





دانشگاه فنی حرفه ای

دانشکده فنی انقلاب اسلامی

نام استاد: مجید سبزعلیان

نام واحد درسی: ماشین ابزار تولیدی

ماشین‌های سنگ‌زنی

ماشین سنگ تخت
ماشین سنگ محور
ماشین سنگ سنترلس

۱

ماشین‌های سنگزنی

- مهمترین مشخصه یک ماشین سنگزنی، چرخاندن چرخ سنگ است.
- ماشین‌های سنگزنی قطعاتی را که قبلاً روی ماشین‌های دیگر ماشینکاری شده‌اند، و یک مقدار کمی اضافه ماشینکاری دارند را در بر می‌گیرد.
- مقدار اضافه ماشینکاری به دقت مورد نیاز، اندازه قطعه کار و عملیات قبلی بستگی دارد.
- ماشین‌های سنگزنی برای شکل‌ها و ابعاد مختلف قطعه کار، وجود دارد.
- ماشین‌های مدرن دارای کنترل کامپیوتری، ویژگی‌هایی برای اتوماسیون گذاشتن، برداشتن و بستن قطعه کار و درسینگ هستند که هزینه نیروی انسانی را کاهش داده و قطعاتی با دقت بالا و تکرار پذیری بالا تولید می‌کنند.

- طبق شکل سطحی که سنگ باید زده شود، ماشین‌های سنگزنی انیورسال تقسیم به ماشین‌های سنگزنی سطوح استوانه‌ای خارجی، سطوح استوانه‌ای داخلی، سنترلس و ماشین سنگزنی تخت تقسیم می‌شوند.

- علاوه بر ماشین‌های انیورسال، ماشین‌های تک هدفه‌ای چون ماشین سنگ دنده و پیچ، هزارخاری، پروفیل، غلتک و سنگ ابزار تیزکنی وجود دارند.

- همچنین ماشین‌های سنگ مخصوصی همچون ماشین سنگ میل‌لنگ و میل بادامک هم برای تعمیر قطعات موتورهای خودروها وجود دارند.



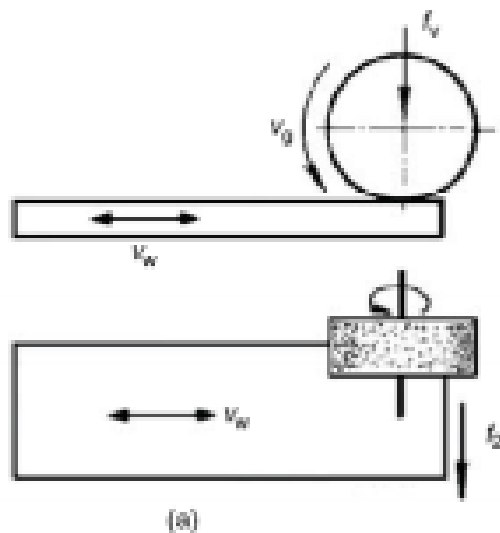
۱- ماشین های سنگزنی تخت با اسپیندل افقی و میز رفت و برگشتی

- شکل ۳-۶۹ یک ماشین سنگزنی تخت با اسپیندل افقی و میز رفت و برگشتی که یک چرخ سنگ با شکل مستقیم (۷) که معمولاً بر آن سوار است را نشان می‌دهد.
- بستر شامل یک مکانیسم محرک و یک میز اصلی با جک هیدرولیکی است.
- میز (۲) بوسیله میله جک (۳) حرکت رفت و برگشتی انجام می‌دهد تا حرکت پیشروی طولی را انجام دهد.
- شیارهای T شکل بر سطح میز برای بستن قطعات بطور مستقیم بر روی میز یا برای بستن فیکسچر یا گیره مغناطیسی وجود دارد.

- عملیات‌هایی که بوسیله ماشین‌های سنگزنی تخت با اسپیندل افقی و میز رفت و برگشتی انجام می‌شود عبارتند از:

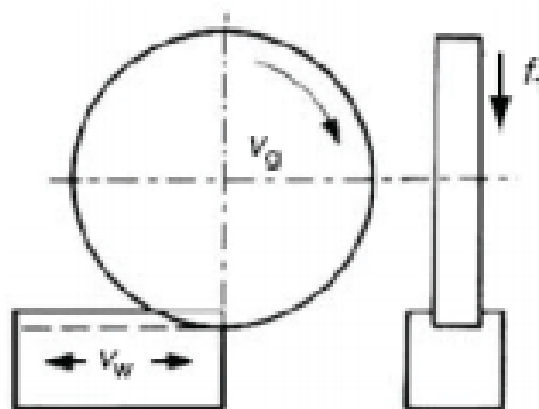
الف) سنگزنی سطح تخت (تراورس traverse):

- که میز حرکت طولی رفت و برگشتی (vw) دارد و بصورت تناوبی در پایان هر کورس با یک نرخ پیشروی f_2 (کوچکتر از عرض چرخ سنگ) حرکت عرضی می‌کند. چرخ سنگ پس از اینکه کل سطح، سنگزنی شد برای باربرداری بیشتر عمق f_1 داده می‌شود، (شکل ۷۹-۳ الف).



ب) سنگزنی شیار (پلانچ plunge):

- که چرخ سنگ عمود بر سطح قطعه کار (عمقی) با نرخ پیشروی f_1 پیشروی می کند در حالیکه قطعه کار حرکت رفت و برگشتی انجام می دهد، بمانند سنگزنی یک شیار، (شکل ۳-۷۹ ب)



(b)



ج) سنگزنی خزشی, Creep feed grinding (CFG):

- که برای براده برداری زیاد استفاده می شود. قطعه کار بصورت آهسته با عمقی حدود ۱ تا ۶ میلیمتر در یک پاس به سمت چرخ سنگ پیشروی می کند.
- چرخ سنگ معمولاً از گریدهای نرم با قابلیت درسینگ پیوسته با یک غلتک الماس برای بهبود کیفیت سطح استفاده می شوند، (شکل ۳-۷۹ ج).
- ماشین های سنگزنی باید مشخصات زیر را دارا باشند:
- توان بالا تا 225 kW، صلبیت بالا، دمپینگ بالا، سرعت میز و اسپیندل قابل کنترل و متغیر، و سیال خنک کار فراوان.
- یک پاس عموماً کافی بوده و پاس دوم معمولاً برای بهبود کیفیت سطح استفاده می شود.



سنگزنی خزشی

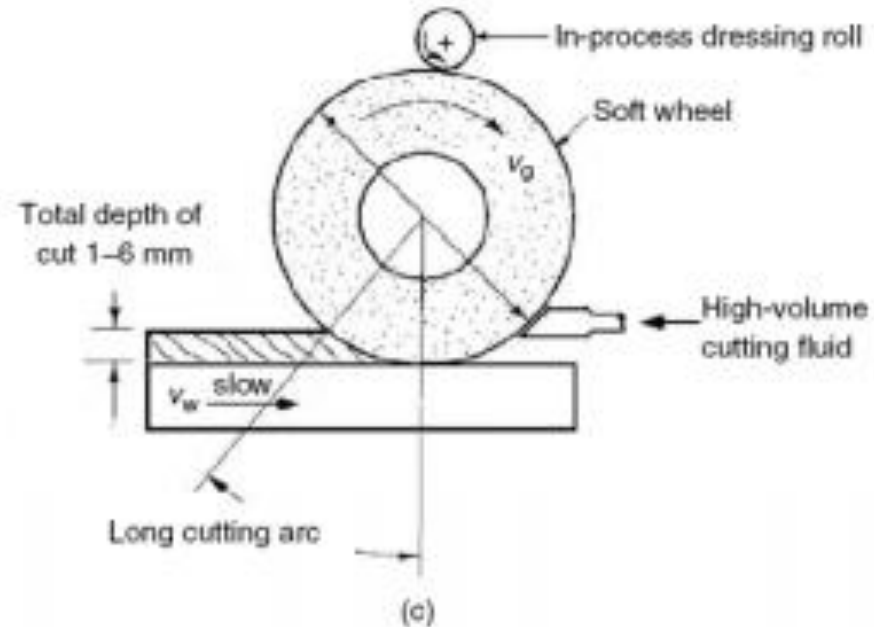


FIGURE 3.97 Operations performed on horizontal-spindle reciprocating table grinders. (a) Transverse grinding, (b) plunge grinding, (c) CFG.

۲- ماشین‌های سنگ‌زنی تخت با اسپیندل عمودی و میز رفت و برگشتی

- در این ماشین‌ها، چرخ‌سنگ بصورت فنجانی یا حلقه‌ای شکل یا از لقمه‌های سنگ می‌باشد. که سطح پیشانی سنگ بطور کامل با قطعه‌کار درگیر می‌شود. چرخ سنگ بصورت تناوبی عمق داده می‌شود، (شکل ۳-۹۸)

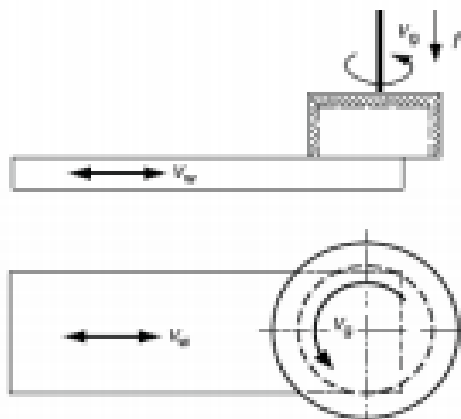


FIGURE 3.98 Operations performed on vertical-spindle reciprocating table grinders.

۳- ماشین‌های سنگزنی تخت با اسپیندل افقی و میز چرخان

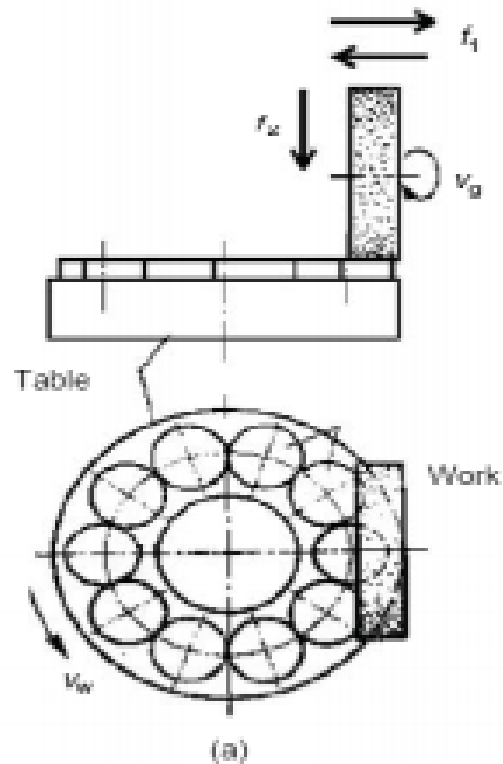


FIGURE 3.99 (a) Horizontal spindle

- حرکت پیشروی عرضی رفت و برگشتی f_1 به سنگ یا میز چرخان داده می‌شود و پیشروی عمقی f_2 به ازای یک دور داده می‌شود.
- (شکل ۹۹-۳ الف) و میز با سرعت v_W می‌چرخد.

۴- ماشین های سنگزنی تخت با اسپیندل عمودی و میز چرخان

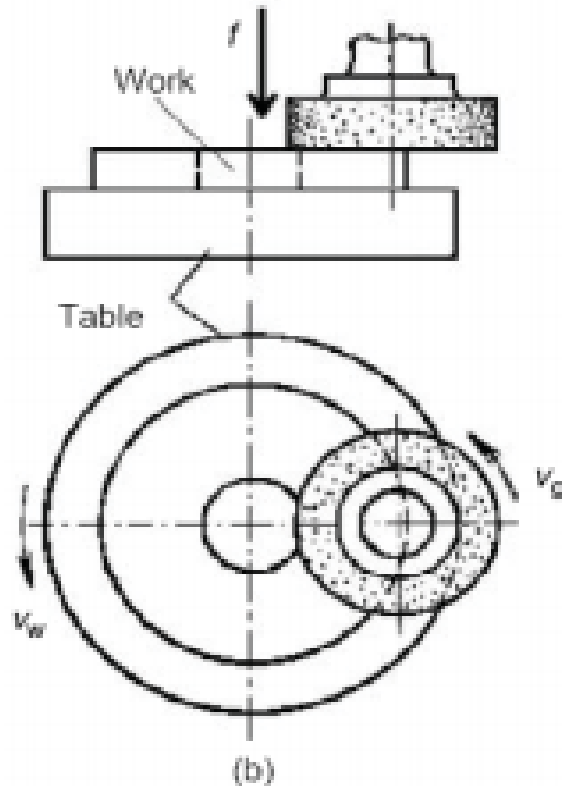


FIGURE 3.99 (b) vertical spindle.

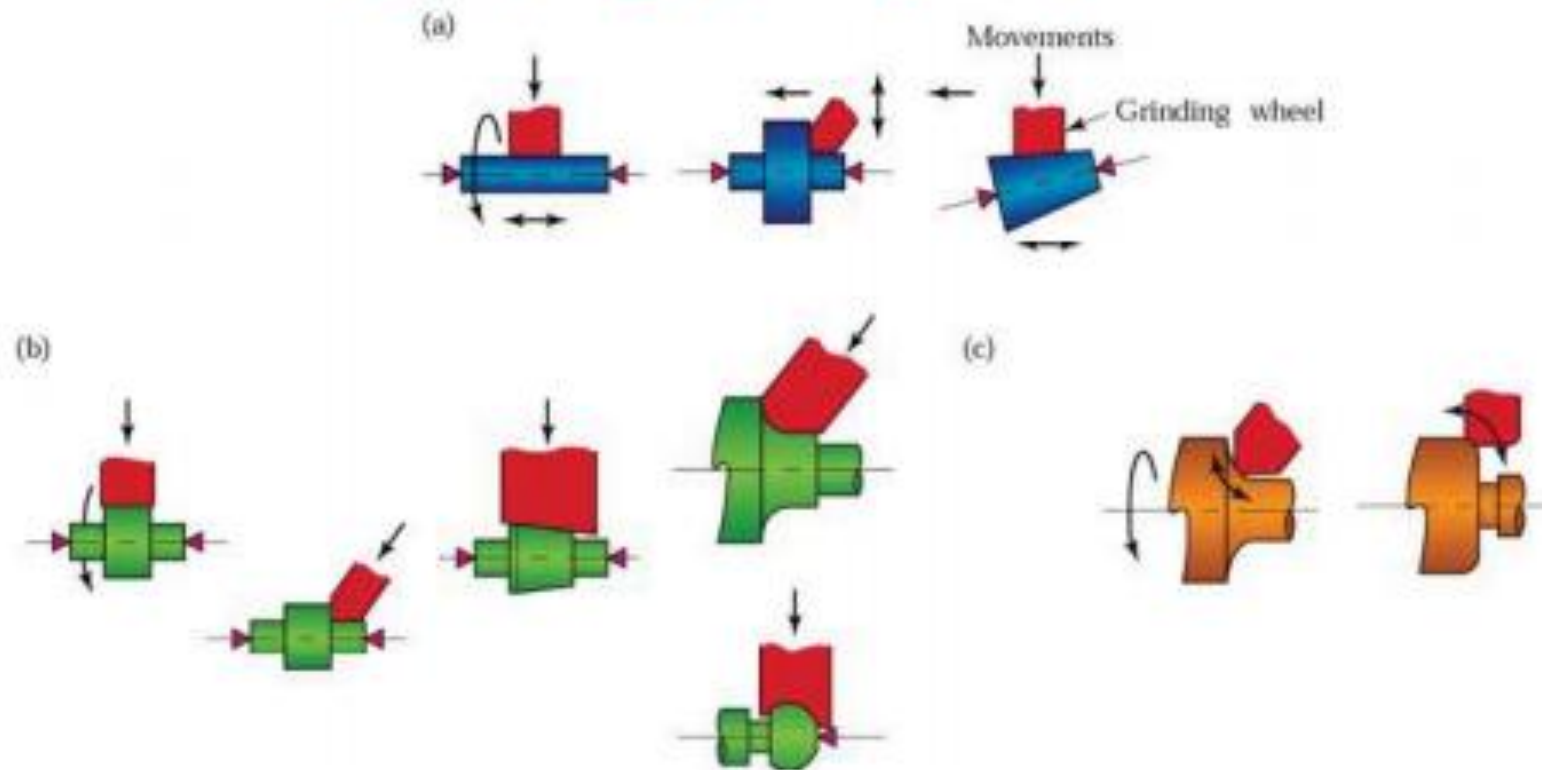
- این ماشین ها شبیه به نوع قبلی می باشند با این تفاوت که اسپیندل آن عمودی است.

- اسپیندل عمودی این ماشین ها اجازه می دهد تا تعداد زیادی قطعه در یک ستاپ سنگ زده شوند. (شکل ۳-۹۹ ب)

ماشین‌های سنگزنی سطوح استوانه‌ای خارجی (سنگ محور)

- این نوع ماشین برای سنگزنی سطوح استوانه‌ای خارجی که ممکن است استوانه یا مخروط، فیلت، شیار، شانه یا دیگر شکل‌های مدور باشند، استفاده می‌شوند.
- از کاربردهای آن می‌توان سنگزنی یاتاقان‌های میل‌لنگ، اسپیندل‌ها، محورها، پین‌ها، و غلتک‌های نورد را نام برد.
- قطعه‌کار استوانه‌ای چرخان در طول محورش حرکت رفت و برگشتی انجام می‌دهد. البته در ماشین‌هایی که محورهای بلند را سنگ می‌زنند، چرخ‌سنگ حرکت رفت و برگشتی را انجام می‌دهد. طراحی دیگر این نوع ماشین سنگ‌ها برای سنگزنی غلتک‌های بزرگ تا قطر $1/8$ متر است که به آنها سنگ غلتک (roll grinder) می‌گویند.

عملیات‌های سنگزنی استوانه‌ای



(a) Traverse grinding, (b) plunge grinding, and (c) profile grinding.

سنگ محورها به دو دسته کلی تقسیم بندی می شوند:

۱- ماشین های انیورسال: که چرخش سنگ حول محور آن با چرخش دستگاه مرغک امکان پذیر است. که این اجاره می دهد تا بتوان مخروط های با زاویه زیاد را سنگ زد. و بخاطر کارکرد وسیع، برای کارهای معمولی بسیار مناسب هستند.

۲- ماشین های سنگ بزرگ: که میز می تواند تا $\pm 6^\circ$ بچرخد. این ماشین ها برای کارهای تکی و بزرگ طراحی شده اند. و با آنها می توان مخروط ها با زاویه کم را سنگ زد.

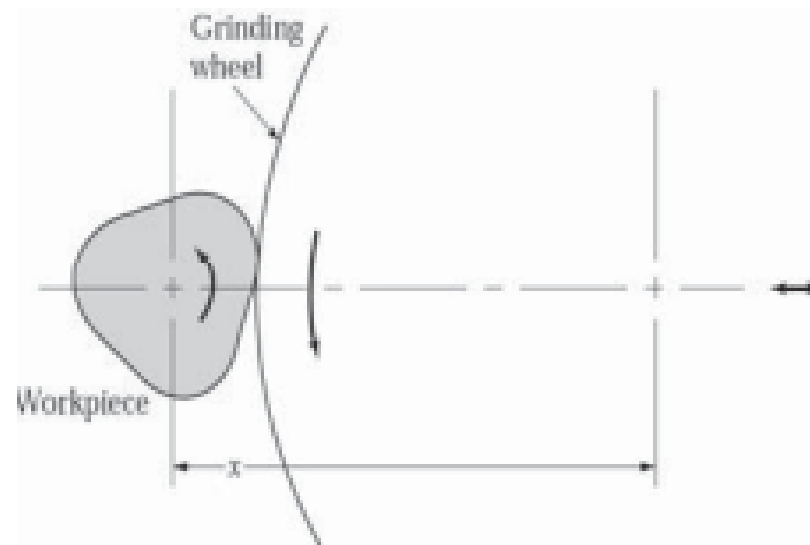
- مشابه ماشین‌های سنگزنی تخت، مجموعه میز ماشین‌های سنگ محور، بوسیله جک هیدرولیکی حرکت رفت و برگشت را انجام می‌دهند. بنابر این سرعت حرکت میز قابل تغییر بوده و طول کورس توسط دسته‌ها قابل تنظیم، تنظیم می‌شوند.

- حرکت عمقی سنگ، توسط کلگی سنگ در عرض نسبت به محور میز انجام می‌شود.

- بیشتر ماشین‌ها دارای حرکت عمقی اتومات هستند که در موقع رسیدن به اندازه نهایی مورد نظر به موقعیت اولیه خود باز می‌گردند. این گونه ماشین‌ها تجهیزاتی برای درسینگ چرخ‌سنگ و ریست کردن وسایل اندازه‌گیری قبل از شروع سنگزنی هر قطعه دارا می‌باشند.

- بمانند ماشین‌های تراش، ماشین‌های سنگ محور بوسیله حداکثر قطر و طول کارگیری نامگذاری و مشخص می‌شوند.

- این گونه ماشین‌ها، معمولاً با کنترل کامپیوتری تجهیز می‌شوند تا با کاهش هزینه نیروی ماهر، دقت و تکرار پذیری بیشتری را ایجاد کنند.
- ماشین‌های سنگزنی کنترل عددی قابلیت سنگ زدن قطعات غیر استوانه‌ای همچون بادامک‌ها را نیز دارند.
- در این گونه ماشین‌ها، سرعت اسپیندلی که قطعه کار را می‌چرخاند باید بگونه‌ای با فاصله نگ از محور قطعه کار قابل هماهنگ شدن باشد.



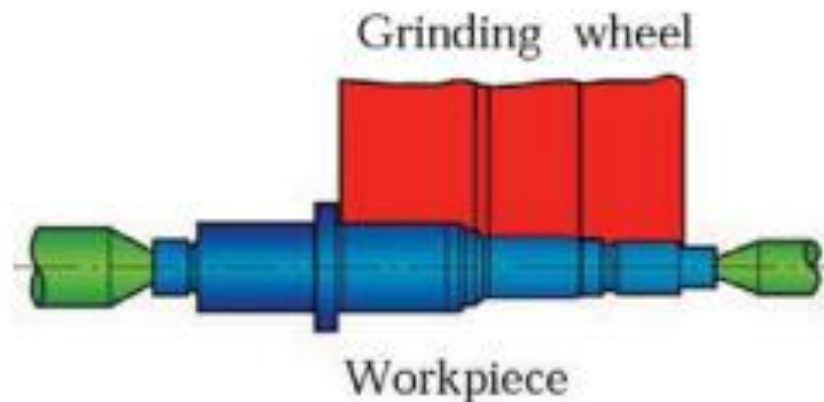
دو روش سنگزنی قطعات استوانه‌ای در شکل ۳-۱۰۰ نشان داده شده است:

۱- سنگزنی استوانه‌ای تراورس:

- که چرخ سنگ دارای دو حرکت است: چرخش حول محور و حرکت عمقی برای برداشت اضافه ماشینکاری (معمولاً حرکت عمقی در آخر کورس انجام می‌شود).
- قطعه‌کار حول محور خودش می‌چرخد و حرکت طولی بگونه‌ای دارد که کل طول قطعه‌کار سنگ زده شود، (شکل ۳-۱۰۰ الف).
- حرکت طولی می‌بایست حدود $\frac{1}{2} - \frac{1}{4}$ عرض چرخ‌سنگ به ازای یک چرخش قطعه‌کار باشد. برای رسیدن به صافی سطح بهتر، این مقدار باید در محدوده کوچکتر انتخاب شود.
- مقدار عمق بسته به پرداخت مورد نظر دارد. و محدوده آن بین $50-100 \mu m$ برای پاس خشنکاری و برای پاس پرداخت بین $6-12 \mu m$ می‌باشد. مقدار اضافه ماشینکاری برای قطعات کوتاه، $125-250 \mu m$ و برای قطعات بلند $400-800 \mu m$ می‌باشد، (قطعاتی که عملیات حرارتی می‌شوند).
- حدود ۷۰ درصد اضافه ماشینکاری در خشنکاری و ۳۰ درصد باقیمانده در پرداخت، برداشته می‌شود.

۲- سنگزنی استوانه ای پلانج:

- که حرکت طولی بین چرخ سنگ و قطعه کار وجود ندارد. عرض چرخ سنگ بزرگتر از طول قطعه کار بوده و کل عرض سنگ قطعه را در بر می گیرد ($B > l$).
- چرخ سنگ می چرخد و در همان زمان بطور پیوسته در عمق قطعه کار پیشروی می کند. نرخ پیشروی عمقی $2.5-20 \mu m$ به ازای چرخش یک دور قطعه کار می باشد (شکل ۳-۱۰۰ ب).
- این روش برای سنگزنی فرم قطعات نسبتاً کوتاه استفاده می شود. در سنگزنی پلانج، چرخ سنگ عمود بر سطح قطعه کار پیشروی عمقی می کند (infeed).



- پیشروی f، که عبارتند از عمق لایه براده برداری شده به ازای یک دور چرخش قطعه کار یا یک کورس، در ابتدا کمتر از پیشروی نامی است که روی ماشین سنگ تنظیم شده است.

- این اختلاف بخاطر نیروی وارده به اجزای ماشین ابزار، چرخ سنگ و قطعه کار در حین سنگزنی و تغییر شکل الاستیک آنها است.

- بنابراین برای برداشت کامل مقدار ماده مورد نظر، باید تعدادی دور یا کورس اضافه شود.

- به این کار خاموش شدن جرقه (sparking-out) گویند که عبارتند از ادامه دادن به سنگزنی تا تمام مقدار ماده بار داده شده برداشت شود و دیگر جرقه ای پدید نیاید.

- بنابراین در محاسبه زمان سنگزنی، باید یک مقدار زمان برای خاموش شدن جرقه در نظر گرفت.

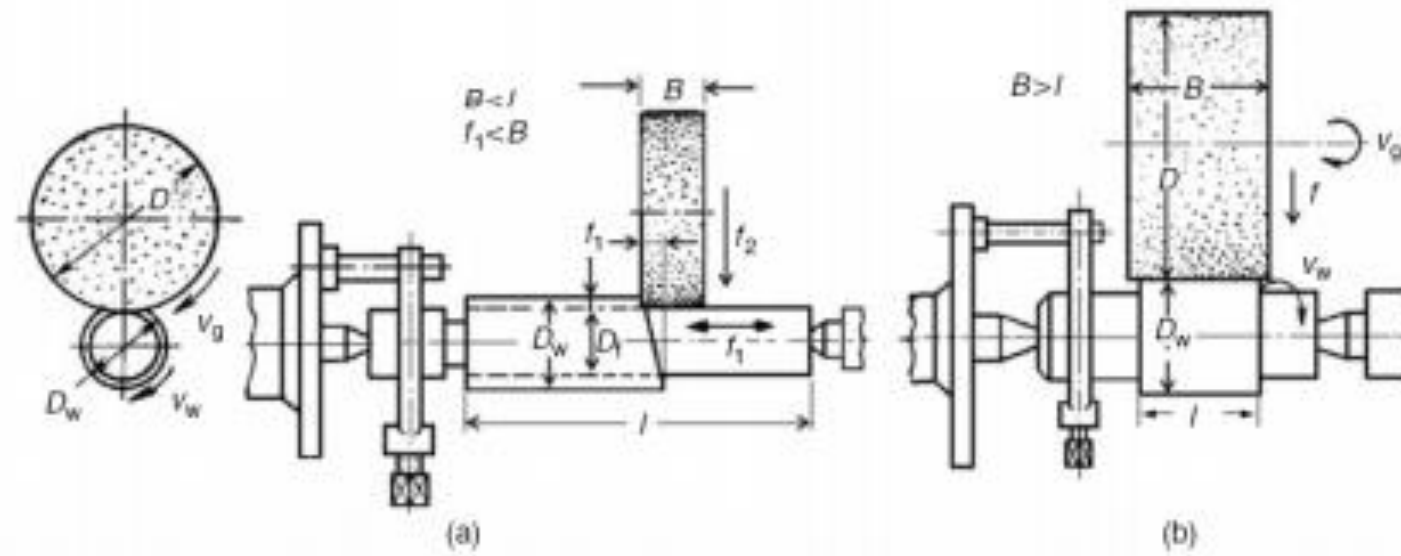


FIGURE 3.100 External cylindrical grinding operations.

ماشین های سنگرنی استوانه ای داخلی

- در ماشین های سنگرنی داخلی، یک چرخ سنگ کوچک برای سنگ ردن قطر داخلی قطعه کار بمانند بوش ها، حلقه های یاتاقانی استفاده می شود.
- معمولا این نوع سنگرنی از نوع تراورس می باشد هرچند روش پلانچ نیز استفاده می شود.

- دو مشکل در سنگزنی داخلی وجود دارد:
- ۱- چرخ سنگ و بطبع آن اسپیندل ماشین باید کوچک باشد تا بتواند داخل سوراخ قرار گیرد. صلبیت کم اسپیندل های کوچک، برش های با عمق زیاد را غیر ممکن می سازد.
- همچنین سرعت چرخشی چرخ سنگ های کوچک بایستی بسیار بالا باشد (up to 150,000 rpm) تا در سرعت برشی پیشنهاد شده کار کند.
- بنابراین محرک های سرعت بالا با اسپیندل و یاتاقان های خاص مورد نیاز است.

- ۲- در سنگزنی داخلی، روش های معمول خنک کاری کافی نیست.
- یک روش برای رساندن خنک کار به داخل سوراخ در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.
- خنک کار از طریق سوراخ محور A و سوراخ های شعاعی C و B که در داخل دماغه اسپیندل وجود دارند به چرخ سنگ پمپاژ می شود.
- بخاطر نیروهای گریز از مرکز، خنک کار از داخل حفره های سنگ به محیط آن می آید.
- خنک کار بطور وسیعی به منطقه سنگزنی وارد شده و براده ها را از سنگ می شوید.
- این روش، مقدار براده برداری را ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش داده، کیفیت سطح را بهبود می بخشد، از سوختن قطعه کار جلوگیری می کند و سایش سنگ را کاهش می دهد.

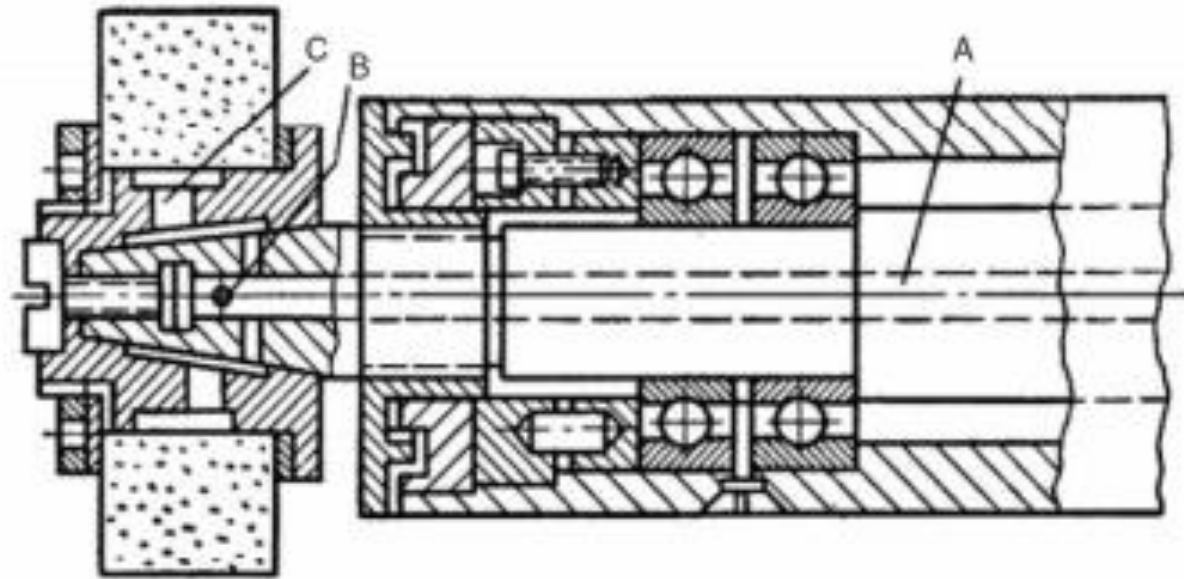


FIGURE 3.101 GW cooling for internal grinding operations.



- دو نوع ماشین سنگزنی داخل وجود دارد:

- (الف) ماشین از نوع سه نظامی:

- که برای سنگزدن قطعات نسبتاً کوچک استفاده می شود. علاوه بر حرکت اصلی چرخش سنگ V_g حرکت پیشروی نیز توسط سنگ انجام می شود. قطعه کار حرکت چرخش V_w را انجام می دهد و حرکت طولی f_1 را سنگ یا قطعه کار انجام می دهد و حرکت عمقی f_2 توسط سنگ در پایان هر کورس انجام می شود (شکل ۱۰۲-۳ الف).

- (ب) ماشین نوع خورشیدی

- برای سنگزنی سوراخ در قطعات بزرگ و شکل نامنظم که گرفتن و چرخاندن قطعه و مرکز کردن سوراخ مشکل است، طراحی شده است (شکل ۱۰۲-۳ ب).

- در این مورد، قطعه کار ثابت است و چرخ نه تنها بدور خود می چرخد (v_g) بلکه به دور محور سوراخ (v_w) نیز می گردد.

- علاوه بر این دو حرکت، حرکت پیشروی طولی f_1 و حرکت پیشروی عمقی f_2 نیز توسط سنگ انجام می شود.

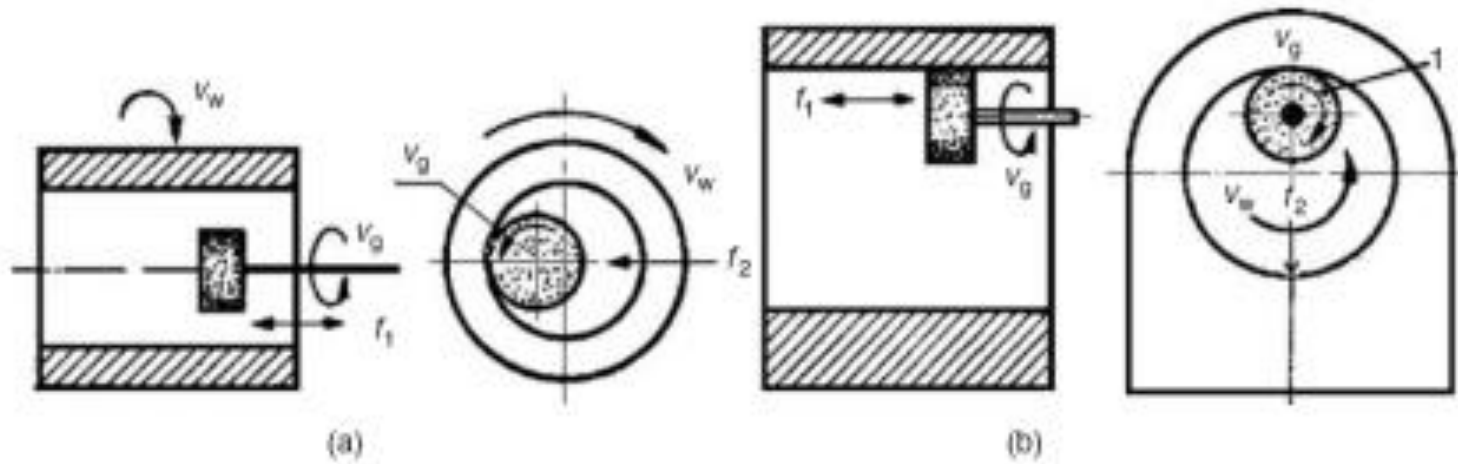


FIGURE 3.102 Internal cylindrical grinding operations: (a) chucking and (b) planetary.



ماشین های سنگزنی بدون مرغک (سنترلس - Centerless)

- همانطور که از اسم آن مشخص است، قطعه کار بین مرغک قرار نمی گیرد و قطعه کار در مقابل پیشانی چرخ سنگ GW، یک کمر بند حمایتی و چرخ تنظیم RW قرار می گیرد.
- بنابراین در ماشینهای سنگزنی سنترلس، نیاز به سوراخ مرغک، محرک قطعه کار و فیکسچر برای گرفتن قطعه کار وجود ندارد.
- در هنگام سنگزنی، قطعه کار (۱) توسط تیغه کمر بندی (۲) و حرکت چرخ سنگ حمایت می شود. چرخ تنظیم (۴) که دارای سرعت متغیر است قطعه کار را توسط نیروی افقی با توجه به اندازه و چرخش آن، بصورت طولی قطعه کار را تغذیه می کند (شکل ۳-۱۰۳).

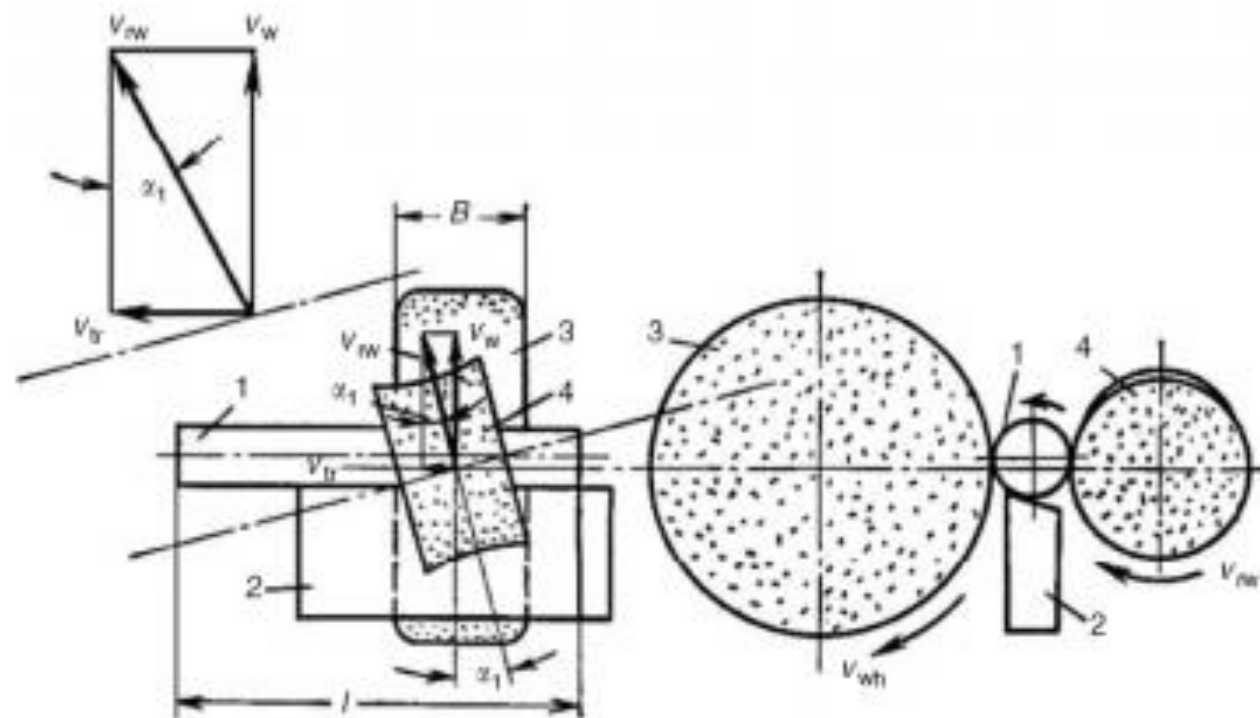


FIGURE 3.103 Centerless grinding operations.

- چرخ سنگ ساعتگرد می چرخد و قطعه کار که توسط چرخ تنظیم چرخانده می شود و تقریباً دارای همان سرعت محیطی $20-30 \text{ m/min}$ بصورت پادساعتگرد میچرخد.
- برای افزایش اصطکاک چرخ تنظیم و قطعه کار، چرخ تنظیم دارای دانه ها با اندازه ریز و عدد مش $100-180$ و چسب لاستیکی با گرید سخت (R or S) می باشد. چرخ تنظیم با چسب رزینی نیز استفاده می شود.
- در مقایسه با چرخ تنظیم، چرخ سنگ با سرعت بسیار بیشتری (2000 m/min) می چرخد و عمل براده برداری را انجام می دهد.
- برای اطمینان از اینکه سطح استوانه ای بدرستی سنگ زده شود، قطعه کار بالاتر از مرکز چرخ سنگ و چرخ تنظیم حدود $0.15-0.25$ قطر قطعه کار (البته کمتر از 10 میلیمتر) قرار می گیرد تا از ارتعاشات جلوگیری شود.
- جنس تیغه بستگی به جنس قطعه کار دارد. برای سنگزنی فولادهای معمولی از تیغه چدنی استفاده می شود. برای جنس های غیر آهنی و قطر های کوچکتر از تیغه HSS و برای سنگزنی فولادهای ضد زنگ از تیغه های کاربیدی یا برنزه های سخت استفاده می شود.

در مقایسه با سنگ محور، سنگ سنترلس مزایای زیر را دارد:

- نرخ تولید بسیار بیشتر از سنگ محور است
- قطعه کار در کل طول آن با صلبیت کافی حمایت شده و پایداری و دقت بیشتری را تضمین می کند.
- اضافه ماشینکاری کمتری نیاز است چون قطعه خودش را در حین کار مرکز می کند.
- فرآیند برای قطعات بلند مناسب است.
- قطعات با قطر بسیار پایین توسط سنگ سنترلس خارجی سنگ زده می شوند.
- چون مرکز کردن قطعه لازم نیست زمان ستآپ قطعه و در نتیجه هزینه آن کمتر است.
- تعمیرات و نگهداری دستگاه آسان و اقتصادی است.
- هزینه تولید بطور قابل توجهی پایین است.
- فرآیند را می توان اتوماسیون کرد.
- اپراتور با مهارت بسار کمی مورد نیاز است.

- با توجه به مزایایی که گفته شد، سنگزنی سنترلس نقش بسیار مهمی در تولید انبوه دارد.
- فرآیند برای قطرهای 0.1–150 mm و قطعات کوتاه تا میله های دقیق ۶ متری قابل اجرا است.
- ماشینهای سنگ سنترلس مدرن دارای سرعت های 10,000 m/min بسیار بالا و استفاده از چرخ سنگ های CBN هستند.
- دقت 2–3 μm که در سنگزنی سنترلس با انتخاب صحیح چرخ سنگ با درجه کیفیت بالای سطح قابل اجرا است.

معایب سنگزنی سنترلس عبارتند از:

- ماشین سنگ سنترلس ماشین مخصوص است و برای کارهای دیگر قابل استفاده نیست.
- قطعه کار باید گرد باشد، سطوح تخت و یا قطعاتی که جای خار دارند را نمی توان سنگ سنترلس انجام داد.
- در سنگزنی لوله ها، هیچ تضمینی برای هم مرکز بودن قطر داخل و خارج وجود ندارد.
- یک عیب معمول در سنگزنی سنترلس، دو پهلو شدن است که در حین سنگزنی میله های فولادی که سطح آنها دارای برجستگی بواسطه نورد گرم یا سرد است، بوجود می آید.

- ماشینهای سنگ سنترلس به دو دسته خارجی و داخلی تقسیم بندی می شوند:

۱- ماشین سنگزنی سنترلس خارجی:

- سه روش اصلی سنگزنی سنترلس وجود دارد:

الف) ماشینهای سنگزنی سنترلس با تغذیه پیشروی

- در این روش، حرکت محوری توسط قطعه کار و بکمک چرخ تنظیم بواسطه کج بودن محور آن (زاویه کوچک α نسبت به محور چرخ سنگ) (شکل ۱۰۴-۳ الف) یا بواسطه کج بودن تیغه در زاویه کوچک α (شکل ۱۰۴-۳ ب) اتفاق می افتد.

- سرعت محیطی چرخ تنظیم (v_p) به دو مولفه سرعت چرخش قطعه کار (v_w) و پیشروی طولی قطعه کار (v_{tr} mm/min) تقسیم می شود، که بکمک رابطه زیر محاسبه می شود:

$$v_{tr} = \pi d_R n_R \sin \alpha_1$$

where

$\alpha_1 = 0.5^\circ - 1.5^\circ$ for finish grinding

$= 1.5^\circ - 6^\circ$ for rough grinding

d_R = diameter of the RW

n_R = rotational speed of the RW

- معادله بالا، لغزش را در نظر نمیگیرد. چرخ تنظیم بایستی تماس بین قطعه کار و چرخ سنگ را تامین کرده و حرکت پیشروی طولی را نیز تامین کند.
- به همین دلیل پیشانی چرخ تنظیم (در مورد کج کردن چرخ تنظیم) یا پیشانی هر دو چرخ تنظیم و چرخ سنگ (در مورد کج کردن تیغه) باید بوسیله الماس تروئینگ انجام شود تا به شکل hyperboloid of revolution در بیاید (شکل ۳-۱۰۴).

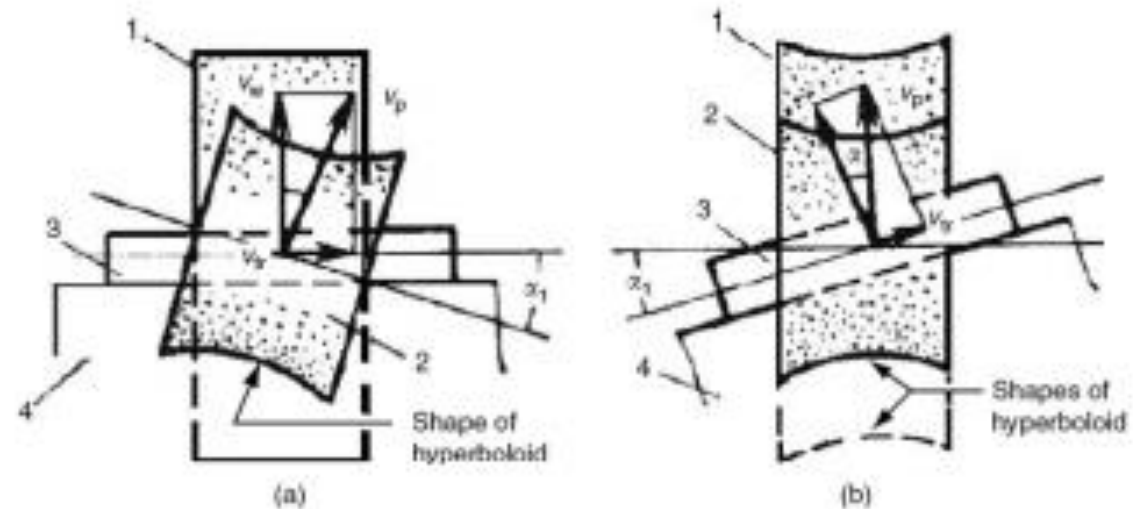


FIGURE 3.104 Ensuring linear contact between WP and wheels in through-feed centerless grinding by providing wheels of hyperboloid of revolution profiles; (a) RW inclination and (b) work rest inclination.



مزایای سنگزنی پیشروی طولی عبارتند از:

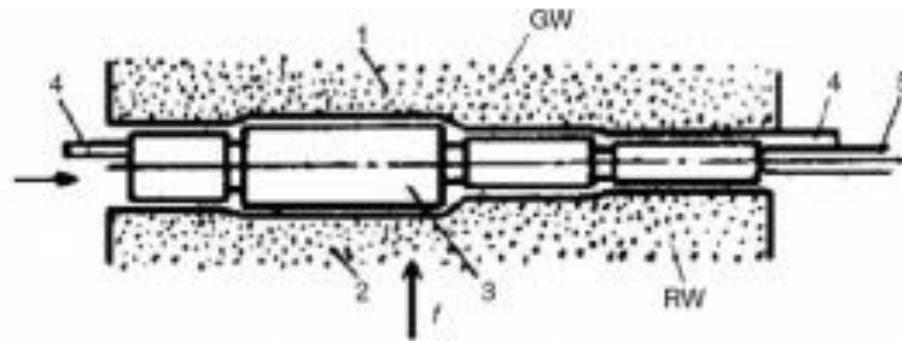
- این روش را میتوان با یک مخزن میله ها و هاپر ها برای قطعات کوچک براحتی اتوماسیون کرد.
- میله های بلند را می توان براحتی بدون هیچ عیبی تولید کرد.

• معایب سنگزنی پیشروی طولی عبارتند از:

- این روش برای قطعات استوانه ای مستقیم کاربرد دارد. اگر استوانه دارای تغییر قطر یا محروطی باشد، این روش را نمی توان استفاده کرد
- فرم سنگزنی در این روش قابل اجرا نیست.

ب) ماشین سنگزنی سنترلس پلانچ (پیشروی عمقی)

- این روش سنگزنی برای سنگزنی قطعاتی که دارای کله یا پله یا مخروطی می‌باشند مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۳-۱۰۵).
- در این روش، قطعه حرکت محوری ندارد و فقط می‌چرخد.
- قطعه‌کار (۳) بوسیله تیغه (۴) نگهداشته می‌شود. بعد از نزدیک شدن به استپ (۵) پیشروی عرضی بمانند سنگزنی پلانچ توسط چرخ سنگ یا چرخ تنظیم عمود بر محور قطعه کار با دقت پیشروی می‌کند.
- در بعضی موارد، پیشروی عمقی بوسیله چرخ تنظیم شماره ۲ با یک شکل مخصوص تضمین می‌شود.
- محیطش شامل سکتورهای I, II و III (شکل ۳-۱۰۶) است. سکتورهای I و III دایره با قطرهای مختلف هستند.



f = Infeed after approaching the end stop

FIGURE 3.105 Schematic of infeed centerless grinding.

- سکتور II یک پیچ از شمیدس است که پیشروی عمقی را بدون آنکه کلگی چرخ سنگ حرکت کند را انجام می دهد. کل سیکل سنگزنی در حین یک دور چرخش چرخ تنظیم انجام می شود. قطعه کار (۳) بصورت اتوماتیک بین دو چرخ (۱ و ۲) از بالا قرار گرفته و محور چرخ تنظیم (یا تیغه، ۴) به مقدار زاویه $\alpha_1 = 1/2^\circ$ کج است تا موقعیت محوری ثابتی برای قطعه کار با برخورد به استپ ایجاد کند.
- پیشروی عمقی با نرخ های مختلفی با توجه به سکتور II انجام می شود. در ابتدای فرآیند، یک مقدار زیادی از اضافه ماشینکاری با نرخ بالای پیشروی عمقی بر داشته می شود و سپس این نرخ کاهش می یابد. در انتهای فرآیند، قطعه کار بدون پیشروی عمقی (سکتور III) برای اسپارک اوت چندین دور سنگزنی می شود.
- چرخ تنظیم یک شیار طولی دارد تا پس از اینکه سنگزنی انجام شد، قطعه کار بعد از غلتیدن از تیغه جدا شده و از ناحیه سنگزنی خارج شود.

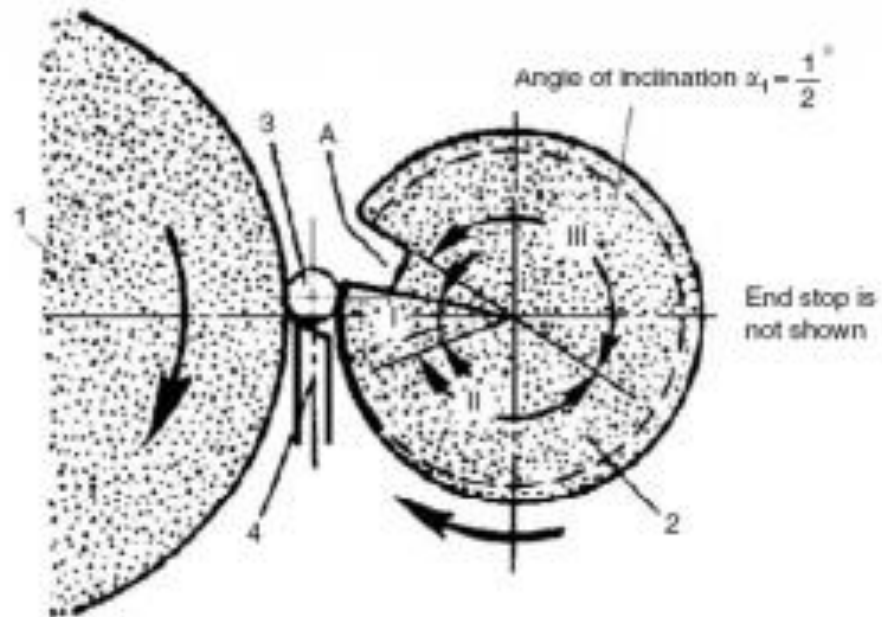


FIGURE 3.106 Automatic-infeed centerless grinding provided by a profiled RW with a loading recess.



ج) ماشین سنگزنی سنترلس با پیشروی انتهایی

- این روش، یک روشی ما بین روش پیشروی طولی و پیشروی عمقی است. این روش برای سنگزنی قطعات دارای کله که بلند هم بوده و نتوان با روش پیشروی عمقی آنها را سنگ زد.
- این روش موقعی استفاده می شود که طول قطعه کار از عرض چرخ سنگ بیشتر بوده و همچنین نتواند از بین چرخ ها در روش پیشروی طولی عبور کند (شکل ۳-۱۰۷).
- قطعه کار (۳) بمانند روش پیشروی عمقی تغذیه شده، و بعد از اینکه مقداری از طول آن سنگزده شد، جابجایی محوری اتفاق می افتد تا کل طول آن پس از رسیدن به استپ (۵) سنگزده شود.
- در این روش، زاویه کجی چرخ تنظیم حدوداً $2-3^{\circ}$ است که بیشتر از روش پیشروی عمقی است.

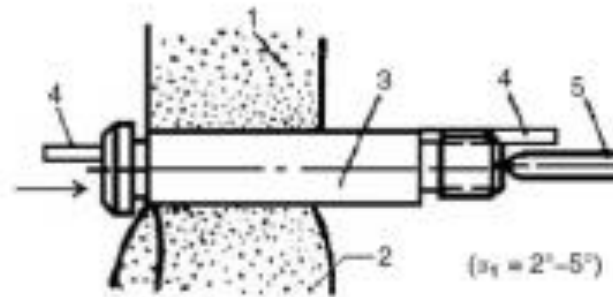


FIGURE 3.107 Schematic of end-feed centerless grinding.

۲- سنگزنی سنترلس داخلی

- این فرآیند برای سنگزنی داخلی قطعات کوتاه یا لوله های بلند توسعه یافته است.
- آرایش تجهیزات بصورت شماتیک در شکل ۳-۱۰۸ نشان داده شده است. قطعه کار بین دو غلتک فولادی (۱ و ۲) و چرخ تنظیم (۵) قرار می گیرد. غلتک (۱) غلتک نگهدارنده و غلتک (۲) غلتک فشار دهنده است. چرخ سنگ (۴) و قطعه کار (۳) در یک جهت می چرخند، در حالیکه چرخ تنظیم (۵) در جهت دیگر می چرخد.
- چرخ سنگ عموماً کوچکتر از چرخ تنظیم است. این فرآیند ممکن است با اصل هم مرکزی (شکل ۳-۱۰۸ الف) یا اصل بالاتر از مرکز (شکل ۳-۱۰۸ ب) کار کند.
- روش هم مرکز برای اجزای با دیواره نازک استفاده می شود. هرچند که این روش، تمایل به دو برابر کردن خطاهای خارج از مرکزی و خطاهای گردی و موجی را دارد که در روش بالا تر از مرکز تا حدودی این خطاها کاهش می یابد.
- در روش سنگزنی سنترلس داخلی، گرد بودن سطوح داخلی وابستگی زیادی به سطح خارجی دارد که می بایست سنگزنی سطح خارجی اول انجام شود.

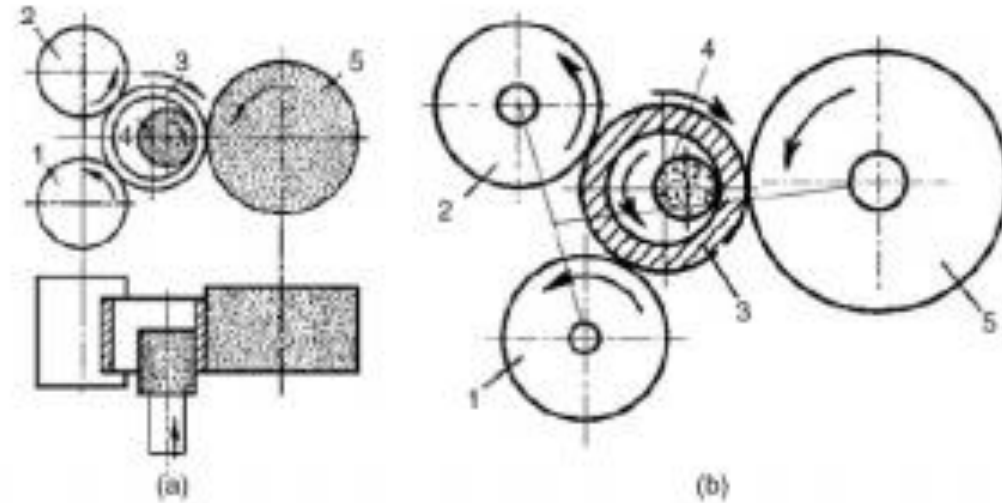


FIGURE 3.108 Internal centerless grinding: (a) on-center principle (used for thin-walled components) and (b) above-center principle.

