- تolerانس بسته (closed fit) بین سطوح جفت شونده

- لپینگ به قطعه‌نگهدار نیازی ندارد و در نتیجه هیچ اعوجاجی در قطعه کار ایجاد نمی‌شود.

- همچنین در لپینگ حرارت کمتری نسبت به دیگر فرآیندهای تولید ایجاد می‌شود. بنابراین تغییرات متالورژیکی کاملاً حذف می‌شود. دمای افزایش یافته سطح، تنها $1-2^{\circ}$ است.

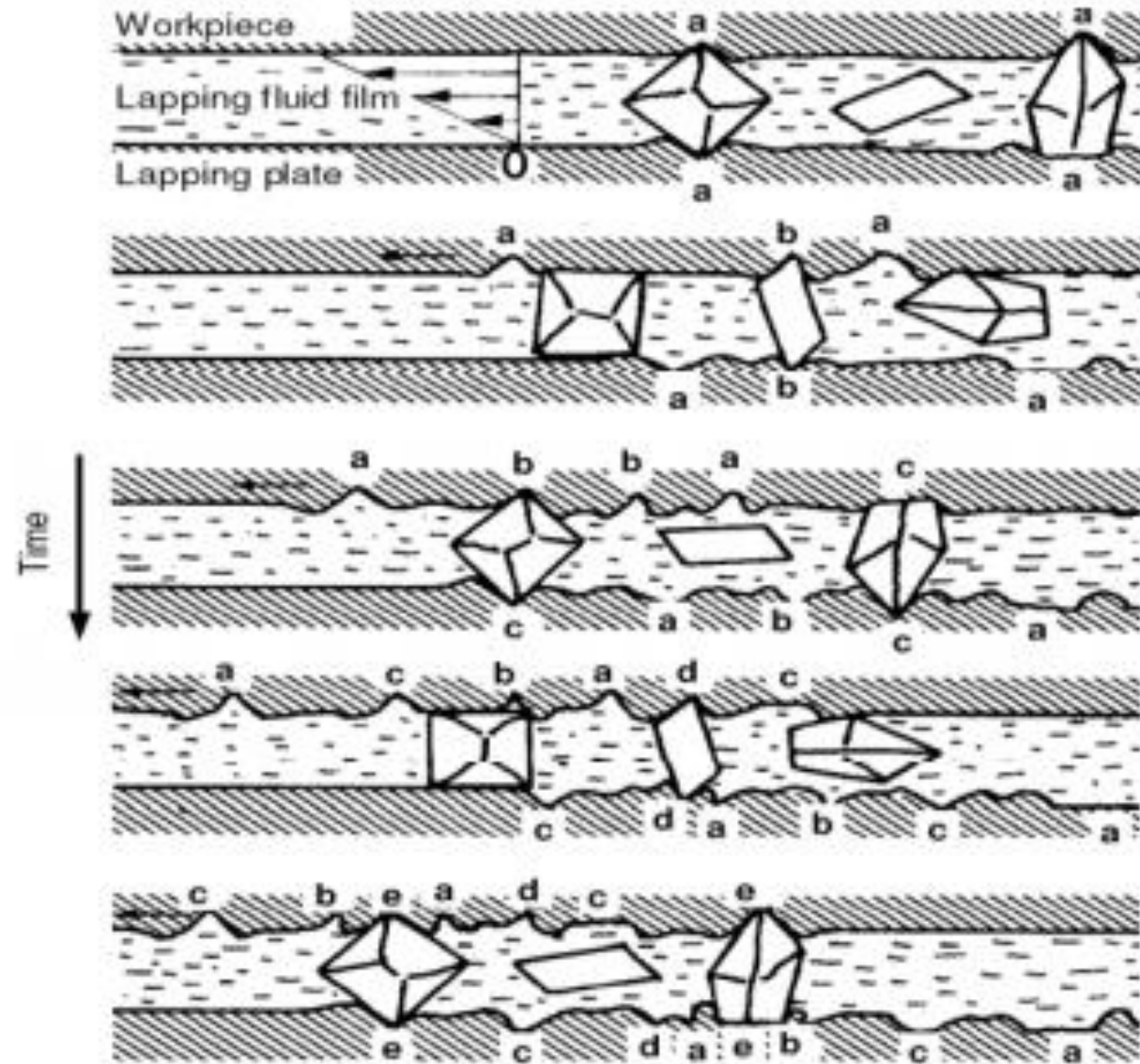


Fig. 8-2. Movement and effect of the lapping grains in the lapping film [MART72]

پارامترهای ماشینکاری

پارامترهای زیر بر فرآیند لپینگ تاثیر می گذارند:

۱- نوع ساینده:

- الماس: برای لپینگ تنگستن کاربید (WC) و سنگ های دقیق بکار می رود.
- B4C: برای لپینگ قالب ها و گیج ها بکار می رود. B4C حدودا ۱۰ تا ۲۵ برابر گرانتر از SiC و Al_2O_3 می باشد.
- SiC: برای براده برداری سریع بکار می رود و معمولا برای لپینگ فولادهای سخت شده، چدن و آلیاژهای غیر آهنی استفاده می شود.
- Al_2O_3 : برای لپینگ فولادهای نرم بکار برده می شود.

۲- اندازه ذره و گرید ساینده:

- اندازه دانه (عدد مش) در لپینگ معمولاً در محدوده ۵۰ تا ۳۸۰۰ می باشد.
- هرچند، اندازه دانه معمولاً در محدوده بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ با توجه به درجه کیفیت سطح مورد نظر استفاده می شود.
- در مواد نرم برای رسیدن به کیفیت سطح بهتر به دانه های ریزتری نیاز می باشد.
- ساینده های تجاری موجود یک اندازه دانه مشخص، ممکن است دارای دانه های ریزتر یا درشت تر هم باشند.
- قیمت ذرات ساینده با افزایش درجه گرید آنها، افزایش می یابد. استفاده از ذرات ساینده تجاری قیمت پایین با گرید کم، برای کارهای دقت بالا پیشنهاد نمی شود.

۳- مایع:

- مایع از خش انداختن صفحات لپ شده جلوگیری کرده و از آب تمیز تا گریس های سنگین در لپینگ استفاده می شود.
- مایع بر اساس کار، روش و نوع پرداخت سطح مورد نظر انتخاب می شود.
- برای ماشین های لپینگ، مایع های روغنی پیشنهاد می شود. هرچند ترکیب تجاری کرسون و روغن ماشین هم استفاده می شود.
- مایع های گریس مینا هم برای لپینگ مواد نرم استفاده می شود.

۴- سرعت:

- سرعت $1.5-4 \text{ m/s}$ معمولا برای ماشین های لپینگ استفاده می شود.

۵- فشار:

- فشار $0.1-0.2 \text{ kg/cm}^2$ برای مواد نرم و 0.7 kg/cm^2 برای مواد سخت استفاده می شود. اگر از فشار بالاتری استفاده شود، باعث خراش افتادن بر سطح می شود.

ماشین های لپینگ

ماشینهای لپینگ را معمولاً به دو دسته تقسیم بندی میکنند:

الف- ماشین های منفرد (individual-piece)

ب- ماشین های قطعات جفت شونده (equalising lapping mach)

الف- ماشین های منفرد (Individual-Piece Lapping)

- روشی بسیار موثر برای لپینگ فلزات سخت و دیگر مواد سخت است.
- این روش برای لپینگ سطوح اپتیکال فلت و سطوح دقت بالا استفاده می شود. اگر هر دو سمت قطعه تخت همزمان لپینگ شوند یک موازی بودن بسیار خوبی بدست می آید.

- ماشین‌های لپینگ منفرد از یک صفحه لپ استفاده می‌کنند که نرمتر از قطعه کار بوده تا مواد ساینده در صفحه لپ جاگیر شوند.

- صفحه لپ معمولاً از چدن نرم با دانه‌بندی ریز و بدون مک و عیب ساخته می‌شود.
- در مواقعی که چدن مناسب نباشد، از فولاد، برنج، مس یا آلومینیوم استفاده می‌شود.
- در کاربردهای خاص از چوب هم استفاده می‌شود.

- مهمترین انواع ماشین‌های منفرد به دسته‌بندی‌های زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱. ماشین‌های مخصوص تک یا دو صفحه‌ای برای لپینگ پین یا ساچمه

۲. ماشین‌های تک یا دو طرفه خورشیدی

۳. ماشین‌های فنجانی برای لپینگ سطح کروی

۱- ماشین‌های دو صفحه ای برای لپینگ سطوح استوانه‌ای

- شکل ۱۱۴-۳ یک ماشین لپینگ عمودی برای لپینگ سطوح استوانه‌ای برای تولید تعداد بین را نشان می‌دهد. دو صفحه لپ چدنی چرخان در یک اسپیندل عمودی قرار گرفته‌اند.
- قطعه‌کارها بین صفحات لپ در شیارهای قطعه‌نگهدار قرار گرفته‌اند و قطعه‌کارها در شیارها می‌چرخند و می‌لغزند تا حرکت رندومی ایجاد شود.
- بوسیله حرکت داخل و خارج لبه‌های صفحات لپ، از شیار انداختن جلوگیری شود.
- صفحه لپ پایینی معمولاً می‌چرخد و قطعه‌کارها را حرکت می‌دهد. صفحه بالایی ثابت ولی شناور است تا بتواند خودش را با تغییرات اندازه قطعه کار تنظیم کند.

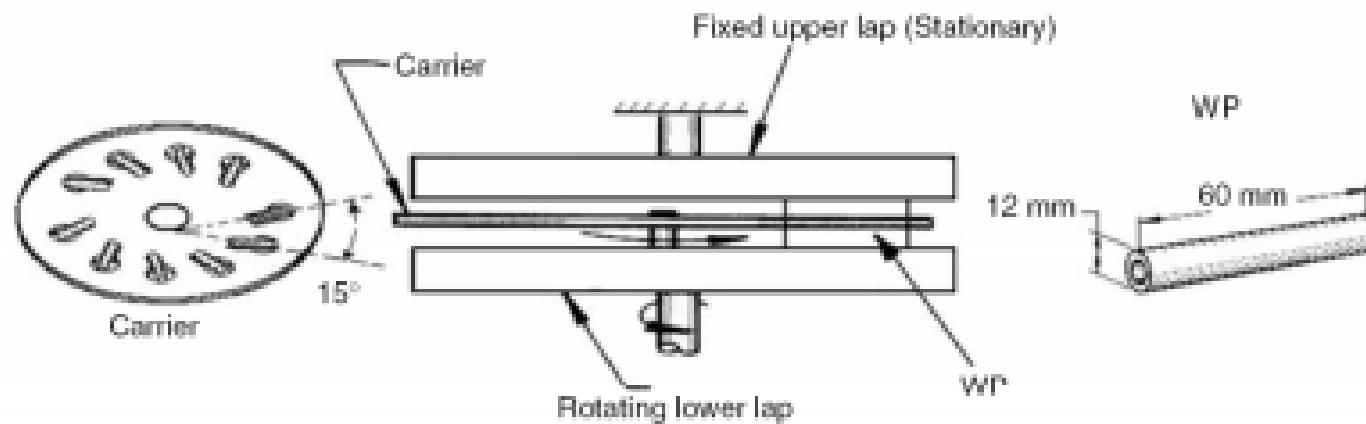
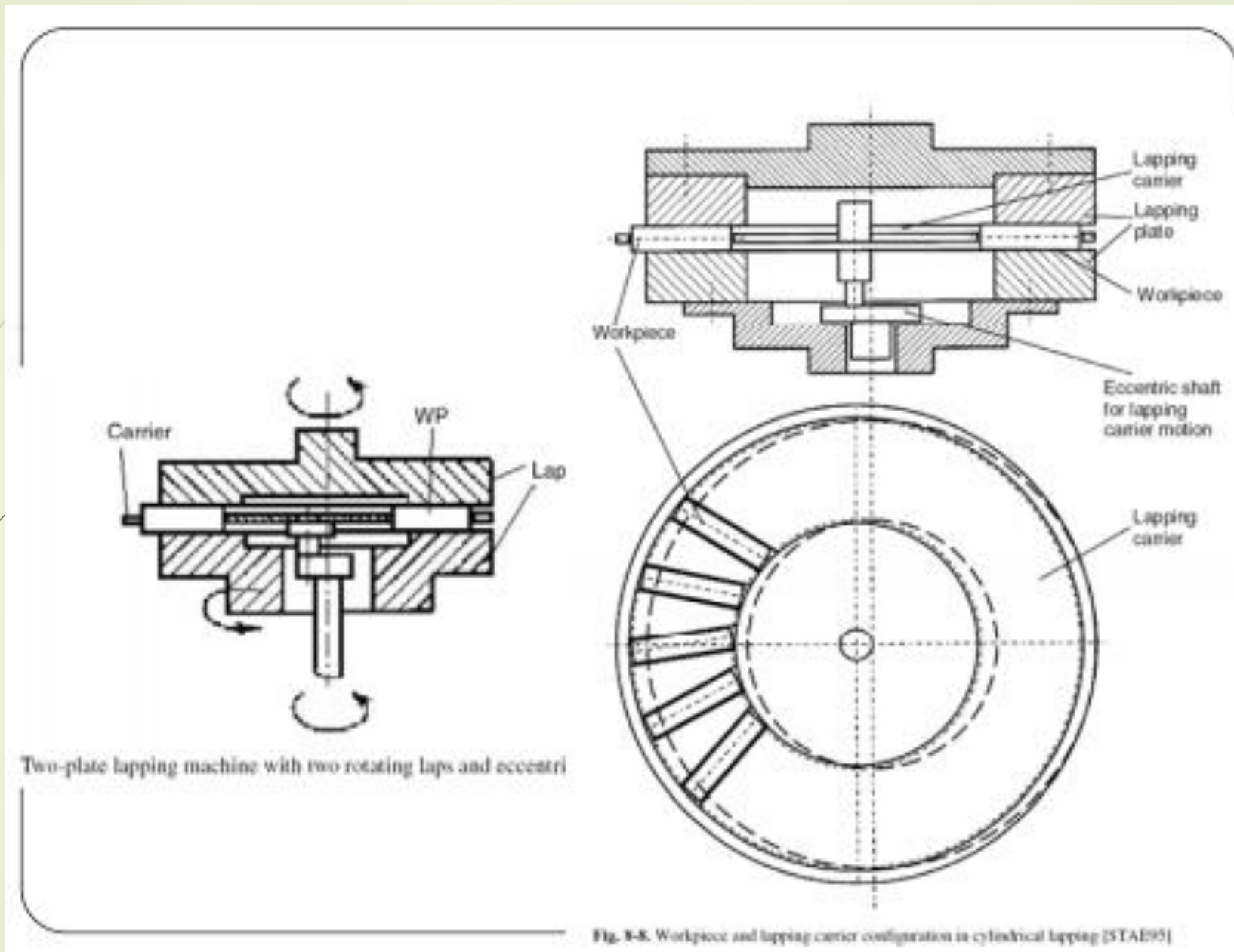


FIGURE 3.114 Typical vertical lapping machines for cylindrical surfaces. (Adapted from ASM International, *Machining*, Vol. 16, *Metals Handbook*, ASM International, Materials Park, OH, 1989.)

- صفحه لپ پایینی، سرعت چرخش را تنظیم می کند.
- برای جلوگیری از آسیب دیدن سطح لپ شده، صفحه قطعه نگهدار از مواد نرم (مانند مس یا کامپوزیت و غیره) استفاده می شود.
- یک طراحی دیگر از این نوع ماشین ها در شکل ۳-۱۱۵ دیده می شود. قطعه نگهدار بطور غیر هم مرکز با دو صفحه لپ بوده و محرک مجزا دارد. در این طراحی هر دو صفحه بالایی و پایینی می چرخند.
- ساینده معلق در مایع قبل از اینکه حرکت شروع شود، فراهم می شود. روغن یا کرسون در هر سیکل اضافه می شود تا از خشک کار کردن و خراش افتادن بر سطح جلوگیری شود.
- هرچه تعداد قطعات بیشتر باشد، فشار وارده بر هر قطعه کاهش می یابد و عملیات کندتر شده و کنترل تلرانس راحت تر می شود.



پرداخت و دقت سطح

- پرداخت سطح $Ra=0.025 \mu m$ و نرخ براده برداری $2.5-10 \mu m$ با استفاده از صفحه لپ چدنی امکان پذیر است.
- تolerانس قطری $\pm 0.5 \mu m$ ، و تolerانس خارج از مرکزی $0.13 \mu m$ و تolerانس مخروطی کمتر از $0.25 \mu m$ امکان پذیر است.
- چنین دقت هایی بستگی زیادی به دقت فرایندهای ماشینکاری قبلی دارد.

کاربردها

- این گونه ماشین‌ها برای لپینگ قطعات استوانه‌ای (100 parts/h) بسیار اقتصادی است.
- این ماشین‌ها را می‌توان برای لپینگ پین پیستون‌ها، پین‌های سرامیکی، پیستون شیرهای هیدرولیکی، پیستون موتورهای کوچک، شیرهای استوانه‌ای، سوزن یاتاقان‌های سوزنی، انژکتورهای دیزلی، پلانجرها و دیگر پین‌های استوانه‌ای دقیق بکار برد.
- مواد سخت و نرم را می‌توان به این روش لپ کرد و قطعه باید به اندازه کافی صلب باشد تا بتواند فشار صفحات لپ را تحمل کند.
- مواد نرم سریع‌تر از مواد سخت لپینگ شده و کنترل تلرانس در مواد سخت آسان‌تر است.

محدودیت‌ها

- لپینگ قطعات استوانه‌ای که قطر آنها بزرگتر از طول آنها است با این روش سخت و یا غیر ممکن است.
- برای قطعاتی که پله دارند باید فیکسچر ساخته شود. لپینگ قطعاتی که جای خار، تختی و سطوح منقطع دارند، مشکل می‌باشد چون باعث تغییر فشار لپینگ شده و کنترل تلرانس استوانه‌ای آنها سخت می‌شود.
- اگر جای خار سراسری باشد به این روش نمی‌توان قطعه را لپینگ کرد.
- لوله‌های جدار نازک را بشرطی می‌توان لپینگ کرد که تغییر شکل ناشی از فشار لپینگ قابل چشم پوشی باشد.
- قطعاتی که فقط از یک طرف سوراخ دارند، مشکلاتی از قبیل گردی و مستقیمی در آنها بوجود می‌آید. برای غلبه بر این مشکل می‌توان پینی در سوراخ قرار داد.

- * هر چه از مرکز صفحه لب دورتر بشویم سرعت لپینگ بیشتر شده و در نتیجه در این روش، قطعه استوانه‌ای مقدار کمی مخروطی می‌شود.
- * یک روش برای غلبه بر این مشکل این است که از دو سیکل کوتاه مدت استفاده کرد. یک سیکل از یک طرف و در سیکل بعدی از سمت دیگر.
- * مخروطی شدن را می‌توان با کج کردن شیار های قطعه نگهدار تا ۱۵ درجه کمتر نمود، شکل ۳-۱۱۶.

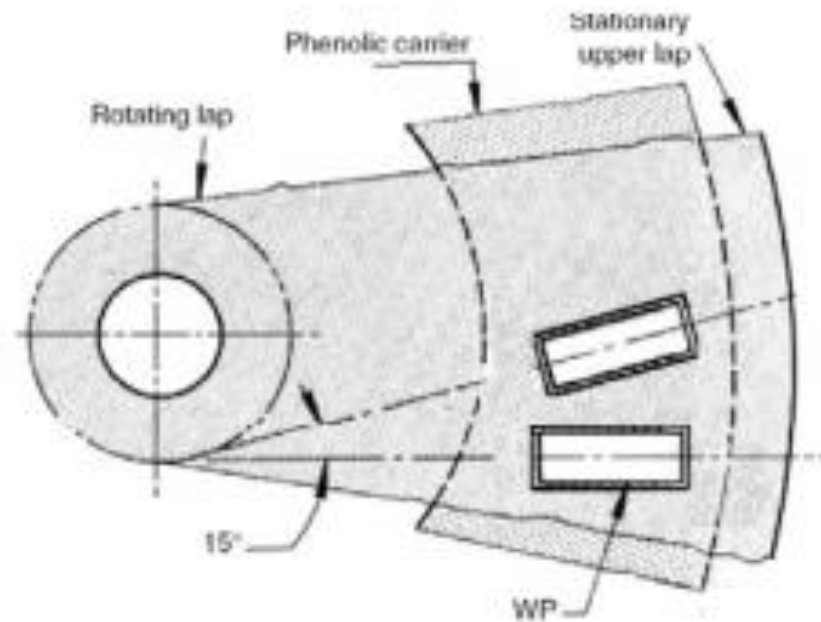


FIGURE 3.116 Lapping setup that minimizes taper for production quantity of cylindrical parts. (Adapted from ASM International, *Machining*, Vol. 16, *Metals Handbook*, ASM International, Materials Park, OH, 1989.)

مثال

• سوزن یک شیر هیدرولیکی (فولاد ابزار با سختی 60–65 HRC) که در شکل ۱۱۷-۳ نشان داده شده است باید به دقت های زیر برسد:

- $Ra = 0.05 \mu m$,
- $tolerance = \pm 0.13 \mu m$,
- $out-of-roundness = 0.13 \mu m$,
- and a taper = $0.25 \mu m$.

• در مورد راه های رسیدن به این دقت بحث و گفتگو نمایید:

• راه حل:

• دو روش لپینگ برای رسیدن به دقت های ذکر شده وجود دارد:

• الف) برای تولید تکی:

- می‌توان از یک رینگ چدنی (شکل ۳-۱۱۷) استفاده نمود و هر سوزن را از دنباله‌اش در سه‌نظام دستگاه تراش قرار داد و آن را با سرعت 650 rpm بچرخش در آورد.
- رینگ چدنی را به چپ و راست حرکت داده تا نشانه‌های سنگزنی بر طرف شوند در حالیکه سوزن را با مایع لپینگ (CrO mixed with oil) آغشته شده است.

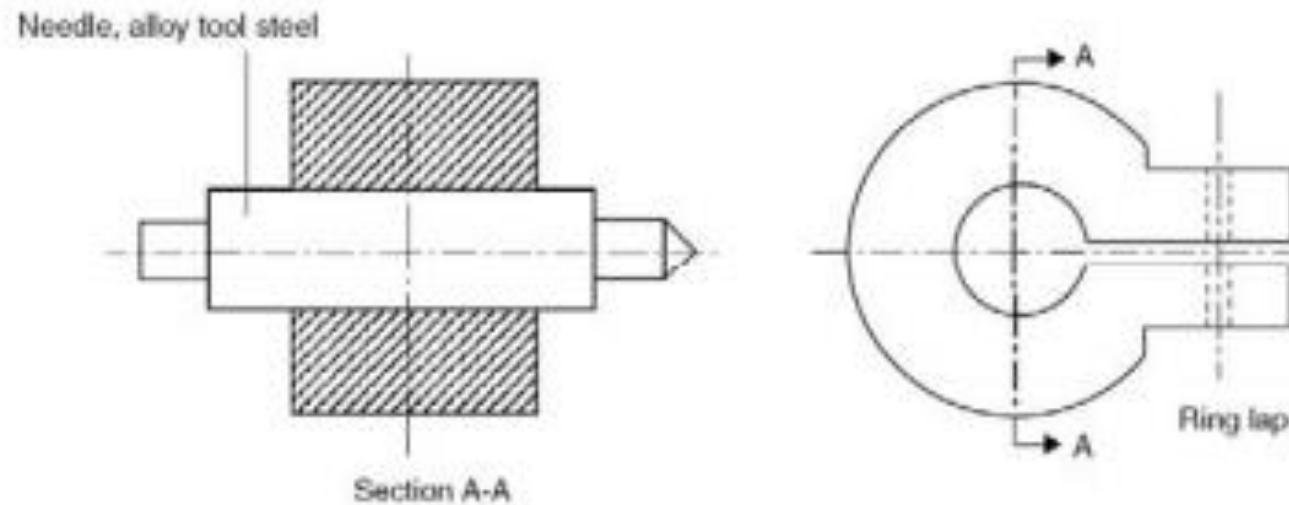


FIGURE 3.117 Lapping of valve needle using a ring lap. (Adapted from ASM International, *Machining*, Vol. 16, *Metals Handbook*, ASM International, Materials Park, OH, 1989.)

- (ب) برای تولید انبوه:

- مرحله پرداخت قطعه در دستگاه لپینگ دو صفحه ای انجام شود، شکل ۳-۱۱۵.
- قطعات باید به دقت سنگزنی شوند و سپس اندازه گیری شوند و بر اساس تolerانس قطری (بین $\pm 5 \mu m$, $\pm 2.5 \mu m$) دسته بندی شوند و سپس هر دسته در ماشین لپینگ قرار گیرد.
- قطعه نگهدار کامپوزیتی بصورت غیرهم مرکز طراحی شده است تا حرکتی رندوم ایجاد کند (شکل ۳-۱۱۵). پس از سیکل های کوتاه، چرخش متوقف می شود تا قطعات اندازه گیری شوند (توسط گیج های الکتریکی).
- اگر به اندازه مورد نظر نرسیده باشد، لپینگ ادامه پیدا می کند تا به اندازه دلخواه رسیده شود.

۲- لپینگ سطوح تخت

- لپینگ سطوح تخت به روش دستی یا ماشینی انجام می‌گیرد:

• الف) روش دستی

- لپینگ دستی برای تعداد کم یا هنگامیکه برای تعمیر قطعات استفاده می‌شود.
- قطعه کار توسط دست بر روی یک صفحه لپ حرکت داده می‌شود در حالیکه ذرات ساینده نیز اضافه می‌شود.
- صفحه لپ از چدن ساخته شده و شیارهایی به عرض 1.6 mm بر روی آن ایجاد شده است.
- قطعه کار بر روی صفحه لپ به شکل 8 یا حرکت های مشابه (تقریباً رندوم)، حرکت داده می‌شود.



- صفحه لپ برای تعداد قابل ملاحظه‌ای تخت می‌ماند. این روش، وقت گیر، خسته کننده و نیاز به مهارت بالای کاربر دارد.

- روش دیگری که سرعت بیشتری دارد این است که قطعه به اسپیندل دریل عمودی متصل شده و صفحه لپ بر روی میز دریل سوار شود.

- قطعه کار بر روی صفحه لپ می‌چرخد در حالیکه فشار کمی بکمک دست بر آن وارد می‌شود. مشکل این روش این است که اصل اساسی لپینگ یعنی حرکت رندوم بر هم زده می‌شود.

• (ب) لپینگ ماشینی

- دو نوع کلی ماشین لپینگ سطوح تخت، تک صفحه‌ای و دو صفحه‌ای وجود دارد.
- ماشین‌های لپینگ دو صفحه‌ای بخاطر دقت بیشتر، ترجیح دارند.
- بیشتر ماشین‌های لپینگ دو صفحه‌ای از نوع خورشیدی هستند که قطعه‌نگهدار بین محرک مرکزی و رینگ محرک تعبیه شده است.
- محرک‌ها از نوع دنده‌ای یا نوع پینی هستند که باید درگیری مثبت داشته باشند، شکل ۱۱۸-۳ و ۱۱۹-۳.



FIGURE 3.118 Planetary fixed-plate double-face lapping machine for flat surfaces. (From Hoffman Co., Carlisle, PA, USA.)

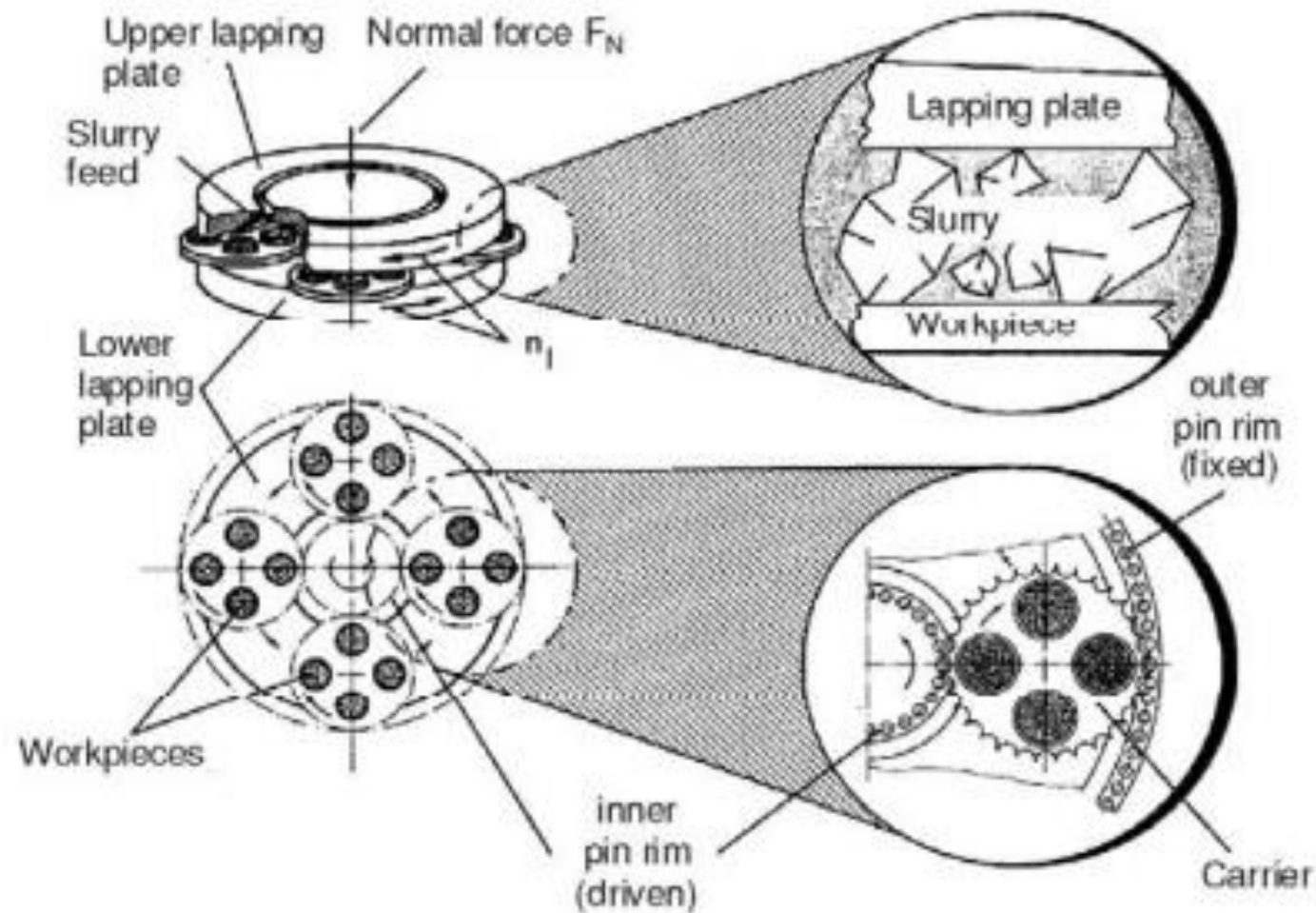


Fig. 8-6. Methodological principle of coplanar lapping with restricted guidance

- قطعه کار در قطعه‌نگهدار قرار گرفته و بین دو صفحه لپ در یک مسیر سیکلوئید، در حالیکه ذرات ساینده صفحه بطور پیوسته بصورت گل ساینده تغذیه می‌شود، حرکت می‌کند.

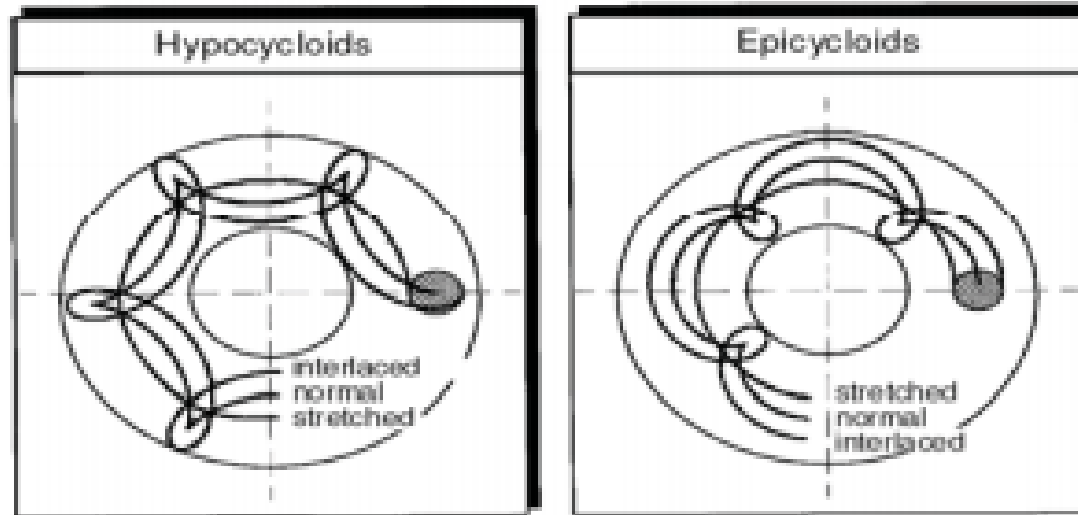


Fig. 8-7. Machining paths of workpieces in double-disc hopping

- در ماشین‌های خورشیدی (شکل ۳-۱۱۸) صفحه پایینی ثابت بوده و صفحه بالایی بگونه‌ای مقید شده که نمی‌چرخد. صفحه بالایی شناور بوده و بر روی بزرگترین قطعه قرار گرفته و همه قطعات را به یک اندازه لپینگ می‌کند.
- قطعه کار بین دو صفحه لپ توسط قطعه‌نگهدار بحرکت در می‌آید و همه نیرو توسط صفحه نازک قطعه نگهدار به قطعه وارد شده و ممکن است وارد شدن این نیروی زیاد به دندانه نازک، باعث شکست لبه‌ها شود.

- شکل ۱۱۹-۳ نوع دیگری از ماشین لپینگ دو صفحه‌ای را نشان می‌دهد که دو صفحه لپ دارد که ذرات ساینده (400-grit SiC) به آن چسبیده‌اند و در جهت مخالف هم با سرعت 88 rpm می‌چرخند.
- یک جک نیوماتیکی بر صفحه بالایی فشار وارد می‌کند. قطعه‌نگهدار بصورت غیر هم‌مرکز با صفحه پایینی قرار گرفته و با سرعت 7.5 rpm می‌چرخد.
- روغن بین دو صفحه در هنگام لپینگ تغذیه می‌شود. صفحات لپ در یک شیفت ۸ ساعته دو تا سه بار درس می‌شوند.

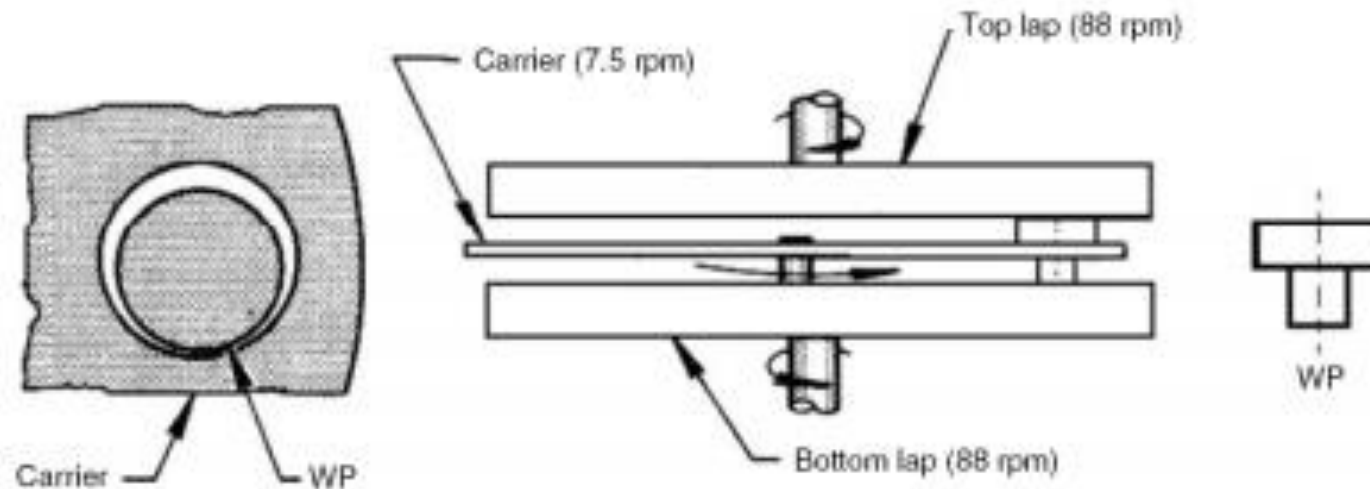
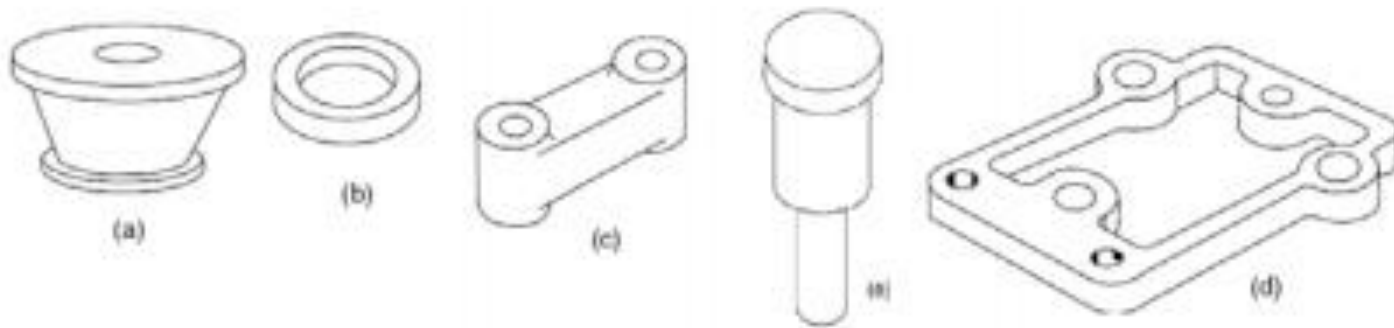


FIGURE 3.119 Dual-face lapping machine using two bonded abrasive laps. (Adapted from ASM Interna-

• شکل ۳-۱۲۰ قطعاتی که بوسیله ماشین لپینگ تخت، لپ شده‌اند را نشان می‌دهد. قطعات متقارن a و b نیازی به قطعه‌نگهدار ندارند. قطعات غیرمتقارن c و d نیاز به قطعه‌نگهدار دارند. قطعاتی شبیه به e نیاز به قطعه‌نگهدار دارند که آن‌ها را از افتادن باز نگهدارند.

• تolerانس موازی بودن $\pm 2.5 \mu m$ برای قطعات کوچک و $\pm 25 \mu m$ برای قطعات بزرگ، به این روش می‌تواند بدست آید.

• تolerانس تختی تا $0.3 \mu m$ و زبری سطح تا $Ra = 0.05 \mu m$ قابل دستیابی است.



- سطوح تخت موازی را می‌توان بر روی ماشین لپینگ دو صفحه‌ای لپ کرد که هر دو سطح در یک عملیات لپ می‌شوند و یا اینکه در ماشین لپینگ تک‌صفحه‌ای لپ کرد که بایستی لپینگ در دو عملیات انجام شود.
- در حالت دوم بایستی دقت لازم مثل تمیز بودن سطوح و تختی صفحه لپ را انجام داد.
- تختی صفحه لپ بایستی کمتر از تolerانس تختی سطح قطعه‌نگهدار نگه‌داشته شود.
- در تولید انبوه، تolerانس موازی بودن $0.2 \mu\text{m}/\text{mm}$ ، استفاده از ماشین دو صفحه‌ای را دیکته می‌کند. هر چند رسیدن به تolerانس $0.02 \mu\text{m}/\text{mm}$ با ماشین تک صفحه‌ای نیز ممکن است.
- مقدار اضافه ماشینکاری در این عملیات بایستی $1/5$ تا 2 برابر خارج از موازی بودن بعلاوه مقداری که برای اندازه‌کردن لازم است، محاسبه کرد.

۳- ماشین‌های لپینگ برای سطوح استوانه‌ای

ماشین‌های لپینگ سطوح استوانه‌ای به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- **الف) ماشین تک اسپیندله:** که یک اسپیندل عمودی دارد و لپ را می‌چرخاند. قطعات آهنی بوسیله گیره مغناطیسی و قطعات غیرآهنی توسط گیره در فیکسچر ثابت میشوند.
- **میل‌لنگ بوسیله سه‌نظام دستگاه تراش نگه‌داشته شده و بوسیله یک اتصال کروی به پشت لپ متصل می‌شود و حول سطح کروی قطعه‌کار می‌چرخد، شکل ۳-۱۲۱ الف.**
- **قطعه‌کار در راستای اسپیندل دستگاه تراش است. لپ بایستی به اندازه کافی سنگین باشد تا فشار لازم لپینگ را ایجاد کند.**
- **ب) ماشین دو اسپیندله:** یک اسپیندل قطعه‌کار را گرفته و می‌چرخاند و اسپیندل دیگر لپ را گرفته و در یک موقعیت شناور حول یک زاویه به اندازه کافی بزرگ می‌چرخد تا کل سطح را بپوشاند.

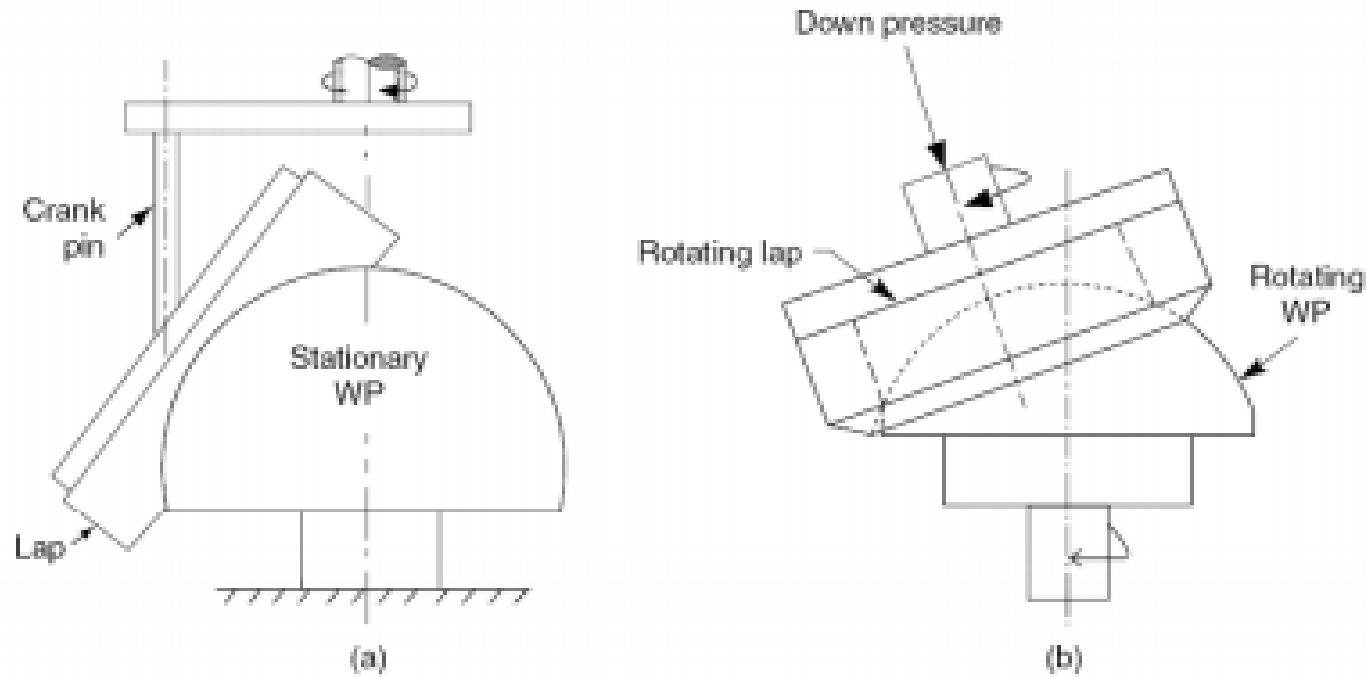
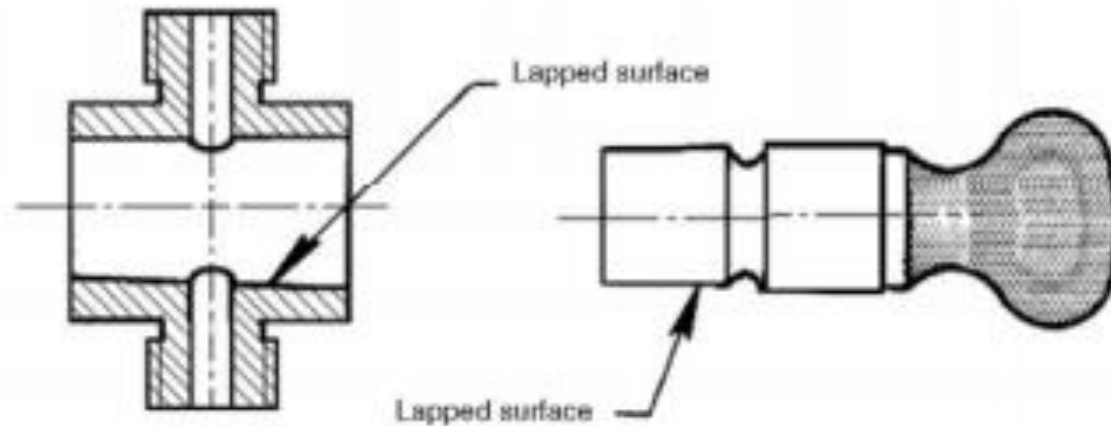


FIGURE 3.121 Lapping of spherical surfaces: (a) single-spindle machine and (b) two-spindle machine.

ب) لپینگ قطعات جفت شونده Equalizing Lapping

- در این فرآیند، دو سطح قطعه کار توسط یک لایه از مواد ساینده مخلوط با مایع جدا شده و نسبت به یکدیگر مالیده می شوند.
- هر قطعه ذرات ساینده را بحرکت در می آورد به گونه ای که ذرات بر سطح دیگری عمل کند. غیر منظمی هایی که از جفت شدن سطوح جلوگیری می کند لپ شده و دو سطح کاملاً روی هم می نشینند، (مچ می شوند).
- در بیشتر موارد ابتدا یکی از قطعات بصورت تکی لپ شده و سپس قطعه دیگر با قطعه قبلی لپینگ می شود.
- لپینگ جفتی، قطعاتی مانند کله سیلندرها و بلوک ICEs که باید بدون گسکت آب بندی شوند، را آب بندی می کند.
- همچنین رینگ پیستون را برای پلاتجر داخل سیلندرها حذف می کند.

• دیگر کاربر لپینگ جفتی در جفت کردن قطعات شیرهای مخروطی است، شکل ۳-۱۲۲.



E 3.122 Tapered valve component finished by equalizing lapping. (Adapted from ASM Interna-

Example of a Lapping Machine



