دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مکانیک

تاثیر پارامترهای مختلف ماشینکاری بر روی زبری سطح در ماشینکاری به وسیله ابزار چرخان جدید فرز

پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک گرایش ساخت و تولید

داود ایمانیان

استاد راهنما:

دکتر علیرضا فدایی تهرانی

۱۳۹۰

حمد و سپاس خدای را عز و جل که هر زمان او را خواندم اجابت کرد و هر زمان مرا خواند کوتاهی کردم اما باز مرا مورد لطف خود قرار داد تا از جویندگان علم بینهایتش باشم.

بر خود لازم می‌دانم از حمایت‌ها، زحمات و راهنمایی‌های آقای دکتر علیرضا فدایی تهرانی ، استاد راهنمای بزرگوار و آقای امین الله محمدی و برادر عزیزم احسان ایمانیان که زحمت استاد مشاوره پایان نامه مرا بر عهده داشتند صمیمانه تشکر و قدردانی کنم. همچنین شایسته است مراتب قدردانی خود را نسبت به پرسنل و مدیریت شرکت فراکوش سپاهان به خاطر مساعدت و حمایت های بی دریغشان ابراز کنم.

از پدر و مادر عزیزم که تمام موفقیت‌های زندگی‌ام را مدیون و مرهون آنها می‌دانم و بدون حمایت‌های دلسوزانه آنها سطری از این پایان نامه نگاشته نمی شد صمیمانه تشکر و قدر دانی می کنم.

تقدیم به

مادر مهربانم و پدر عزیزم که وجودشان برایم سراسر مهر است.

آنانکه توانشان رفت تا به توانایی برسم و مویشان سپیدی گرفت تا رویم سپید بماند.

آنانکه فروغ نگاهشان، گرمی دستانشان و روشنی رویشان سرمایه‌های جاودانی زندگی‌ام هستند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب..... هشت
چکیده ۱
فصل اول
مقدمه‌ای بر ماشینکاری ۲
۱-۱ مقدمه ۲
۱-۲ نگاهی اجمالی بر ماشین های فرز ۳
۱-۳ زوایای ابزار در فرایند فرزکاری ۵
۱-۴ لبه انباشته در برش فلزات ۷
۱-۵ انواع براده ۷
۱-۶ مشخصات براده ۹
۱-۷ عمر ابزار ۱۰
۱-۷-۱ شکل ظاهری سایش در فلز تراشی ۱۰
۱-۷-۲ اثر لبه انباشته بر عمر ابزار ۱۱
۱-۷-۳ گودال فرسایش ۱۲
۱-۸ زبری سطح ۱۲
۱-۸-۱ کیفیت سطح و پارامترهای موثر بر آن ۱۴
۱-۹ آنچه در فصول بعدی می خوانیم ۱۴
فصل دوم
سیر رشد ابزارهای برشی ۱۵
۲-۱ مقدمه ۱۵
۲-۲ مطالعه بر روی جنس و پوشش ابزارها ۱۶
۲-۲-۱ ابزارهای اولیه ۱۶
۲-۲-۲ ابزارهای تندبر متالوژی پودر ۱۷
۲-۲-۳ پوشش دادن ابزار های برشی ۱۷
۲-۲-۴ پوشش های چند لایه ۱۷
۲-۲-۵ مواد روانکار ۱۷
۲-۲-۶ هندسه ابزارهای برشی ۱۸
۲-۲-۷ استفاده از ابزارهای چند لبه برشی ۱۸
۲-۲-۸ استفاده از ابزارهای چرخشی ۱۹
۲-۲-۹ برش قائم و مایل ۲۰
۲-۳ هندسه برداشت ماده ۲۱
۲-۴ ابزارهای چرخان و خود چرخان ۲۲

۲-۴-۱ کاربرد ابزارهای چرخشی ۲۲
۲-۵ تحقیقات منتخب انجام شده در ارتباط با موضوع پروژه ۲۳
فصل سوم
طرح های ابزارهای چرخشی ۲۵
۳-۱ مقدمه ۲۵
۳-۲ از ایده تا محصول ۳۳
۳-۲-۱ دوران اینسرت ۳۳
۳-۲-۲ کنترل زوایای هندسی ابزار ۳۶
۳-۲-۳ کنترل نیروهای محوری و شعاعی ۳۸
۳-۲-۴ نحوه جلوگیری از ورود براده به سیستم ۳۹
۳-۲-۵ نحوه انتقال جریان الکتریسیته به موتور در حین دوران ابزار ۴۰
۳-۳ قسمت های مختلف ابزار چرخان فرز ۴۱
۳-۴ مزایای طرح پیشنهادی ۴۵
فصل چهار
مروری برطراحی و آزمایش ۴۷
۴-۱ اهمیت طراحی آزمایش ۴۷
۴-۲ تاریخچه استفاده از طراحی آزمایش ۴۹
۴-۳ تعریف و اصطلاحات ۴۹
۴-۴ انواع طرح های آزمایش ۵۰
۴-۴-۱ طراحی آزمایش کامل ۵۰
۴-۵ شبکه‌های عصبی بیولوژیکی ۵۱
۴-۵-۱ مدل ریاضی نرون و توابع انتقال ۵۳
۴-۵-۲ معماری شبکه های عصبی ۵۴
۴-۵-۳ توپولوژی شبکه‌های عصبی مصنوعی ۵۶
۴-۵-۴ مراحل ساخت، آموزش و تست شبکه عصبی ۵۶
فصل پنجم
طراحی آزمایش، تجهیزات و آزمایشهای انجام شده ۶۴
۵-۱مقدمه ۶۴
۵-۲ هدف از انجام آزمایش ۶۴
۵-۳ روش انجام کار ۶۵
۵-۴ نحوه انجام آزمایش ۶۶
۵-۵ نتایج حاصل از آزمایشات ۶۷
۵-۶ بررسی و تحلیل نتایج آزمایش بر روی زبری سطح ۶۸
۵-۶-۱ تاثیر زاویه تنظیم بر زبری سطح ۶۸
۵-۶-۲ تاثیر سرعت برش بر زبری سطح ۶۹

۵-۶-۳ تاثیر سرعت پیشروی بر زبری سطح ۶۹
۵-۶-۴ نوع براده ۷۲
۵-۶-۵ مطالعه بر روی لبه انباشته و عمر ابزار در ابزار چرخان فرز، ابزار خود گردان و ابزار ثابت ۷۳
۵-۷ مدل سازی به وسیله شبکه عصبی ۷۴
فصل ششم
نتیجه گیری و پیشنهادات ۷۶
۶-۱ نتیجه گیری ۷۶
۶-۲ پیشنهادات ۷۷
منابع و مراجع ۷۹
پیوست ها ۸۱

فهرست شکل‌ها، جداول و نمودارها

عنوان **صفحه**

شکل ۱- ۱ فرایند برش فلزات ۳
شکل ۱- ۲ ماشین فرز افقی ۴
شکل ۱- ۳ ماشین فرز عمودی ۵
شکل ۱- ۴ زاویه براده محوری در ابزارهای کف تراش فرز ۵
شکل ۱- ۵ زاویه براده شعاعی در ابزارهای کف تراش فرز ۶
شکل ۱- ۶ ابزارهای دو مثبت، دو منفی و منفی- مثبت در ابزارهای کف تراش فرز ۶
شکل ۱- ۷ براده ممتد ۸
شکل ۱- ۸ براده ممتد با لبه انباشته ۸
شکل ۱- ۹ براده منفصل ۹
شکل ۱- ۱۰ سایش در سطح براده و آزاد ابزار ۱۰
شکل ۱- ۱۱ حفاظت لبه ابزار بوسیله لبه انباشته ۱۱
شکل ۱- ۱۲ ایجاد ترک در سطح ابزار در اثر تفاوت در ضریب انبساط حرارتی ابزار الماسه و لبه انباشته ۱۱
شکل ۱- ۱۳ دستگاه زبری سنج ***Mahr M2*** ۱۲
شکل ۱- ۱۴ منحنی زبری سطح ۱۳
شکل ۲- ۱ شمایی از یک دستگاه تراش قدیمی ۱۶
شکل ۲- ۲ ابزارهای چند لبه برشی ۱۹
شکل ۲- ۳ انواع مختلف اینسرت های برشی ۱۹
شکل ۲- ۴ دوران اینسرت ماشینکاری در ابزارهای چرخشی ۲۰
شکل ۲- ۵ دوران ابزار و اینسرت بسته شده بر روی آن در ابزار خودچرخان تراشکاری ۲۰
شکل ۲- ۶ شکل الف برش قائم و شکل ب برش مایل ۲۱
شکل ۲- ۷ الف برش قائم، ب برش مایل و ج نیروی مماسی در برش مایل ۲۱
شکل ۲- ۸ ابزار خود چرخان تراش ۲۲
شکل ۳- ۱ نمونه ای از ابزار خودچرخان تراش ۲۶
شکل ۳- ۲ نمونه ای از ابزار چرخان تراش ۲۶
شکل ۳- ۳ نمونه ای از ابزار خود چرخان ۲۷
شکل ۳- ۴ نمونه ای از ابزار خود چرخان فرز ۲۸
شکل ۳- ۵ ابزار خود چرخان تراش در حین عملیات ماشینکاری ۲۸
شکل ۳- ۶ ابزار چرخان فرز کاری که در آن از پشت ابزار به عنوان لبه برنده استفاده می شد ۲۹
شکل ۳- ۷ ابزار چرخان که بر روی ماشین تراش نصب شده است ۳۰
شکل ۳- ۸ ابزار ثابت و خود چرخان تراش ۳۰
شکل ۳- ۹ سه نمونه از ابزارهای خودچرخان ساخته شده توسط شرکت روتاری تک ۳۱
شکل ۳- ۱۰ نمونه هایی از ابزارهای خودچرخان تراشکاری طراحی و ساخته شده در شرکت فراکوش سپاهان ۳۱
شکل ۳- ۱۱ ابزارخود چرخان تراش و فرز طراحی و ساخته شده در دانشگاه صنعتی اصفهان ۳۲
شکل ۳- ۱۲ ابزار چرخان فرز طراحی و ساخته شده در دانشگاه صنعتی اصفهان ۳۲
شکل ۳- ۱۳ استفاده از چرخدنده مارپیچ جهت انتقال قدرت به اینسرت ۳۴
شکل ۳- ۱۴ استفاده از چرخ حلزون و پیچ حلزون جهت انتقال قدرت به اینسرت ۳۴

شکل ۳- ۱۵ استفاده از چرخدنده مخروطی جهت انتقال قدرت به اینسرت ۳۵
شکل ۳- ۱۶ انتخاب چرخدنده مارپیچ جهت انتقال قدرت به اینسرت ۳۵
شکل ۳- ۱۷ طرح اولیه جهت تغییر و مطالعه بر روی زاویه تنظیم ابزار ۳۶
شکل ۳- ۱۸ ..... ۳۷
شکل ۳- ۱۹ ..... ۳۷
شکل ۳- ۲۰ شیار چاکدار جهت تغییر در زاویه تنظیم ابزار ۳۷
شکل ۳- ۲۱ استفاده از شیار چاکدار جهت تغییر زوایای براده و آزاد ابزار ۳۸
شکل ۳- ۲۲ یاتاقان شعاعی ۳۸
شکل ۳- ۲۳ یاتاقان محوری ۳۹
شکل ۳- ۲۴ یاتاقان تماس زاویه ای ۳۹
شکل ۳- ۲۵ استفاده از کاسه نمد جهت جلوگیری از ورود براده و خروج روغن ۴۰
شکل ۳- ۲۶ استفاده از رینگ مسی و الکترودهای زغالی برای انتقال جریان الکتریسیته به موتور ۴۰
شکل ۳- ۲۷ ..... ۴۱
شکل ۳- ۲۸ شافت اصلی ۴۲
شکل ۳- ۲۹ شافت فرعی ۴۲
شکل ۳- ۳۰ ..... ۴۳
شکل ۳- ۳۱ ..... ۴۴
شکل ۳- ۳۲ نحوه تغییر در زاویه تنظیم ابزار ۴۴
شکل ۳- ۳۳ نحوه تغییر در زاویه براده و آزاد ابزار ۴۵
شکل ۳- ۳۴ ..... ۴۶
شکل ۴- ۱ شبکه عصبی واقعی ۵۲
شکل ۴- ۲ شبکه عصبی بیولوژیکی ۵۲
شکل ۴- ۳ مدل ریاضی نرون تک ورودی ۵۳
شکل ۴- ۴ نرون با چند ورودی ۵۴
شکل ۴- ۵ شبکه تک لایه ۵۴
شکل ۴- ۶ شبکه تک لایه ۵۵
شکل ۴- ۷ شبکه چند لایه ۵۶
شکل ۴- ۸ نمودار خروجی در برابر هدف ۶۱
شکل ۵- ۱ فرز تبریز مدل ***FP4MK*** ۶۵
شکل ۵- ۲ تاثیر افزایش زاویه تنظیم بر عرض براده و لبه موثر ابزار ۶۸
شکل ۵- ۳ تاثیر پیشروی و سرعت برشی بر زبری سطح ۷۱
شکل ۵- ۴ تاثیر پیشروی و زاویه تنظیم بر زبری سطح ۷۱
شکل ۵- ۵ تاثیر زاویه تنظیم و سرعت برش بر زبری سطح ۷۱
شکل ۵- ۶ تبدیل براده از حالت حلزونی شکل تخت به حلزونی شکل مخروطی و مخروطی مارپیچ با افزایش زاویه تنظیم. ۷۳
شکل ۵- ۷ افزایش پیشروی(چپ به راست) باعث افزایش ضخامت براده، شکستن سریعتر براده و کوتاه شدن طول براده می شود ۷۳
شکل ۵- ۸ از راست به چپ لبه انباشته را در ابزار چرخان، ابزار خود چرخان و ابزار ثابت نشان می دهد ۷۴
شکل ۵- ۹ ترک و شکستگی در لبه ابزار ۷۴
شکل ۵- ۱۰ نمودار خروجی شبکه بر حسب خروجی مطلوب ۷۵
جدول ۱- ۱ زبری سطح و نماد آن ۱۳
جدول ۵- ۱ متغیرهای آزمایش و سطوح آنها ۶۵
جدول ۵- ۲ پارامترهای آزمایش و سطوح مربوط به هر کدام ۶۶

جدول ۵- ۳ ترتیب انجام آزمایش و نتایج حاصل از آنها ۶۷
جدول ۵- ۴ مقادیر بهینه ۸۶
نمودار ۵- ۱ تاثیر زاویه تنظیم ابزار بر زبری سطح..... ۶۸
نمودار ۵- ۲ تاثیر سرعت برش بر زبری سطح ۶۹
نمودار ۵- ۳ تاثیر سرعت پیشروی بر زبری سطح ۷۰
نمودار ۵- ۴ تاثیر متقابل هر کدام از پارامترهای ماشینکاری بر زبری سطح ۷۲

چکیده:

جهت انجام این تحقیق ابتدا عملکرد ابزارهای برشی مورد بررسی قرار گرفته و ابزارهای چرخشی مطالعه شدند؛ تحقیقاتی که در این زمینه در ایران و جهان انجام شده، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. سپس بر اساس نتایج حاصل از تحقیقات و همچنین اهداف مورد نظر در این پروژه، ابزار چرخان جدیدی با قابلیت های منحصر به فرد، طراحی و ساخته شده است. تست های اولیه ای بر روی ابزار انجام گرفته و بر آن اساس سطوح پارامترهای ماشینکاری انتخاب شدند. متغیرهای مستقل مورد مطالعه در این رساله سرعت برشی، پیشروی و زاویه تنظیم ابزار می‌باشند و زبری سطح به عنوان متغیر وابسته مورد مطالعه قرار گرفته است. برای هر کدام از متغیرهای مستقل سه سطح انتخاب شده است. طراحی آزمایش به روش فاکتوریل کامل و مدل سازی فرایند به وسیله شبکه عصبی و نرم افزار**Matlab**، انجام شده است. نتایج حاصل از این تحقیقات نشان می‌دهد که با افزایش سرعت برشی زبری سطح کاهش یافته است. با افزایش زاویه تنظیم ابزار زبری سطح کاهش می‌یابد. با افزایش پیشروی زبری سطح افزایش می‌یابد. همچنین نوع براده تشکیل شده و روند سایش در ابزار چرخان، خود چرخان و ثابت بررسی شده است. در نهایت فرایند به وسیله شبکه عصبی مدل سازی شده است.

فصل اول

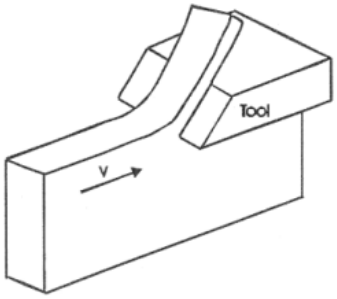
مقدمه‌ای بر ماشینکاری

۱-۱ مقدمه

عمل برشیا تشکیل براده یکی از مراحل پیچیده فیزیکی در عملیات ماشینکاری است که شامل دو تغییر شکل الاستیک و پلاستیک می‌باشد. این عمل با مقدار زیادی اصطکاک ، تولید حرارت و تشکیل لبه انباشته، پیچیدن و انقباض براده ، سخت شدن سطح ماشینکاری شده و سایش ابزار همراه می‌باشد. تغییر شکل پلاستیکی شامل، تغییر مکان لایه‌های معینی از فلز نسبت به امتداد لایه‌های دیگر است که ضخامت لغزش نامیده می‌شود؛ و در جهت ماکزیمم تنش صورت می‌گیرد. مکانیزم تغییر شکل پلاستیکی را با مطالعه تک بلور فلزی بهتر می‌توان درک کرد. وقتی بلورهای فلزی در معرض نیروهای خارجی که به اندازه کافی بزرگ هستند قرار می‌گیرند، تغییر شکل پلاستیکی رخ می‌دهد. یعنی اتمها بطور نامنظم و اتفاقی حرکت نمی‌کنند؛ بلکه حرکتشان در جهت‌های معینی در درون شبکه فضایی انجام می‌شود. لغزش در امتداد صفحات معینی ، موسوم به صفحه‌های لغزشی و در جهت کریستالوگرافی مشخصی انجام می‌شود. این مجموعه به نام سیستم لغزشی معروف است. هرگاه بسیاری سیستم‌های لغزشی آماده باشند، تغییر شکل پلاستیکی نسبتاً آسان صورت می‌گیرد؛ در حالی که با کم شدن سیستم های لغزشی، لغزش مشکل‌تر می‌گردد و در این حالت است که می‌گویند فلز محکم‌تر و کم انعطاف‌تر است. مقداری از فلز که بوسیله ابزار برش از قطعه کار بریده می‌شود، براده نامیده می‌شود.

عمل برش فلزات حاصل حرکت نسبی بین ابزار برش و قطعه کار می‌باشد؛ که در نتیجه آن مقداری از فلز ، به عمق برش و به شکل براده، از قطعه کار جدا می‌شود. حرکت های مورد نیاز در ماشین‌های ابزار با توجه به نوع عمل ماشینکاری مشخص می‌شوند و حرکت برش و حرکت تغذیه ممکن است به ابزار یا قطعه کار اختصاص پیدا کند. در هنگام ماشینکاری مقاومتی که قطعه کار در برابر تغییر شکل از خود نشان می‌دهد، بصورت یک نیروی برشی روی ابزار اثر می‌کند و عکس العمل این نیرو به قطعه کار وارد می‌شود. قسمت‌های مختلف ماشین‌های ابزار (از قبیل اسکلت آن، میزکار، ابزارگیر و غیره) بایستی قادر باشند این نیروها را تحمل کرده و اجزاء محرک و متحرک آن بتوانند گشتاور لازم در

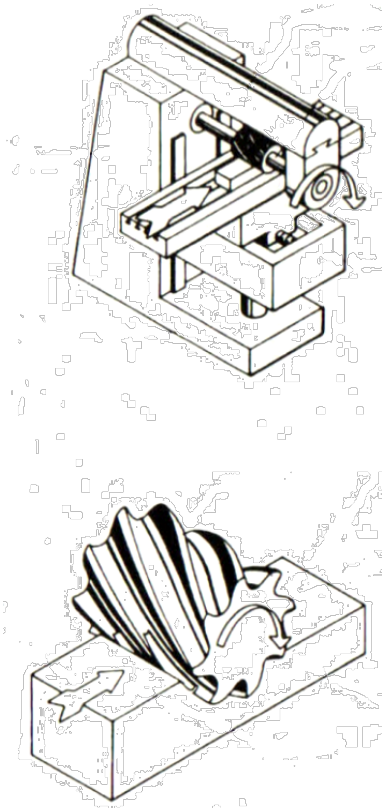
سرعت‌های مختلف را تامین نمایند[۱].عملیات برش را می‌توان به فرایند نشان داده شده در شکل۱-۱ تشبیه نمود . در این فرایند ابزار به فرم گوه دارای لبه برنده بوده و حرکت آن نسبت به قطعه کار به طریقی کنترل و محدود می‌شود تا بتواند لایه ای از فلز را از آن جدا نماید.



شکل ۱- ۱فرایند برش فلزات[۲]

۱-۲نگاهی اجمالی بر ماشین های فرز

ماشینهای فرز در دو نوع کلی افقی و عمودی ساخته می‌شوند. مشخصه افقی و عمودی، امتداد محور اصلی ماشین رامشخص می‌کنند. در ماشین فرز افقی، تیغه فرز به محوری افقی، که خود به کمک محور اصلی به چرخش در می‌آید، بسته می‌شود. بنابراین ابزار می‌چرخد و قطعه کار به صورت پیوسته پیشروی می‌کند (در جهت **X** یا **Y** و یا **Z**).
ساده ترین عمل ماشینکاری در این ماشینها، فرزکاری با تیغه غلتکی است، که برای تولید سطحی افقی روی قطعه‌کار انجام می‌شود(شکل۱-۲).
پیشرویدرماشینکاریبهدوصورتهمراهومعکوسانجاممی‌شود.
درماشینکاریهمراه،جهتپیشرویوبرشدریکجهتاست؛ولیدرحالتمعکوس،جهتپیشرویوبرشدرخلافهممی‌باشد.
شواهدحاکیازآناستکهدرفرزکاریمعکوسباتیغهفرزغلتکی،بهنیروو توانکمترینیازاست.امافرزکاریهمراهمستلزمصلابتماشینوو سایلنگهدارندهقلموقطعهکاراست.



شکل ۱- ۲ماشین فرز افقی[۱].

در ماشین فرز عمودی تیغه فرز به محوری عمودی، که خود به کمک محور اصلی به چرخش در می‌آید، بسته می‌شود. بنابراین قلم می‌چرخد و قطعه کار یا کلگی فرز به صورت پیوسته پیشروی می‌کند (در جهت **X** یا **Y** و یا **Z**).با استفاده از ماشین فرز عمودی، انواع مختلف عملیات ماشینکاری سطوح افقی، عمودی یا مورب انجام می‌شود(شکل ۱-۳).

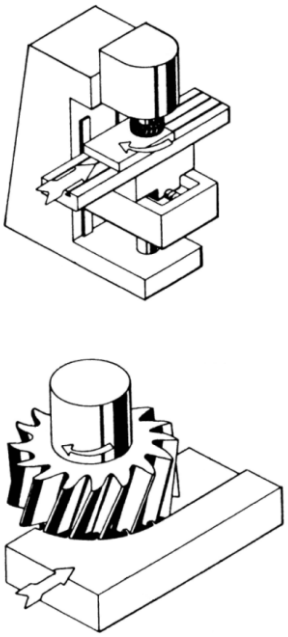
همانطور که از نام این ماشین بر می‌آید محور اصلی آن عمودی است. در ماشین فرز عمودی قطعه کار را می توان در یکی از سه امتداد زیر پیشروی داد:

۱- در امتداد محور عمودی (حرکت **Z**).

۲- در امتداد محور افقی (حرکت **Y**).

۳- در امتداد محور افقی (حرکت **X**).

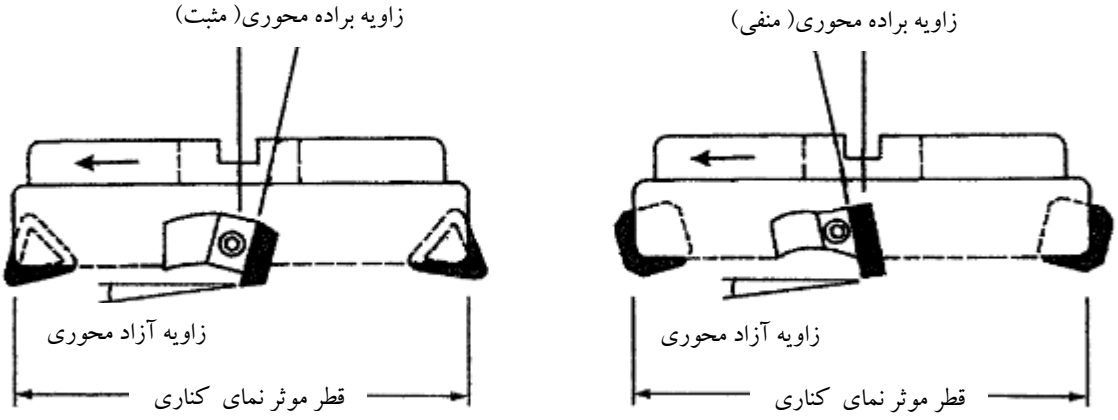
تیغه فرزهایی که در ماشینهای عمودی به کار می‌روند، معمولاً یا سوراخی در میان دارند و یا دارای تنه استوانه ای هستند. آن دسته از تیغه‌ها که سوراخ دارند، به میله ای متصل می‌شوند، که خود به وسیله میله کششی به درون مادگی، واقع در محور اصلی، کشیده و به آن محکم می شود. آن دسته از تیغه هایی که تنه استوانه ای دارند به کمک سه نظام یا از طریق فشنگی، بر قسمت کلگی وارد شده به محور اصلی بسته می شوند. دراین نوع ماشین قطعه‌کار را با استفاده از گیره یا روبنده به میز کار می بندند[۲].



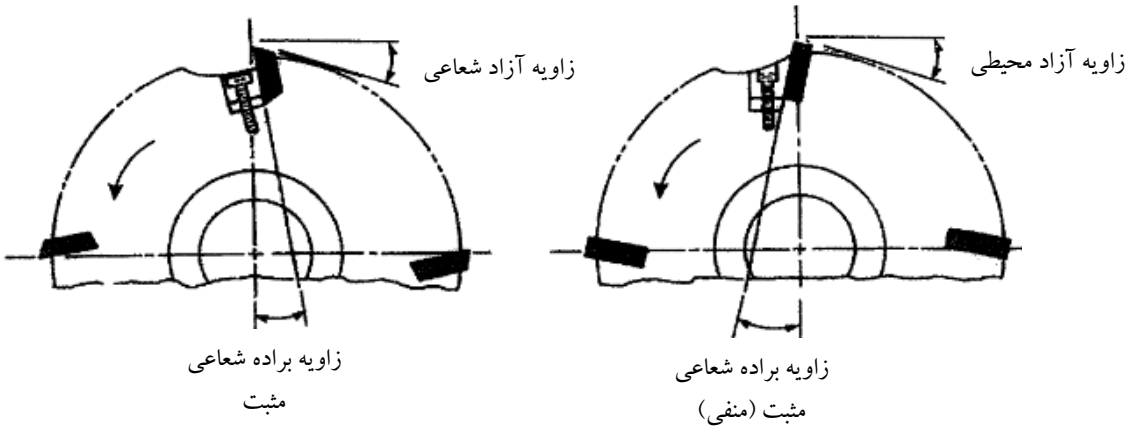
شکل ۱- ۳ماشین فرز عمودی[۱]

۱-۳ زوایای ابزار در فرایند فرزکاری

در شکل۱-۴ تا۱ -۶ زوایای ابزارفرزکاری در حالت کف تراشی مشاهده می شود

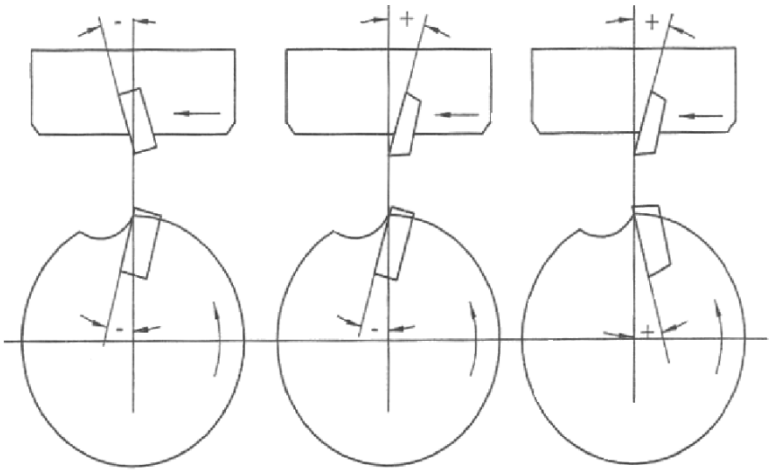


شکل ۱- ۴زاویه براده محوری در ابزارهای کف تراش فرز[۳].



شکل ۱- ۵زاویه براده شعاعی در ابزارهای کف تراش فرز[۳].

وقتی زاویه براده شعاعی و زاویه براده محوری هر دو مثبت باشند دو مثبت[۱] و وقتی هر دو منفی باشند دو منفی[۲] و در صورتی که زاویه براده محوری منفی و زاویه براده شعاعی مثبت باشد منفی- مثبت[۳] گویند(شکل۱-۶).



شکل ۱- ۶ابزارهای دو مثبت، دو منفی و منفی- مثبت در ابزارهای کف تراش فرز[۴].

ابزارهای دو منفی در مقابل ضربه مقاوم اند و برای عملیات کف تراشی های با حجم بالا مناسب اند. برای این عملیات ها دستگاه های قدرتمند و استوار مورد نیاز است. برای ماشینکاری های ظریف و پرداخت، ابزارهای دو مثبت پیشنهاد می شود. برای ماشینکاری هایی که نیاز به کیفیت سطح بالا دارد و بخواهیم جهت جریان براده به سمت خارج ابزار باشد از ابزارهای منفی- مثبت استفاده می کنیم.

[1] **Dubble positive**
[2] **Dubble negative**
[3] **Negative-positive**

لازم به ذکر است در ابزارهای چرخشی زاویه براده شعاعی مثبت (**positive radial rake angle**) با (**negative inclination angle**) معرفی شده است و در این تحقیق با زاویه تنظیم نام گذاری شده است.

۱-۴لبه انباشته در برش فلزات

در پاره‌ای از شرایط تراش لبه انباشته[۴] روی سطح ابزار، در نزدیکی لبه برش شکل می‌گیرد. لبه انباشته که به شکل گوه است، شامل یک قسمت از فلز ماشینکاری شده است که روی ابزار شکل گرفته است و سرانجام به سطح ابزار چسبیده یا جوش می‌خورد. سختی لبه انباشته ممکن است دو تا سه برابر سختی فلزی باشد که ماشینکاری می‌شود و به همین دلیل می‌تواند مثل خود ابزار، از فلز براده برداری کند . لبه انباشته باعث تغییر شکل هندسه ابزار (افزایش زاویه براده)، تاثیر در شکل گرفتن لایه برش و سایش ابزار می‌شود. همچنین می‌تواند مقدار نیروهای برشی را تغییر دهد.
لبه انباشته پایدار و یکنواخت نمی‌باشد و اندازه آن در امتداد لبه برش با توجه به شرایط نامطلوب تراش تغییر می‌کند. بواسطه اصطکاک زیاد بین لبه انباشته و براده و اصطکاک در نقطه تماس لبه انباشته با سطح ماشینکاری شده و سطح برش، حجم لبه انباشته تغییر کرده، تکه‌هایی از لبه انباشته به سطح ماشینکاری شده و تکه هایی دیگر به براده می‌چسبد. تکه هایی که به سطح ماشینکاری شده می‌چسبند، باعث پایین آمدن کیفیت سطح ماشینکاری شده می‌شود. چون لبه انباشته بطور متناوب شکسته و سپس ترمیم می‌شود، لذا ضخامت براده تغییر شکل نیافته تغییر خواهد کرد . تغییرات متناوب ضخامت و عمق برش ممکن است باعث ارتعاش و همچنین پایین آمدن کیفیت سطح پرداخت شود. در ضمن تلرانس ابعادی قطعه کار نیز تغییر خواهد کرد[۱].

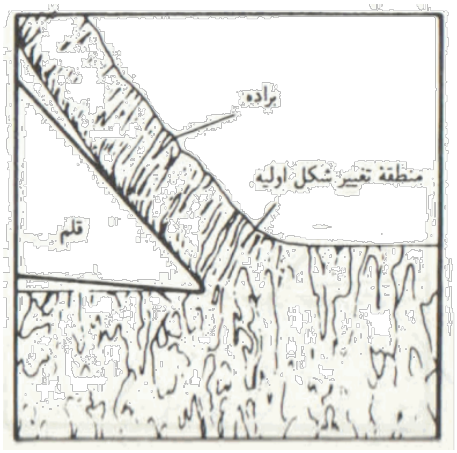
۱-۵ انواع براده

به طور کلی تشکیل براده به سه صورت تشخیص داده شده است:

- براده ممتد[۵]: شکل۱-۷ چگونگی تشکیل براده ممتد را نشان می‌دهد. این نوع براده برداری که یک فرایند پایدار محسوب می‌شود از دو قسمت اصلی تشکیل شده است. قسمت اول، برش ماده برای تشکیل براده و قسمت دوم، لغزش براده در روی سطح ابزار می‌باشد. تشکیل براده در ناحیه ای بین لبه برنده ابزار و تقاطع سطح بیرونی براده با سطح ماشینکاری نشده قطعه کار صورت می‌پذیرد که به نام ناحیه اول تغییر شکل[۶] موسوم است. ناحیه ثانویه تغییر شکل ناحیه تماس بین قلم و براده است و نیرویی که توسط ابزار از این طریق به براده وارد می‌شود، باعث تغییر شکل لایه‌های پایین براده و لغزش آنها در طول سطح براده می‌شود. اینگونه براده‌ها در تراش مواد شکل‌پذیر و نرم مانند فولاد کربنی ، مس و آلومینیوم به وفور دیده می‌شود.

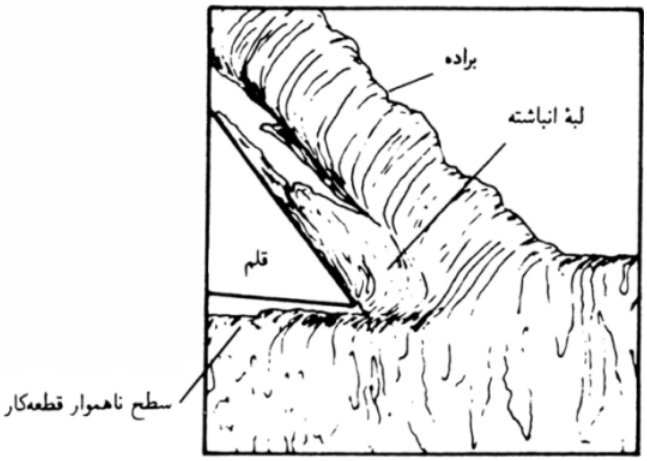
---

[4] **Built-up-edge(BUE)**
[5] **Continuous chip**
[6] **Primary deformation zone**



شکل ۱- ۷براده ممتد[۱]

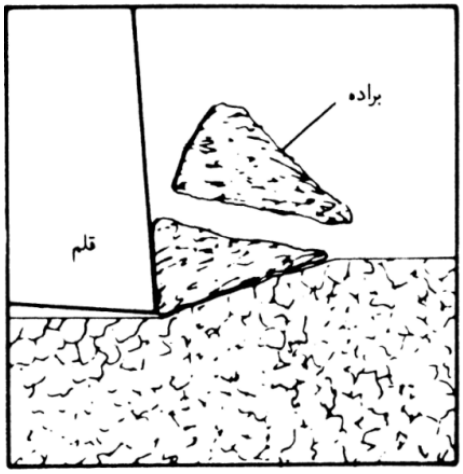
- براده ممتد با لبه انباشته[۷]: هرگاه نیروی اصطکاک موجود بین ابزار و براده به میزانی برسد که براده خود را به سطح جلوی ابزار جوش دهد، شرط لازم برای آغاز تشکیل لبه انباشته فراهم شده است و بدین ترتیب مرتباً میزان اصطکاک بالا رفته و به تعداد لایه‌ها افزوده می‌شود و این انباشتگی تا زمانی که پایدار باشد، ادامه می‌یابد و سپس می-شکند. قطعات شکسته شده توسط قسمت تحتانی براده و همچنین توسط سطح تراشیده شده کار حمل می‌شود. شکل۱-۸ ناهمواری در سطح قطعه‌کار تراشیده شده را نشان می‌دهد . مطالعه در چگونگی تشکیل لبه انباشته در تراش فلزات از اهمیت بسیاری برخوردار است. زیرا که لبه انباشته یکی از فاکتورهای اصلی در تعیین کیفیت سطح تراشیده شده محسوب می‌شود و همچنین اثر قابل ملاحظه ای روی نرخ فرسودگی ابزار دارد.



شکل ۱- ۸براده ممتد با لبه انباشته[۱]

[7] **Continuous chip with built up edge**

- براده منفصل[۸]: در تراش مواد شکننده به علت کرنش بسیار کم در ناحیه اول تغییر شکل، شکستگی ظاهر شده و براده تکه تکه می‌شود. ایجاد براده منفصل در تراش چدن و برنج حتمی است ولی این پدیده در تراش فلزات نرم تحت سرعت برشی کم و نرخ پیشروی زیاد رخ می‌دهد (شکل ۱-۹).



شکل ۱- ۹براده منفصل[۱]

۱-۶ مشخصات براده

براده شکل گرفته طی فرایند برشی مشخصاتی دارد که به جنس قطعه‌کار، جنس ابزار، هندسه ابزار، شرایط لبه برشی، وضعیت لبه برش و پارامترهای ماشینکاری مربوط می شود. برای هر دسته از شرایط ارائه شده، تشکیل براده بدون تغییر باقی می ماند مگر اینکه یکی از فاکتورهای ذکر شده تغییر کند. بنابراین توانایی در گزارش دادن مشخصات براده و شکل آنها در وضعیتی پایدار ضروری می باشد. در پیوست ۱ انواع براده و نحوه کد گذاری آن آمده است. سیستم کد گذاری اصلی شامل دو رقم است که به مشخصات اصلی براده مربوط می شوند. یعنی ۱,۱کدی است که بیان کننده براده نواری شکل طولانی است.

[8] **Discontinuous chip**

۱-۷عمر ابزار

عمر ابزار نشان دهنده عمر موثر و مفید ابزار است که بر حسب مدت زمان، از لحظه شروع برش تا یک نقطه پایانی که از روی معیار از کار افتادگی مشخص می‌شود، بیان می‌شود. به عبارت دیگر ابزاری که نتواند وظیفه‌اش را به درستی انجام دهد، عمرش تمام شده است. عامل اصلی اتمام عمر ابزار، سایش در سطوح آزاد و براده ابزار است که با افزایش حرارت تولید شده در نواحی برش شدت پیدا می‌کند؛ لذا هر عاملی که بتواند حرارت تولید شده را کاهش دهد، باعث افزایش عمر ابزار می‌شود.

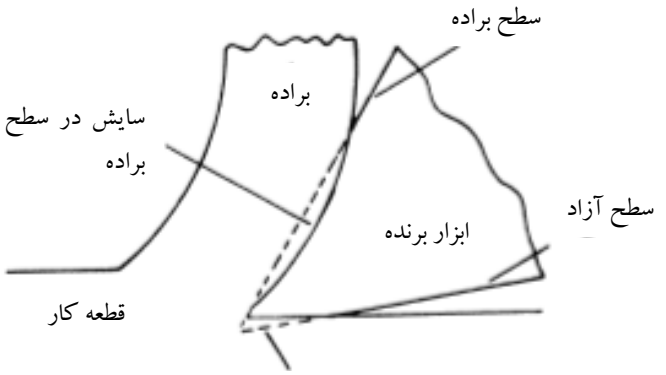
ابزاری که نتواند دیگر وظیفه و کار مورد نظر خود را انجام دهد، از کار افتاده[9] نامیده می‌شود و بنابراین چنین ابزاری در پایان عمر مفید خود قرار گرفته است. در چنین شرایطی ابزار لزوماً عاجز از برش قطعه‌کار نیست، بلکه منظور این است که، جهت مقصود مورد نیاز و به صورت مطلوب، عمل نمی‌کند. در این صورت ابزار ممکن است دوباره تیز شده و مورد استفاده قرار گیرد؛ یا ممکن است در عملیات ماشینکاری دیگری که محدودیت و دقت برایش مطرح نیست، بکارگرفته شود؛ و یا ممکن است دور انداخته شود.

۱-۷-۱ شکل ظاهری سایش در فلز تراشی

سایش تدریجی در ابزار به دو صورت مشخص که درشکل ۱-۱۰ نشان داده شده است رخ می‌دهد:

۱- سایش در سطح جلوابزار (سطح براده) که در نتیجه حرکت براده صورت می‌گیرد و به شکل گودال دیده می‌شود.

۲- سایش در سطح آزاد و نزدیک لبه ابزار که در نتیجه مالش سطح تازه تراشیده شده قطعه کار صورت می‌گیرد.

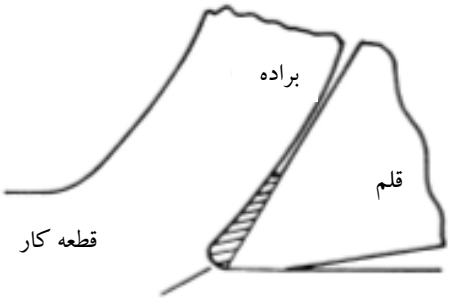


شکل ۱- ۱۰سایش در سطح براده و آزاد ابزار[۱]

[9] **fail**

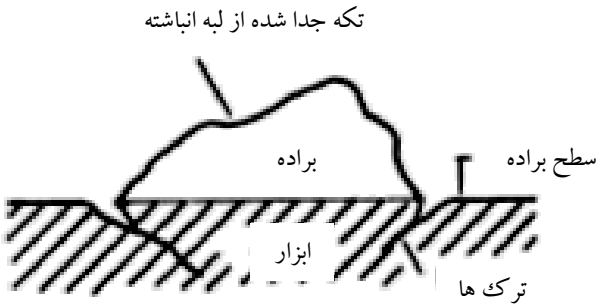
۱-۷-۱۲اثر لبه انباشته بر عمر ابزار

وجود لبه انباشته در سطح جلو ابزار به طرق مختلف سبب تغییر آهنگ سایش ابزار می‌شود. این تغییر گاه در جهت کاهش و گاه در جهت افزایش عمر ابزار است. در حالت لبه انباشته ناپایدار تکه‌های سخت شده آن که به سطح زیرین براده و سطح تراشیده قطعه‌کار می‌چسبند، باعث سایش بیشتر سطوح ابزار می‌شوند. در هنگام تراش مواد بسیار سخت (از قبیل چدن) وجود لبه انباشته پایدار می‌تواند امتیازی محسوب شود[۵]. لبه انباشته پایدار در حالی که خود عمل تراش را انجام می‌دهد، سبب حفاظت سطح جلو ابزار نیز می‌شود(شکل۱-۱۱).



شکل ۱- ۱۱حفاظت لبه ابزار بوسیله لبه انباشته[۱]

لبه انباشته می‌تواند در خراب شدن نابهنگام ابزارهای با اینسرت‌های الماسه قابل تعویض نیز دخیل باشد. بدین ترتیب که اگر ابزاری به ناگاه از درگیری با قطعه‌کار خارج شود، ممکن است قسمتی از لبه انباشته (که در حین ماشینکاری به سطح جلو ابزار جوش خورده است) از آن جدا شود و تکه ای از ابزار را به همراه خود ببرد. اثر لبه انباشته بر عمر ابزار، در هنگام سرد شدن ابزار در انتهای عمل برشکاری نیز ممکن است ظاهر شود. چون ضریب انبساط خطی فولاد تقریباً ۲ برابر ضریب انبساط خطی ابزار الماسه است، به سبب انقباض بیشتر فولاد ترک‌هایی هم در لبه ابزار ایجاد می‌شود(شکل ۱-۱۲)**[۵]**.



شکل ۱- ۱۲ایجاد ترک در سطح ابزار در اثر تفاوت در ضریب انبساط حرارتی ابزار الماسه و لبه انباشته[۵].