



دانشکده مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

عنوان پایان نامه

طراحی و ساخت مکانیزم ابزارگیر دستگاه تراش به منظور بررسی اثرات زاویه براده بر پدیده چتر

حسین بهروز

ارائه شده جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی مکانیک - گرایش ساخت و تولید

استاد راهنما:

دکتر علی اکبر اکبری

تابستان ۱۳۸۹



چکیده

در صنعت امروز با توجه به اینکه تولید قطعات با دقت ابعادی بالا و صافی زیاد، خیلی مهم است و یکی از جنبه های مهم و اقتصادی تولید و کنترل هزینه ها به شمار می رود، لذا سعی شده است عوامل متعددی که باعث پایین آمدن صافی سطحی قطعات تولیدی می شود کنترل شده و راه حل مناسبی برای کاهش اثرات آن ارائه شود.

ماشین کاری فلزات اغلب همراه با لرزش نسبی شدیدی بین قطعه کار و ابزار است که چتر گفته می شود و به علت اثرات بدی که بر سطح پایانی ، دقت ماشین کاری و عمر ابزار دارد پدیده ای نامطلوب است، مهمترین ویژگی چتر این است که به وسیله نیروهای خارجی متناوب ایجاد نمی شود یعنی چتر یک ارتعاشات خود بر انگیزخته است و انرژی لازم برای ایجاد خود را از عمل برش و از حرکت واحد محرکه ماشین ابزار و نه از خارج به دست می آورد.

در این تحقیق یک مکانیزم جدید ابزارگیر برای دستگاه تراش CNC ارائه شده است که قابلیت کنترل زاویه براده نرمال را بصورت آنلاین فراهم می کند. مکانیزم بر اساس ترکیب سه عضو ساخته شده است که با تغییر زاویه براده نرمال، لبه ابزار در فضا جابجا نمی شود. کنترل زاویه براده نرمال از طریق کنترل زوایای براده جانبی و براده محوری صورت می گیرد. البته در این مکانیزم امکان تغییر هر یک از زوایای براده جانبی و محوری نیز به طور مستقل وجود دارد. همچنین با استفاده از یک مدل دو درجه آزادی، فرآیند برش شبیه سازی شد و قابلیت استفاده از این ابزار برای کاهش چتر و افزایش پایداری دینامیکی فرآیند برش مورد بررسی قرار گرفته است.

فهرست مطالب

| | |
|----|---|
| ۸ | فهرست علائم اختصاری |
| ۱۰ | فهرست شکل ها |
| ۱۱ | مقدمه |
| | فصل اول: مکانیک برش |
| ۱۷ | ۱-۱ مکانیک تراش |
| ۱۸ | ۱-۲ نحوه تشکیل براده |
| ۲۰ | ۱-۳ انواع براده |
| ۲۰ | ۱-۳-۱ براده ممتد |
| ۲۱ | ۱-۳-۲ براده ممتد با لبه انباشته |
| ۲۲ | ۱-۳-۳ براده منفصل |
| ۲۴ | ۱-۴ کار انجام شده در برش |
| ۲۵ | ۱-۵ انقباض براده |
| ۲۶ | ۱-۶ متغیر های اصلی موثر بر انقباض براده |
| ۲۷ | ۱-۶-۱ اثر زاویه برش و شعاع نوک قلم روی انقباض براده |
| ۲۷ | ۱-۶-۲ اثر سرعت برشی روی انقباض براده |
| ۲۸ | ۱-۶-۲ اثر افزایش نرخ پیشروی روی انقباض براده |
| ۲۸ | ۱-۶-۳ اثر روانکار روی ضریب انقباض براده |

| | |
|----|--|
| ۲۸ | ۷-۱ اثر زاویه براده بر روی فرآیند |
| ۲۹ | ۷-۱-۱ اثر زاویه براده بر روی انرژی مخصوص تراش |
| ۲۹ | ۷-۲ اثر زاویه براده روی عمر قلم |
| ۳۰ | ۸-۱ نیروی مقاوم برشی و تجزیه و تحلیل آن |
| ۳۱ | ۹-۱ عملکرد نیروها روی ابزار و قطعه کار |
| ۳۲ | ۱۰-۱ توان مصرفی در برش فلزات |
| ۳۲ | ۱۱-۱ نیروی شخم |
| ۳۳ | ۱۲-۱ تئوری ارنست و مرچنت |
| ۳۴ | ۱۳-۱ مقایسه نتایج تئوری و تجربی زاویه صفحه برش |
| ۴۱ | ۱۴-۱ اصطکاک در برش فلزات |
| | فصل دوم: مکانیزم ابزارگیر دستگاه تراش |
| ۴۹ | ۲-۱ مکانیزم ابزارگیر با قابلیت کنترل زاویه ابزار |
| ۶۲ | ۲-۲ مکانیزم جدید ابزارگیر |
| ۶۲ | ۲-۲-۱ کنترل زاویه براده جانبی (مکانیزم ۱) |
| ۶۴ | ۲-۲-۲ کنترل زاویه براده محوری (مکانیزم ۲) |
| ۶۵ | ۲-۲-۳ کنترل زاویه براده نرمال (ترکیب مکانیزمهای ۱ و ۲) |
| ۶۷ | ۲-۳ مکانیزم های جایگزین برای محرک سیستم |
| ۶۸ | ۲-۴ مکانیزم ساده شده |

فصل سوم: ارتعاشات خودبرانگیخته در ماشین های ابزار

۶۹ ۳-۱ ارتعاشات خود برانگیخته در ماشین های ابزار

۶۹ ۳-۲ تعریف چتر

۷۴ ۳-۳ پدیده چتر در سیستم های ماشین ابزار ساده (فرآیند برش دینامیک)

۸۱ ۳-۴ پیش بینی پدیده چتر

۸۱ ۳-۴-۱ روشهای بهبود یافته جهت پیش بینی پدیده چتر در تراش کاری

۸۱ ۳-۴-۱-۱ تعیین پارامتر های پاسخ ساختاری

۸۲ ۳-۴-۲ روشهای بهبود یافته جهت پیش بینی پدیده چتر در تراش کاری

۸۲ ۳-۴-۲-۲ تعیین پارامتر های فرایند برش کاری

۸۴ ۳-۴-۲-۲ دینامیک فرآیند برش

۸۸ ۳-۵ عملیات ماشین کاری به صورت سیستم مدار بسته

۸۹ ۳-۵-۱ دینامیک ساختار ماشین ابزار

۹۰ ۳-۵-۲ دینامیک های فرآیند برش

فصل چهارم: روشهای کنترل چتر به کمک ابزارگیر جدید

۹۲ ۴-۱ روش پیشگیری

۹۳ ۴-۲ روش جلوگیری بعد از وقوع

| | |
|-----|---|
| ۹۴ | ۳-۴ روش نوسان دائمی زاویه تمایل |
| ۹۷ | ۴-۴ معادلات ساده شده مکانیک برش |
| ۹۸ | ۴-۵ رابطه نیروی برش با تغییرات زاویه براده |
| ۱۰۰ | ۴-۶ اندازه گیری نیروهای برش در تراشکاری متعامد از طریق آزمایش |
| ۱۰۲ | ۴-۷ نحوه آزمایش |
| ۱۰۳ | ۴-۸ مقایسه نتایج |
| ۱۰۴ | ۴-۹ شبیه سازی |
| ۱۰۷ | ۴-۹-۱ مدل دینامیکی ساده سازی شده |
| ۱۱۴ | نتایج |
| ۱۱۶ | مراجع |

فهرست علائم

| | |
|------------|--|
| v | سرعت برشی (m/s) |
| v_f | سرعت پیشروی (m/s) |
| γ | زاویه آزاد |
| α | زاویه براده |
| α_n | زاویه براده نرمال |
| β | زاویه اصطکاک |
| δ | زاویه برش |
| χ | زاویه تنظیم جلو |
| σ | زاویه تمایل |
| φ | زاویه صفحه برش |
| h_0, t_0 | ضخامت براده تغییر شکل نیافته (mm) |
| h | ضخامت براده (mm) |
| d | عمق برش (mm) |
| b | عرض براده (mm) |
| MRR | نرخ براده برداری (mm/s) |
| a_0 | سطح مقطع براده تغییر شکل نیافته (mm ²) |
| a | سطح مقطع براده (mm ²) |
| f | پیشروی به ازای یک دور (mm) |
| N | تعداد دور |

| | |
|------------|---|
| V_f | سرعت برشی در امتداد صفحه برش (mm/s) |
| V_s | سرعت لغزش براده (mm/s) |
| K | ضریب انقباض براده |
| r_c | نسبت تراش |
| D | قطر قطعه کار (mm) |
| Y | جابجائب نوک ابزار (mm) |
| K_s | نیروی مخصوص برش (N) |
| K_v | ضریب سرعت برش |
| K_T | ضریب جنس ابزار و نرخ براده برداری |
| K_W | ضریب سایش ابزار |
| K_Z | اثر تغییر ضخامت برش بر نیروی مخصوص برشی |
| K_α | ضریب زاویه براده |
| F_c, F_t | مولفه مماسی نیروی برشی |
| F_f, F_h | مولفه محوری نیروی برش |
| F_r | مولفه شعاعی نیروی برش |
| W | انرژی مخصوص تراش |
| P | توان برش |
| P_f | توان پیشروی |
| M | ممان خمشی |
| T | گشتاور پیچشی |
| η | راندمان |

| | |
|------------|-------------------|
| F_p | نیروی شخم |
| σ_s | تنش عمودی |
| τ | تنش برشی |
| μ | ضریب اصطکاک |
| m | ضریب جرم معادل |
| k | ضریب فنریت معادل |
| c | ضریب دمپینگ معادل |

فهرست شکل ها

- شکل (۱-۱) ماشینکاری مایل و متعامد ۱۷
- شکل (۲-۱) نمودار تنش - کرنش برای فولاد ۱۸
- شکل (۳-۱) خطوط لغزش در عمل برش ۱۹
- شکل (۴-۱) زوایای برش، براده و اصطکاک ۲۰
- شکل (۵-۱) براده پیوسته ۲۱
- شکل (۶-۱) براده با لبه انباشته ۲۲
- شکل (۷-۱) براده منفصل ۲۲
- شکل (۸-۱) مراحل تشکیل براده ۲۳
- شکل (۹-۱) تغییر شکل کریستالهای قطعه کار ۲۴
- شکل (۱۰-۱) تغییر ضخامت براده ۲۵
- شکل (۱۱-۱) اثر زاویه براده بر روی انرژی مخصوص تراش ۲۹
- شکل (۱۲-۱) تجزیه نیروی برآیند (F_R) به مولفه های نیروی برشی ۳۱
- شکل (۱۳-۱) دیاگرام نیروی اصطکاک بین قلم و سطح تراشیده شده ۳۳
- شکل (۱۴-۱) تجزیه نیروی برآیند F_R ۳۴
- شکل (۱۵-۱) دیاگرام تجزیه نیروها ۳۵
- شکل (۱۶-۱) نمودار کرنش کلی - تنش کلی ۳۶
- شکل (۱۷-۱) نمودار $\beta - \alpha - \varphi$ ۴۰
- شکل (۱۸-۱) نمای میکروسکوپی از سطح دو فلز در تماس با هم ۴۲
- شکل (۱۹-۱) مدل تراش متعامد با براده ممتد بدون لبه انباشته ۴۴

- ۵۱ شکل (۱-۲) مکانیزم ارائه شده توسط Fang و همکاران
- ۵۲ شکل (۲-۲) انحراف نوک ابزار در اثر تغییر زاویه تمایل
- ۵۳ شکل (۳-۲) چگونگی محاسبه معادله شیارهای منحنی
- ۵۶ شکل (۴-۲) رابطه بین طول حرکت استپر موتور و زاویه تمایل ابزار
- ۵۸ شکل (۵-۲) تصویر ابزارگیر ساخته شده
- ۵۹ شکل (۶-۲) شبیه سازی کامپیوتری از چگونگی عملکرد ابزارگیر
- ۵۹ شکل (۷-۲) چگونگی قرار گرفتن اجزاء مکانیزم در موقعیت های مختلف
- ۶۰ شکل (۸-۲) ارتباط نیروی برش و زاویه تمایل ابزار
- ۶۱ شکل (۹-۲) مکانیزم جدید ابزارگیر
- ۶۳ شکل (۱۰-۲) نحوه عملکرد ابزارگیر جدید
- ۶۴ شکل (۱۱-۲) نحوه کنترل زاویه براده محوری
- ۶۵ شکل (۱۲-۲) مدل کامپیوتری
- ۶۵ شکل (۱۳-۲) مدل معادل عضو شماره ۲
- ۶۵ شکل (۱۴-۲) ارتباط اجزای مکانیزم
- ۶۶ شکل (۱۵-۲) ترنباط اجزای مکانیزم
- ۶۶ شکل (۱۶-۲) مکانیزم چهارمیله برای اتصال محرک به متحرک
- ۶۷ شکل (۱۷-۲) مکانیزم طراحی شده برای کنترل زاویه براده در برش متعامد
- ۶۹ شکل (۱-۳) انواع ارتعاشات
- ۷۲ شکل (۲-۳) مدل یک درجه آزادی ماشین ابزار و فرآیند
- ۷۳ شکل (۳-۳) مکانیزم مد کوپلینگ
- ۷۴ شکل (۴-۳) ابزار تراش در حال برش متعامد

- شکل (۵-۳) مدل دو درجه آزادی ۷۵
- شکل (۶-۳) نمایش دیاگرام بلوک دینامیک های برش فلز ۸۷
- شکل (۱-۴) دیاگرام کنترل چتر به روش پیشگیری ۹۱
- شکل (۲-۴) دیاگرام کنترل چتر در مکانیزم جدید ابزارگیر ۹۲
- شکل (۳-۴) دیاگرام کنترل چتر به روش نوسان دائمی زاویه تمایل ۹۳
- شکل (۴-۴) سطح مقطع براده تغییر شکل نیافته ۹۴
- شکل (۵-۴) رابطه نیروی برش با تغییرات زاویه براده ۹۶
- شکل (۶-۴) مدل ابزارگیر طراحی شده ۹۸
- شکل (۷-۴) ابزارگیر ساخته شده بر روی دینامومتر ۹۸
- شکل (۸-۴) زوایای اولیه ابزار (نمای روبروی ابزار) ۹۹
- شکل (۹-۴) سیگنالهای دریافت شده از دینامومتر ۱۰۰
- شکل (۱۰-۴) نمودار نیروی پیشروی F_f بر حسب زاویه براده در دسته اول آزمایشات ۱۰۲
- شکل (۱۱-۴) نمودار نیروی اصلی F_c بر حسب زاویه براده در دسته اول آزمایشات ۱۰۲
- شکل (۱۲-۴) نمودار نیروی پیشروی F_f بر حسب زاویه براده در دسته دوم آزمایشات ۱۰۲
- شکل (۱۳-۴) نمودار نیروی اصلی F_c بر حسب زاویه براده در دسته دوم آزمایشات ۱۰۳
- شکل (۱۴-۴) نمودار نیروی پیشروی F_f بر حسب زاویه براده در دسته سوم آزمایشات ۱۰۳
- شکل (۱۴-۴) نمودار نیروی اصلی F_c بر حسب زاویه براده در دسته سوم آزمایشات ۱۰۳
- شکل (۱۵-۴) زاویه نیروی برش با راستای سرعت برشی ۱۰۴
- شکل (۱۶-۴) رابطه نیروهای برش با زاویه براده ۱۰۵
- شکل (۱۷-۴) مدل دو درجه آزادی برای دستگاه تراش ارائه شده توسط Trang ۱۰۶

مقدمه

مقدمه

در صنعت امروز با توجه به اینکه تولید قطعات با دقت ابعادی بالا و صافی زیاد، خیلی مهم است و یکی از جنبه های مهم و اقتصادی تولید و کنترل هزینه ها به شمار می رود، لذا سعی شده است عوامل متعددی که باعث پایین آمدن صافی سطحی قطعات تولیدی می شود کنترل شده و راه حل مناسبی برای کاهش اثرات آن ارائه شود، همچنین کاهش زمان ماشینکاری نقش بسزائی در کاهش هزینه تولید دارد از این رو دانشمندان علم ماشین ابزار به دنبال ساخت ماشینهایی با سرعت ماشین کاری بیشتر، دقت بیشتر و کیفیت سطوح بهتر می باشند.

ارتعاشات خود بر انگیخته ماشین های ابزار که چتر نامیده می شود یکی از عوامل محدود کننده در عملیات ماشینکاری محسوب می گردد. این پدیده تاثیرات نامطلوبی بر کیفیت سطح قطعه کار، دقت ابعادی، سایش ابزار و عمر قطعات ماشین ابزار می گذارد. همچنین این پدیده سبب ایجاد سروصدای بسیار شدیدی در محیط کار می شود. مهمترین عامل موثر در ایجاد ارتعاشات چتر پدیده خودبرانگیختگی در نوسانات بین قطعه کار و ابزار گیر می باشد. این ارتعاشات بر اثر تاثیر متقابل دینامیک ماشین ابزار و فرایند تشکیل براده ایجاد می شود. روشهای فعال و غیرفعال متعددی برای حذف ارتعاشات چتر از سیستم ارائه شده است. اکثر روشهای ارائه شده بر مبنای برهم زدن خود برانگیختگی امواج در فرایند ماشینکاری عمل می کنند.

هندسه ابزار نقش مهمی در پارامترهای فرآیندهای ماشین کاری از قبیل نیروهای برش، عمر ابزار، پرداخت سطح، شکل گیری براده و شکست براده دارد. یکی از مهمترین پارامترهای هندسی ابزار، زاویه براده است که در فرآیند برش نقش کلیدی دارد. دستگاه های تراش موجود قابلیت کنترل زوایا را ندارند اما در صورتی که این امکان فراهم شود می توان از آن برای مطالعه اثرات زاویه براده بر فرآیند ماشینکاری استفاده کرد همچنین با استفاده از این ابزار گیر می توان پارامتر های ماشینکاری را بهینه سازی نمود.

یکی از مهمترین مسائل در ماشین های ابزار ارتعاشات ماشین ابزار و خصوصا ارتعاشات خودبرانگیخته می باشد، که می توان با استفاده از این ابزارگیر جدید شرایط پایداری دینامیکی ماشین ابزار را نیز بهبود بخشید.

خلاصه

در این پایان نامه ابتدا به طور کامل به بررسی مکانیک برش پرداخته شده است چرا که برای بررسی اثرات استفاده از ابزارگیر جدید نیازمند مدل سازی فرآیند برش می باشیم، لذا در یک فصل به صورت کامل تئوری های مهم مکانیک برش توضیح داده شده است. در ادامه کارهای قبلی در زمینه طراحی مکانیزم های ابزارگیر با قابلیت کنترل زوایا بیان شده و مزایا و معایب هر یک مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل سوم مکانیزم جدید ابزارگیر طراحی شده ارائه می شود. همچنین کاربرد جدیدی برای این نوع ابزارگیر پیشنهاد شده که برای افزایش پایداری دینامیکی فرآیند می باشد در نتیجه لازم بود بررسی های دقیقی در مورد ارتعاشات خود برانگیخته چتر ارائه شود که در فصل چهارم به طور کامل به این موضوع پرداخته شد.

در فصل پنجم برای مدل سازی دینامیکی از مدل های ساده سازی شده مکانیک برش و دینامیک ماشین ابزار استفاده شده است. یک مدل گسسته دو درجه آزادی برای مدلسازی دینامیکی فرایند تراش استفاده شده است. در این مدل نیروهای براده برداری با استفاده از تئوری تخمین نیروی ماشینکاری و بر اساس مدل نیرویی مرچنت* محاسبه شده اند. همچنین تغییرات پارامترهایی مثل زوایای ابزار و سایر پارامترهای ماشینکاری در این مدل در نظر گرفته می شود.

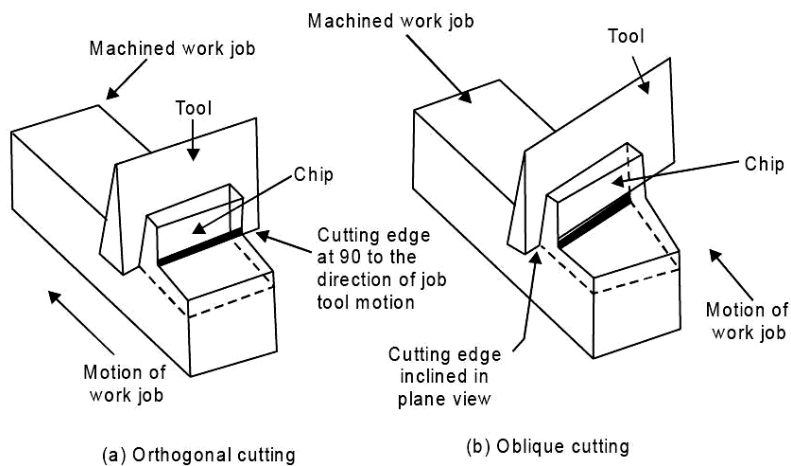
فصل اول

مکانیک برش

۱ - ۱ مکانیک تراش

مقدار فلزی که توسط ابزار تراش از قطعه کار بریده می شود، براده^۱ نامیده می شود. عمل برش (یا تشکیل براده) یکی از مراحل پیچیده فیزیکی است که شامل دو تغییر شکل الاستیک و پلاستیک می باشد. این عمل همراه با مقدار زیاد اصطکاک، تولید حرارت و تشکیل لبه انباشته، پیچیدن و انقباض براده، سخت شدن سطح ماشین کاری شده و سایش ابزار می باشد. مسئله مهم پیدا کردن یک اصل و قانون فیزیکی که حاکم بر عمل برش فلزات است می باشد. حل صحیح و کامل این مسئله موقعی است که قادر باشیم عمل برش را کنترل و کیفیت آنرا از نظر اقتصادی بالا ببریم. [1,2,3]

حالت عمومی از عملیات برش را که برش سه بعدی می باشد، برش مایل^۲ می نامند (شکل ۱-۱) و حالت خاص یعنی وقتی لبه برنده ابزار بر امتداد حرکت عمود است برش متعامد^۳ می نامند.



شکل (۱-۱) ماشینکاری مایل و متعامد

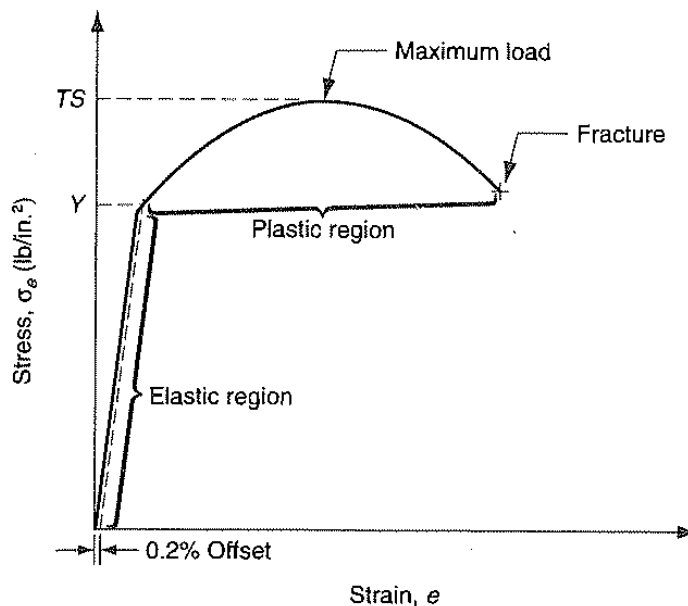
¹.Chip

².Oblique cutting

³.Orthogonal cutting

۱-۲ نحوه تشکیل براده

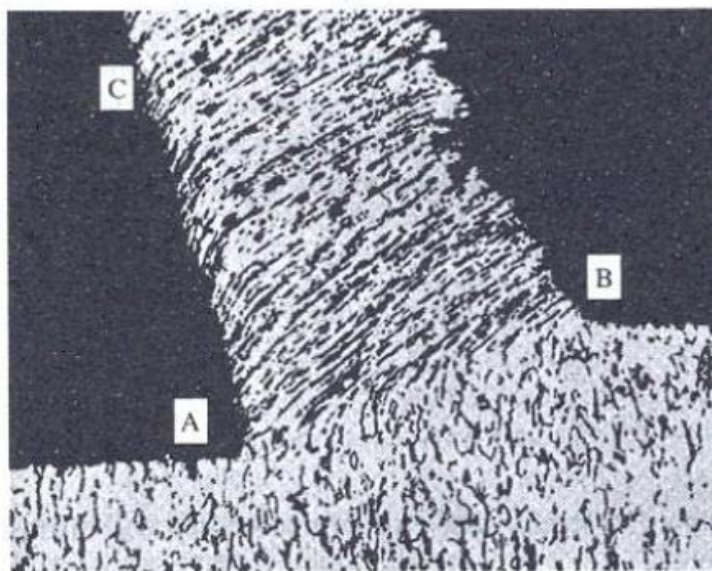
عمل ابزار برش تابع فشردگی لایه های بریده شده می باشد. نمودار تنش - کرنش برای فولاد نرم که نمونه تحت کشش واقع است در شکل (۱-۲) نشان داده شده است. Y را حد پلاستیک می نامند، ابتدا تا نقطه Y تغییر شکل الاستیک (برگشت پذیر) صورت می گیرد و از نقطه Y تا TS فلز جریان پیدا می کند (غیر برگشت پذیر) تا اینکه در نقطه F گسیخته می شود. تغییر شکل پلاستیکی شامل تغییر مکان لایه های دیگر است که ضخامت لغزش نامیده می شود و در جهت ماکزیمم تنش صورت می گیرد. [2]



شکل (۱-۲) نمودار تنش - کرنش برای فولاد

مکانیزم تغییر شکل پلاستیکی را با مطالعه تک بلور فلزی بهتر می توان درک کرد. وقتی بلورهای فلزی در معرض نیروهای خارجی که به اندازه کافی بزرگ هستند قرار می گیرند، تغییر شکل پلاستیکی رخ می دهد، یعنی اتمها بطور نامنظم و اتفاقی حرکت نمی کنند، بلکه حرکتشان در جهت های معینی در درون شبکه های فضایی انجام می شود .

لغزش در امتداد صفحه های بلوری معینی، موسوم به صفحه های لغزشی، و در جهت کریستالوگرافی مشخصی انجام می شود. این مجموعه به نام سیستم لغزشی معروف است. هرگاه بسیاری از سیستمهای لغزشی آماده باشند، تغییر شکل پلاستیکی نسبتاً آسان صورت می گیرد، در حالیکه با کم شدن سیستمهای لغزشی، لغزش مشکل تر می گردد و در این حالت است که می گویند فلز محکم تر و کم انعطاف تر است. خطوط لغزش یک بلور فلزی در شکل (۳-۱) نشان داده شده است. [3]



شکل (۳-۱) خطوط لغزش در عمل برش

زمانی که یک ماده دو فازی تراشیده میشود مثلاً یک فولاد هیپوپوتکتوئید که تکه هایی از پرلیتی که تقریباً کروی است را دارا می باشد این تکه ها هنگام عبور از ناحیه برش به حالت بیضی گون تغییر شکل می دهند و یک زاویه به صفحه برش می سازند .

مرچنت (۱۹۴۵) رابطه ای را بین زاویه براده، زاویه برش و زاویه اصطکاک (β و ϕ و α) ارائه داده است

و توئتر نیز خطایی که این رابطه داشته است را تصحیح نموده است . (شکل ۴-۱)