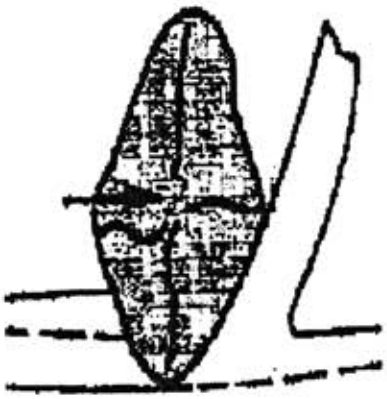
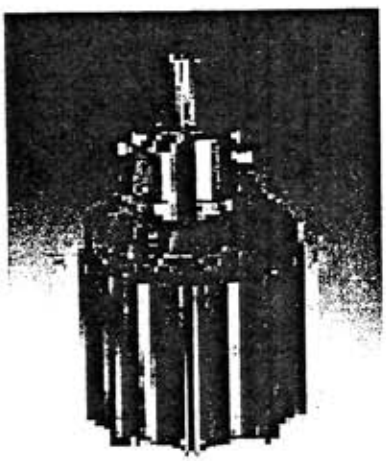
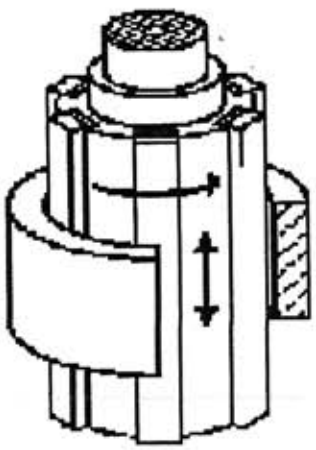
خواص هونینگ



• براده برداری با لبه های برنده
با زوایای هندسی غیر مشخص



• ابزار با لبه های برنده متعدد



• حرکت توأمان = چرخش و حرکت
رفت و برگشتی

کاربردها

- صنایع ماشین سازی
- تکنیکهای اندازه گیری
- کار روی سرامیکها

ادامه کاربردها

دامنه کاربرد

روشی جهت بهبود در:

- کیفیت سطح

زبری $R_z = 0.1\ \mu m$ میکرومتر

- دقت اندازه گیری

$0.5\ \mu m$ میکرومتر

- دقت فرم

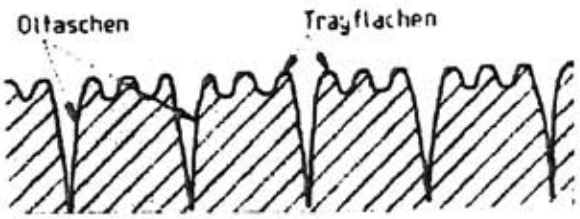
گردی $1\ \mu m$ میکرومتر

استراکچر سطح هونینگ شده

ساختار سطح

- ساختار متقاطع بر اساس حرکت ابزار و قطعه کار
- ساختار مناسب جهت سطوح در تماس و همچنین روانکاری سطوح

ساختار سطح قطعه



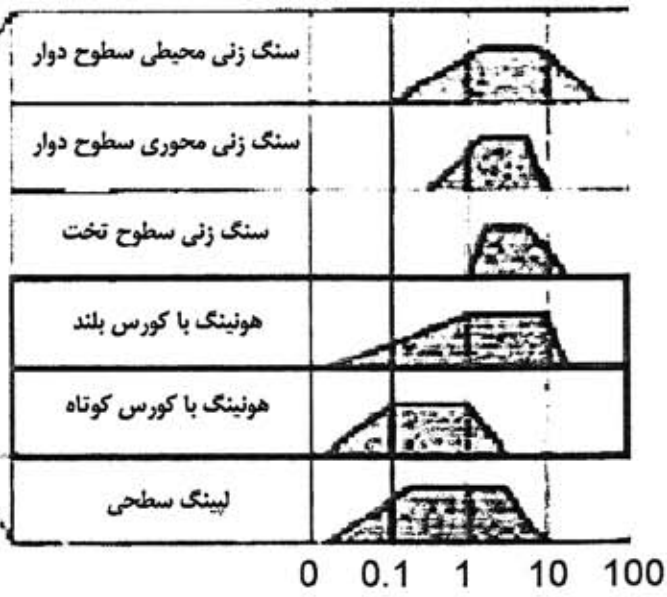
- درصد سطح تماس

شیارها = محل ذخیره روغن

چگونگی سطح

مقایسه روش هونینگ با سنگ زنی و لپینگ

	سنگ زنی	هونینگ	لپینگ
دقت فرم	+	0	++
دقت اندازه ها	+	++	++
دقت طولی	+	–	–
کیفیت سطح	0	+	++
تاثیر روی پوسته قطعه کار	0	+	+
توان براده برداری	++	0	–
هزینه تولید	–	–	++

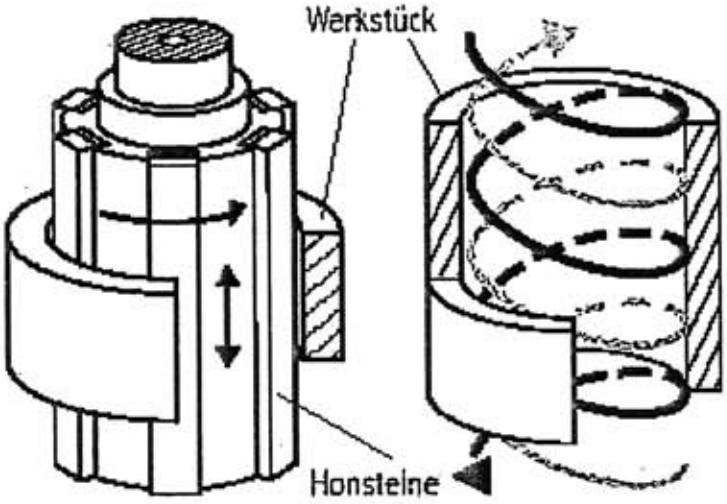


+ تاثیر بالا
++ تاثیر خیلی بالا
– تاثیر کم
0 تاثیر متوسط

تقسیم بندی روشهای هونینگ

نوع ابزار	نوع عملیات روی قطعه کار	نوع حرکت ابزار	شکل سطوح
ابزار هونینگ سنگی ابزار هونینگ نواری، تسمه ای	داخل قطعه کار خارج قطعه کار	کورس بلند کورس کوتاه	تخت گرد پیچ دنده پروفیل فرم

روش کار

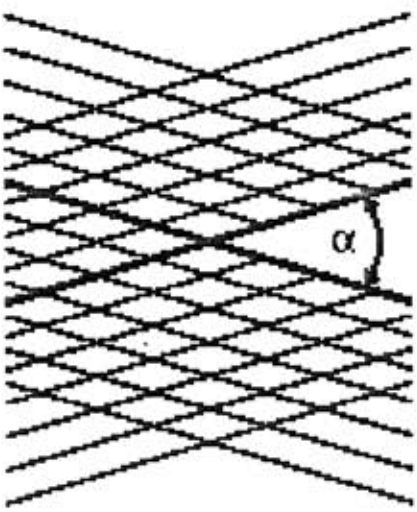


- سرعت حرکت چرخشی

$V_u = 20...50\ m/min$

- سرعت حرکت رفت و برگشتی

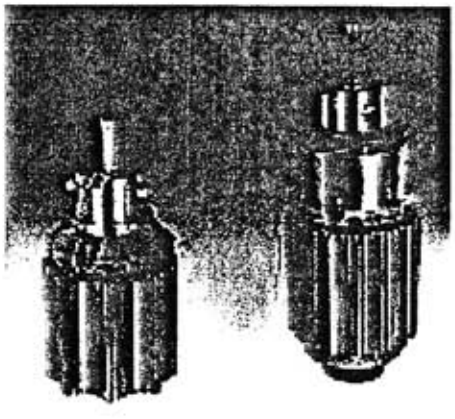
$V_h = 12...25\ m/min$



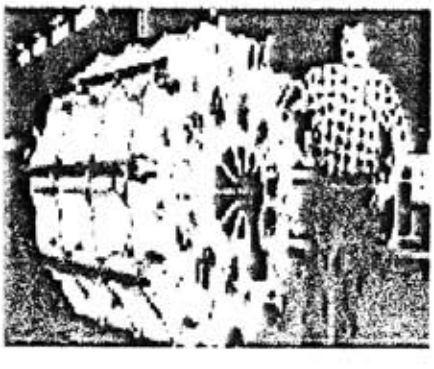
α = Überschnei-
dungswinkel

- ساختار سطح
- $\alpha = 2 \arctan (v_h/v_u)$
- α معمولا 45°

ابزار هونینگ



- ابزار هر سنگ با سنگ مربوطه

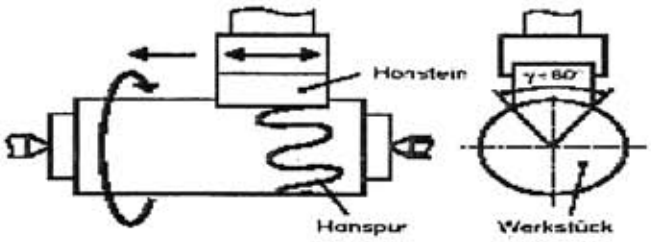


- سنگ هونینگ بعنوان فلز، الماس، CBN یا SiC

- خود تیز کن

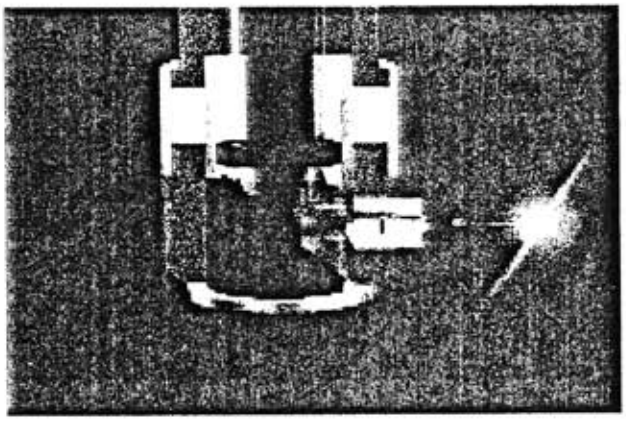
انواع روشهای هونینگ

هونینگ با کورس کوتاه (سوپرفینیشینگ. هونینگ سطوح خارجی)	هونیگ با کورس بلند (هونینگ)
● دامنه کوتاه، 5-1میلیمتر ● فرکانس بالا، 50-HZ	● دامنه بلند ● فرکانس کم
● زبری ● برای سطوح خارجی ● ابزار با هندسه قطعه کار مطابقت داشته باشد	● زبری $R_z = 1\ \mu m$ ● برای سوراخکاری



روشهای ویژه

هونینگ با لیزر



- پرتو لیزری

- ساختار سطح دقیق و معین
- کیفیت سطح بهتر
- کاربرد: تولید موتور

هونینگ با روش الکترو شیمیایی

- الکترود مخصوص در ابزار
- توان براده برداری بالاتر
- کاربرد: فلزات سخت، آلیاژها، کارباید ها

هونینگ با کمک لیزر

ترکیب هونینگ با تکنیکهای لیزر

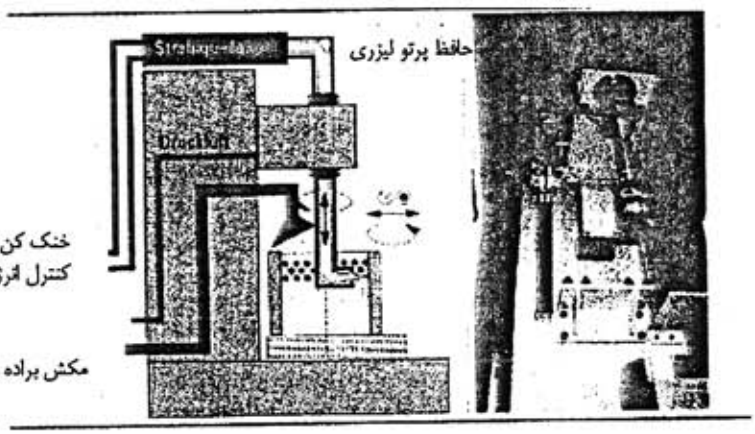
- انعطاف پذیری بهتر
- استفاده کمتر از روغن و مواد خنک کننده
- کاهش در سایش سیلندر و پیستون

ترتیب کار بصورت سه مرحله ای:

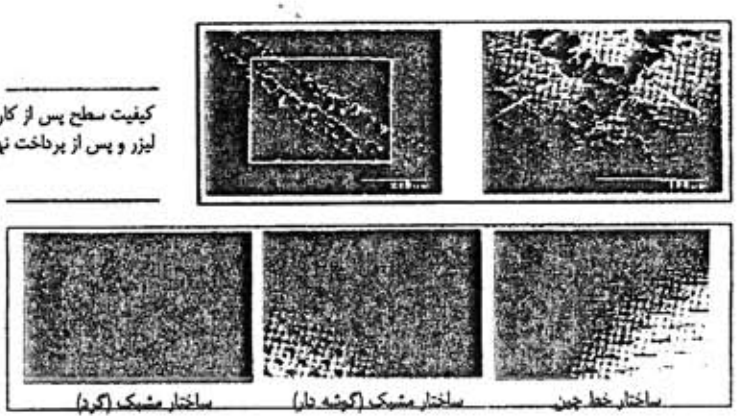
۱- پیش هونینگ

۲- کار با لیزر (ساختار سازی با لیزر)

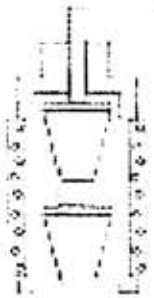
۳- پرداخت نهائی با هونینگ



در روش هونینگ با کمک لیزر از اشعه لیزر Nd-YAG استفاده میشود. و برای هر سیلندر حدود ۱۵ ثانیه طول میکشد و میتواند فرم های مخصوص ایجاد کند ساختار سطوحی که با لیزر ایجاد میشود برای موتورهای دیزلی توانسته مصرف روغن را در حدود ۲۵ درصد کم کند

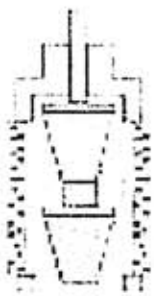


هونینگ با فشار سیال (معمولاً آب)



هونینگ اولیه (پیش هونینگ)

- مقدار باربرداری ۴۰-۶۰ µm
- زمان هونینگ ۲۰ ثانیه
- باردهی بصورت الکترومکانیکی
- دو خنک کننده محلول در آب در تمام عملیات مورد استفاده
- زمان یک سیکل کامل ۲۵ ثانیه

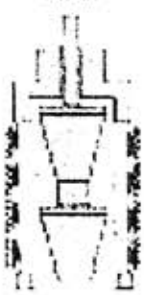


هونینگ میانی

- باربرداری ۲۵-۳۰ µm
- زمان هونینگ ۲۰ ثانیه
- باردهی بصورت الکترومکانیکی
- ابزار جنس هونینگ D64

سیال تحت فشار

- فشار سیال (بار ۱۲۰-۱۵۰)
- دو نازل به قطر ۱/۵ میلیمتر
- زمان عملیات ۱۶ ثانیه
- مایع خنک کننده



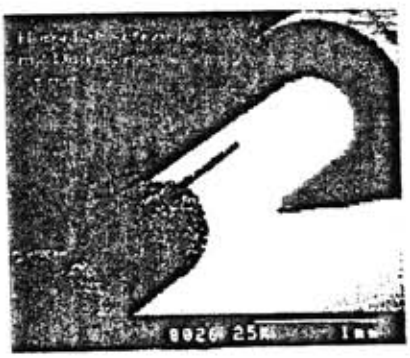
هونینگ پرداخت

- مقدار باربرداری ۳-۵ µm
- باردهی هیدرولیکی
- جنس ابزار سنگ D15

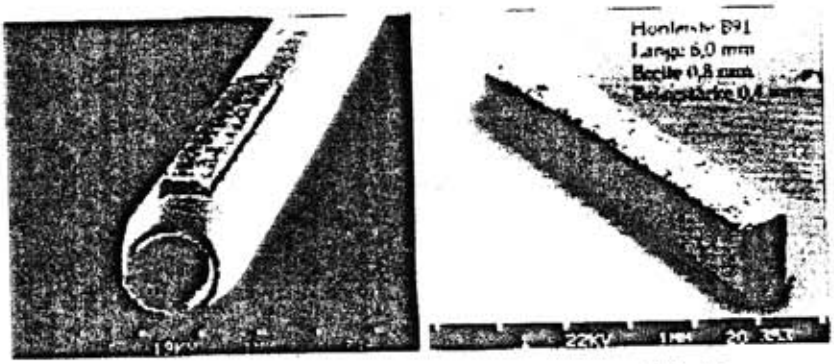
در شکل بالا مراحل مختلف هونینگ نشان داده شده و بخصوص با فشار آب در حدود ۱۲۰-۱۵۰ بار میتوان کیفیت سطح و استراکچر سطح هونینگ شده را بهتر نمود. برای ایجاد ساختار (استراکچر) های میکرونی در سطح از خواص ماده که در آن در حدود ۰/۰۴ درصد تیتانیوم بکار برده شده استفاده میشود تیتانیوم در موقع ریخته گری به تیتان کارباید و تیتان ناتیراید تبدیل بشود و در موقع هونینگ بریده میشود. در مرحله شستشوی با فشار این بریدگی ها خرد میشوند و فرورفتگی هائی (ساختارهائی) به طول حدود ۴۰ میکرون و عمق حدود ۳۰ میکرون ایجاد می کنند. در هر سانتیمتر مربع از سطح در حدود ۴۰ فرورفتگی ایجاد میشود که بنحو بهتری میتواند روغن را در سطح سیلندر جای دهد و باعث بهتر شدن کیفیت و خواص سطح هونینگ میشود.

هونینگ سوراخهای با قطر کم

شاخصهای هونیگ همراه با انبساط شعاعی الاستیک



ابزار جهت سوراخکاری سوراخهای ظریف و کوچک

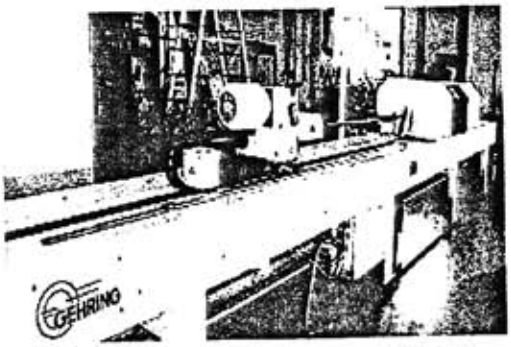


- جنس ابزار B91
- طول ابزار6.0 mm
- عرض ابزار 0.8 mm
- ضخامت پوش سنگ 0.4mm

در شکل ابزار ویژه برای هونینگ سوراخهای از قطر ۰/۸ میلیمتر را نشان میدهد. با این ابزارها می توان گردی سوراخ را تا کیفیتی بهتر از ۰/۲ میکرون و زبری سطح R_z کمتر از ۰/۴ میکرون بدست آورد.

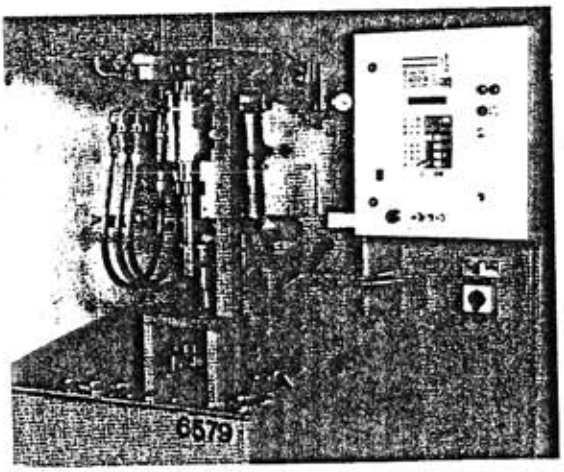
ساختمان ماشینها

هونینگ با کورس کوتاه
(سوپرفینیشینگ. هونینگ خارجی)



- ماشین هونینگ افقی
- برای قطعات استوانه ای و محورها

هونینگ با کورس بلند
(هونینگ)



- ماشین هونینگ عمودی
- برای سوراخکاری

٤-الف - لپینگ Lapping

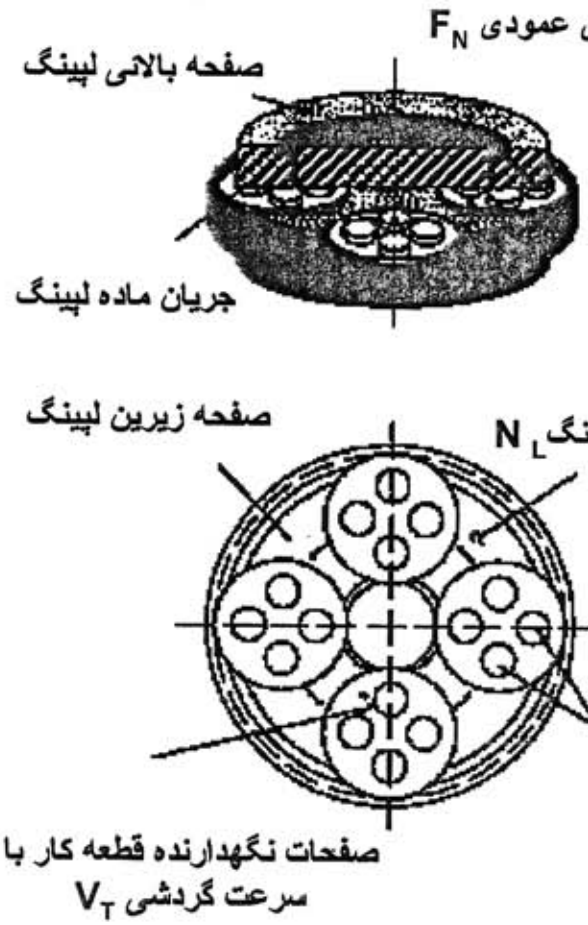
۱-٤- لپینگ روش براده برداری با دانه های آزاد (بدون باند) است که دانه ها در یک محلول و یا در یک ماده خمیری مخلوط شده اند و بین قطعه کار و صفحه و یا صفحات لپینگ در جهات مختلف جریان میابند و سطح قطعه کار و صفحه و یا صفحات لپینگ در جهات مختلف جریان میابند و سطح قطعه کار را با ویژگی مخصوصی صاف میکنند.

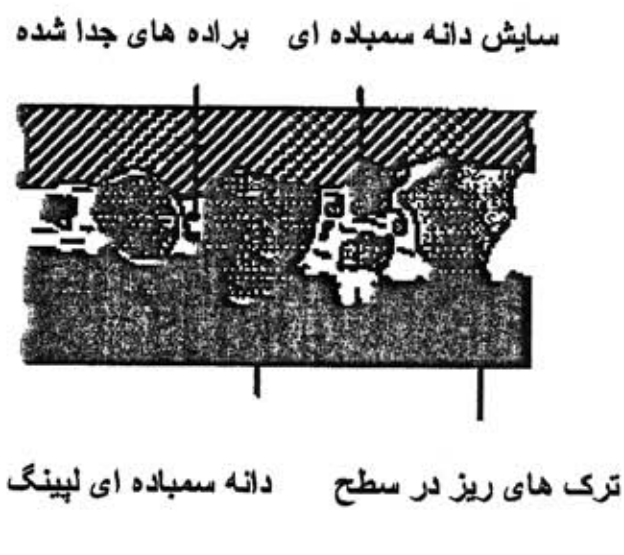
روشهای لپینگ عبارتند از:

- لپینگ سطح
- لپینگ پیچ
- لپینگ چرخ دنده
- لپینگ پروفیل
- لپینگ های ویژه مانند لپینگ از طریق التراسونیک

در شکل ۱-۴ پرنسیب لپینگ سطح نشان داده شده است. قطعه کار بین دو صفحه لپینگ قرار میگیرد. صفحات میچرخند و قطعه کار نیز معمولاً بر روی محور خودش میگردد. ماده لپینگ (شامل دانه سمباده ای و محلول) بین قطعه کار و صفحات لپینگ وارد میشوند.و عمدتاً دانه های سمباده ای مانند یک ساچمه بر روی قطعه کار و بدلیل حرکت صفحه لپینگ میچرخند و لبه های تیز این دانه ها بر روی سطح قطعه کار ترک های ریزی بوجود میآورند و در ادامه این چرخش ها باعث شکستن ذرات ریز از روی قطعه کار میشوند و به همین ترتیب کار براده برداری ادامه میابد. لپینگ عموماً برای شرایطی که سطح بسیار صاف و موازی و زبری کم لازم باشد بکار میرود. معمولاً سطوح تماس ابزار اندازه گیری از طریق لپینگ ایجاد میشوند.

لپینگ سطح





شکل ۱-٤ پرنسیب لپینگ دو طرفه مسطح

ویژگیهای لپینگ

• معمولاً قطعات کار نیازی به بسته شدن و یا نگهداشتن بر روی میز و یا صفحات ندارند.

• مقدار عمق براده برداری بین 0.2-0.5 میلیمتر میباشد.

• زمان تعویض قطعات کار و سیستم کار بر روی قطعات متفاوت کوتاه است.

• فشار کم صفحات لپینگ باعث میشوند که قطعات کار تغییر شکل ندهند. فشار زیاد باعث بالا رفتن ضریب براده برداری میشود.

• حتی قطعات با ضخامت کمتر از 0.1 میلیمتر را نیز میتوان لپینگ کرد بعنوان مثال میتوان از Wafer ها نام برد که به همین روش لپینگ میشوند.

• دقت بسیار بالا و زبری سطح بسیار پائینی میتواند با این روش ایجاد شود.

• سطوح لپینگ شده برای آب بندی گاز و مایعات با فشار بالا بسیار مناسب هستند.

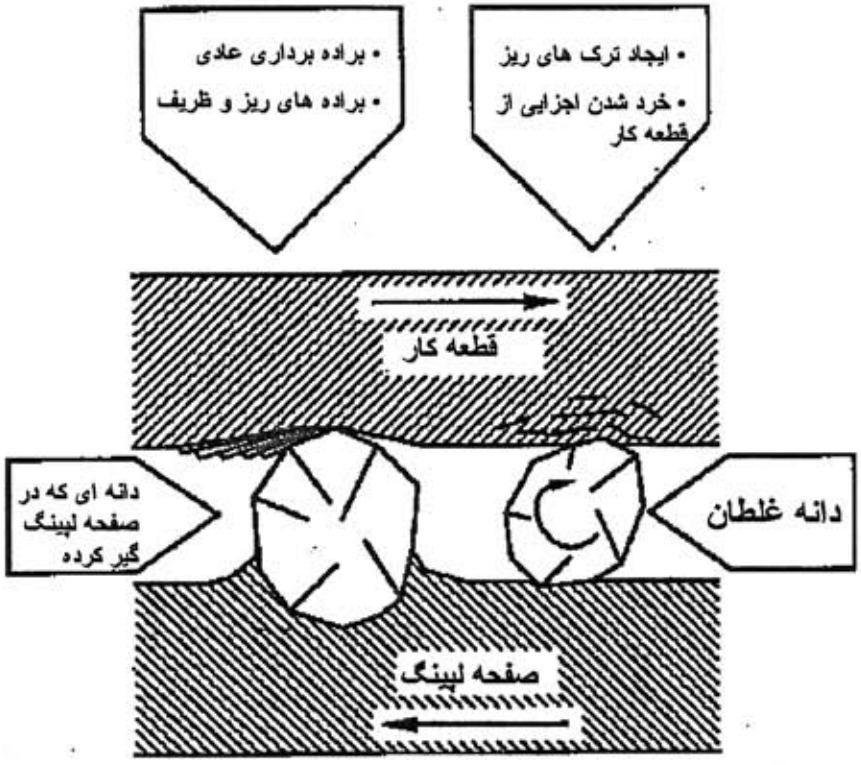
• در فرایند لپینگ گرمای ایجاد شده بسیار کم است و بهمین دلیل تغییر شکل قطعه کار و تغییرات کریستالی بسیار ناچیز است.

• قطعاتی که از دو و یا چند ماده مختلف تشکیل شده اند نیز میتواند بدون اشکال لپینگ شوند.

• معمولاً در این روش کار اپراتور کم است و میتوان فرایند را اتوماسیون کرد.

• امکان لپینگ تعداد زیادی قطعه کار همزمان و در یک ماشین وجود دارد.

چگونگی براده برداری در لپینگ



شکل ۲-٤ مکانیسم براده برداری در فرایند لپینگ

صفحه لپینگ معمولاً از چدن دانه ریز تشکیل شده و ماده لپینگ معمولاً از مخلوط نفت و روغن و دانه ها سمباده ای مثلاً سیلیکون کارباید SiC تشکیل شده نحوه براده برداری (احتمالاً لغت براده برداری برای این روش مناسب نیست) نسبتاً پیچیده میباشد و میتوان از دو مکانیسم اصلی نام برد.

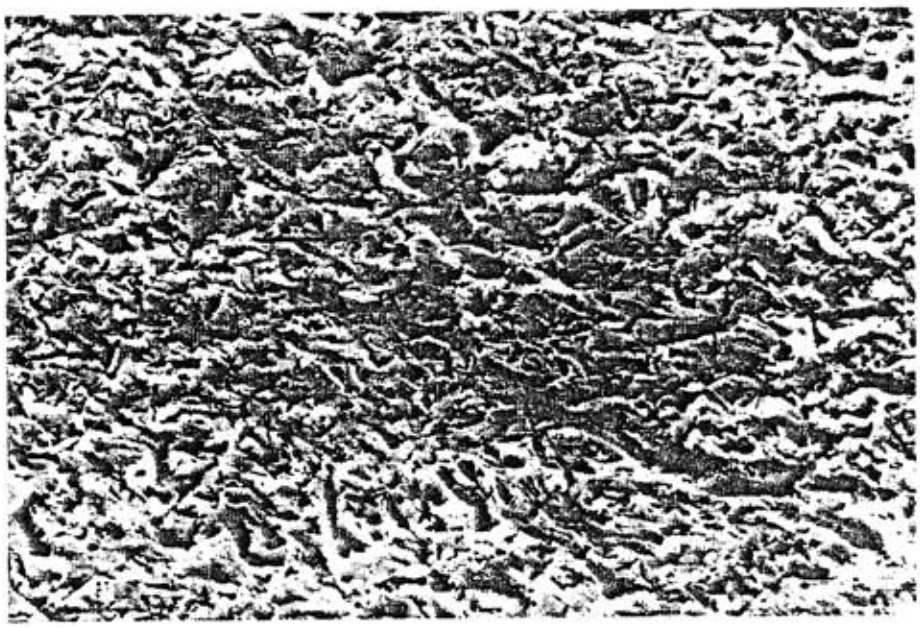
• یکی غلط زدن دانه سمباده ای بر روی قطعه کار و فشار با لبه های تیز بر سطح قطعه کار که تکرار آنها باعث ترک های ریز و ایجاد خستگی و خرد شدن و جدا شدن ذراتی از قطعه کار.

• بعضی از دانه های سمباده ای در روی صفحه لپینگ گوشه هایشان گیر میکند و لبه های دیگر مانند روش فرز کاری براده های میکرونی از روی قطعه کار جدا میکنند و یا بر روی قطعه کار شیارهای ریزی ایجاد میکنند که این شیارها نیز بر اثر تکرار فشار دانه ها بر رویشان خستگی ایجاد میشود و ذراتی جدا میگردد.

سطح لپینگ شده

بدلیل گردش صفحه و همزمان چرخش قطعه کار بر روی محور خود و یا یک محور دیگر و اینکه هر دانه سمباده ای زمان کوتاهی در تماس است و منحنی حرکت آن دائماً در تغییر است، بر روی سطح لپینگ شده یک شکلی بوجود میآید که از شیارهای کوتاه در جهات مختلف تشکیل شده، سطح لپینگ شده معمولاً مات است و چون جهت شیارها یکسان نیست برای آب بندی در فشارهای بالا بسیار مناسب است.

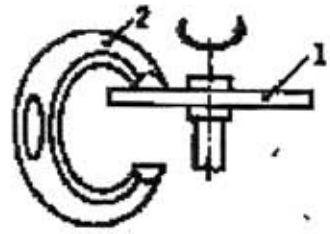
شکل ۳-۴ یک سطح لپینگ شده را نشان میدهد.



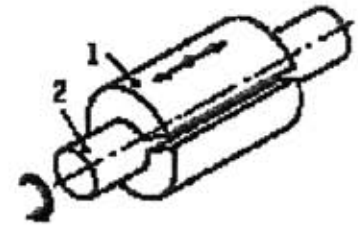
شکل ۳-٤ یک سطح لپینگ شده تصویر FME

روشهای لپینگ

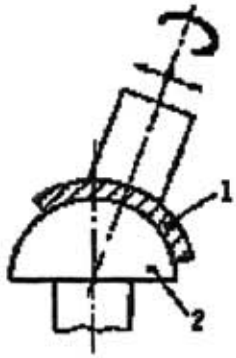
a) Planparallelläppen



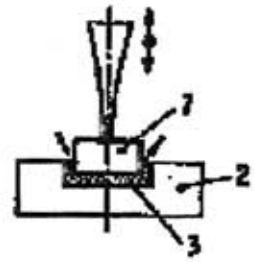
b) Planläppen von Innenflächen



c) Läppen von Außenzylindern



d) Formläppen



e) Schwinglappen

۱- صفحات لپینگ
۲- قطعه کار
۳- ماده لپینگ
۴- موتور صفحه لپینگ
۵- قفس قطعه کار
۶- موتور قفس
۷- ابزار التراسونیک

شکل ٤-٤ روشهای لپینگ

در شکل ٤-٤ مرسوم ترین روشهای لپینگ نشان داده شده اند، روش لپینگ سطح از دیگر روشها کاربرد فراوان تری دارد. در اینجا باید به روش جدا کردن و بریدن مواد سخت و بسیار سخت نیز از طریق لپینگ اشاره نمودکه تصویری از آن نیامده است از موادی که با این روش بریده میشوند سیلیس Siو مواد سرامیکی است بر مبنای پرنسیب لپینگ اخیراً ماشینهایی ساخته میشوند که صفحه لپینگ آنها بصورت یک چرخ سنگ میباشد که پیشانی آن با دانه های سمباده ای با باندهای مختلف مثلاً سرامیکی، یا فلزی و یا زجاجی پوشیده شده و مانند روش سنگ زنی کار میکند و در این روش سرعت براده برداری افزایش میابد. در این روش معمولاً از دانه های سمباده ای الماس و یا CBN استفاده میشود و این دانه ها برعکس لپینگ آزاد نیستند و این تنها فرق بین این دو سیستم است.

چون دانه ها آزاد نیستند نام این روش میشود سنگ زنی ظریف و یا بعضی نیز به آن هونینگ مسطح میگویند.

در روش لپینگ مسطح باید هر از گاهی بدلیل سایش نامناسب صفحات لپینگ درس (dress) شوند. برای این منظور رینگ هائی از جنس چدن بجای قطعه کار گذاشته میشوند و ماشین به کار میافتد و ماده لپینگ و گردش رینگها و صفحات لپینگ باعث میشوند که سطح صفحات لپینگ مسطح شوند.

در روش لپینگ از طریق اولتراسونیک یک ابزار که فرم منفی شکل قطعه کار را دارد بر روی قطعه کار میلرزد و دانه های سمباده ای بین این ابزار با فرکانس بالا (حدود ۲۰ هزار در ثانیه) دانه ها بر روی قطعه کار فشار میآورند و باعث خستگی آن میشوند و ذرات از آن جدا میشوند. این روش بخصوص برای مواد شکننده مانند سرامیکها و شیشه بسیار مناسب و سریع است.

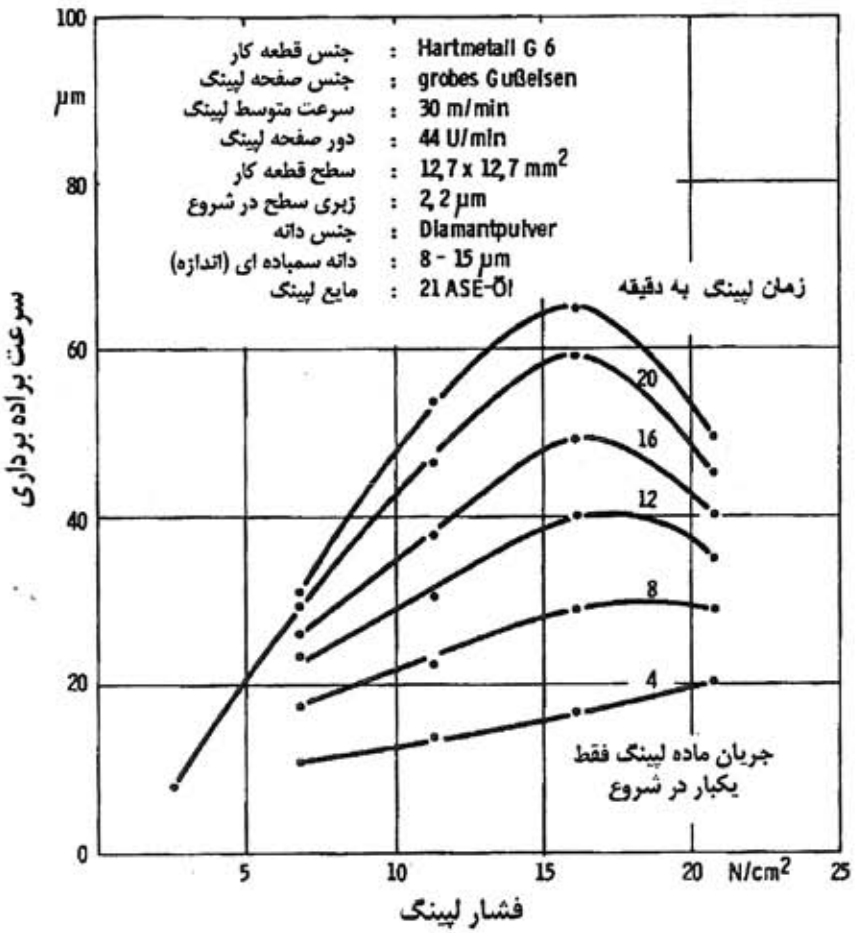
برای ماده لپینگ فاکتورهای زیر مهم هستند:

- اندازه، فرم، سختی و استحکام دانه های سمباده ای
- تعداد لبه های تیز هر دانه
- تقسیم بندی اندازه دانه ها
- نسبت دانه های سمباده ای به مایع لپینگ
- ویسکوزیته مایع لپینگ

فاکتورهای تأثیرگذار بر فرایند لپینگ

- سختی و نوع جنس قطعه کار، فشار در لپینگ
- بزرگی و شکل سطحی که باید لپینگ شود، سرعت لپینگ
- فرایند کار قبل از لپینگ، نحوه و مقدار جریان ماده لپینگ
- سینماتیک فرایند
- نوع و موقعیت ابزار لپینگ و کیفیت مورد نیاز

توان فرآیند لپینگ بر مبنای براده برداری سنجیده می شود.



شکل ٦-٤ تأثیرات فشار بر سرعت براده برداری

کیفیت هائی که از طریق لپینگ بدست میآیند

•کیفیت سطح
- برای صنایع ماشین سازی Rz=2-3 µm
- برای آببندی سطوح روغن با فشار و بخار Rz=0.2-0.5 µm
- برای ابزار اندازه گیری استانداردRz=0.03 µm

•صافی سطح Flat,Plane
- برای صنایع ماشین سازی 1-2 µm/m
- برای صنایع ظریفه کوچکتر از 1 µm/m
- برای ابزار اندازه گیری 0.3 µm/m

•موازی بودن سطوح
- کوچکتر از1µm/100mm

•دقت در اندازه ها
- 1µm و کمتر از 1µm

•کلاً برای رسیدن به کیفیت های بهتر در لپینگ باید:
- فشار کم شود
- سرعت براده برداری کم شود
- ماده لپینگ غلیظ تر انتخاب شود

٤ - ب - پولیشینگ Polishing

• در پولیشینگ معمولاً دانه های بسیار ریز در حدود میکرون و کوچکتر بر روی یک ماده انعطاف پذیر مانند پارچه، چرم... ریخته میشود و این ماده انعطاف پذیر دانه ها را در منافذ خود جای میدهد و در تماس با قطعه کار باعث صافی سطح کار میشود.

• برای پولیشینگ مهمترین مسئله فرایندهای قبلی هستند که باید کیفیت بسیار خوبی را ارائه دهند که بتوان آن کیفیت را برتر نمود یعنی سطح مورد نیاز برای پولیشینگ باید قبلاً حداقل بسیار ظریف سنگ زده شده باشد که بتوان آن را بهتر نمود.

• دانه های سمباده ای در پولیشینگ عبارتند از دانه های الماس که در این اواخر کاربرد آنها افزایش یافته است. دانه های دیگر بصورت خاک و یا مخلوطی از مواد طبیعی که در آنها اکسید آلومینیوم وجود دارند نیز برای مواد مختلف بکار برده میشود. انتخاب دانه سمباده ای بستگی به ماده ای که پولیش میشود دارد.

در بسیاری از مواقع نیز از ساقه گیاهانی که به دور یک چرخ به شکل نخ و یا طناب تکه تکه چسبانده اند استفاده میشوند. این گیاهان در خودشان دانه های سمباده ای دارند و برای پولیشکاری فولادها بسیار مناسب هستند.

• در بسیاری از موارد سعی میشود بالا بردن کیفیت سطح را با پلیسه گیری همزمان با پولیشینگ انجام دهند.

• اکثر مواد را میتوان پولیشکاری نمود، فولادها، طلا، پلاستیک، سطح خودروها، قطعات بزرگ مانند صفحات فولادی، نوارهای فلزی، ظرفشوئی آشپزخانه ها، قاشق و چنگال ، شیشه های آب، ابزار پزشکی و دندان پزشکی، چینی آلات و ...

تئوری پولیشینگ

برای پولیشینگ دو تئوری اصلی وجود دارد:

۱- بعضی معتقدند که مانند سنگ زنی دانه سمباده ای از روی قطعه کار براده های بسیار ریز میکرونی بر میدارد و یا بعبارت دیگر دانه های سمباده ای تک کریستالهایی را از روی سطح قطعه کار جدا میکنند. برای اثبات این مدعا گفته میشود حتی اگر با یک پارچه و دانه های سمباده ای بر روی یک ماده بکشیم وجود مقداری از مواد را میتوان بر روی پارچه دید (با استفاده از میکروسکپ و یا FEM).

۲- تئوری دیگر Beilby، میگوید که در روش پولیشینگ هیچگونه ماده ای از قطعه کار جدا نمیشود و دانه سمباده ای با فشاری که بر جزیی از قطعه کار میآورد، حرکت بر روی آن باعث بالا رفتن حرارت و ذوب نقطه ای در یک لایه بسیار نازک قطعه کار میشود. عین همین عمل در پولیشینگ با شعله اتفاق میافتد که برای سطح مواد پلاستیکی استفاده میشود.

این سطح آمورف مقاومت بیشتری در مقابل اکسیداسیون دارد. از این خاصیت برای اثبات نظریه Beilby استفاده میشود.

با احتمال زیاد میتوان از هر دو مکانیسم در روش پولیشینگ نام برد که برای هر ماده خاص یکی از این دو اهمیت بیشتری دارد.