٤٢٥٠٣

۱۳۸۱ /۴/ ۳۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
مرکز اسناد و مدارک

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مکانیک

تحلیل دو بعدی و سه بعدی فرایند اکستروژن سرد با استفاده از روش اجزای محدود

پایان نامه کارشناسی ارشد طراحی کاربردی

علی اکبر جلودار

استاد راهنما :

دکتر محمود فرزین

۴۲۵۰۳

۱۳۸۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته طراحی کاربردی آقای علی اکبر جلودار

تحت عنوان

تحلیل دو بعدی و سه بعدی فرایند اکستروژن سرد با استفاده از روش اجزای محدود

در تاریخ ۱۳۸۰/۸/۶ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی وتصویب نهائی قرار گرفت.

۱-استاد راهنمای پایان نامه	دکتر محمود فرزین
۲-استاد مشاور پایان نامه	دکتر حسن خادمی زاده
۳-استاد مشاور پایان نامه	دکتر حمید هاشم الحسینی
۴— استاد داور	دکتر مهران مرادی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر احمد رضا عظیمیان

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات ،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی
اصفهان است.

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

همسر مهربان و فداکارم

وفرزند دلبندم فاطمه

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست مطالب	شش
چکیده	۱
فصل اول: مقدمه	
۱-۱ پیشرفت تاریخی فرآیند اکستروژن	۲
۱-۲ انواع روشهای اکستروژن	٤
۱-۲-۱ اکستروژن معکوس	٤
۱-۲-۲ اکسنروژن مستقیم	٤
۱-۲-۳ اکسنروژن ترکیبی	٥
۱-۳ انواع روشهای اکستروژن از نظر دما	۸
۱-۳-۱ اکستروژن سرد	۸
۱-۳-۲ اکستروژن گرم	۸
۱-۳-۳ اکستروژن داغ	۸
۱-٤ امتیازات روش اکستروژن	۸
۱-٥ محدودیت های روش اکستروژن	۹
۱-٦ پارامترهای تأثیر گذار در فرایند اکستروژن	۱۰
۱-٦-۱ نسبت اکستروژن	۱۰
۱-٦-۲ پیچیدگی شکل اکسترود شده	۱۰
۱-٦-۳ سرعت تغییر شکل	۱۰
۱-٦-٤ درجه حرارت فرایند	۱۰
۱-٦-٥ اصطکاک	۱۰
۱-۷- روشهای محاسبه فشار و نیرو در فرایند اکستروژن	۱۱
۱-۸ اهداف پروژه	۱۲

فصل دوم: آشنایی با مبانی روش اجزاء محدود غیر خطی

۲-۱- مقدمه ۱٤
۲--۲ معرفی انواع شبکه ۱۵
۲-۳ معرفی انواع روشهای فرمول بندی اجزای محدود لاگرانژی ۱٦
۲-٤ بسط فرمولاسیون U.L ۱۷
۲-٤-۱ معادلات حاکم ۱۷
۲-٤-۲ فرم ضعیف : اصل توان مجازی ۱۹
۲-٤-۳ نامگذاری فیزیکی جملات توان مجازی ۲۲
۲-۵ مجزا سازی اجزای محدود UL ۲۳
۲-۵-۱ تقریب اجزاء محدود ۲۳
۲-۵-۲ نیروهای گره ای و اینرسی ۲۵
۲-۵-۳ معادلات مجزا شده ۲٦
۲-٦-بسط فر مولاسیون T.L ۲۷
۲-٦-۱-معادلات اجزای محدود T.L با استفاده از تبدیل U.L ۲۷
۲-٦-۲-بسط معادلات حاکم ۲۸

فصل سوم: آشنایی با شبیه‌سازی فرآیندهای شکل‌دهی در نرم‌افزار ANSYS

۳-۱- بطور کلی برای حل مسائل فیزیکی، سه روش موجود است ۲۹
۳-۲- معرفی نرم‌افزار ANSYS ۳۱
۳-۳-المانهای ANSYS ۳۱
۳-۳-۱-خواص مکانیکی ۳۲
۳-٤-تحلیل مسائل اکستروژن توسط نرم‌افزار ANSYS ۳٤
۳-٤-۱- ایجاد لقمه اولیه ۳٦
۳-٤-۲- شبیه‌سازی ابزار ۳۷
۳-٤-۳- شبیه‌سازی شرایط تماس ۳۷
۳-٤-٤- اعمال شرایط مرزی ۳۹
۳-۵- حل مساله توسط نرم‌افزار ANSYS ۳۹
۳-۵-۱-تئوری تغییر شکل بالا در روش المانهای محدود ۳۹

۳-۵-۲- حل مسائل غیر خطی توسط نرم‌افزار ANSYS ٤١
۳-٦- مطالعه نتایج حاصل از حل مساله ٤٣
فصل چهارم تحلیل فرآیند اکستروژن سرد با استفاده از نرم افزار ANSYS
٤ ـ ١ ـ شبیه سازی اکستروژن مستقیم ٤٤
٤ ـ ١ ـ ١ ـ خواص مکانیکی فولاد ٤٤
٤ ـ ١ ـ ٢ ـ شکل و ابعاد قطعه ٤٧
٤ ـ ١ ـ ٣ ـ شبیه سازی قطعه ٤٧
٤ ـ ١ ـ ٤ ـ شبیه سازی تماس قطعه و قالب ٤٨
٤ ـ ١ ـ ٥ ـ اعمال شرایط مرزی ٤٩
٤ ـ ١ ـ ٦ ـ بررسی نتایج شبیه سازی اکستروژن مستقیم ٥٠
٤ ـ ٢ ـ شبیه سازی فرآیند اکستروژن معکوس ٥٣
٤ ـ ٣ ـ شبیه سازی فرآیند اکستروژن ترکیبی ٥٧
٤ ـ ٤ ـ بررسی عدم وابستگی نتایج به تعداد المانها ٦١
٤ ـ ٥ ـ مقایسه نتایج با حالت تئوری ٦٢
٤ ـ ٥ ـ ١ ـ رابطه اشمیت ٦٢
٤ ـ ٥ ـ ٢ ـ استفاده از نمو گراف ٦٣
٤ ـ ٦ ـ مقایسه نیروی مورد نیاز اکستروژن در سه حالت مستقیم ، معکوس و ترکیبی ٦٤
فصل پنجم شبیه سازی فرآیند اکسترود چرخدنده
٥ ـ ١ ـ شبیه سازی اکستروژن معکوس در حالت سه بعدی ٦٥
٥ ـ ١ ـ ١ ـ المان بندی قطعه ٦٥
ـ ١ ـ ٢ ـ شبیه سازی تماس قطعه و قالب ٦٥
٥ ـ ١ ـ ٣ ـ اعمال شرایط مرزی ٦٦
٥ ـ ١ ـ ٤ ـ بررسی نتایج شبیه سازی اکستروژن معکوس در حالت سه بعدی ٦٧
٥ ـ ١ ـ ٥ ـ مقایسه نتایج اکستروژن معکوس در دو حالت دو بعدی و سه بعدی ٦٧
٥ ـ ٢ ـ شبیه سازی فرآیند اکسترود چرخدنده توپر ٦٩
٥ ـ ٢ ـ ١ ـ شکل و ابعاد قطعه و قالب ٦٩
٥ ـ ٢ ـ ٢ ـ المان بندی قطعه ، قالب و سنبه ٦٩

۵ـ۲ـ۳ـشبیه سازی تماس قطعه و قالب ۷۱
۵ـ۲ـ٤ـاعمال شرایط مرزی ۷۱
۵ـ۲ـ۵ـبررسی نتایج شبیه سازی چرخدنده توپر ۷۲
۵ـ۳ـشبیه سازی فرایند اکسترود چرخدنده تو خالی ۷۵
۵ـ۳ـ۱ـشکل و ابعاد قطعه و قالب ۷۵
۵ـ۳ـ۲ـالمان بندی مدل و اعمال شرایط مرزی ۷٦
۵ـ۳ـ۳ـبررسی نتایج شبیه سازی چرخدنده تو خالی ۷۷
فصل ششم نتیجه‌گیری و پیشنهادات
٦-۱- نتایج ۸۲
٦-۲- پیشنهادات ۸٤
پیوستها
پیوست ۱ ..... ۸۵
پیوست ۲ ..... ۸٦
پیوست ۳ ..... ۸۸
پیوست ٤ ..... ۸۹
پیوست ۵ ..... ۹۰
مراجع ۹۱
چکیده انگلیسی ۹۳

چکیده :

در این پایان نامه با استفاده از روش اجزای محدود فرایند اکستروژن مستقیم ، معکوس و ترکیبی در حالت دو بعدی و همچنین فرایند اکسترود چرخدنده در دو حالت توپر و توخالی بصورت سه بعدی مورد بررسی قرار می گیرد . فرایند اکستروژن بصورت سرد و رفتار فولاد مورد استفاده تحت فرآیند اکستروژن الاستیک ـ پلاستیک و بصورت ایزوتروپ و همگن در نظر گرفته شده است .

فرآیندهای اکستروژن مستقیم ،معکوس و ترکیبی در حالت دو بعدی با استفاده از المانهای حلقوی با سطح مقطع مستطیلی وفرایند اکسترود چرخدنده در حالت سه بعدی و با استفاده از المانهای هرمی شبیه سازی شده اند . همچنین سنبه و قالب و شرایط اصطکاکی بین قطعه کار و قالب با المانهای ویژه شبیه سازی شده اند . برای ایجاد تغییر شکل در جسم از روش افزایش جزئی تغییر مکان سنبه و برای حل از روش غیر خطی با تغییر شکل زیاد استفاده شده است .

کانتورهای تنش و کرنش و نمودارهای بار اعمالی مورد نیاز درهر حالت آورده شده است .نتایج بدست آمده با نتایج تجربی وتحلیلی موجود مقایسه شده و مورد بحث و بررسی قرار گرفته اند .

فصل اول
آشنایی با فرآیند اکستروژن

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

۱-۱ پیشرفت تاریخی فرآیند اکستروژن

اکستروژن سرد برای ساخت اجسام تو خالی و لوله ها از سال ۱۸۸۶ بعنوان یک فرآیند شکل دهی شناخته گردیده ومورد استفاده واقع شد.گفته می شود این فرآیند اولین بار در فرانسه ابداع گردیده است . در ابتدا فقط فلزات نرم نظیر سرب مورد استفاده قرارمی گرفتند ولی با گذشت زمان دریافتند که روی ، آلومینیم و همچنین آلیاژهای آلومینیم را میتوان در این فرآیند بکار برد.امروزه اکستروژن یک روش تولید بسیار مهم صنعتی بخصوص برای فلزات سبک بشمار می رود .

این روش که در ابتدا برای ساخت اشکال ساده تو خالی با سطح مقطع گرد ویا چهارگوش بکار می رفت، اکنون برای تولید قطعات پیچیده توپر مخصوصاًدر صنعت هواپیماسازی ،اسلحه سازی واتومبیل سازی بکارمی رود.اولین حق اختراع ثبت شده در این روش در سال ۱۹۰۹مربوط به ال.ای.هوکر[1] در آمریکا می باشد.

۱.L .E.HOO KER

عنوان این سند ، فرآیند و وسایل تولید لوله های فلزی بخصوص پوکه فشنگ می باشد. این روش اکستروژن عمدتاًبه ساخت پوکه های برنجی فشنگ می پردازد . تا سال ۱۹۳۰ استفاده از فولاد در این فرآیند غیر ممکن به نظر می رسید تا اینکه در اوایل سال ۱۹۳۰ با انگیزه حرکت برای رسیدن به خودکفایی در صنعت آلمان وبه توجه به وابستگی این کشور به مس وارداتی تصمیم به اقدام برای ساخت پوکه فشنگ از فولاد با روش اکستروژن معکوس گرفته شد . اولین اقدام برای این منظور برطبق روش هوکر در سال ۱۹۳٤ در یک کارخانه درنورنبرگ صورت پذیرفت . اولین آزمایشات نشان دادند که اصطکاک میان فولاد ابزاروقطعه کارسبب چنان سایش شدیدی درابزار میشودکه وجود یک لایه روانساز را ضروری می سازد . بدون وجود این لایه کاملاً روشن بودکه عمر ابزار بسیارکوتاه بوده و سطح[۱] محصول از کیفیت پائینی برخوردار می شود که در مجموع این فرآیند را غیر اقتصادی می ساخت . این مشکل توسط دکتر سینگر[۲] حل شد . او با بکار بردن یک لایه فسفاته که بعنوان یک حامل برای یک روانساز مناسب عمل می کرد، یک لایه موثر روانسازرا برای عمل اکستروژن معکوس فراهم آورد.

این فرآیند برای صنعت دفاعی آلمان از چنان اهمیتی برخوردار بود که دردسته اسناد سری قرار گرفت. در آمریکا روش مشابهی در طول جنگ جهانی دوم توسعه یافته و بکار رفت و در پایان جنگ توجه فن آوران درتمام دنیا به سوی این فرآیند جلب شد.

درطول اولین سالهای بعداز جنگ جهانی دوم تعدادی از فن آوران این صنعت از آلمان به آمریکا رفتند .در آن زمان در این کشور شرکت هینز[۳] در فیلادلفیا ومولینز[٤] در اوهایو تجربیاتی در این زمینه ها داشتند.با استفاده از تجربیات فن آوران آلمانی و با هزینه میلیونها دلار بودجه تأمین شده ازطرف دولت آمریکا این شرکت ها موفق به ساخت پوسته های بزرگی با این روش شدند . از آن زمان تاکنون این صنعت رشد چشمگیری داشته است .بطوریکه امروزه هزاران قطعه بکار رفته در هواپیما ، اتومبیل وصنایع نظامی با این روش ساخته می شوند .در ایران این صنعت از سالها پیش در صنایع نظامی وارد شده و برای ساخت انواع مختلفی ازقطعات فنجانی شکل نظیر پوکه فشنگ مورداستفاده قرارگرفته است.همچنین کارهای تحقیقاتی کمی نیز درزمینه آشنایی با فن آوری این روش صورت گرفته است .

---

۱ . SUFRACE
۲ . SINGER
۳ . HEINZ
٤ . MULLINS

۱ -۲ انواع روشهـای اکستـروژن

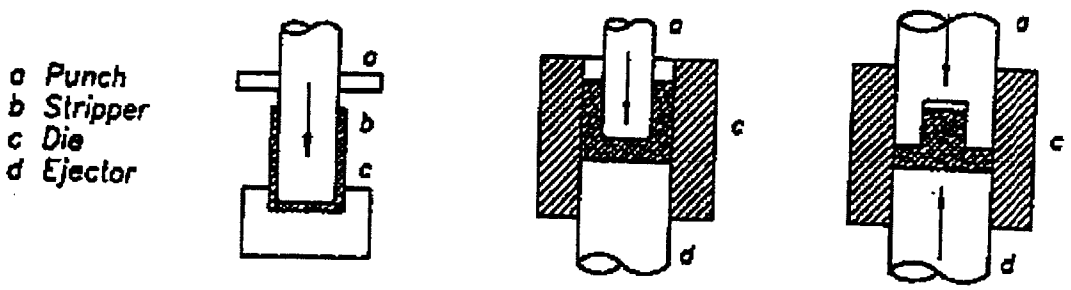
فرایند اکستروژن از نظر تغییر شکل به سه دسته عمده تقسیم می شود:

۱ - ۲-۱اکستـــروژن معـــکوس[۱]

در این روش جریان فلز در جهت مخالف با حرکت سنبه می باشد.این روش برای ساخت ظروف فنجانـی و نیز پوسته ها بکارمی رود.در عمل ، این روش با توجه به محصول مورد نیازبه دسته های مختلفی تقسیـم می شود دوروش مهم آن عبارتند از :

الف) اکستروژن قطعات باجدار نازک،ضخامت محصول درمقایسه با قطرمحصول بسیارکم میباشد.این فرآیند معمولاً با استفاده از یک دیسک نازک از فلز مورد نظر انجام می شود.

ب)اکستروژن قطعات باجدارضخیم ، این روش عموماًبرای ساخت قطعات فولادی صورت می گیردو قطعه اولیه معمولاً یک شمش فولادی با یک ارتفاع تقریباً برابر با قطر آن می باشد.



شکل ۱-۱ :روش اکستروژن معکوس

۱-۲-۲ اکستـروژن مستقیم

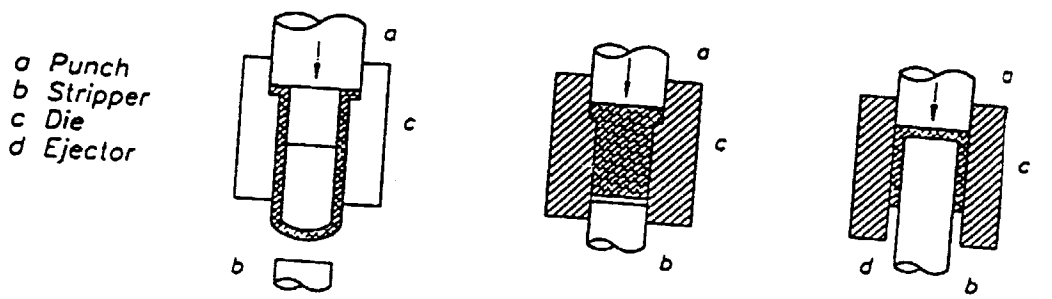
در این روش جریان فلز در همان جهت حرکت سنبه می باشد. دو روش مهم این فرآیند عبارتند از:

۱ -اکستروژن مستقیم میله ها[۲] ۲-اکستروژن فنجانی ها[۳]، در هر یک از دو روش مذکور قطعه اصـلی اولیه فلزی (که می تواند یک دیسک، تکه بریده شده ازیک میله،تکه ای از یک لوله و یا یک فنجانی قبلاً کشیده شده ، باشد) در یک قالب باز قرارگرفته و تحت اثر نیروی سنبه فشرده می شود.

۱.Backward extrusion

۲ forward rod extrusion

۳ .forward cup extrusion



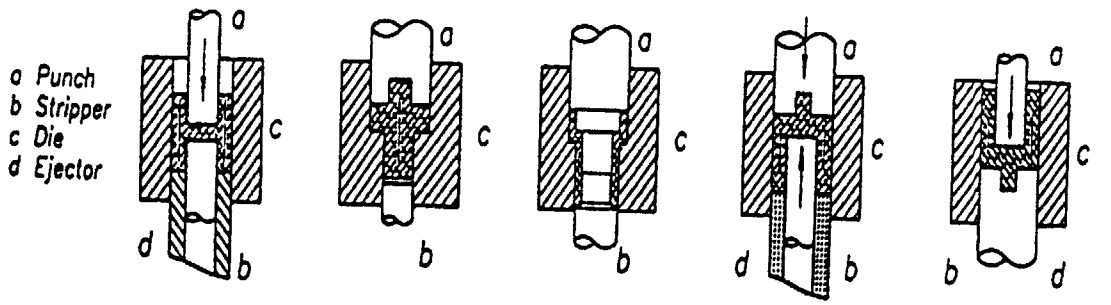
شکل ۱ -۲ : روش اکستروژن مستقیم

۱-۲-۳ اکستروژن ترکیبی

این روش،ترکیبی از روشهای فوق می باشد و انواع مهم آن عبارتند از :

۱ -ترکیب اکستروژن مستقیم میله ومعکوس فنجانی[۱]

۲ -ترکیب اکستروژن مستقیم و معکوس فنجانی [۲]



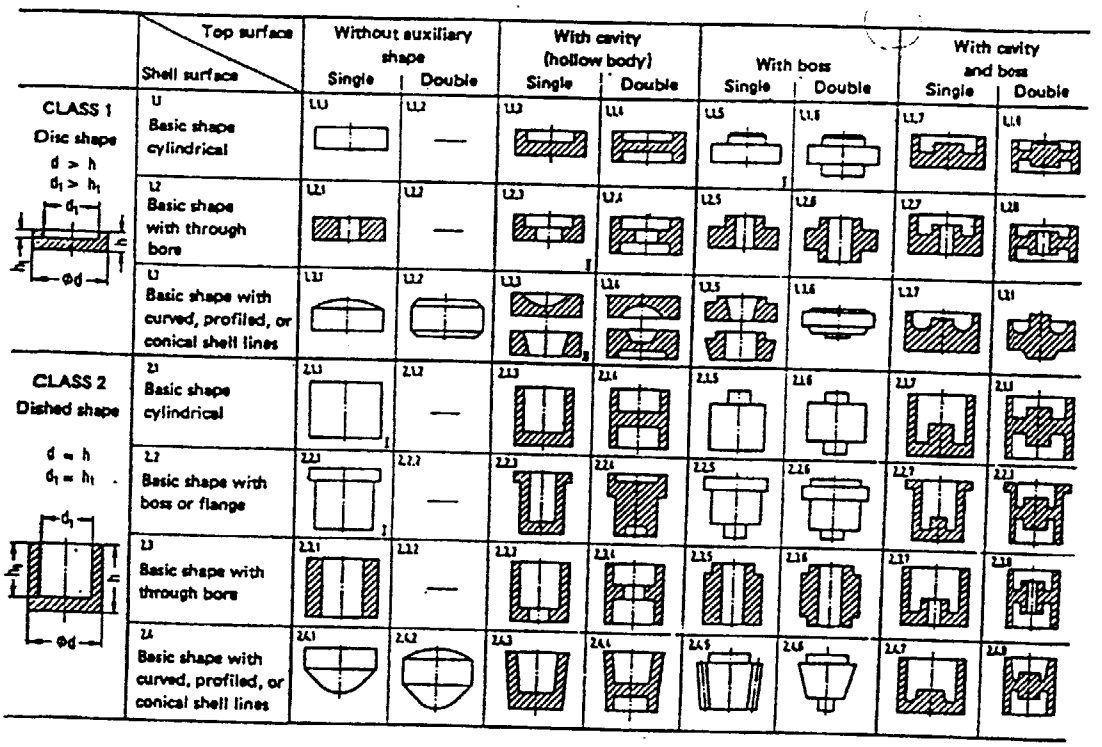
شکل ۱-۳ روش اکستروژن ترکیبی

با روش های اکستروژن مستقیم ، و ترکیبی از این دو روش ، طیف گسترده ای از قطعات در صنایع مختلف اتومبیل سازی ،مهمات سازی، هواپیماسازی،الکتریک والکترونیک،بسته بندی وغیره رامی توان تولید کرد.

۱.combined forward rod and backward cup extrusion

۲ .combined forward and back ward cup extrusion

شکل ١-٤ نشاندهنده انواع قطعات قابل ساخت توسط این روش می باشد.



شکل ١-٤ انواع قطعات قابل ساخت با روش اکستروژن