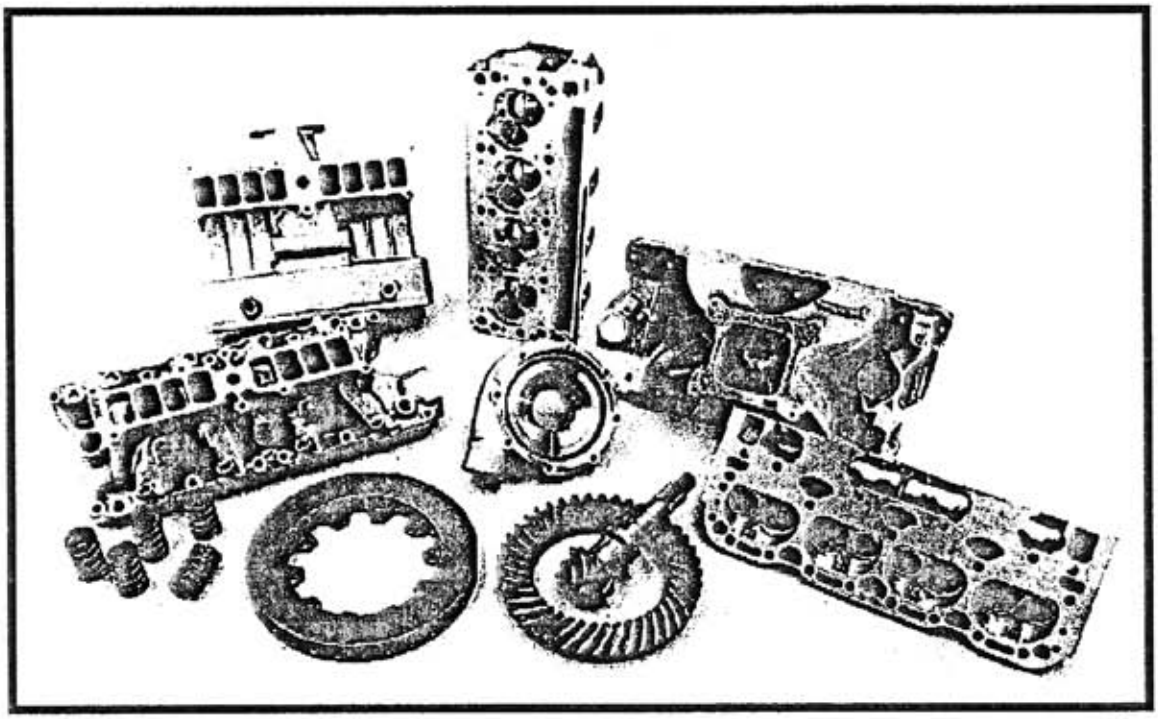
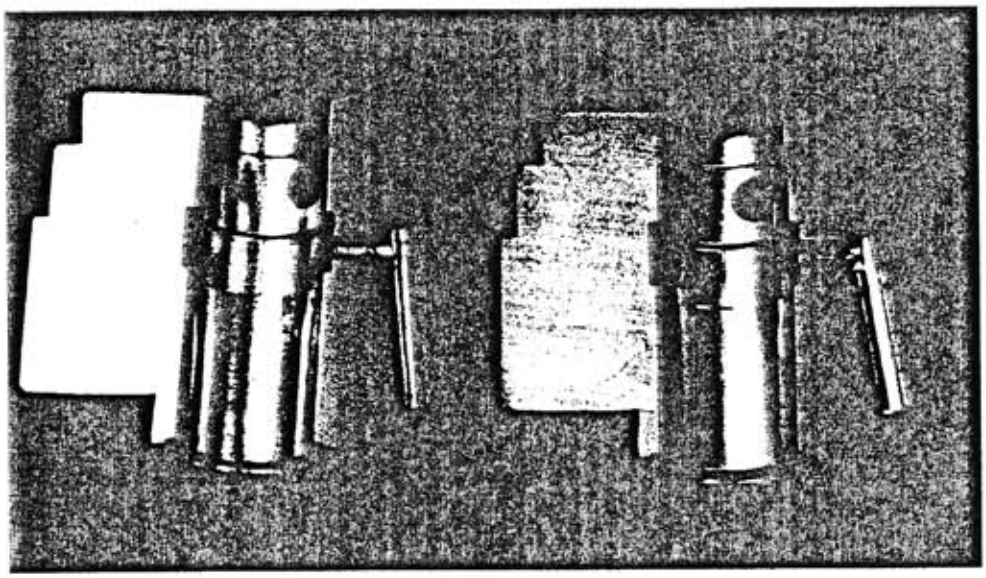
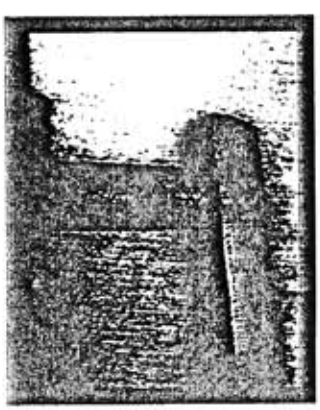
قطعات خودرو

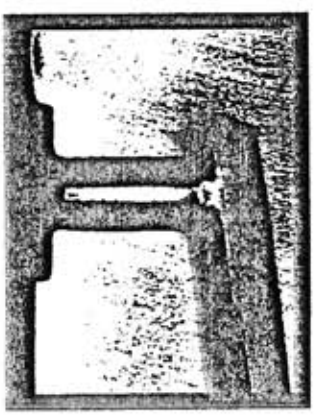


قطعات موتور دیزل



قطعات انژکتور موتورهای دیزل در نقاط حساس از طریق AFM پولیشکاری میشوند و لبه های تیز پخ زده می شوند





تراشکاری و فرزکاری ظریف، براده برداری میکرونی

برای تراشکاری و فرزکاری ظریف تعریف دقیقی وجود ندارد ولی کلاً میتوان تولید قطعات مکانیکی و اپتیکی بسیار ظریف با ابزار ویژه و ماشینهای ویژه را با دقتی تولید نمود که با روشها و ماشینها و ابزار مرسوم ممکن نیستند.

ویژگیهای تراشکاری و فرزکاری ظریف عبارتند از:

- تولید قطعات از جنس فولاد یا آلیاژهای آلومینیوم و مس و نیکل و پلاستیک با دقت های ۱-۰/۱میکرون
- ایجاد کیفیت سطح در حدود نانو متر
- اندازه براده ها به پهنای میکرونی و ضخامت میکرونی هستند و بهمین دلیل به این روش براده برداری میکرونی نیز گفته میشود
- ابزار براده برداری عموماً الماس است
- ماشینها و اسلایدهای آنها بسیار دقیق هستند و در فضائی نگهداری میشوند که حرارت آن تا دهم و حتی تا صدم درجه سانتیگراد ثابت است
- تعداد قطعات تولیدی معمولاً محدود است و اندازه آنها نیز عموماً در حدود میلیمتر و کوچکتر از میلیمتر است
- با این روش میتوان دقتهای بهتر از روش های براده برداری عادی مانند تراشکاری و فرزکاری را ایجاد نمود ولی دقت ایجاد شده کمتر از روشهای شیمیایی میباشد

کاربردهای تراشکاری و فرزکاری ظریف

در مجموع میتوان کاربردهای این روش را برای تولید دو مجموعه قطعات مکانیکی و قطعات اپتیکی خلاصه کرد

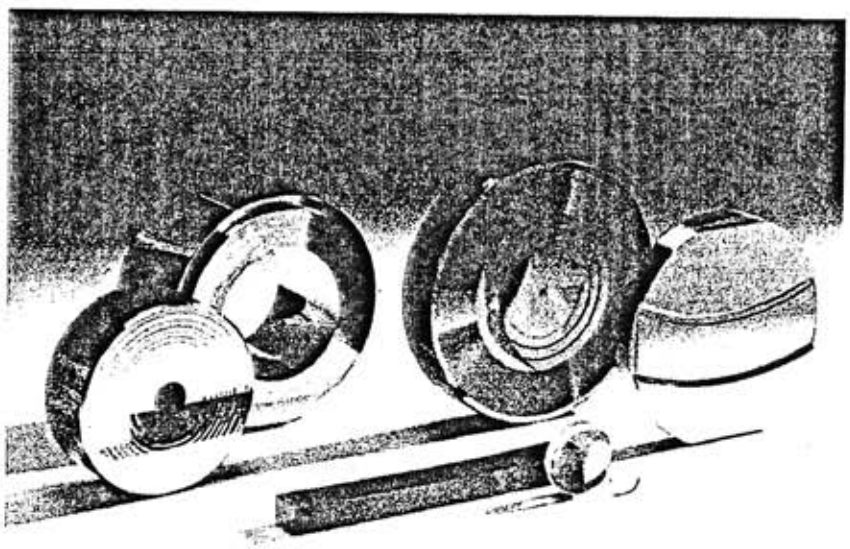
- قطعات اپتیکی عبارتند از:

آئینه ها برای:

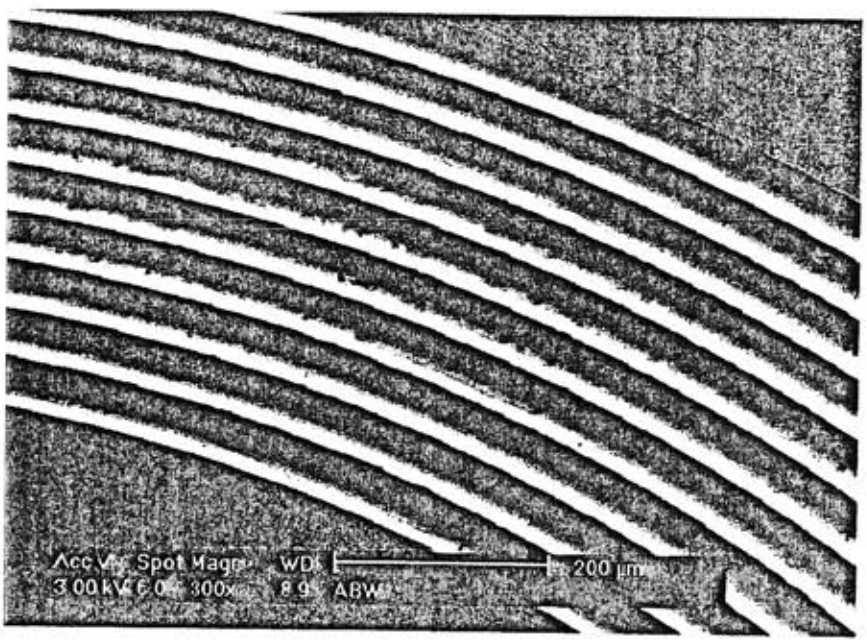
- لیزر
- تلسکوپ
- وسایل اندازه گیری
- آزمایشات فیزیکی

- اپژکتیوها (عدسی ها) برای:
  - عدسی Infrount
  - عدسی های پلاستیکی
  - پریسمن Prismen
  - اجزاء اپتیکی ویژه
- قطعات مکانیکی عبارتند از:
  - مهر پانچ ، فرم پانچ
  - اجزاء اسلایدهای هوائی
  - اجزاء حرکت خطی
  - سطوح دقیق
  - سنجه ها برای کالیبره سطوح
  - ابزار با استراکچر سطحی مخصوص
  - پمپ ها و ادوات برای جریان سیالها با دقت بالا

مثال برای کاربرد روش تراشکاری و فرزکاری ظریف

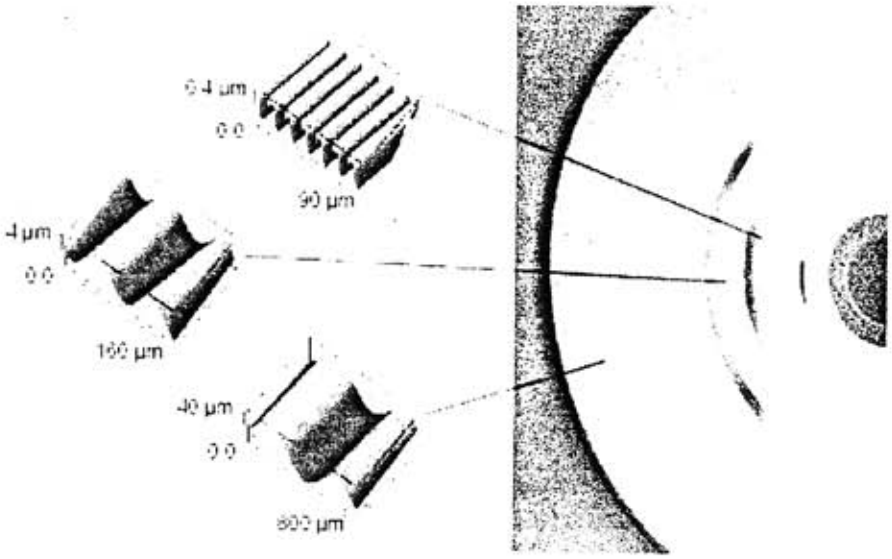


قطعات اپتیکی که با ابزار الماس تراشیده شده اند

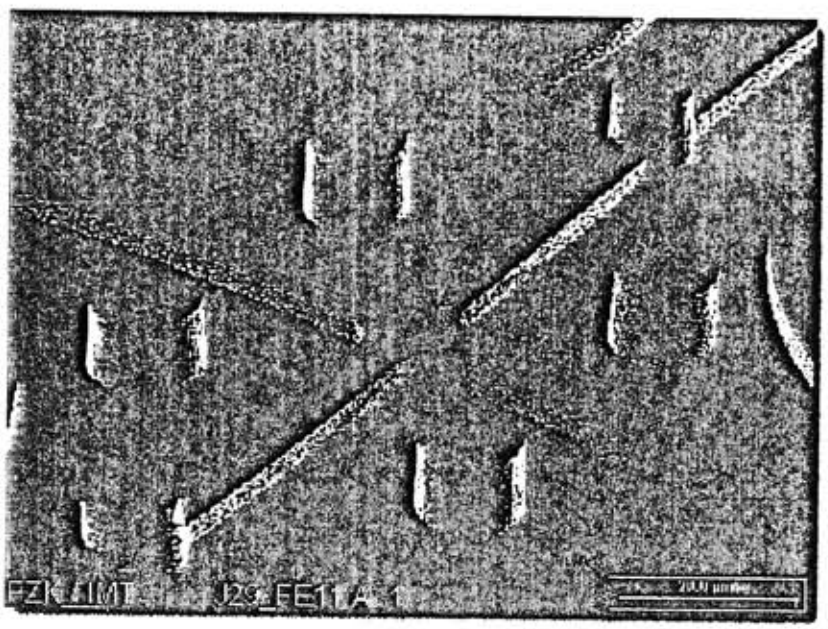


تراشکاری استراکچرهای کروی

کاربردها

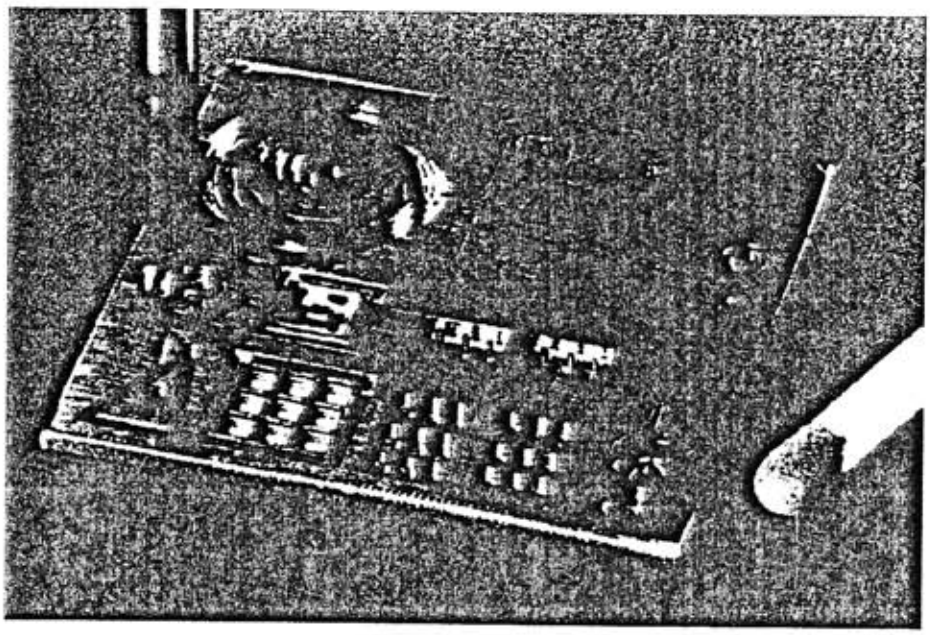


سنجه برای کالیبره کردن ماشینهای اندازه گیری سطح

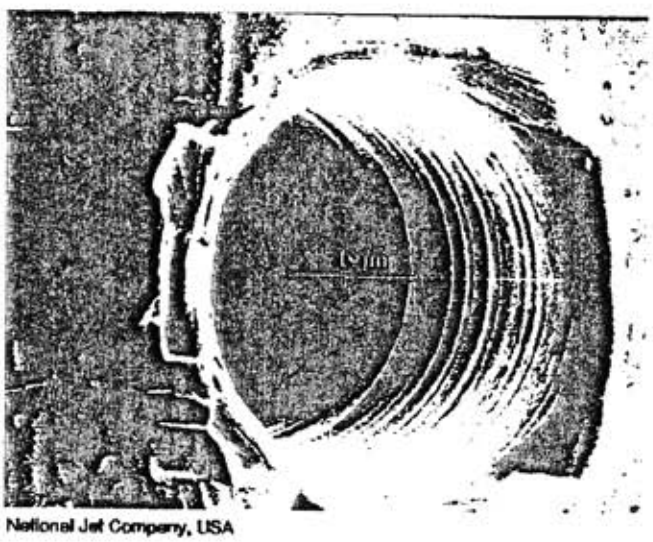


یک قطعه فرز کاری شده

کاربردها



یک نمونه قطعه فرزکاری شده X 40 CrMov5.1



National Jet Company, USA

یک سوراخ به قطر ۱۹ میکرون از طریق براده برداری سوراخکاری شده

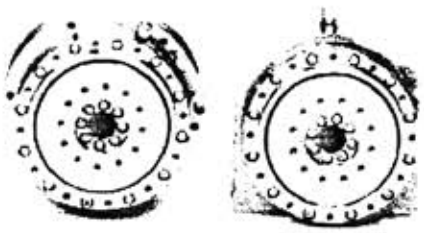
ماشین ابزار برای تراشکاری و فرزکاری بسیار ظریف

برای تولید قطعات ظریف که مثلاً اندازه های آنها و یا اندازه شیارها و برش ها مقداری در حدود ۳۰۰-۱۰ میکرون و مثلاً تولرانس تا حدود ۵ درصد میتوان قبول کرد که با ماشینهای ابزار عادی و یا اسپندل های عادی یا مثلاً سیستم اسلاید بلبرینگی چنین دقتهایی نمیتواند بدست آید یعنی ماشینهای ویژه ای لازم است که دقت بالا داشته باشند، لرزش نداشته باشند، راندنس Rundness بالا و سیستم ابزارگیر ویژه و دور دقیق داشته باشند، سیستم اسلایدها و ساختمان ماشینی باید ویژه باشد و بخصوص ایجاد گرما در ماشین و تاثیرات حرارت بر دقت ماشین محدود باشد.

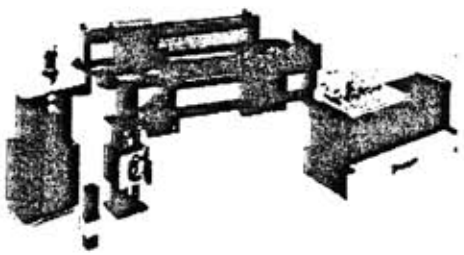
بطور خلاصه دیگر ویژگیهای ماشین ابزار عبارتند از:

- سیستم کنترل CNC مخصوص با امکان باردهی و حرکت نانومتری
- دقت حرکتی محورها برای رسیدن به یک Position دقیق باشد
- صلبیت کل سیستم و اسپندل بخصوص
- صلبیب سیستم قطعه گیر و ابزارگیر
- کیفیت بالا برای ابزار
- سیستم خنک کننده ماشینی و اسلایدها و موتورها و سیستم روغنکاری دقیق
- سیستم انتقال براده ها
- سیستم اندازه گیری ابزار و قطعه کار
- اسلایدها برای سیستم های حرکتی وگردشی باید بخصوص دقیق و با اصطحکاک کم باشند و نقش تعیین کننده دارند. عموماً از اسلایدها با سیستم آیرواستاتیکی و یا هیدرواستاتیکی هستند

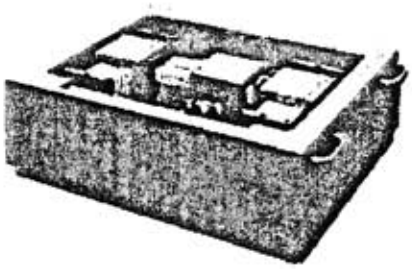
مثال : چند سیستم حرکتی و چرخشی برای ماشینها



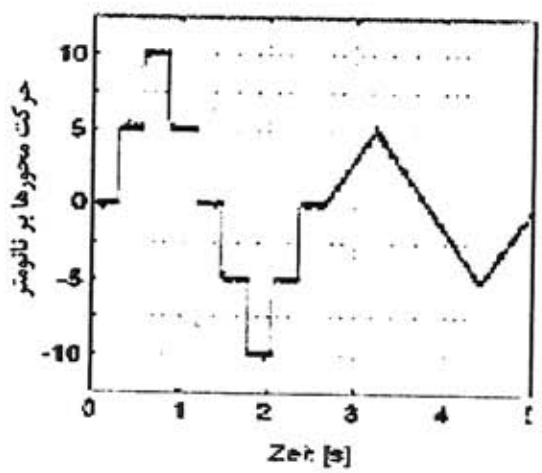
سیستم چرخشی با اسلاید آیرواستاتیکی



سیستم موتور خطی با اسلاید آیرودینامیکی



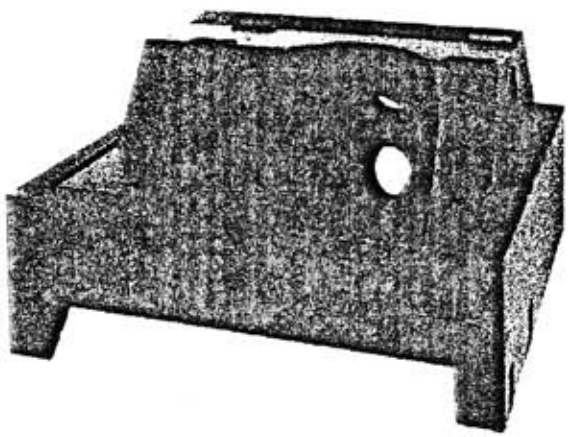
میز با محور x-y با سیستم اسلاید ایرواستاتیکی



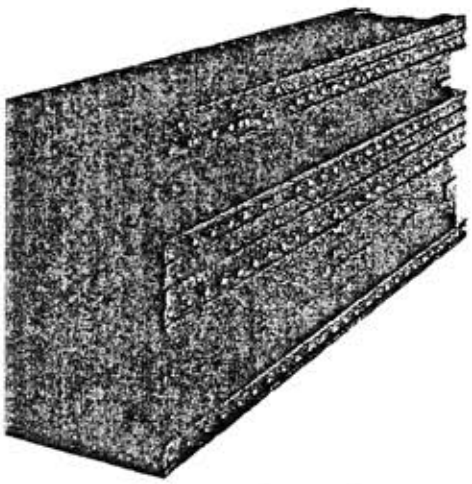
دیاگرام حرکت یک محور با اسلاید آیرواستاتیکی
طول کل حرکت ۷۰۰ میلیمتر

اجزاء ماشین ابزار

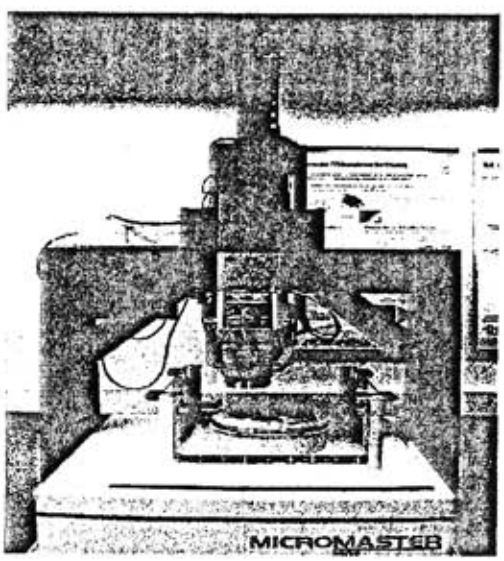
- سیستم اندازه گیری حرکت و پوزیشن محورها معمولاً با روش لیزر اینترفرومتری که امکان اندازه گیری یک نانومتر را میدهد اندازه گیری میشود
- بدنه ماشین معمولاً از جنس گرانیت دانه ریز و یا از بتن پلیمری میباشد



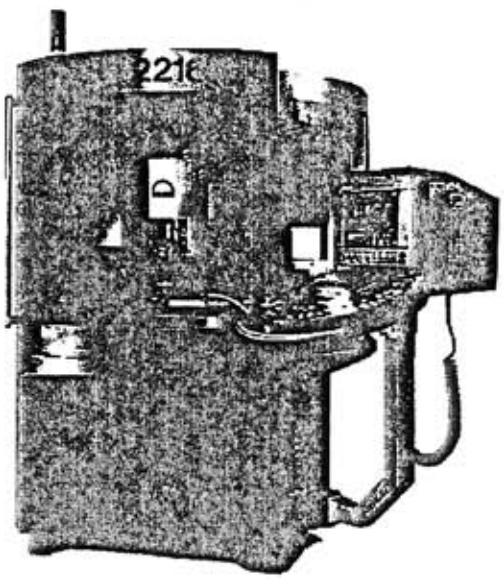
بدنه ماشین فرز از بتن پلیمری



بدنه ماشین فرز از بتن پلیمری



ماشین سنتر میکرونی، بدنه ماشین از گرانیت دانه ریز



ماشین ظریف فرز کاری و سوراخکاری بدنه از بتن پلیمری

ابزار برای براده برداری میکرونی، براده برداری ظریف

با کوچک شدن قطعات کار و ظریف و ریز شدن براده ها طبیعتاً باید ابزار براده برداری ظریف نیز ویژگی های خاصی داشته باشند.

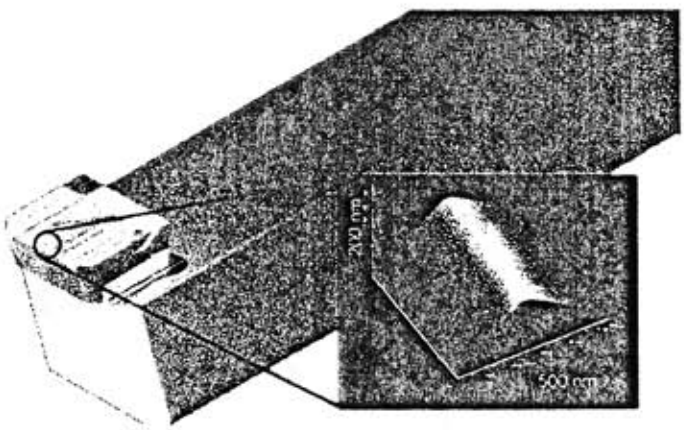
ویژگی های هندسی ابزار، شکل، تیزی لبه های برنده و ماده ای که ابزار از آن ساخته میشود اهمیتی خاص دارند و در این موارد تحقیقات و تحولات فراوانی انجام گرفته است.

غیر از ویژگیهای ذکر شده برای ایجاد سطوح بسیار دقیق و یا استراکچرهای مخصوص بر روی قطعه کار نقش سایش ابزار و لبه های برنده آن بسیار تضمین کننده است و در حقیقت سایش ابزار باید به حداقل برسد. برای موادی که در آنها آهن Fe وجود ندارد، بهترین ماده برای ابزارها، الماس طبیعی و یا الماس مصنوعی است بخصوص از نوع مونو کریستالی آن (تک کریستالی) این الماسها را میتوان بسیار خوب فرم داد و لبه های آن را پولیش داد و با آنها موادی مانند مس و آلومینیوم را تراش داد و میتوان حتی زبری سطحی در حدود nm یک نانومتر بدست آورد.

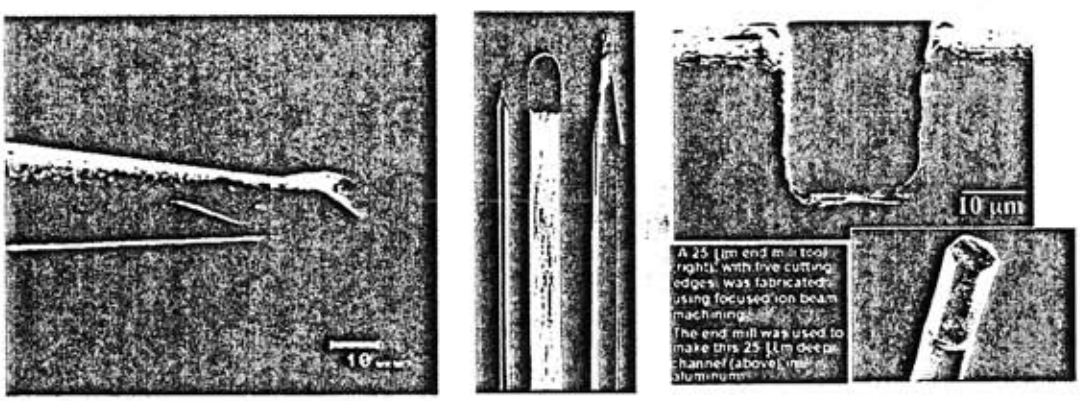
برای قطعات کاری که در آنها آهن وجود دارد باعث میشود که اتم آهن با الماس ترکیب شود و ذرات الماس را از ابزار جدا کند و درنتیجه سایش ابزار بسیار بالاست و استفاده از الماس غیر اقتصادی است و نتیجه کار نیز رضایت بخش نیست.

برای مواد آهن دار نتیجتاً ابزارهای از جنس کارباید و یا CBN استفاده میشود که بدلیل تک کریستالی نبودن و اشکالات ساختمان کریستالی نمیتوان لبه های بسیار تیز بر روی آنها ایجاد نمود.

نمونه ابزارهای تراشکاری و فرزکاری ظریف

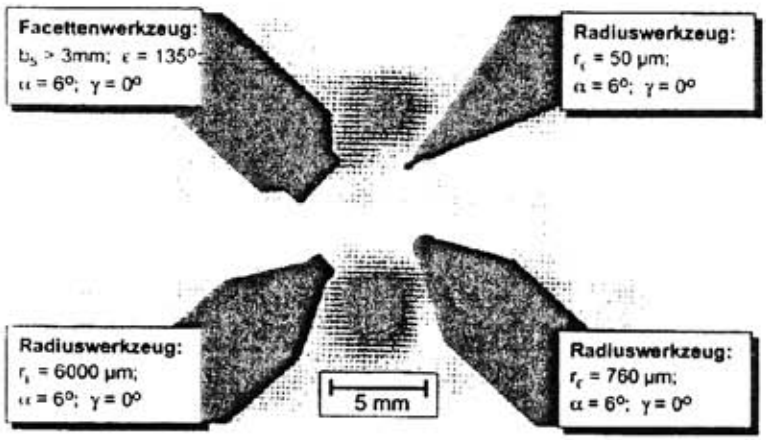


ابزار بسیار تیز که شعاع لبه برنده آن کوچکتر از 40nm نانومتر میباشد

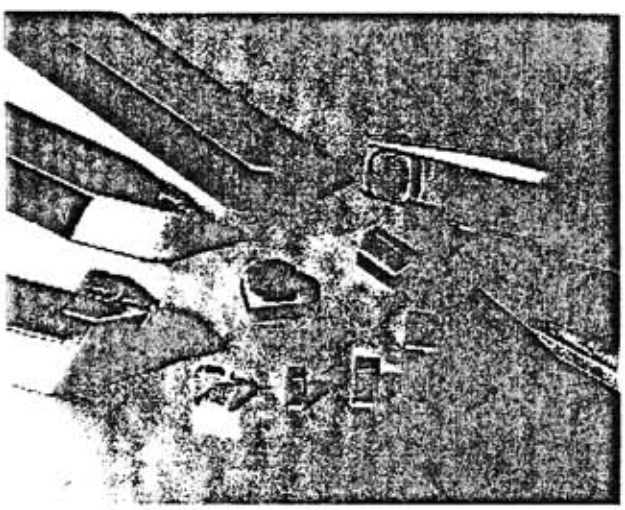


ابزار برای فرز کاری میکرونی

ابزار برای براده برداری میکرونی، براده برداری ظریف



ابزار ویژه تراشکاری



ابزار ویژه الماس برای براده برداری میکرونی

در اشکال بالا چند نمونه ویژه از ابزار عمدتاً الماس برای تراشکاری و فرزکاری ظریف نشان داده شده است.

ابزارهای الماس از طریق سنگ زنی و پولیشینگ تولید میشوند و بخشاً نیز از طریق اشعه لیزر فراهم میشوند. برای بالا بردن کیفیت ابزار براده برداری ظریف کماکان فعالیت های تحقیقاتی فراوانی برای بهتر شدن نوع الماس و کارباید ها و بخشاً پوشش دهی آنها انجام میگیرد.

۸- صیقلکاری غلطکی Hard Roller Burnishing

صیقلکاری غلطکی و یا صیقلکاری ظریف و یا غلطک کاری سخت، روشی است که میتواند در بسیاری از مواقع بعنوان آلترناتیو در مقابل روشهای دیگر مانند سنگ زنی ظریف، هونینگ، لپینگ، پولیشینگ و ساچمه زنی استفاده شود.

صیقلکاری غلطکی با توجه به انتخاب ابزار و پارامترها میتواند برای رسیدن به اهداف زیر مورد استفاده قرار گیرد:

- صیقلکاری، صاف کردن سطح برای رسیدن به زبری سطح کوچکتر از ۱ میکرون بدون تغییرات فرم و اندازه قطعه کار
- غلطک زنی برای رسیدن به اندازه و تولرانس معین
- غلطک زنی برای بالا بردن سختی و عمر قطعه کار بخصوص در محل تغییر قطر قطعه کار و یا در شیارها برای بالا بردن تنش فشاری و عمر قطعه کار

پرنسیب صیقلکاری غلطکی

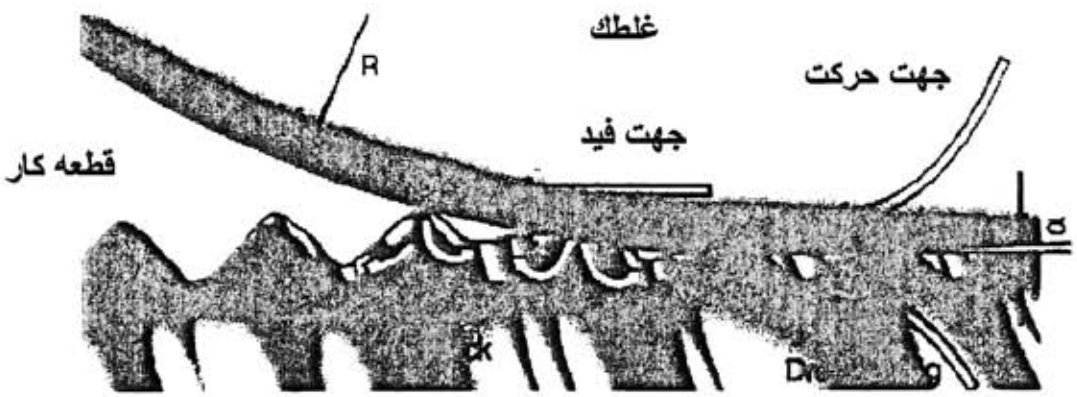
در روش غلطک کاری برای بهتر کردن سطح و یا اندازه و یا بالا بردن سختی قطعه کار از یک و یا چند غلطک و در شرایطی نیز از یک ساچمه استفاده میشود که بر روی قطعه کار با فشار معین میغلطد و یا میگردد و در تماس با برجستگی های سطح قطعه کار و بالا رفتن تنش برجستگی ها تغییر فرم پلاستیکی میدهند و در فرورفتگی ها که تنش کمتری دارند فشرده میشوند و در این حالت سطح قطعه کار صاف و براق میشود.

باید توجه داشت که برجستگی ها خم نمیشوند که فرورفتگی ها را پر کنند بلکه مجموعه لایه ای از سطح و بخصوص برجستگی ها با افزایش نیروی فشاری شروع به flow yield میکنند.

طبیعتاً موادی که سختی بالائی نداشته باشند میتوانند از طریق این روش صیقلکاری شوند. مرز سختی در حدود ٤٠ راکول میباشد یعنی در شرایط عادی موادی که سختی بالاتری دارند نمیتوانند غلطک کاری شوند. (کارهای تحقیقاتی در جریان است که این مرز را برای بعضی از مواد بالاتر ببرند.)

قبل از غلطک کاری باید قطعه کار در حد نزدیک به تولرانس لازم تراشکاری و یا سوراخکاری شده باشد چون تغییرات تولرانس با این روش در حد کم ممکن است.

شکل ۱-۸- سطح قطعه کار بعد از تراشکاری و بعد از غلطک زنی



شکل ۲-۸- پرنسیب تغییرات پلاستیکی "نوسان" سطح قطعه کار

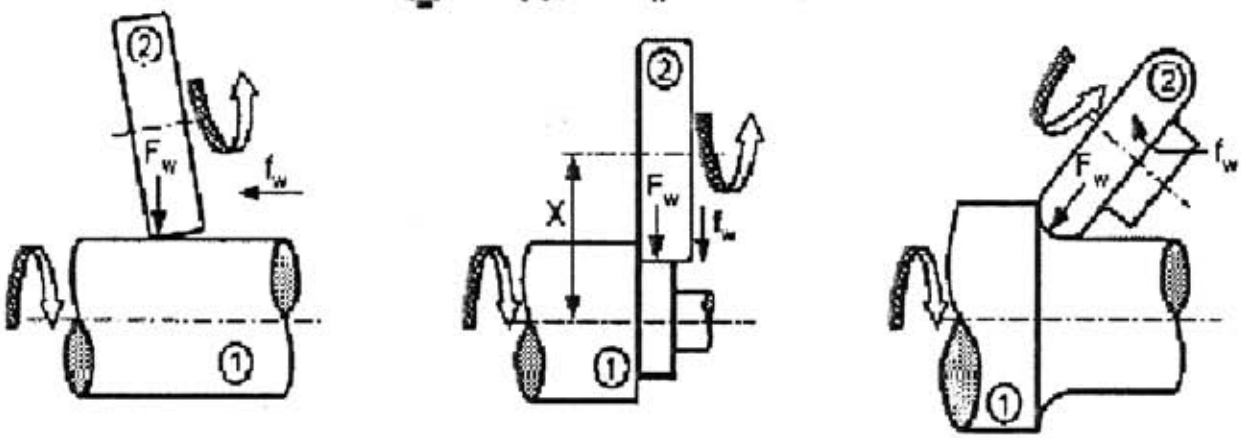
• در پشت غلطک و سطح قطعه کار یک زاویه α که مقدار آن حدود ۱ تا حداکثر ۲ درجه میباشد ایجاد میشود.

• در جلوی غلطک در مرحله اول حتی ارتفاع برجستگی ها افزایش نیز می یابد و بعد بسمت فرو رفتگی ها جریان می یابد.

• با روش غلطک زنی میتوان زبری سطح Rz=1 و Ra=0.2 میکرون و در شرایطی بهتر از آن را نیز بدست آورد.

روشهای غلطک زنی

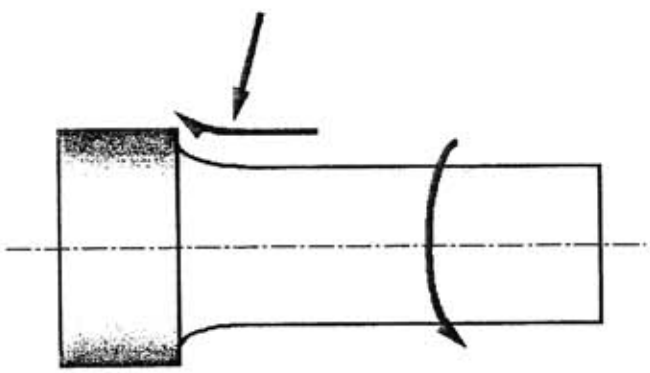
نیروی غلطک : F_w قطعه کار ①
فید غلطک : f_w ابزار ②



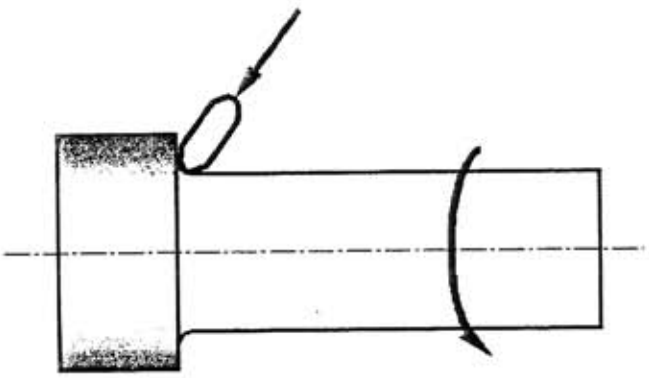
غلطک زنی سخت کاری — غلطک زنی اندازه — صیقلکاری

- در صیقلکاری ـ زبری سطح مورد نیاز بدست می آید.
- در غلطک زنی برای رسیدن به اندازه و یا تولرانس معینی در یک قسمت از قطعه کار این روش بکار میرود و فشار بر روی سطح بالاتر از روش صیقلکاری است.
- در غلطک زنی برای سخت کردن و بالا بردن تنش فشاری در مقطعی از قطعه کار از فشار معینی و فید و سرعت ثابت استفاده میشود.
- روشهای غلطک زنی در مقایسه با دیگر روشهای پولیشینگ بسیار سریع هستند و مخارج ابزار نیز نسبتاً کم میباشد و از ماشینهای موجود درصورت داشتن وقت لازم، مثلاً ماشینهای تراش CNC و فرز میتوان استفاده نمود

غلطک کاری برای سخت کردن سطح Deep Rolling



شکل ۵-۸- غلطک کاری برای بالا بردن سختی با روش فید محوری و عمودی



شکل ٤-۸- غلطک کاری برای بالا بردن سختی با روش فشار بدون فید محوری

- در روش فشار بدون فید محوری محلی که در معرض بیشترین نیروها و خستگی است فشرده میشود و فید نیز فقط در جهت شعاع است
- در روش غلطک کاری با روش فید محوری و عمودی سطح بزرگتر از قطعه کار سخت میشود فرق آن با روش قبلی در فید محوری است.
- در روش غلطک کاری برای بالا بردن سختی کوشش میشود که سه تأثیر فیزیکی با هم تلفیق شوند.

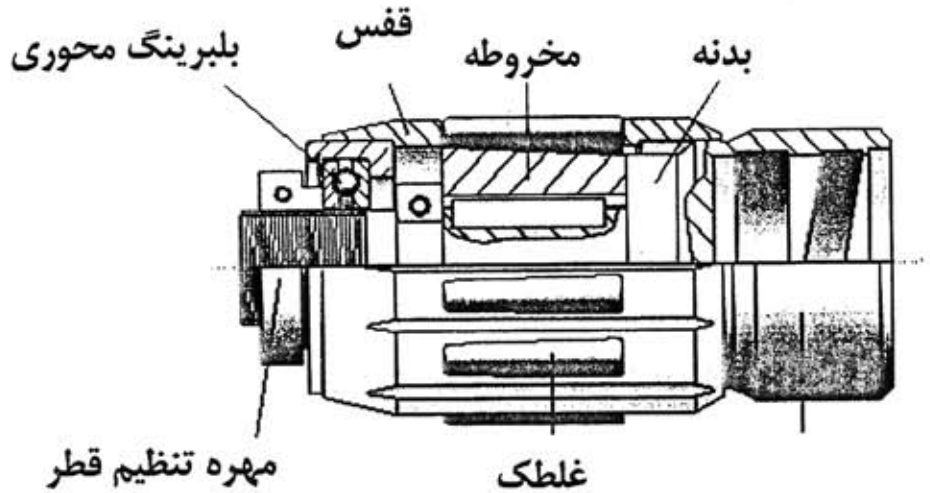
۱- ایجاد تنش فشاری که در قطعه کار ایجاد میشود و میماند.
۲- سخت کاری سرد لایه های خارجی قطعه کار.
۳- بهتر کردن زبری سطح.

- چون آزمایش نتایج بدست آمده بر روی قطعه کار آسان نیست باید دقت شود که پارامترهای مناسب بدست آمده در عمل تغییر نکنند مانند فشار، سرعت گردشی و فید.

خواص صیقلکاری غلطکی

- کوتاهی زمان فرایند.
- امکان تلفیق مثلاً سوراخکاری و غلطک کاری در یک ماشین و در یک فرایند، سمت جلوی ابزار مثلاً مته است و در انتهای مته غلطکها قرار دارند.
- امکان استفاده یک ماشین برای مثلاً غلطک کاری و تراشکاری در یکبار بستن قطعه کار به سه نظام. اول تراشکاری و بعد در همان ماشین ابزار غلطک زنی بکار گرفته میشود.
- امکان استفاده از ماشین ابزار عادی و ماشین CNC.
- چون هیچگونه براده ای برداشته نمیشود مشکل برطرف کردن براده نیز وجود ندارد.
- در این روش سر و صدا ملایم است.
- انرژی مورد نیاز نسبتاً کم است.
- روش و فرایند نسبتاً ساده است و تکرار آن با نتایج ثابت عملی است.
- مواد خنک کننده مورد نیاز، کم است.
- عمر ابزار زیاد است.
- سایش ابزار باعث تغییر اندازه قطعه کار نمیشود.
- ابزار غلطک کاری میتوانند در سیستم ابزارگیر ماشین ابزار عادی قرار گیرد.
- در روش غلطک کاری سطح قطعه کار، سطحی ایجاد میشود که برجستگیهای آن محدود است و در تماس با سطح مقابل باعث سایش آن و سایش خودش نمیشود چون لبه های تیز ندارد و سطح تماس با سطح قطعه مقابل افزایش می یابد.

ابزار غلطک کاری داخل سوراخ

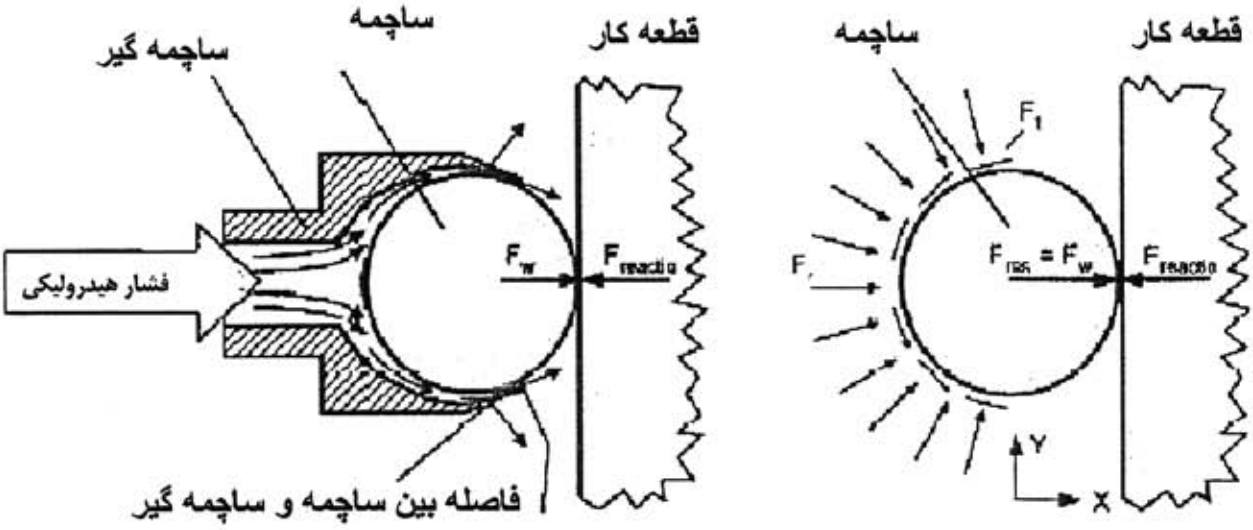


شکل ٦-٨- ساختمان ابزار غلطک زنی داخل

- ابزار در شکل بالا برای غلطک زنی داخل سوراخ سیلندری استفاده میشود.
- این مانند یک رولبرینگ است که رول خارجی آن را قطعه کار تشکیل میدهد.
- غلطک ها (رولها) معمولاً از جنس کارباید هستند و شکل آنها تا حدودی مخروطی است و وقتی غلطکها و رینگ داخلی بر روی هم قرار میگیرند شکل خارجی آن برای غلطک زنی سوراخ سیلندری مناسب است.
- با تغییر در مهره تنظیم میتوان غلطکها را به خارج و یا بداخل فشرد بنحوی که بتوان قطر بزرگتر و یا قطر کوچکتر را غلطک زد و یا مقدار فشار بر روی سطح سوراخ را بیشتر و یا کمتر نمود.

- برای سوراخهای "دررو" غلطک ها تا حدودی مخروطی نگهداشته میشوند ونوک آنها فشار محدود ایجاد میکند و انتهای آنها فشار بیشتر و هر چه غلطکها بیشتر داخل سوراخ میشوند. سطح را صاف تر میکنند و قطر سوراخ را افزایش میدهند.
- برا ی سوراخهائی که انتهای آنها بسته است، سطح خارجی غلطک ها موازی با محور ابزار است و نوک غلطک و انتهای آن به یک مقدار فشار ایجاد میکنند. معمولاً روغن و یا گریس برای کم کردن گرما و کم کردن اصطحکاک استفاده میشود.
- باید توجه داشت در صورت استفاده از روغن موجود داخل ماشین ابزار بهتر است که از یک فیلتر جداگانه استفاده نمود که ذرات براده و کثیفی داخل روغن (آب صابون) باعث پائین رفتن کیفیت سطح صیقلکاری نشود.

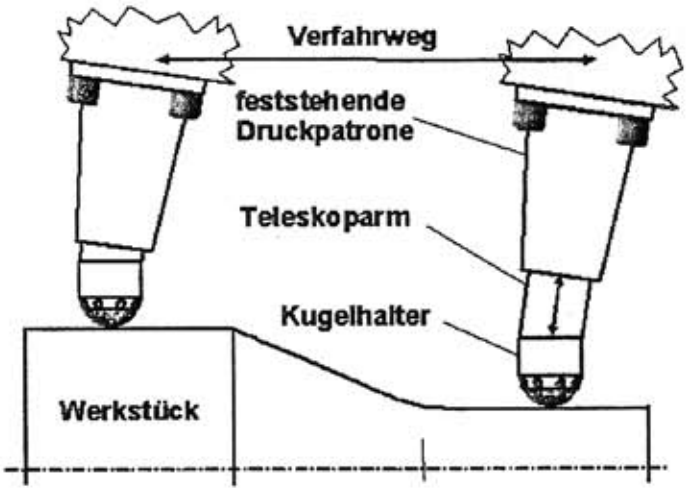
سیستم هیدرواستاتیکی برا ی غلطک زنی ساچمه ای



شکل ۷-۸- پرنسیب هیدرواستاتیکی غلطک زنی ساچمه ای

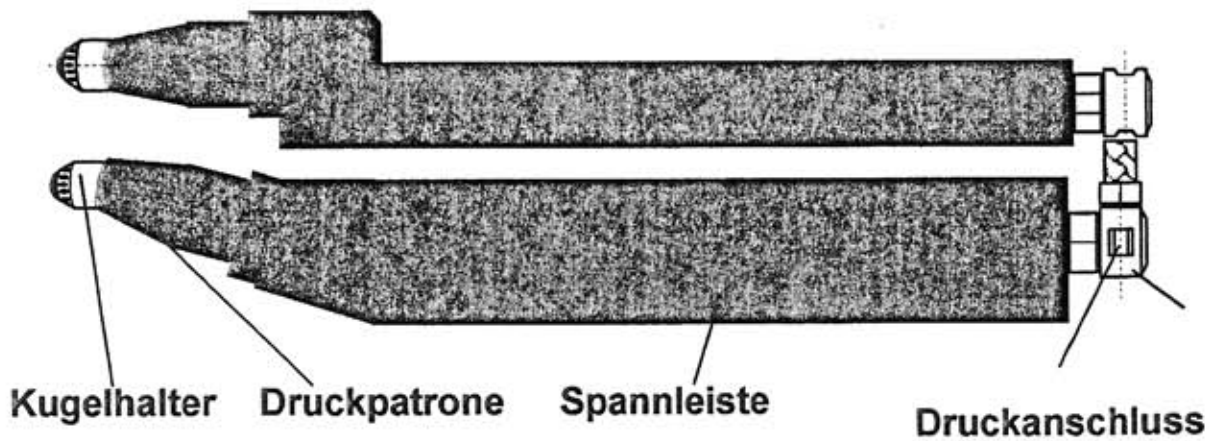
- در این روش ساچمه و یا کره که کار غلطک زنی را انجام میدهد از طریق فشار هیدرولیکی بر روی قطعه کار فشرده میشود و میتواند تغییرات محدود قطر قطعه کار را نیز بدون لزوم تغییر فید صیقل بزند. این مانند یک رولبرینگ است که رول خارجی آن را قطعه کار تشکیل میدهد.
- ساچمه معمولاً از جنس سرامیکی و یا کارباید میباشد که در حدود ۵۰ درصد از قطر آن بوسیله ساچمه گیر پوشانده شده و ساچمه در داخل ساچمه گیر مقدار کمی بازی دارد. از فاصله کم بین ساچمه و ساچمه گیر میتواند مقدار کمی روغن، سطح بیرونی ساچمه را نیز چرب کند. ساچمه میتواند در هر جهتی و بدور هر محوری بگردد.
- فشار بر روی قطعه کار از طریق سیستم هیدرواستاتیکی تأمین میشود. یعنی فشار روغن به پشت ساچمه آن را بر روی قطعه کار فشار میدهد و سطح را صیقل میدهد.
- در صورتیکه ساچمه بر روی قطعه کار فشار نیآورد در اینصورت ساچمه فاصله را تا دور ساچمه گیر پر میکند و روغن هیدرولیک خارج نمیشود. روغن هیدرولیک و مایع روغنکاری یکی است.

سیستم اتوماتیک فید تلسکوپی برای ابزار غلطک کاری



شکل ۸-۸- سیستم فیدتلسکوپی

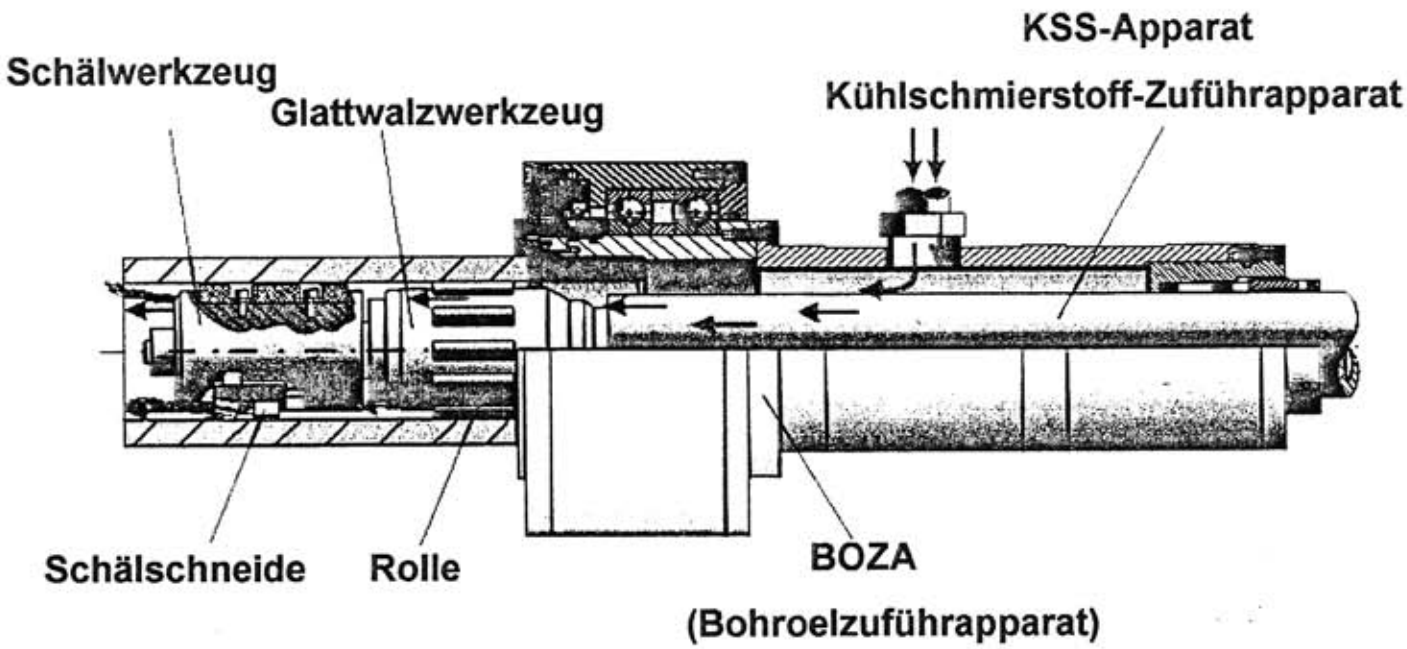
- برای صرفه جویی در یک محور ماشین و یا برنامه ریز ی برای تغییر باردهی (فید عمودی) قسمت جلویی کله ابزار غلطک کاری ساچمه ای با همان فشار هیدرولیکی بجلو حرکت میکند و یا در صورت لزوم همراه با بزرگ شدن قطر قطعه کار به عقب فشرده میشود و این مجموعه فرایند را باز هم ساده تر میکند.



شکل ۹-۸- ابزار غلطک کاری برای ماشین تراش

- این ابزار مانند قلم تراشکاری بر روی ماشین تراش سوار میشود و کار صیقلکاری غلطکی را با یک ساچمه انجام میدهد.

تلفیق ابزار تراش (پوسته برداری) و ابزار غلطک زنی



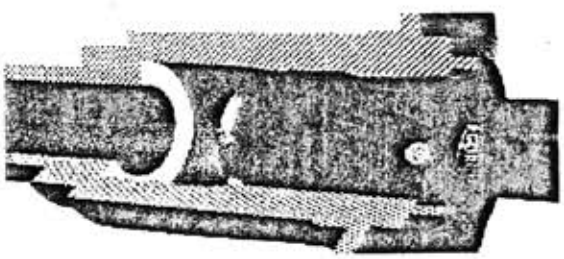
شکل ۱۰-۸-تلفیق ابزار تراش و غلطک زنی برای داخل سوراخ

- ابزار تراش (پوسته تراشی) که قطر آن بین ۰/۰۵ تا ۱/۵ میلیمتر بزرگتر از سوراخ است کار دقیق تر کردن و گرد کردن سوراخ را بعهده میگیرد.
- پوسته تراشی داخلی کار ابزار بعدی که بلافاصله بعد از تراش از طریق غلطک کاری فرایند بعدی را انجام میدهد.
- تعداد غلطک های ابزار بستگی به قطر سوراخ و تئوری تولید کننده ابزار دارد و معمولاً بین ۳ تا ۱۲ عدد میباشد.
- غلطک ها در حدود ٦٠ درصد از قطرشان داخل یک قفس است بهمین دلیل نمیتوانند از ابزار جدا شوند.

کاربردهای ویژه غلطک زنی

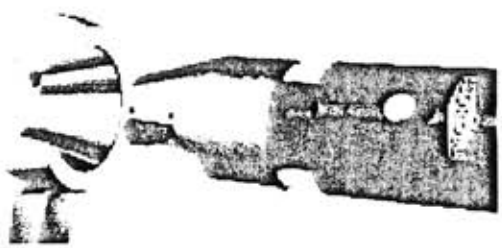
- برای قطرهای ۱۶۰-۳ میلیمتر.
- قطر ابزار در حدود ۰/۰۵ ـ ۰/۰۲ میلیمتر کوچکتر است.
- ابزار میتواند سرعتی گردشی تا ۲۵۰ متر در دقیقه داشته باشد
- سرعت پیشروی میتواند تا ۰/۳ میلیمتر در هر دور برسد.

شکل ۱۱-۸-غلطک زنی میله گرد



- برای قطرهای ٤ تا ۱۵۰ میلیمتر مناسب است.

شکل ۱۲-۸- ابزار غلطک زنی پله داخل سوراخ



- سوراخهای مخروطی را از این طریق میتوان صیقل داد و فرم آن را نیز تا حدودی اصلاح کرد.
- سرعت ابزار تا ۸۰ متر در دقیقه نیز ممکن میباشد و در حدود ۱۰ دور گردش کافی است.

شکل ۱۳-۸- ابزار غلطک زنی مخروط