دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مکانیک – طراحی کاربردی

بهینه سازی پارامترهای مؤثر در فرایند اکستروژن‌به کمک روش اجزاء محدود وشبکه های عصبی

استاد راهنما: دکتر محمود خداداد

استاد مشاور: دکتر سید محمد تقی المدرسی

پژوهش و نگارش: محمد داود دهقانی

مهر ماه ۱۳۹۰

چکیده:

فرایندی که طی آن یک بیلت فلزی تحت فشار، از داخل قالبی با شکل خاص عبور داده شده تا ابعاد و شکل مقطع آن را تغییر دهند، اکستروژن می نامند. از مزایای این روش در تولید قطعات و اجزاء ماشینها می توان به خواص مکانیکی مناسب قطعه، صافی سطح، دقت ابعادی مناسب، نرخ تولید بالا و هزینه کم نام برد. در فرایند اکستروژن، خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ماده، شرایط اصطکاکی درسطح تماس ماده و ابزار، هندسه قالب، سرعت حرکت سمبه و دمای اولیه بیلت پارامترهای مهمی هستند که کیفیت محصول شکل دهی شده و راندمان فرایند را تحت تأثیر قرار می دهند. شناسایی و دستیابی به شرایط بهینه اکستروژن از مهمترین موضوعاتی می باشد که در این پژوهش به کمک روش اجزاء محدود و شبکه های عصبی شبیه سازی شده است. فرایند اکستروژن سرد وگرم جهت تبدیل بیلت به یک لوله با ابعاد مشخص در نرم افزار ABAQUS شبیه سازی شده و با بررسی پارامترهای مؤثر در این فرایند،اطلاعات ورودی مورد نیاز الگوریتم شبکه های عصبی بدست می آید. مقدار بهینه سرعت حرکت سمبه و دمای اولیه بیلت در فرایند اکستروژن سرد وگرم برای تولید لوله با ضخامت های مختلف و از جنس فلزات متنوع از قبیل آلومینیم ،Ck45 وTi99.8 شناسایی می شود.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : اکستروژن ۱

۱- اکستروژن ۱

۱-۱-مقدمه ۱

۱-۲-روش های مختلف اکستروژن ۳

۱-۳-مزایا و معایب اکستروژن مستقیم و غیر مستقیم ۵

۱-۳-۱-مزایای اکستروژن مستقیم ۵

۱-۳-۲- معایب اکستروژن مستقیم ۵

۱-۳-۳-مزایای اکستروژن غیر مستقیم ۶

۱-۳-۴- معایب اکستروژن غیر مستقیم ۶

۱-۴-مقایسه اکستروژن با دیگر فرایندهای مشابه ۶

۱-۵-چگونگی سیلان در فرایند اکستروژن مستقیم توپر ۸

۱-۶- عیوب ممکن در محصولات اکستروژن ۱۰

۱-۷- مروری بر کارهای انجام شده ۱۲

۱-۸- اهداف پروژه ۱۶

فصل دوم: تجهیزات موردنیاز ۱۸

۲-۱- دستگاه پرس ۱۸

۲-۱-۱- انواع پرس ها ۱۸

۲-۱-۲- ساختمان پرس ها ۱۸

۲-۱-۳- سرعت پرس ها ۱۹

۲-۱-۴- پرس های C شکل ضربه ای ۱۹

۲-۱-۵- پرس های هیدرولیکی ۲۰

۲-۱-۵-۱- مزایای اساسی پرس های هیدرولیکی ۲۱

۲-۱-۵-۲- معایب پرس های هیدرولیکی ۲۱
۲-۱-۶- پرس های مکانیکی ۲۲
۲-۱-۷- انتخاب پرس برای اکستروژن ۲۳
۲-۲- دستگاه برش شمش ۲۴
۲-۳- کوره ۲۴
۲-۴- دستگاه های انتقال شمش و محصول ۲۴
فصل سوم: تعیین نیروی لازم دراکستروژن ۲۵
۳-۱- تعیین نیروی لازم دراکستروژن ۲۵
۳-۱-۱ مقدار نیرو در اکستروژن مستقیم ۲۵
۳-۱-۲ مقدار نیرو در اکستروژن معکوس ۲۷
۳-۱-۲-۱ برای قطعات با دیواره ضخیم ($D0/S\leq10$): ۲۷
۳-۱-۲-۲ برای قطعات با دیواره نازک ($D0/S\geq10$): ۲۷
فصل چهارم : مدل سازی فرآیند اکستروژن و استخراج نتایج ۲۹
۴-۱- مقدمه ۲۹
۴-۲- ویژگی های نرم افزار ABAQUS ۲۹
۴-۲-۱- نحوه عملکرد نرم افزار ABAQUS ۲۹
۴-۲-۲- روش اجزای محدود دینامیک صریح در ABAQUS ۳۱
۴-۳- روند شبیه سازی اکستروژن یک قطعه استوانه ای ۳۲
۴-۳-۱- ایجاد هندسه مدل (Module: Part) ۳۳
۴-۳-۱-۱- روش رسم بیلت ۳۳
۴-۳-۱-۲- روش رسم قالب ۳۴
۴-۳-۱-۳- تعریف نقطه مبنا قالب ۳۴
۴-۳-۱-۴- روش رسم سنبه ۳۵
۴-۳-۱-۵- تعریف نقطه مبنا سمبه ۳۵

۴-۳-۲- تعریف خواص ماده (Module: Property) ۳۵
۴-۳-۲-۱- تعریف مقطع ۳۸
۴-۳-۲-۲- اختصاص مقطع به بیلت ۳۸
۴-۳-۳- مونتاژ قطعات(Module: Assembly) ۳۸
۴-۳-۴- تعریف مراحل حل (Module: Step) ۴۰
۴-۳-۵- تعریف تماس(Module: Interaction) ۴۱
۴-۳-۶- اعمال شرایط مرزی و بارگذاری(Module: Load) ۴۴
۴-۳- ۷- مش بندی(Module: Mesh) ۴۷
۴-۳- ۸- اجرای مسئله (Module: Job) ۴۹
۴-۳- ۹- مشاهده نتایج (Module: visualization) ۵۰
۴-۴- نتایج شبیه سازی: ۵۱
۴-۴-۱- اکستروژن سرد: ۵۲
۴-۴-۲- اکستروژن گرم: ۵۶
فصل پنجم: شبکه های عصبی ۵۹
۵-۱- مقدمه ۵۹
۵-۲- مفهوم شبکه های عصبی مصنوعی ۵۹
۵-۳- تشابه های شبکه های عصبی مصنوعی و بیولوژیکی ۶۰
۵-۴- کاربرد های شبکه های عصبی مصنوعی ۶۲
۵-۵- مبانی شبکه های عصبی مصنوعی ۶۳
۵-۶- شبکه های پرسپترون چند لایه (MLP) ۶۴
۵-۶-۱- الگوریتم پس انتشار خطا (BP) ۶۵
۵-۶-۲- محدودیت الگوریتم BP ۶۸
۵-۶-۳- اندازه حرکت ۶۹
۵-۶-۴- نگاشت زوج های آموزشی به حدود مناسب ۷۰

۵-۶-۵- نحوه ارائه زوج های آموزشی به شبکه ۷۱
۵-۶-۶- سنجش میزان یادگیری و عملکرد شبکه ۷۱
۵-۷- طراحی شبکه عصبی مصنوعی..... ۷۵
۵-۷-۱- مراحل طراحی یک شبکه عصبی مصنوعی ۷۵
۵-۸- طراحی شبکه عصبی ۷۶
۵-۸-۱- طراحی شبکه عصبی برای اکستروژن سرد ۷۶
۵-۸-۲- طراحی شبکه عصبی برای اکستروژن گرم..... ۸۲
فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۹
۶-۱- نتیجه گیری ۸۹
۶-۲- پیشنهادات..... ۹۰
پیوست..... ۹۱
منابع ۱۰۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل(۱-۱) نمونه ای ازپروفیل های تولیدشده توسط اکستروژن ۲

شکل (۱-۲) فرایند اکستروژن مستقیم ۳

شکل (۱-۳،الف) اکستروژن مستقیم برای تولید قطعات توپر ۴

شکل (۱-۳،ب) اکستروژن غیر مستقیم برای تولید قطعات توپر ۴

شکل(۱-۴) نمایش اصول فرآیندهای اکستروژن، طبق استاندارد DIN8583 ..... ۵

شکل(۱-۵) نحوه ی سیلان با استفاده از ایجاد خطوط مشبکی شکل برروی قطعه اکسترود شده ۹

الف)جنس قطعه آلیاژی ازقلع وسرب ب)جنس قطعه ازAL،بدون روانکاری ۹

شکل(۱-۶) قطعه تولیدی توسط قالب بهینه شده ۱۳

شکل(۱-۷) اجزای مدل شده وشمشال قبل و بعد از تغییر شکل ۱۴

شکل(۱-۸) مدل FEM و موقعییت اندازه گیری شده ۱۵

شکل (۱-۹) نمایی ازفرایند اکستروژن ۱۶

شکل(۳-۱) مقادیر مشخصه در اکستروژن معکوس ۲۷

شکل (۴-۱) مراحل تحلیل یک مسئله در ABAQUS ۳۱

شکل(۴-۲) مدل ایجاد شده بیلت ۳۳

شکل(۴-۳) مدل ایجاد شده قالب ۳۴

شکل(۴-۴) مدل ایجاد شده سمبه ۳۵

شکل (۴-۵) پنجره تعریف خواص ۳۸

شکل (۴-۶) مونتاژ قطعات ۳۹

شکل (۴-۷) قطعات مونتاژ شده ۳۹

شکل(۴-۸) تعریف روش تحلیل و زمان حل ۴۰

شکل(۴-۹) تعریف نوع تماس اصطکاکی – حرارتی ۴۲

شکل (۴-۱۰) پنجره تعریف تماس بین قطعات ۴۳

شکل (۴-۱۱) پنجره تعریف تماس بین قطعات ۴۴

شکل (۴-۱۲) نشان دهنده نمونه مش بندی شده در نرم افزار ABAQUS ۵۰

شکل (۴-۱۳) نشان دهنده نمونه تحلیل شده بعد از تغییر فرم در نرم افزار ABAQUS ۵۱

شکل (۴-۱۴) نمودار های انرژی جنبشی و انرژی کل سیستم در طول فرآیند ۵۲

شکل (۴-۱۵) نشان دهنده تغییرات نیرو برحسب سرعت برای شعاع های مختلف سمبه ۵۳

شکل (۴-۱۶) نشان دهنده تغییرات نیرو برحسب سرعت برای شعاع های مختلف سمبه برای جنس های متفاوت ۵۵

شکل (۴-۱۷) نشان دهنده تغییرات نیرو برحسب سرعت برای قطر های مختلف سمبه در دمای ۲۰۰ ... ۵۶

شکل (۴-۱۸) نشان دهنده تغییرات نیرو برحسب سرعت برای قطر های مختلف سمبه در دمای ۴۵۰ ... ۵۷

شکل (۴-۱۹) نشان دهنده تغییرات نیرو برحسب سرعت برای قطر های مختلف سمبه در دمای ۶۰۰ ... ۵۸

شکل(۵-۱) سلول عصبی بیولوژیکی ۶۱

شکل(۵-۲) نمایی ازیک شبکه مصنوعی ساده ۶۳

شکل(۵-۳) شبکه پرسپترون سه لایه ۶۴

شکل(۵-۴) سیگنال های شبکه عصبی پرسپترون ۶۵

شکل(۵-۵) مقایسه تابع زیگموید (نمودارهای سمت چپ) و تانژانت هیپربولیک (نمودارهای سمت راست) ۶۹

شکل(۵-۶) نتایج حاصل از آموزش شبکه عصبی اول ۷۷

شکل(۵-۷) نتایج اعتبار سنجی شبکه عصبی اول ۷۸

شکل(۵-۸) نتایج حاصل از آموزش شبکه عصبی دوم ۷۸

شکل(۵-۹) نتایج اعتبار سنجی شبکه عصبی دوم ۷۹

شکل(۵-۱۰) نتایج حاصل از آموزش شبکه عصبی سوم ۷۹

شکل (۵-۱۱) نتایج اعتبار سنجی شبکه عصبی سوم..... ۸۰

شکل (۵-۱۲) منحنی نیرو ی اعمالی به سمبه بر حسب قطر لوله ۸۱

شکل(۵-۱۳) نتایج حاصل از آموزش شبکه عصبی اول ۸۲

شکل(۵-۱۴) نتایج اعتبار سنجی شبکه عصبی اول..... ۸۳

شکل(۵-۱۵) نتایج حاصل از آموزش شبکه عصبی دوم ۸۴

شکل(۵- ۱۶) نتایج اعتبار سنجی شبکه عصبی دوم..... ۸۴

شکل(۵-۱۷) نتایج حاصل از آموزش شبکه عصبی سوم ۸۴

شکل(۵-۱۸) نتایج اعتبار سنجی شبکه عصبی سوم..... ۸۵

شکل (۵-۱۹) نتایج حاصل از حل شبکه های عصبی مربوط به پارامتر دمای بهینه بیلت بر حسب قطر سمبه و نیروی لازم جهت اعمال به سمبه..... ۸۷

شکل (۵-۲۰) نتایج حاصل از حل شبکه های عصبی مربوط به پارامتر سرعت بهینه سمبه بر حسب قطر سمبه و نیروی لازم جهت اعمال به سمبه..... ۸۷

شکل (۵-۲۱) دمای بهینه بر حسب قطر سمبه و نیروی لازم جهت اعمال به سمبه ۸۸

شکل (۵-۲۲) سرعت بهینه بر حسب قطر سمبه و نیروی لازم جهت اعمال به سمبه..... ۸۸

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول(۴-۱)- خواص ناحیه الاستیک آلومینیوم Al99.8 ..... ۳۶

جدول(۴-۲)- خواص ناحیه پلاستیک آلومینیوم Al99.8..... ۳۶

جدول(۴-۳) خواص ماده در حالت الاستیک..... ۳۷

جدول(۴-۴)- خواص ناحیه پلاستیک آلومینیوم Al99.8..... ۳۷

جدول (۴-۵) تعریف تماس جابجایی ۴۲

جدول (۴-۶) تعریف روند حل مسئله..... ۴۵

جدول(۴-۷) محدوده قطرهای داخلی لوله و نیروی لازم جهت اعمال بر سمبه محاسبه شده توسط نرم افزارABAQUS و روش تئوری برایAl99.8 ..... ۵۳

جدول(۴-۸) محدوده قطرهای داخلی لوله و نیروی محاسبه شده توسط نرم افزارABAQUS و روش تئوری برایCk10 ..... ۵۴

جدول(۴-۹) محدوده قطرهای داخلی لوله و نیروی محاسبه شده توسط نرم افزارABAQUS و روش تئوری برایCK45 ..... ۵۴

جدول(۴-۱۰) محدوده قطرهای داخلی لوله و نیروی محاسبه شده توسط نرم افزارABAQUS و روش تئوری برایCuZn37 ..... ۵۴

جدول(۴-۱۱) محدوده قطرهای داخلی لوله و نیروی محاسبه شده توسط نرم افزارABAQUS و روش تئوری برایTi99.8 ..... ۵۵

جدول(۵-۱) کارایی شبکه های عصبی در دو فاز آموزش و تست ۸۰

جدول(۵-۲)نتایج تست شبکه ۸۱

جدول(۵-۳) کارایی شبکه های عصبی در دو فاز آموزش و تست ۸۵

جدول(۵-۴)نتایج تست شبکه ۸۶

فصل اول
اکستروژن

اولین قدم در بررسی یک فرایند شناخت کامل آن است. به همین منظور در آغاز به معرفی فرایند اکستروژن سرد وگرم، مزایا و معایب هر کدام در مقایسه با دیگر روش های شکل دهی و تولید می پردازیم.

۱- اکستروژن [۱]

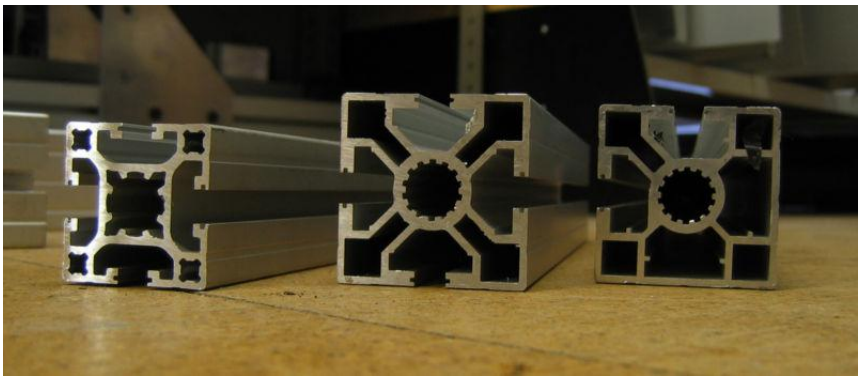
۱-۱-مقدمه

فرایندی را که طی آن یک بیلت[۲] فلزی با فشار از داخل قالبی با شکل خاص عبور داده شده تا سطح مقطع آن را تغییردهند ، اکستروژن می نامند. فرایند اکستروژن در مقایسه با دیگر روش های شکل دهی، روشی نسبتاً مناسب است. اکستروژن برای اولین بار در اوایل قرن نوزدهم مطرح و ابتدا لوله های سربی از این طریق تولید شد. اواخر قرن نوزدهم، یعنی در حدود سال ۱۸۹۴، با ساخت دستگاه های پرس با قدرت بالا دستیابی به نیروهای فشاری در حد بسیار بالا میسر گشت و لوله های برنجی از این طریق تولید شد. از طرفی دیگر مشکل دستیابی به فشارهای بسیار بالا نیز

1-Extrusion
2-Billet

تا حدودی از طریق گرم کردن شمش اولیه و نتیجتاً کاهش تنش سیلان فلز و همچنین استفاده از روانکارهای مناسب رفع گردید. در صورتی که شمش اولیه قبل ازشروع شکل دهی حرارت داده شود ، اکستروژن را گرم و در غیر این صورت ، سرد می نامند[۱].

اکستروژن گرم به منظور تولید محصولات فلزی نیمه تمام با طول نسبتاً زیاد و مقطع ثابت (مانند انواع پروفیل های توپر و توخالی، متقارن و غیر منقارن، فولادی، آلومینومی و مسی و آلیاژهای آنها) مورد استفاده قرار می گیرد و اکستروژن سرد، به دلیل وجود مقاومت بالا در برابر تغییر شکل برای تولید قطعات نسبتاً کوچک و کوتاه با سطح مقطع متقارن (مانند مفتول، تسمه، لوله و بوش) در تولید انبوه قطعات با سطح مرغوب و دقت ابعادی مناسب به کار می رود، شکل (۱-۱).



شکل(۱-۱) نمونه ای ازپروفیل های تولیدشده توسط اکستروژن

قطعاتی که از طریق اکستروژن سرد تولید می شوند؛ به دلیل داشتن سطح مرغوب و دقت ابعادی بالا ، دیگر نیازی به کار اضافی ندارند و یا فقط مقدار بسیار جزیی پرداختکاری برای آنها ضروری است. به این دلیل هم در مواد مصرفی و هم در وقت، صرفه جویی به عمل می آید. امروزه اکستروژن سرد بیشتر برای تولید قطعاتی از وسایل نقلیه، تجهیزات نظامی، ماشین آلات صنعتی و تجهیزات الکترونیکی، به صورت تولید انبوه، به کار می رود. بنابراین اکستروژن سرد یک عملیات ثانوی و یا نهایی بر روی قطعاتی است که به صورت نیمه تمام از طریق روش های دیگر، از قبیل ریخته گری، اکستروژن گرم و نورد تولید می شوند. در تولید قطعات کوچک با انتخاب مواد مناسب

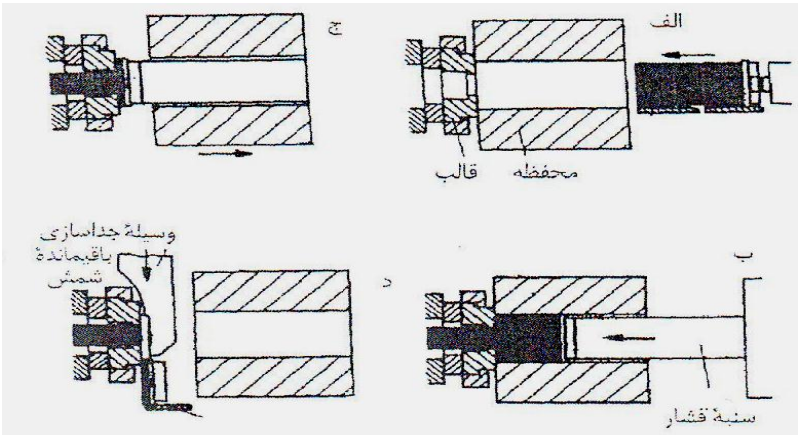
می توان بازده فرایند اکستروژن سرد را با استفاده از عملیات پیش پرس، دردرجه حرارتی معمولاً زیر $200^{\circ}C$ و روانکاوی مناسب در حد قابل ملاحظه ای افزایش داد و یا به عبارتی دیگرمیزان تغییر شکل موثر را بالا برد.

قابل توجه است که در اکستروژن گرم و سرد، به دلیل درجه حرارت های مختلف قطعه ، ضریب اصطکاک (μ) و نتیجتاً نیروی اصطکاک متفاوت است. در اکستروژن سرد تنش سیلان نسبتاً بالا وضریب اصطکاک μ کم است ،درصورتی که در اکستروژن گرم خلاف این مطلب است .

از آنجا که اکستروژن فرایندی است که صرفاً با فشار بالا همراه است، از آن می توان برای شکل دادن آلیاژهایی که شکل پذیری چندان بالایی ندارند، مانند آلیاژهای منیزیم، تیتانیوم استفاده نمود.

۱-۲- روش های مختلف اکستروژن

فرایند اکستروژن بسیار ساده است ، بدین ترتیب که ابتدا شمش آماده را در محفظه دستگاه اکستروژن قرار می دهند. سپس این شمش با اعمال فشار بالایی که به صورت هیدرولیکی یا مکانیکی به آن وارد می شود از داخل قالبی که در اتصال با محفظه است به سمت بیرون سیلان می یابد، شکل(۱-۲) .

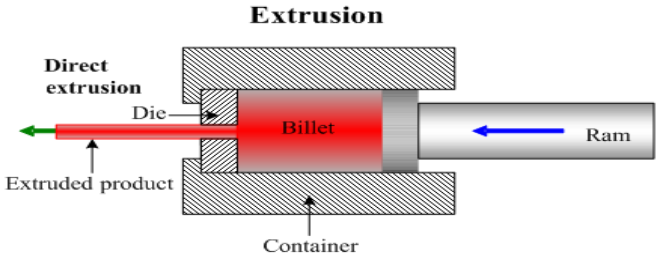


شکل (۱-۲): فرایناکستروژن مستقیم.الف) بارگذاری ب) پرس کردن ج) برگرداندن محفظه و سنبه با پیستون به منظور خارج ساختن قطعه اکسترود شده د) برش باقیمانده شمش

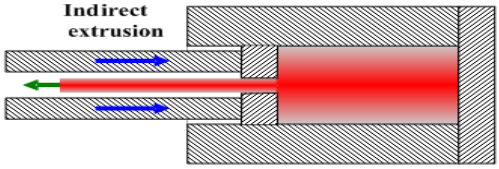
فرایند اکستروژن برحسب نوع تجهیزات به کار برده شده به دو روش اساسی تقسیم بندی می شود:

۱- اکستروژن مستقیم یابه جلو[1].

۲- اکستروژن غیر مسقیم یا معکوس (به عقب)[2].



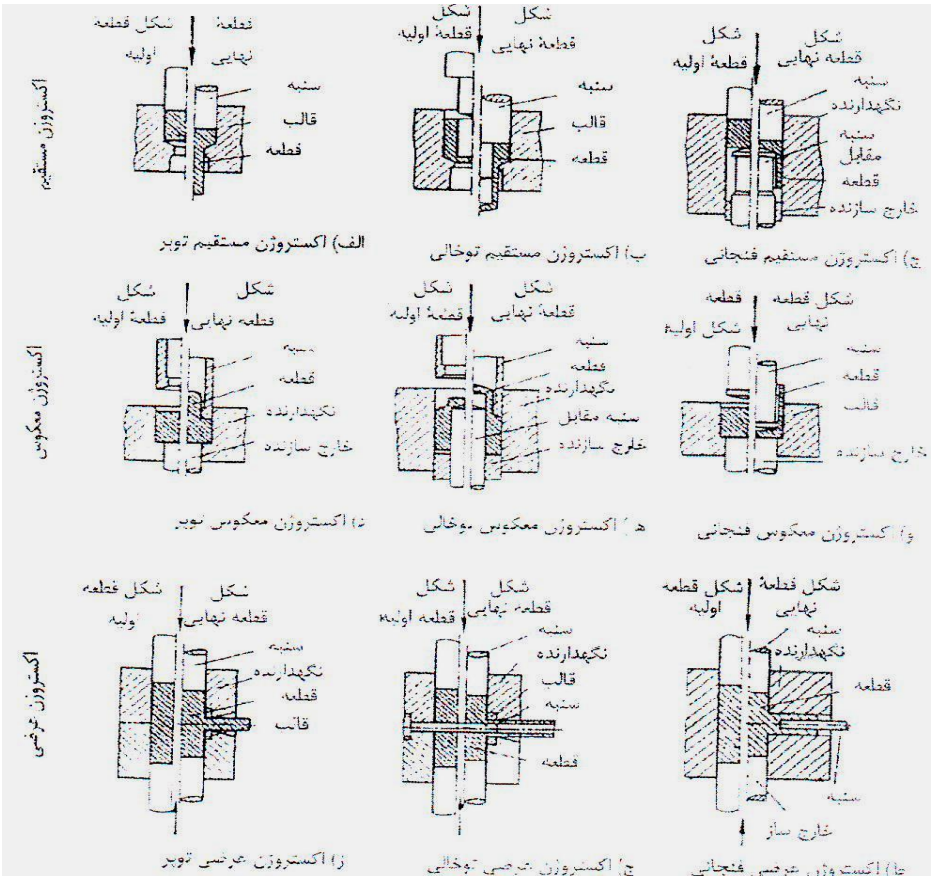
شکل (۱-۳،الف): اکستروژن مستقیم برای تولید قطعات توپر



شکل (۱-۳،ب): اکستروژن غیر مستقیم برای تولید قطعات توپر

در اکستروژن مستقیم جهت سیلان فلز و جهت حرکت پیستون فشار یکی است ، شکل (۱-۳ ،الف) . در صورتی که در اکستروژن غیر مستقیم سیلان ماده درخلاف جهت حرکت پیستون است وهیچ حرکت نسبی بین شمش و محفظه وجود ندارد ، شکل (۱-۳،ب). طبق تقسیم بندی دیگری که عمدتاً برای اکستروژن قطعات کوچک انجام گرفته است، روش اکستروژن عرضی به دو روش بیان شده قبلی اضافه گردیده است . تقسیم بندی دیگری نیز بر حسب هندسه قطعه اکسترود شده ارائه شده است . طبق این تقسیم بندی اکستروژن قطعات توپر، تو خالی و فنجانی به سه روش قبلی اضافه می شود. شکل (۱-۴) اساس روش های اکستروژن را نمایان می سازد[۲].

[1]-Direct or forward extrusion
[2]-Indirect or backward extrusion



شکل(۱-۴) نمایش اصول فرآیندهای اکستروژن، طبق استاندارد DIN8583

۱-۳-مزایا و معایب اکستروژن مستقیم و غیر مستقیم

۱-۳-۱-مزایای اکستروژن مستقیم

۱- ساده تر بودن فرایند نسبت به روش معکوس

۲- در اکستروژن مستقیم داغ ، قطعه اکسترود شده بعد از خارج شدن از قالب می تواند به راحتی کنترل شده و خنک شود.

۱-۳-۲- معایب اکستروژن مستقیم

۱- وجود اصطکاک درسطح تماس بین شمش و محفظه و حرارت ناشی از آن و تشکیل ریز ساختار غیر یکنواخت و در نتیجه خواص غیر یکنواخت در امتداد طول قطعه اکسترود شده.

۲- نیروی تغییر شکل بالاتر در مقایسه با اکستروژن غیر مستقیم

۳- تشکیل عیوب داخلی ، به ویژه در موارد وجود اصطکاک ، با انتقال ناخالصی های سطحی و زیر سطحی به داخل قطعه و ظاهر گشتن حفره قیفی شکل در انتهای شمش و در نتیجه ازدیاد ضخامت باقیمانده شمش به عنوان دور ریز.

۱-۳-۳- مزایای اکستروژن غیر مستقیم

۱- کاهش حدود ۲۰ تا ۳۰ ٪ نیروی لازم در مقایسه با اکستروژن مستقیم ، به دلیل عدم وجود اصطکاک.

۲- در اکستروژن غیر مستقیم ، به علت عدم وجود اصطکاک بین شمس و محفظه ، حرارت لایه خارجی شمش افزایش نمی یابد، بنابراین تغییر شکل یکنواخت انجام می گیرد و تشکیل عیب و ترک در لبه ها و سطح محصول کمتر می شود.

۳- به علت عدم وجود اصطکاک، ناخالصی های سطحی شمش به داخل محصول کشیده نمی شود، اما ناخالصی های سطحی شمش می تواند در سطح قطعه ظاهر شود. (که ازمعایب اکستروژن غیر مستقیم محسوب می شود).

۴- به دلیل عدم وجود اصطکاک، عمر ابزار تغییر شکل بیشتر است.

۱-۳-۴- معایب اکستروژن غیر مستقیم

۱- محدودیت افزایش نیروی تغییر شکل.

۲- مرغوبیت کمتر سطح خارجی محصول.

۱-۴- مقایسه اکستروژن با دیگر فرایندهای مشابه

الف – کشش عمیق:

برای تولید قطعات فنجانی دارای دیواره نسبتاً ضخیم، فرایناکستروژن معمولاً اقتصادی تر است . وقتی طول نمونه بزرگتر از دو برابر قطر آن باشد، کشش عمیق نمی تواند با روش اکستروژن

رقابت کند. زیرا در اکستروژنپ، فلز به داخل محفظه بین سنبه و قالب فشرده می شود و در این حال تحت تنشهای فشاری است ، در حالیکه در کشش عمیق فلز به داخل قالب توسط سنبه کشیده شده و در این حالت تحت تنشهای کششی قرار دارد . در نتیجه تحت این شرایط امکان پارگی نمونه های جدار نازک در کشش عمیق وجود دارد .در صورتیکه این محصول با یک مرحله اکستروژن قابل تولید است . تلف نشدن ماده نیز این روش را مقرون به صرفه تر می کند، زیرا این تلفات در کشش عمیق ممکن است به ۲۰٪یا بیشتر نیز برسد. میزان بالای حجم تولید و همچنین تولید قطعات با جداره ضخیم تر، از دیگر امتیازات این روش بر کشش عمیق است. اگر قطعات با عملیات پرس کاری مرسوم تولید شوند ؛ باید متعاقباً به وسیله لحیم کاری و جوشکاری یا دیگر روشها مونتاژ شوند. در حالیکه با اکستروژن می توان کل مجموعه را به صورت یک پارچه تولید کرد.

ب- ماشین کاری :

فرایند ماشین کاری دارای اتلاف ماده ای (به شکل پلیسه) در حدود ۶۰٪ و یا بیشتر می باشد و همچنین برای تولید قطعه نیاز به تنظیم کننده های ابزار ماشین کاری است. در حالیکه در اکستروژن ، پرداخت سطح بهتر، استحکام بیشتر ، سرعت بالاتر و اتلاف ماده کمتر از امتیازات این روش است .اما وقتی به کمک ماشینکاری نمونه ها را بتوان با محورهای چند گانه و ماشینهای اتوماتیک با مقدار نسبتاً کم اتلاف فلز و بدون مرغک گذاری مجدد تولید کرد، اکستروژن از امتیاز کمتری برخوردار است . هر گاه در تولید یک قطعه به روش ماشینکاری مرسوم، اتلاف ماده خام از ۱۰٪ بیشتر شده و یا نیاز به مرغک گذاری مجدد باشد ، از لحاظ اقتصادی بهتر است که آن قطعه با روش اکستروژن تولید شود. دقت ابعادی حاصل شده از اکستروژن و ماشینکاری معمولی در یک سطح بوده و محصول تمام شده اکستروژن به عملیات سنگ زنی و صیقل کاری نیاز ندارد.

ج- ریخته گری :

اکستروژن نسبت به ریخته گری دارای امتیازاتی نظیر دقت ابعادی بیشتر ، اتلاف ماده خام کمتر ، پرداخت سطح بهتر و خواص مکانیکی بهبود یافته تر می باشد. چگالی بالاتر قطعات اکسترود شده ما را نسبت به بی عیب بودن و استحکام آنها مطمئن می سازد با وجود این اگر برای

یک کاربرد ویژه خواص مکانیکی پایین تر ، تلرانس کمتر (در حد ریخته گری) مشکل آفرین نباشد ، قطعات تولید شده توسط ریخته گری نسبت به اکستروژن ، کم هزینه تر می باشند.

د- آهنگری داغ:

اکستروژن سرد و تا حدودی اکستروژن گرم، تلرانس های دقیق تر و سطح بهتری را نسبت به آهنگری داغ نتیجه می دهند. تشکیل کاملتر لبه های موازی روی قطعه در اکستروژن اغلب یک امتیاز مهم است. همچنین در اکستروژن سرد ، عملیات حرارتی ، اکسید زدایی و کیفیت سطح نامرغوب که اغلب به عملیات بعدی نیازمند هستند، حذف می شوند. درجه حرارتهای بالا ی مورد نیاز در آهنگری، باعث خراب شدن سریع ابزار شده که این مساله باعث کم شدن دقت ابعادی سطوح می گردد. بعلاوه هدر نرفتن زمان به دلیل کم بودن و یا نبودن عملیات ماشین کاری بعدی از امتیازات اکستروژن است . البته اکستروژن گرم درموارد ذکر شده مزیتی بر فورجینگ داغ ندارد.

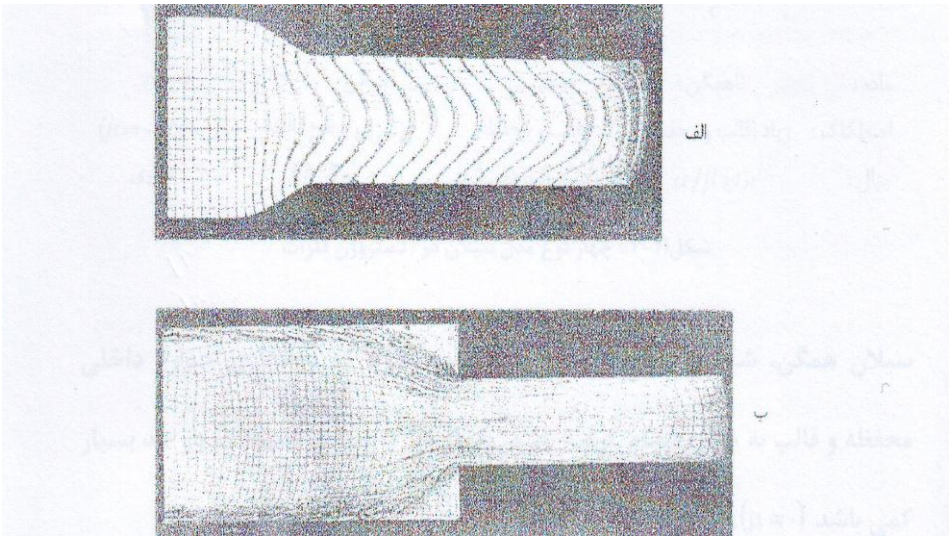
۱-۵- چگونگی سیلان در فرایند اکستروژن مستقیم توپر

در فرایند اکستروژن، نیروی لازم به چگونگی سیلان شمش در محفظه، بستگی دارد. بررسی های انجام گرفته در مورد نحوه سیلان ماده پیشگویی دقیقی را نیز پیرامون تغییر شکل های موضعی در حین فرایند اکستروژن فراهم می سازد، که اهمیت ویژه ای برای تعیین تنش ، نیرو و انرژی مورد نیاز در حین شکل دهی دارد . علاوه بر آن با مشخص شدن نحوه سیلان می توان برتشکیل عیوب ناشی از آن پی برد .بررسی ها می تواند با استفاده از روش های زیر انجام شود:

- مدل سازی از جنس موم و مواد پلاستیکی .
- انجام آزمایشات اکستروژن با فلزاتی که به راحتی شکل پذیر می باشند.
- انجام آزمایش های اکستروژن با شرایط معمولی کارگاهی .
- شبیه سازی فرایند توسط نرم افزار های شبیه سازی مانند ANSYS، ABAQUS و ...

شکل (۱-۵) چگونگی سیلان را در قطعه اکسترود شده نشان می دهد. فرایند تغییر شکل با پر شدن محفظه از ماده آغاز می شود، به طوری که سطح قاعده جلویی شمش اولیه به لبه قالب

تماس پیدا می کند.به دلیل وجود اصطکاک، ذرات ماده در امتداد محور و در حوالی آن در جهت فشار شتاب بیشتری به سمت جلو می یابد و انحنادار شدن سطح قاعده شمش شروع می شود . برای نمایان ساختن نحوه سیلان روش های مختلفی به کار می رود .یکی از این روش ها به این صورت است که شمش را قبل از قراردادن در محفظه در صفحه تقارن به دو قسمت تقسیم کرده و بر روی سطح مقطع طولی از طریق مکانیکی، خطوط نازک مشبکی شکل را ایجاد می کنند. سپس هر دو نیمه شمش به گونه ای که درحین تغییرشکل به یکدیگر جوش نخورند روی هم پرس می شوند. پس از وارد آوردن کمی فشار و مقداری تغییر شکل، با توجه به تغییرات ایجاد شده در خطوط شبکه بندی ، می توان تا حدود زیادی به نحوه سیلان تحت شرایط موجود پی برد.



شکل(۱-۵) نحوه ی سیلان با استفاده از ایجاد خطوط مشبکی شکل بر روی قطعه اکسترود شده

الف)جنس قطعه آلیاژی ازقلع و سرب ب)جنس قطعه ازAl،بدون روانکاری

اصطکاک بین سطح تماس قطعه و محفظه و همچنین رفتار پلاستیکی ماده (مشخص شده توسط تنش سیلان و شکل پذیری آن) تاثیر قابل ملاحظه ای بر نحوه سیلان ماده دارد.

۱-۶- عیوب ممکن در محصولات اکستروژن

کیفیت محصولات اکستروژن توسط مشخصات زیر تعیین می شود:

- ترکیب شیمیایی
- ابعاد هندسی
- ریز ساختار و نحوه توزیع آن
- نحوه توزیع خواص مکانیکی در امتداد طول و عرض محصول
- نوع سطح خارجی

مشخصات مربوط به کیفیت محصول در معیارهای ارائه شده توسط استانداردهای رایج و یا شرایط عمومی که می تواند خصوصیات و شرایط داخلی کارگاهی باشد، تعیین شده است. محصولات تولیدی که خصوصیات تعیین شده را نداشته باشند معیوب تلقی می شوند، که علل زیر را می توانند داشته باشند:

- معیوب بودن قطعه اولیه
- پدیدارشدن نقص در فرآیند اکستروژن
- معیوب یا نامناسب بودن ابزار

معیوب بودن قطعه اولیه می تواند از لحاظ ترکیب شیمیایی، وجود آخالها (عیوب داخلی) و ناخالصی ها، پوسته های اکسیدی، دو لایه ای و جدایشها،[1] ترکهای داخلی یا اکسیدهای نامحلول، که به شکست الیاف یا رشته ها منجر می شوند، باشد.

عیوب یا انحراف ابعادی می تواند ناشی از دقت تولید مربوط به ابزار، سایش ابزار و کارهای بعدی انجام گرفته روی محصول اکستروژن باشد. علاوه بر آن دقت ابعادی پروفیل به انبساط حرارتی و تغییر شکل الاستیکی ناشی از نیروی فشاری قالب در حین اکستروژن و انقباض حرارتی محصول پس از فرآیند اکستروژن بستگی دارد. عموماً انجام کار اضافی بر روی پروفیل های تولیدشده از طریق اکستروژن معمول نیست، زیرا که موجب افزایش هزینه تولید می شود. فقط در

[1] . **Segregation**