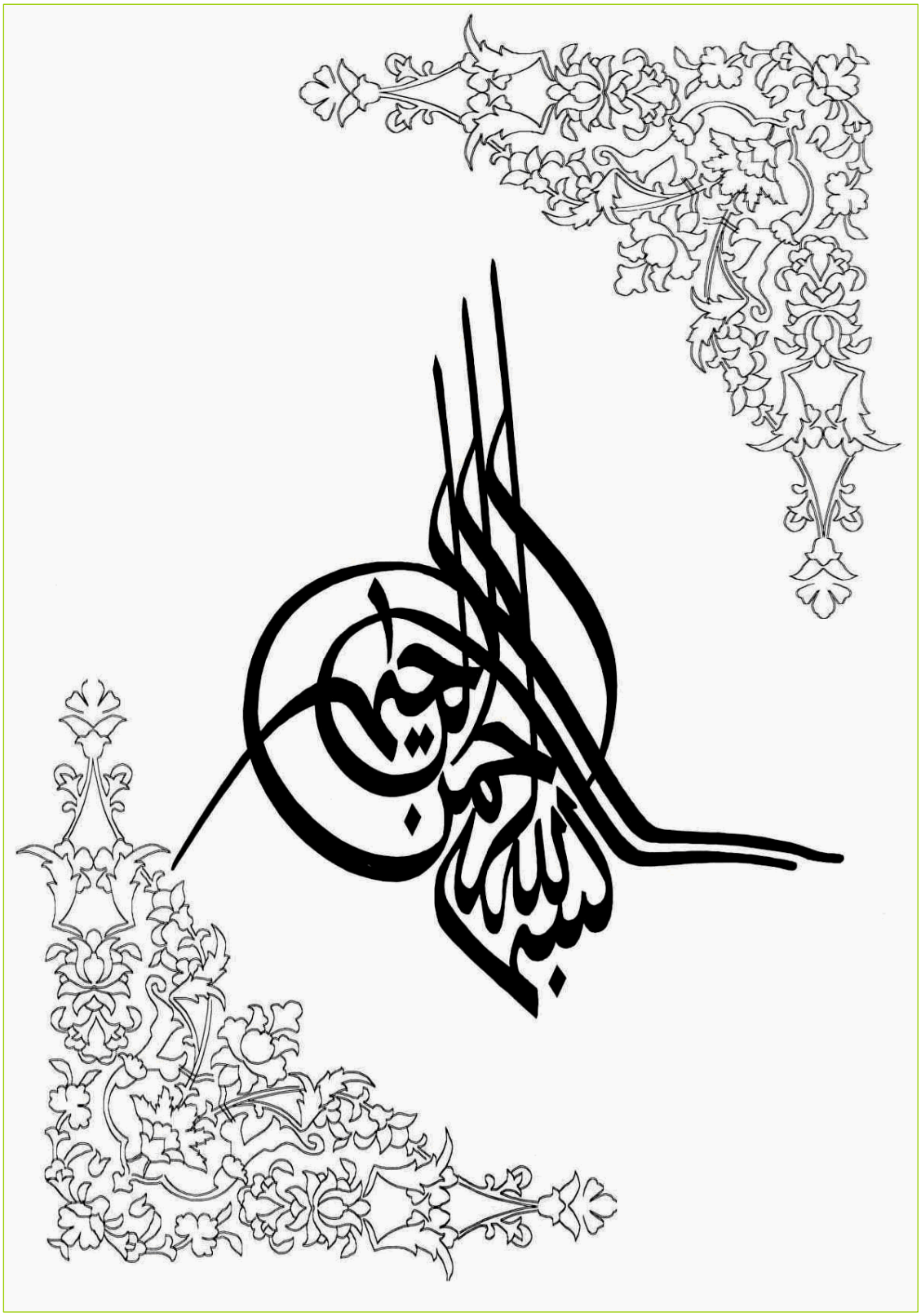

بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکدهٔ مهندسی مکانیک

عنوان:

بررسی اثر پارامترها بر دقت قطعه و عمر ابزار در فرآیند برش دقیق با استفاده از روش المان محدود (FEM) و شبکهٔ عصبی مصنوعی (ANN)

دانشجو:

عبّاس پیرقلی

استاد راهنما:

دکتر جوانرودی

استاد مشاور:

دکتر ابری نیا

پایان نامه جهت دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد

در رشتهٔ مهندسی مکانیک، گرایش ساخت و تولید

اسفند ۱۳۸۵

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم ...

تقدیر و تشکّر:

با سپاس و تشکّر فراوان از استاد عزیز و ارجمندم، جناب آقای دکتر جوانرودی که با راهنمایی خود مرا در انجام این امر یاری نمودند. همچنین با قدردانی از جناب آقای دکتر ابری نیا که در طول انجام این پروژه از مشاورهٔ ایشان بهره جستم.

عنوان | صفحه

چکیده ..... a
ساختار پایان نامه ..... b

فصل اوّل: مقدّمه و مروری بر تاریخچه و پیشینهٔ تحقیق در برش دقیق

۱-۱- تعریف و اهداف شکل دادن ۲
۱-۲- تغییر شکل پلاستیکی مواد شکل پذیر ۴
۱-۳- تغییر شکل ورق ۶
۱-۴- فرآیند برش ۹
۱-۴-۱- پولک زنی و سوراخ زنی ۱۱
۱-۵- تاریخچهٔ برش دقیق ۱۳
۱-۶- پیشینهٔ تحقیق ۱۴

فصل دوّم: مروری بر برش معمولی و دقیق

۲-۱- برش معمولی ۱۹
۲-۱-۱- مراحل و مناطق برش ۱۹
۲-۱-۲- عمق نفوذ ۲۱
۲-۱-۳- مؤلفه های نیرو در منطقه برش ۲۲
۲-۱-۴- نیروی برش و تناژ پرس ۲۳
۲-۱-۵- شکل مواد اولیه مصرفی ۲۴
۲-۲- برش دقیق ۲۶
۲-۲-۱- قابلیتهای فرآیند برش دقیق ۲۸
۲-۲-۲- زبری و کیفیت سطح قطعات برش دقیق ۲۹
۲-۲-۳- مواد اولیهٔ برش دقیق ۲۹
۲-۲-۴- پرسهای برش دقیق ۳۳
۲-۲-۵- مکانیزم عمل در روش سنتی و دقیق ۳۶

۲-۲-۶- طراحی ابزار و قالبهای برش دقیق ۳۷
۲-۲-۶-۱- انتخاب فولاد اجزاء قالب ۳۸
۲-۲-۶-۲- برش دقیق و پوشش دهی ابزار ۴۱
۲-۲-۷- نامگذاری مناطق برش دقیق ۴۳
۲-۲-۸- روغن کاری ۴۴
۲-۲-۹- کاربرد برش دقیق ۴۵
۲-۲-۱۰- مقایسه برش دقیق با برش معمولی ۴۶

فصل سوّم: شکست در فرآیند برش

۳-۱- مکانیزم شکست در عملیات برش ۴۹
۳-۲- شکست نرم در برش دقیق ۵۳
۳-۳- مکانیزم تخریب حفره ای در شکست نرم ۵۴
۳-۴- نقش تنشهای هیدرواستاتیک ۵۶
۳-۵- معیارهای شکست ۵۸
۳-۵-۱- تعریف و معرّفی چند معیار شکست ۵۹

فصل چهارم: شبیه سازی فرآیند برش دقیق

۴-۱- مقدمه ای بر روش المان محدود ۶۴
۴-۱-۱- روشهای حل مسائل فیزیکی ۶۴
۴-۱-۲- روشهای تحلیل مسئله ۶۷
۴-۲- مدلسازی در FEM ۶۹
۴-۲-۱- طراحی هندسه و اسمبل کردن اجزا ۶۹
۴-۲-۲- تعریف ماده ۷۱
۴-۲-۳- تعریف تماس بین اجزا ۷۲
۴-۲-۴- تعریف تعداد مراحل حل ۷۴
۴-۲-۵- تعریف نیروها و شرایط مرزی ۷۴
۴-۲-۶- مش بندی ورق ۷۵
۴-۲-۶-۱- حساسیت به اندازه المان ۷۶
۴-۲-۷- انجام آنالیز ۸۰
۴-۲-۸- نحوهٔ استخراج منحنی معیار شکست ۸۰

۴-۳- مقدمه ای بر شبکهٔ عصبی مصنوعی ۸۳
۴-۳-۱- تاریخچهٔ شبکهٔ عصبی ۸۴
۴-۳-۲- کاربرد شبکهٔ عصبی ۸۶
۴-۳-۳- انگیزه های بیولوژیکی ۸۷
۴-۴- تئوری شبکه‌های عصبی و شبیه سازی ۹۴

فصل پنجم: بررسی نتایج شبیه سازی و بحث

۵-۱- مقایسهٔ برش معمولی با برش دقیق ۱۰۱
۵-۲- بررسی برش دقیق با FEM ۱۰۷
۵-۲-۱- اثر کلیرانس قالب ۱۰۷
۵-۲-۲- اثر شعاع لبهٔ قالب ۱۱۰
۵-۲-۳- اثر اصطکاک ۱۱۰
۵-۲-۴- بشقابی شدن ۱۱۲
۵-۲-۵- اثر vرینگ بر منطقهٔ شعاعی ۱۱۵
۵-۲-۶- اثر ورقگیر و سنبهٔ مخالف بر وضعیت تنشها ۱۱۶
۵-۲-۶-۱- زاویهٔ رأس رینگ v شکل ۱۱۶
۵-۲-۶-۲- ارتفاع رینگ v شکل ۱۱۷
۵-۲-۶-۳- اثر v رینگ در ماتریس ۱۱۸
۵-۲-۶-۴- اثر شعاع رأس V-رینگ ۱۱۹
۵-۲-۶-۵- ایجاد اختلاف سطح در دو طرف v رینگ در ورقگیر ۱۲۰
۵-۲-۶-۶- اثر نیروی ورقگیر و سنبهٔ مخالف ۱۲۰
۵-۲-۷- بررسی معیارهای کاکروفت-لاتام و رایس-تریسی ۱۲۳
۵-۳- نتایج شبیه سازی با شبکهٔ عصبی مصنوعی ۱۲۷

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهاداها

نتیجه گیری ۱۳۳
پیشنهاداها ۱۳۵

مراجع ۱۳۸

چکیده

بخش عمده ای از قطعات صنعتی در صنایع مختلف، بصورت برش خورده مورد استفاده قرار می گیـرد، و یا برش کاری یکی از مراحل اصلی تولید این قطعات می باشد. به همین دلیل درک فرآیند برش در فلزات و عوامل مؤثر بر آن می تواند در کاهش هزینه های تولید و افزایش کیفیت، تأثیر بسزایی داشته بـاشد. عمل برش می تواند به صورت متداول و معمولی صورت گیرد، که در این صورت تولرانس و کیفیت قطعات جهت استفاده در مواردی که نیاز به دقت بالایی باشد، مطلوب نیستند. یکی از روشهای دقیق در زمینهٔ شکل دهی فـلزات که غالبـاً نیاز به عملیـات بعدی ندارد، برش توسط پـرسهای مجهز و قالبـهای دقیـق می باشد. در برش دقیق[1] با استفاده از نیروی ورقگیرِ v رینگ[2] و سنبهٔ مخالف[3] ، قطعه کار تحت فشار هیدرواستاتیک بالا و شرایط پیچیده ای قرار مـی گیرد و حـاصل کـار، قطعه ای بـسیار دقیق تر از حـالت معمولـی می باشد. در این روش پلیسه و منطقهٔ شکست تقریبا حذف می گردد و عمق برش کامل می باشد. در عین حال تجهیزات لازم برای برش دقیق باید از دقت بسیار بالاتری نسبت به روش معمولی برخوردار باشد. تولرانس ابعادی قالب بسیار دقیق بوده و جهت مونتاژ قالب و سوار کردن آن روی پرس به دقت بالایی نیاز است. پرسهای مورد نیاز نیز از نوع سه مرحله ایِ[4] هیدرولیکی می باشدکه از دقت بالایی برخوردار است و ترتیب و زمان عمل اجزاءِ قالب نظیر سنبه اصلی ، سنبهٔ مخالف و ورقگیر با رینگ v شکل ، به طور دقیق با سیستم هیدرولیکیِ CNC تنظیم و کنترل می گردد. از آنجا که این فرآیند تولید، مورد نیاز صنایع مختلف کشور خواهد بود، لذا انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه ضروری می نماید.

در این پایان نامه با مدل سازی برش معمولی و دقیق به بیان تفاوتهای اساسی بین این دو روش پرداخته شده و در ادامه با اعتبار سنجی بخشی از نتایج با کار آزمایشگاهیِ از قبل انجام شده، تأثیر برخی پارامترهای برش و قالب بر کیفیت و دقت قطعه، نیروی برشی، نحوهٔ توزیع تنش و کرنش در منطقهٔ برش بررسی شده است. به طور کلی در فرآیند برش دقیق مجموعه ای از عوامل نظیر رینگ vشکل، نیروی ورقگیر و سنبه مخالف، کلیرانس بسیار پایین، سرعت پایین ضرب و... باعث می شود که قطعات تولید شده به این روش از دقت و کیفیت بسیار بالاتری نسبت به برش معمولی برخوردار باشند. در این روش برخی عوامل جهت افزایش دقت قطعه، به هم وابسته بوده و به کارگیری آنها به تنهایی، بازدهی کمتری خواهد داشت.

همچنین این فرآیند پس از اعتبار سنجی و با استفاده از نتایج المان محدود در شبکهٔ عصبی نیز مدلسازی شد. با توجه به نتایج بدست آمده از روش المان محدود و شبکهٔ عصبی، این دو روش، ابزار مناسبی جهت مدلسازی و پیش بینی کیفیت و دقت قطعهٔ تولیدی و عمر ابزار در روش برش دقیق می باشد.

[1] Fine-Blanking
[2] V-Ring Holder
[3] Counter Punch
[4] Triple Action

ساختار پایان نامه

در *فصل اول* این پایان نامه به بیان مقدمه ای دربارهٔ شکل دهی فلزات و دسته بندی عملیات شکل دهی پرداخته شده تا جایگاه فرآیند برش مشخص گردد. در ادامه به بیان تاریخچهٔ مختصر دربارهٔ فرآیند برش دقیـق به عنوان روشی برای تـولید قطعات با دقت بالاتر نسبت به روش معمولی، پرداخـته می شود. در پایان این فصل چند نمونه از فعالیتها و تحقیقات انجام شده در زمینهٔ برش دقیق بررسی و نتایج حاصل مختصراً بیان گردیده است.

در *فصل دوم* و در بخش اول ، دربارهٔ برش معمولی و مسائل مربوط به آن بحث گردیده است. لازم به ذکر است که مطالب بیان شده در این بخش بجز در موارد اندک ، در مورد برش دقیق نیز صادق است. در بخش دوم نیز مسایلی در مورد برش دقیق مطرح می گردد. همچنین به کاربرد برش دقیق و مقایسهٔ این فرآیند با برش معمولی پرداخته می شود.

در *فصل سوم* شکست در برش و مکانیزم شکست نرم مورد بررسی قرار گرفته است و به تعریف و معرفی چند معیار در شکست نرم پرداخته می شود. در شکست نرم که در عملیات برش اتفاق می افتد ، مکانیزم تخریب حفره ای[1] مطرح می شود که تنش های هیدرواستاتیک تاثیر بسزایی در این مکانیزم دارد.

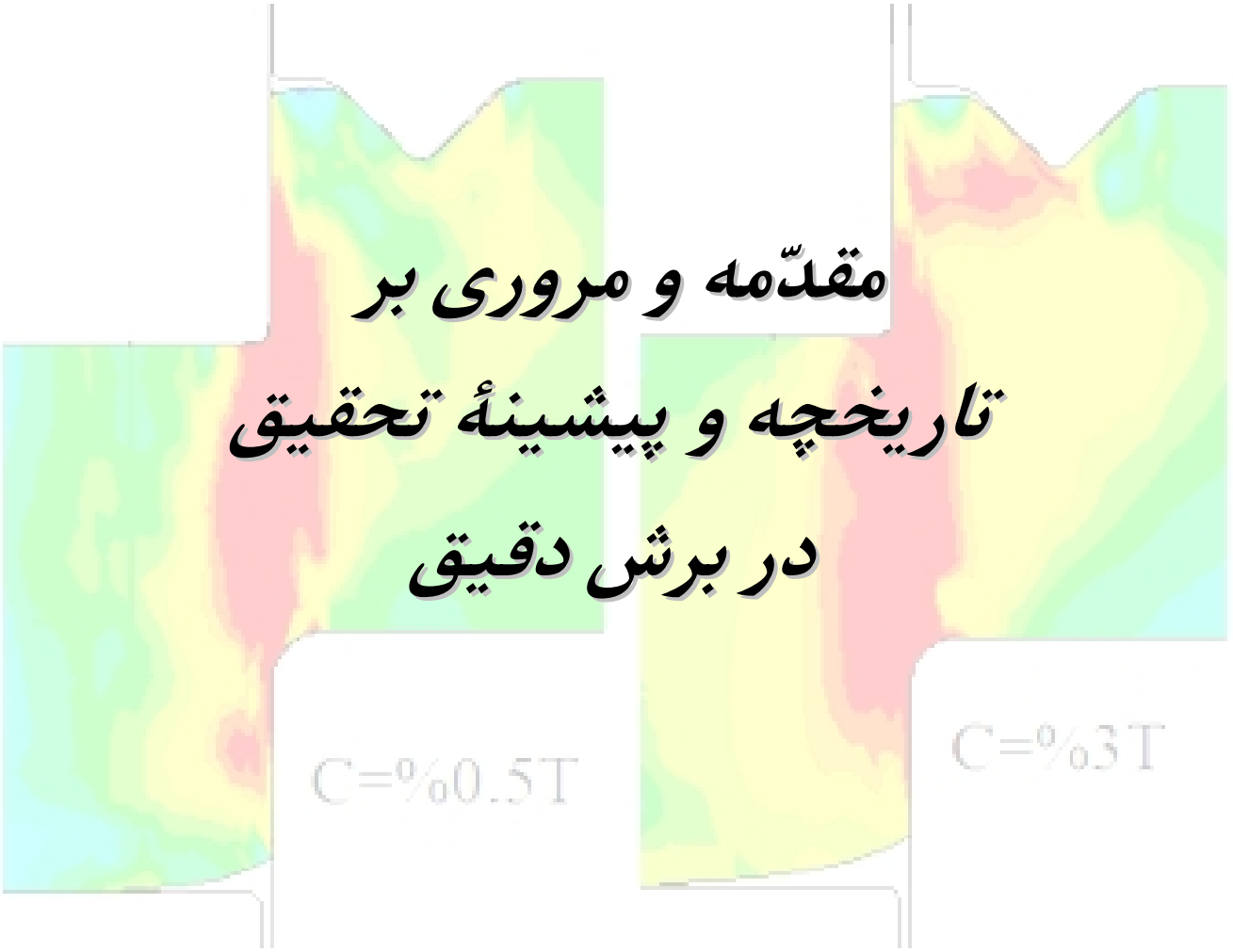
در *فصل چهارم* در ابتدا مختصراً به مقدمه ای دربارهٔ المان محدود و روش شبکهٔ عصبی مصنوعی پرداخته می شود. در ادامه مراحل و نحوهٔ مدل سازی برش دقیق از قبیل: طراحی مدل، اعمال شرایط مرزی و نحوهٔ مش بندی در نرم افزارِ Abaqus بیان می گردد.

در *فصل پنجم* با اعتبار سنجی[2] بخشی از نتایج با کار آزمایشگاهیِ از قبل انجام شده، تأثیر برخی پارامترهای برش و قالب بر کیفیت و دقت قطعه، نیروی برشی، نحوهٔ توزیع تنش و کرنش در منطقهٔ برش مورد بحث قرار می گیرد. در ادامه اثر برخی پارامترها بر ابعاد منطقهٔ راکورد قطعه با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی شبیه سازی می گردد.

در *فصل ششم* به بیان نتایج کلی و ارائهٔ چند پیشنهاد جهت ادامهٔ تحقیق در این زمینه پرداخته می شود.

[1] Void damage
[2] Validate

فصل اوّل



مقدّمه و مروری بر
تاریخچه و پیشینهٔ تحقیق
در برش دقیق

مقدمه:

امروزه در زمینهٔ تکنولوژی شکل دادن همانند سایر زمینه ها، با استفاده از جمع آوری تحقیقات علمی و تجربه های عملی بدست آمده در مراکز پژوهشی و همچنین مراکز صنعتی، به ویژه در کشورهای صنعتی، پیشرفت هایی حاصل شده است که همگی موجب افزایش کیفیت و کمیت محصول شده است.

هر فرآیند شکل دادن فلزات شامل تمام متغیرهای ورودی، از قبیل جنس قطعه یا مواد اولیه و شکل هندسی آن، ابزار شکل دادن (از لحاظ جنس و هندسهٔ آن)، شرایط موجود در فصل مشترک ماده و ابزار، حالت تنش در منطقهٔ تغییر شکل، نوع و نحوهٔ کاربرد ابزار، خصوصیات محصول نهایی و نهایتاً شرایط محیط کارگاه می شود.

در فرآیند شکل دهی فلزات لازم است ارتباط بین ورودی و خروجی و تأثیر متغیر های فرآیند بر کیفیت محصول و مسائل اقتصادی آن مورد توجه قرار گیرد.

۱-۱- تعریف و اهداف شکل دادن

علم شکل دادن علمی است که در آن اصول و روشهای تغییر شکل جامدات شکل پذیر، در نتیجهٔ اعمال نیرو به آن، بررسی می شود.

به خاطر مزایای روش شکل دادن مانند:

- مدت زمان تولید کوتاه
- جریان بهینه الیاف مواد
- صرفه جویی در مصرف مواد
- کار سختی در شکل دادن سرد

این روش تولید بیش از پیش جای خود را در تولید صنعتی باز می کند. به واسطه مزایای فوق تولید خیلی از قطعات فرم دار با این روش اقتصادی تر از روشهای براده برداری است. به خاطر جریان بهینه الیاف و در نتیجه حساسیت کمتر به تمرکز تنش اجزا ماشین تولید شده با این فرآیند، روش شکل دادن اهمیت زیادی دارد.

با همه مزایای فوق شرط تولید اقتصادی فرآیند شکل دادن، وجود حداقل تیراژ تولیدی لازم می باشد، زیرا قالبهای شکل دادن خیلی گران بوده و هر قطعه ای قالب خاص خود را نیاز دارد.

از جملهٔ نکات مهمی که در شکل دادن مورد توجه قرار می گیرد عبارتند از:

- طراحی مراحل مختلف شکل دادن به منظور تولید قطعاتی با شکل هندسی مورد نظر با استفاده از قطعاتی با شکل هندسی ساده و تغییر شکل و تبدیل آن به شکل نهایی با توجه به کیفیت، زمان و هزینه تولید.

- تعیین تنشهای موضعی مؤثر در ناحیهٔ تغییر شکل در هر یک از فرآیند های شکل دادن، محاسبهٔ نیرو و کار یا انرژی لازم برای رسیدن به حالت تغییر شکل پلاستیکی، نگهداری این حالت تا پایان عملیات شکل دهی در هر یک از مراحل تغییر شکل.
- بررسی و انتخاب مناسب ترین روش تغییر شکل با توجه به خواص مکانیکی ماده و خواص مورد نظر محصول در ارتباط با کاربرد آن، هزینهٔ تولید و مسائل مربوط به حفظ محیط زیست.
- تعیین مشخصات اصلی تجهیزات تغییر شکل از لحاظ توان و انرژی و انتخاب بهینهٔ ابزار و تجهیزات از لحاظ شکل هندسی، ابعاد، مرغوبیت، و بازدهی بالای تولید در هر یک از مراحل متوالی تغییر شکل به کمک جمع آوری اطلاعات لازم، محاسبه، آزمایش و تحقیق.
- بررسی چگونگی فرآیند تولید با توجه به تأثیر فرآیند و جنبه های متالورژیکی مؤثر بر خواص ماده به منظور کسب محصول با کیفیت های مورد نظر، از لحاظ ساختار میکروسکوپی، خواص مکانیکی و دقت ابعادی برای کاربرد های مورد نظر، به ویژه در قطعاتی که تحت تأثیر تنشهای دینامیکی قرار می گیرند .
- اتخاذ تدابیرلازم در جهت کاهش هر چه بیشتر نیرو و کار مورد نیاز با توجه به صرفه جویی در مصرف انرژی، کاهش زمان تولید، کاهش هزینه های تولید، استفاده بهینه از مواد اولیه و افزایش کیفیت محصول در جهت بالا بردن توان رقابت.

۲-۱- تغییر شکل پلاستیکی مواد شکل پذیر

در محاسبات نظری ساده، جسمی که باید تغییر شکل داده شود به صورت یک جسم جامد پیوسته و همگن فرض می شود، به این معنی که :

- جسم از ماده ای همسانگرد و بدون ناخالصیهای پراکنده تشکیل شده است یعنی در تمام جهات دارای خواص یکسان بوده و این خواص در طول مدت تغییر شکل پایدار باقی می ماند .
- تمام ذرات جسم دارای پیوستگی کامل در تمامی حجم آن است، به این معنی که در شبکهٔ جسم فضاهای خالی وجود ندارد.

در تئوری الاستیسیته و مقاومت مصالح، محاسبات برای جسم ایده آل و با پیوستگی کامل ذرات آن انجام می شود، یعنی جسم به عنوان یک مادهٔ ایده آل، و پایداری این حالت در تمام مدت فرآیند فرض می شود[۱].

بنابر مشاهدات نظری، هرگاه نیرویی از نوع کششی یا فشاری و یا برشی به جسم صلبی اعمال شود، ابتدا تغییر شکل الاستیکی در آن انجام شده که بلافاصله بعد از حذف کامل نیرو این تغییر شکل ایجاد شده محو می گردد. هرگاه نیرو را بیش از حد مقاومت جسم افزایش دهیم در صورتی که جسم ترد باشد شکست در آن پدیدار می شود، اما در صورتی که جسم شکل پذیر باشد، با افزایش نیرو از حد معینی، می توان در آن علاوه بر تغییر شکل الاستیکی مقداری تغییر شکل پلاستیکی یا برجای ماندنی نیز مشاهده نمود، این تغییر شکل پلاستیکی را که به طور یکنواخت صورت می گیرد سیلان ماده نامند.

در فرآیند شکل دهی غیر از برش آنچه بسیار مهم و قابل توجه است این است که تا موقعی که این نوع تغییر شکل پلاستیکی یکنواخت در جسم انجام می گیرد ارتباط بین ذرات جسم همچنان باقی بماند، به این معنی که هیچ نوع گسستگی در ذرات آن ایجاد نشود و حجم جسم نیز عملاً تغییری نکند.

در صنعت شکل دهی فلزات، بیشتر با مواد فلزی که دارای ساختار کریستالی اند و اغلب از دانه های بلوری متعدد و ریزی (اعم از یک نوع فاز محلول و یا از یک سیستم ناهمگن دو یا چند فازی) تشکیل شده اند، سروکار داریم.

از آزمایشهایی که بر روی نمونه های تک بلوری یا چندین بلوری انجام گرفته معلوم شده است که تغییر شکل پلاستیکی در هر یک از دانه های کریستالی از طریق لغزش صفحات اتمی و یا لغزش همراه با تشکیل دوقلویی بر روی صفحات و جهات کریستالی معین انجام می گیرد. تنش برشی لازم برای لغزش به نوع ماده و ساختارکریستالی آن بستگی دارد. در مواد با دانه های زیاد، دانه های کریستالی در جهات کاملاً متفاوتی نسبت به یکدیگر قرار گرفته اند، از این رو تنش برشی در تمام دانه های کریستالی همزمان به مقدار بحرانی لازم برای تغییر شکل پلاستیکی نخواهد رسید. به همین دلیل حالت شکل پذیری به مرور گسترش می یابد، به طوری که جسم در حین تغییر شکل رفتارهای موضعی متفاوتی از خود نشان می دهد[۲].

کار سختی حاصل از تغییر شکل سرد نیز در تمام دانه های کریستالی همزمان شروع نمی شود. با این وجود فرض می شود که تغییر شکل در تمامی جسم به طور یکنواخت صورت می گیرد. به این ترتیب همچنان که در نمونه تک کریستالی برای لغزش، غلبه یافتن بر مقاومت برشی معین لازم است، برای شروع حالت پلاستیکی در نمونهٔ چند کریستالی هم تنش برشی متوسط معینی لازم است. تأثیر مرز دانه ها و لغزش چند گانه در نمونه های چندین کریستالی اغلب موجب بالاتر بودن تنش تسلیم برای سیلان در مقایسه با تک کریستالهاست[۲]. کلید دستیابی به عملیات شکل دادن موفق، یعنی کسب محصول سالم با شکل و خواص مطلوب، مستلزم شناخت کافی در مورد سیلان فلز و کنترل آن است.

عواملی مانند جهت سیلان فلز، مقدار تغییر شکل، درجه حرارت و سرعت تغییر شکل تأثیر فراوانی بر خواص قطعات تغییر شکل داده شده دارند.

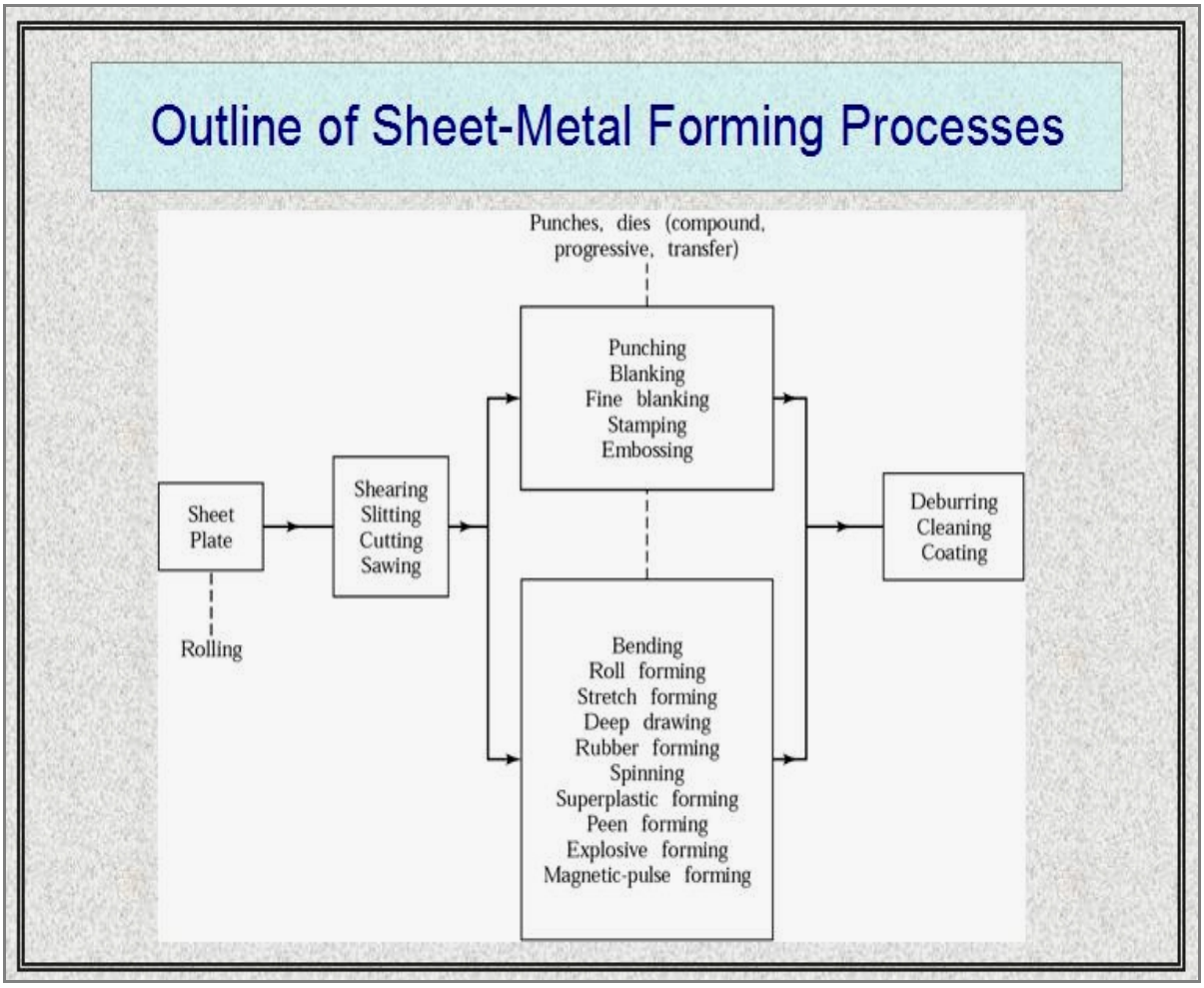
۳-۱- تغییر شکل ورق[1] :

قابلیت تولید اشکال گوناگون از ورقهای صاف فلزی به همراه آهنگ تولید زیاد، یکی از پیشرفتهای واقعی صنعت در قرن بیستم است. تبدیل فرآیند شکل دادن با دست، به روشهای تولید انبوه و ماشینی عاملی مهم در پیشرفت بزرگی است که طی این دوره رخ داده است.

بیشتر فرآیند شکل دادن ورق فلز با حجم تولید زیاد، با پرس مکانیکی یا هیدرولیکی انجام می‌شود. در پرسهای مکانیکی، انرژی به طور کلی در یک چرخ طیار ذخیره می‌شود و در ضربه پایینی پرس به کشویی متحرک منتقل می‌شود. پرسهای مکانیکی معمولاً عمل ناگهانی و ضربه کوتاهی دارند، در صورتی که پرسهای هیدرولیکی عمل آهسته‌تری دارند ولی می‌توانند ضربه بلندتری وارد کنند. معمولاً پرسها برحسب تعداد کشوییهایی که مستقل از یکدیگر عمل می‌کنند، دسته‌بندی می‌شوند. در پرس تک کاره تنها یک کشویی وجود دارد که در جهت عمودی عمل می‌کند. در پرس دو کاره دو کشویی وجود دارد. کشویی دوم، معمولاً برای انجام باز فشردن و مهار ورق به کار می‌رود. پرس سه کاره به دو کشویی در بالای قالب و یک کشویی در پایین قالب مجهز است که این کشویی در پرسهای برش دقیق همان سنبهٔ مخالف است.

در شکل (۱-۱) یک طرح کلی[2] از انواع و ترتیب عملیات فرم دهی ورق دیده می شود.

[1] Sheet melat forming
[2] Outline



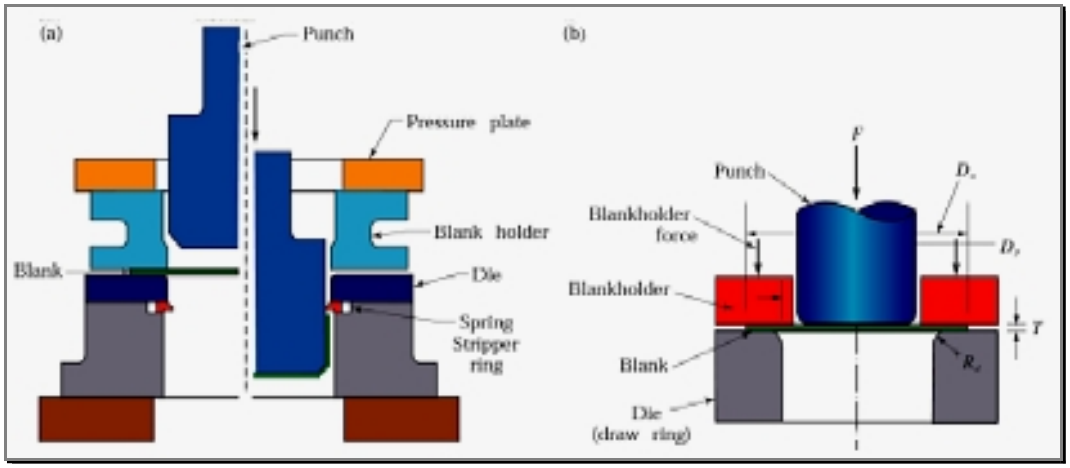
شکل (۱-۱): طرح کلی از انواع و ترتیب عملیات فرم دهی ورق

دراین روش قطعه کار اولیه بصورت ورق می باشد و کار روی ورق صورت می گیرد، از انواع فرآیندهای ورق کاری می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱-۳-۱- فرآیند های کششی[1]: نظیر کشش عمیق که عملیات کشش در پرسکاری به تولید قطعاتی که دارای سطوح مقعر و محدب‌اند محدود می شود. گسترهٔ این قطعات از شکلهای کاسه مانند ساده تا شکلهای

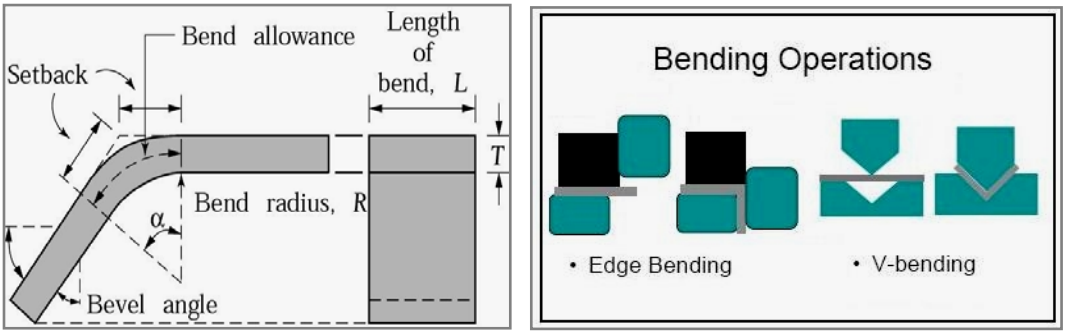
[1] Drawing

مرکب و بسیار پیچیده است،که سپر و گلگیر، رینگ اتومبیلها، ظروف فلزی و... از آن جمله اند. در کشش، تغییر شکل فلز در قسمت بزرگی از سطح قطعه رخ می دهد. بنابراین کشش به عنوان فرآیندی تعریف می شود که در آن فلز تخت به وسیلهٔ یک سنبه به درون ماتریس جاری می شود تا به شکل ظرف بدون درز در می آید، شکل (۲-۱).



شکل (۲-۱): نمایی از فرآیند کشش عمیق

۲-۳-۱- فرآیند خم کاری[1]: خم عبارت است از تغییر فرم یکنواخت ورق حول محور مستقیم که روی صحفه خنثی بوده و عمود بر راستای ورق می باشد، شکل (۳-۱).



شکل (۳-۱): فرآیند خم کاری

[1] bending

۴-۱- فرآیند برش[1]:

برش عبارت است از جداسازی قطعات از ورق یا نوار برشی و یا ایجاد سوراخ در یک قطعه، همچنین قالب برشی قالبی است که به کمک دو عضو اصلی سنبه و ماتریس و اجزاء کمکی و مجموعه قالب و ... جدا سازی قطعات از نوار برشی انجام می شود. نتیجه نهایی عمل برش توسط سنبه وماتریس یک قطعه تکمیل شده و یا نیمه تکمیل شده و در بعضی مواقع بسته به نوع عمل برش شامل قراضه[2] نیز می باشد. دراین فرآیند با حرکت سنبه و ماتریس به طرف یکدیگر فلز ورق بین دو لبه برش تحت تنش قرار می گیرد و پس از تغییر فرم پلاستیک ورق بریده می شود. عملیات مختلف برش که برای تولید قطعات روی پرسهای مکانیکی یا هیدرولیکی صورت می گیرد بصورت زیر دسته بندی می شود:

- ***قطع کردن*** :دراین فرآیند برش ورق بطور کامل و بدون دور ریز ازیک طرف ورق آغاز شده وقطعات یکسان تولید می گردد. لبه برشی می تواند یک مسیر مستقیم یا منحنی باشد .

- *قطع کردن یا برش دوطرفه* : عمل برش از دوطرف صورت می گیرد ودراین فرآیند برخلاف فرآیند قبل در دوطرف برش دور ریز خواهیم داشت.

- ***چاک زنی***[3] : دراین عملیات برش دریک طرف ورق درجهت عرض ورق به منظور ایجاد شکل درلبه های آن صورت می گیرد. قطعات جدا شده از ورق دور ریز می باشند.

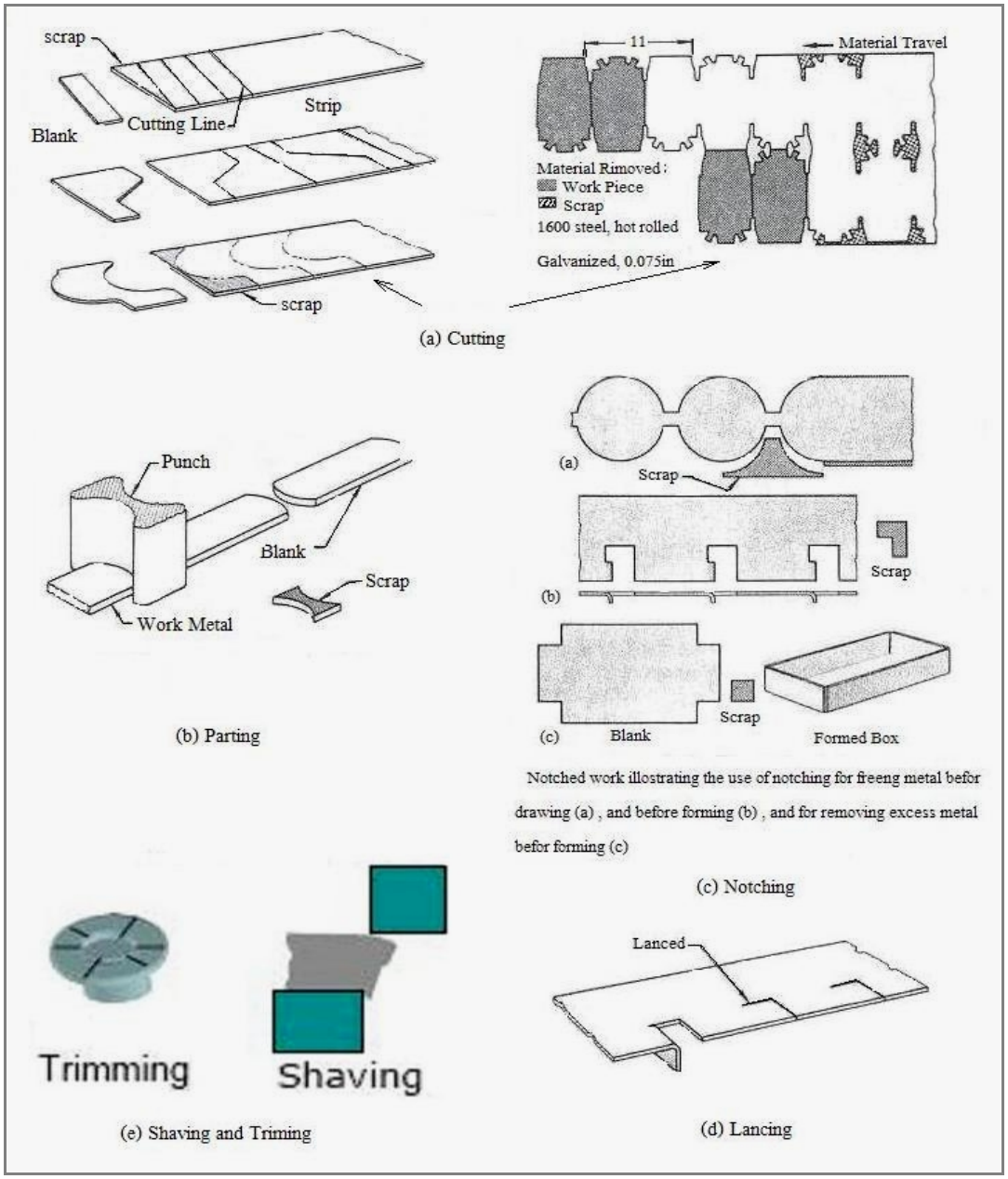
- ***نشتر زنی***[4] : دراین فرآیند قسمت داخلی ورق از ۳ طرف بریده شده،واز لبه چهارم به علت کند بودن لبه چهارم سنبه وماتریس وکلیه بیشتر دچار خمش می گردد. مثال بارز این فرآیند ۳ دریچه کولر برای هواکش می باشد. دراین فرآیند نیز دور ریز ورق نداریم.

- ***آرایش و سایز کردن***[1] :پس از عملیات برشی یا هر عملیات ورق کاری دیگر نظیر کشش عمیق،

---

[1] Shearing
[2] Scrap
[3] notching
[4] Lancing

جهت سایز کردن واصلاح لبه های ورق ویا برش اضافهٔ ماده[۲] در قطعات آهنگری شده مورد استفاده قرار می گیرد. نمایی از این فرآیندها در شکل (۴-۱) دیده می شود[۴].



شکل (۴-۱): نمونه هایی از عملیات برش ، (a) برش یک طرفه، (b) برش دو طرفه

(c) چاک زنی ، (d) نشتر زنی ، (e) آرایش و سایز کردن[۴]

[1] Triming & Shaving
[2] flash