به نام خدا

مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

---

www.Iran-mavad.com

فصل اول

۱-مقدمه

در بین تمام فرآیندهای تولید، فناوری آهنگری دارای جایگاه ویژه ای است زیرا کمک می کند تا قطعات با خواص مکانیکی عالی با کمترین اتلاف ماده تولید شود.

درآهنگری، یک قطعه با شکل اولیه ساده- مثلاً یک شمشال- بین دو ابزار (یا قالب) بطور مومسان تغییر شکل می یابد تا شکل مطلوب نهایی بدست آید. بنابراین، هندسه یک قطعه ساده به یک هندسه پیچیده تبدیل می شود، بدین طریق ابزار هندسه مطلوب را روی قطعه ایجاد نموده و توسط سطح تماس قالب، ماده بر روی ماده تغییر شکل دهنده فشار اعمال می کنند.

فرآیندهای آهنگری معمولاً ضایعات کمی را بهمراه داشته یا بدون ضایعات هستند و هندسه قطعه نهایی را در یک زمان بسیار کوتاه، معمولاً در یک یا چند کورس پرس یا چکش، ایجاد می کنند. آهنگری به ابعاد شکل نهایی یا نزدیک شکل نهایی، نیازمندی های براده برداری را به شدت کاهش می دهد که به صرفه جویی قابل ملاحظه ای در ماده و انرژی منجر می گردد. آهنگری معمولاً به تجهیزات نسبتاً گرانی نیاز دارد. در نتیجه، این فرآیند زمانی از نظر اقتصادی جذاب است که تعداد زیادی از قطعات تولید شوند و یا خواص مکانیکی مورد نیاز در محصول نهایی را تنها با یک فرآیند آهنگری بتوان به دست آورد.

بعلاوه، برای یک وزن معین، قطعات تولید شده در آهنگری خواص مکانیکی و متالوژیکی و قابلیت اطمینان بهتری را در مقایسه با قطعات تولید شده در ریخته گری و ماشینکاری از خود نشان می دهند.

آهنگری یک فناوری مبتنی بر تجربه است. در طی سالها، مقدار زیادی از دانش فنی و تجربه در این زمینه عمدتاً با روش های آزمون و خطا جمع آوری شده است. با این وجود، صنعت آهنگری قادر بوده است تا محصولاتی را تأمین کند که پیچیده بوده و از آلیاژهای جدید و سخت- شکل پذیر طبق استانداردهای بسیار سختگیرانه تولید می شود.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

فصل دوم

۲-تاریخچه

سه تکنولوژی ساخت محصولات فلزی شامل فلزکاری، ریخته گری و متالوژی پودر می باشد.
فلزکاری شاید یکی از قدیمی ترین و کاملترین فرآیندهاست. ابتدایی ترین نوع فلزکار مربوط به چکش های طلا و مسی در مناطق مختلف خاورمیانه در ۸۰۰۰ سال(ق.م) می باشد.
آهنگری نیز قدیمی ترن فرآیند فلزکاری شناخته شده است. سابقه ی تاریخی این فرآیند به روزهایی بر می گردد که انسان های ماقبل تاریخ توانستند با گرم کردن آهن اسفنجی، حرارت دادن و کوبیدن آن توسط چکش های سنگی، ابزارهای مفیدی بسازند. فرآیندهای آهنگری امروزی، توسعه و تکامل هنر آهنگران روستایی عصر باستان می باشد که زره سازی می کردند. اکنون چکش های پر قدرت و پرس های مکانیکی جایگزین بازوهای قوی، چکش ها و سندان ها شده است و دانش پیشرفته ی فلز شناسی جای هنر و مهارت صنعت گران قدیم را در طرز کار و کنترل دما و تغییر شکل فلزات گرفته است. قطعات ساخته شده به این روش، از قطعات دو سانتی متری (۱ اینچی) تا قطعاتی به وزن ۲۰۰ تن (۴۵۰۰۰۰ پوند) را شامل می شود.

- شکل دهی فلزات در ابتدا بصورت خام بوده است زیرا هنر خالص کردن فلزات بوسیله ذوب کردن ناشناخته بود
- با ظهور ذوب کاری مس حدود ۴۰۰۰ سال(ق.م) روش های سودمندتری برای تصفیه فلزات از طریق واکنش شیشمیایی در حالت مایع، بدست آمد.
- در عصر مس، چکش های فلزی با خواص استحکامی ساخته شد. در طی تلاش ها و تحقیقات بعدی برای بدست آوردن آلیاژهایی که بطور ذاتی استحکام بالایی دارند، آلیاژهای مس و قلع (عصر برنز) و آهن و کربن (عصر آهن) به دست آمد.
- تا قرن سوم فلزکاری با دست انجام می شد. در این زمان از پتک ها بصورت ابتدایی برای آهنگری شمش و ورق استفاده می شد.
- سپس ماشین هایی به کاربرده شد که از نیروی آب برای حرکت دادن بازوی اهرمی استفاده می کردند، در انتهای بازوی اهرمی یک پتک وجود داشت، به همین دلیل این ماشین ها را پتک نامیدند.
- بعد از بالا آوردن چکش، آهنگر آن را رها می کرد تا با نیروی گرانشی زمین سقوط کند. این وسیله نسبتاً ساده تا چند قرن استفاده می شد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

- توسعه ماشین های نورد، پیشرفت تجهیزات آهنگری را به دنبال داشت. هر چند توسعه ماشینهای نورد داغ فلزات آهنی ۲۰۰ سال طول کشید.
- این جریان به دلیل محدودیت فراهم کردن آهن آهسته پیش می رفت.
- به زودی با به کارگرفتن غلتک های تخت، امکان ساخت ورق تا اواسط قرن ۱۸ فراهم شد. این ماشین ها بوسیله چرخ های آبی حرکت می کردند.

۲-۱-در طی انقلاب صنعتی

- در طی انقلاب صنعتی (پایان قرن ۱۸)، فرآیندهایی برای ساخت فولاد وآهن با کیفیت بالا، ایجاد شد که تقاضا برای تولیدات فلزی را قانع می کرد.
- با اختراع چکش های بخار با سرعت بالا، که با نیروی بخار حرکت می کرند و پرس های هیدرولیک که نیروی آن ها با فشار روغن فراهم می شد نیاز به تجهیزات آهنگری با ظرفیت بالاتر، برطرف شد.
- بوسیله ی چنین تجهیزاتی، تولیدات از ساخت جنگ افزارها به ساخت اجزای لوکوموتیو تغییر کرد.
- همین طور، موتور بخار پیشرفت هایی را در نورد به وجود آورد، در قرن ۱۹، انواع محصولات فولادی با مقادیر قابل توجهی به تولید می شد.

۲-۲-پس از گذشت ۱۰۰ سال

پس از گذشت ۱۰۰ سال، شاهد پیشرفت هایی در تجهیزات فلزکاری و مواد جدید با خواص مخصوص و کاربردی هستیم.

انواع جدید تجهیزات شامل؛ پرس های پیچی و مکانیکی و ماشین های غلتکی زوج سرعت بالا، می باشد.

موادی که به طور کارآمد در ماشین آلات به کار می رود، شامل؛ فولاد کم کربن در اتومبیل سازی و ابزارهایی که با آلیاژهای تیتانیوم و آلومینیوم، و یا آلیاژهایی با پایه نیکل ساخته می شدند.

در ۲۰ سال گذشته، تحلیل ریاضی پروسه شکل دهی، منجرب به تولیداتی با کیفیت بالا و افزایش بازده در صنعت فلزکاری شده است.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

فصل سوم

۳-تجهیزات آهنگری

در صنعت فورج برای فرم دهی و شکل دادن قطعات آهنگری وفورج، از چکش ها و پرس های آهنگری استفاده می شود که در انواع گوناگون **پرس های مکانیکی فورج، پرس های هیدرولیکی فورج، پرس های پیچی، چکش ها و پتک های پنوماتیکی** ساخته می شوند.

پرس های فورج از طریق ایجاد فشار وقدرت زیاد بر روی قطعات گرم و حرارت دیده، آن ها را تغییر فرم می دهند.

۳-۱-پرس های آهنگری

۳-۱-۱-پرس هیدرولیکی

کارکرد پرس های هیدرولیکی نسبتاً ساده است و بر اساس حرکت یک پیستون هیدرولیکی است که در یک استوانه هدایت می شود.

ویژیگی های مهم زیر به وسیله پرس های هیدرولیکی ارائه می شوند:

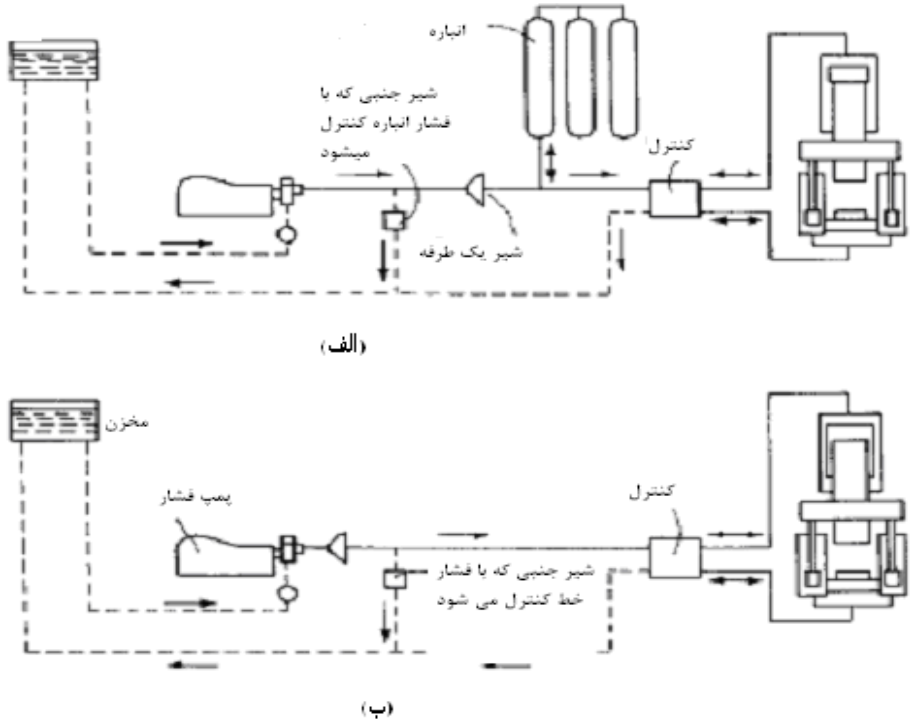
- در پرس های هیدرولیکی با محرک مستقیم، بار بیشینه پرس در هرنقطه ای طی کورس کوبه در دسترس است. درپرس های با محرک انباره ، بار در دسترس به آرامی با توجه به طول کورس و مشخصات بار جابجایی فرآیند شکل دهی کاهش می یابد.
- از آنجا که در تمام طول کورس، بار بیشینه در دسترس است، انرژیهای نسبتاً زیادی برای شکل دهی موجودند. به همین دلیل است که پرس های هیدرولیکی برای عملیات شکل دهی حدیده کاری گونه که نیاز به بار تقریباً ثابتی در طول یک کورس طولانی دارند مناسب می باشند.
- در محدوده ظر فیت پرس هیدرولیکی، با بار بیشینه را می توان به منظور محافظت از ابزاربندی محدود کرد.
- در محدوده کاری ماشین، سرعت کوبه می تواند به دلخواه در طول یک چرخه کامل کورس به طور پیوسته تغییر کند.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۳-۱-۱-۱-سیستم های محرک برای پرس های هیدرولیکی

مشخصات کارکردی یک پرس هیدرولیکی اساساً با نوع و طرح سیستم محرک هیدرولیکی آن تعیین می شود. همانطور که در شکل (۵-۱) نشان داده شده است، دو نوع سیستم محرک هیدرولیکی وجود دارد.

۳-۱-۱-۱-۱- پرس هایی با محرک مستقیم: معمولاً از روغن هیدرولیکی یا امولسیون آب به عنوان سیال عامل استفاده می کنند. در طرح های قدیمی پرس های قائم، کوبه بالایی در آغاز کورس رو به پائین، با گرانش سقوط می کند و روغن به کمک مکش ناشی از این سقوط از درون مخزن به درون استوانه کشیده می شود. وقتی کوبه با قطعه کار تماس پیدا میکند، شیر بین استوانه کوبه و مخزن بسته می شود و پمپ فشار را در استوانه کوبه تولید می کند. این مورد از عملیات به زمان های وقفه طولانی قبل از آغاز تغییر شکل منجر می شود. همانطور که در شکل (۳-۱-ب) نشان داده شده است، در هنگام کورس رو به پائین در پرس های با محرک مستقیم جدید، با استفاده از شیر فشار شکن، در استوانه های بازگشت یا خط بازگشت، فشار جا مانده حفظ می شود. بنابراین، کوبه بالایی برخلاف جهت فشار به طرف پائین رانده می شود و وقفه ذاتی سقوط آزاد حذف می شود. وقتی کورس فشار کامل می شود یعنی کوبه بالایی به موقعیت از قبل تعیین شده اش می رسد یا هنگامی که فشار به یک مقدار مشخص می رسد، فشار روغن از روی استوانه کوبه برداشته می شود و به منظور بلند کردن کوبه تغییر جهت داده می شود.



شکل (۳-۱): نمایش شماتیک محرک ها برای پرس های هیدرولیکی، (الف) محرک انباره ای،(ب) محرک مستقیم.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۳-۱-۱-۱-۲-پرس هایی با محرک انباره ای: معمولاً امولوسیون آب- روغن را به عنوان سیال عامل به کار می گیرند و برای خفظ فشار روی این عامل از انباره های تحت فشار نیتروژن، بخار یا هوا استفاده می کنند (شکل ۳-۱- الف). ترتیب یا توالی عملیات اساساً مشابه با پرس های با محرک مستقیم است،جز آنکه فشار به وسیله امولوسیون تحت فشار آب-روغن در انباره ها، تولید می شود. در نتیجه، نرخ نفوذ یعنی سرعت کوبه تحت بار، مستقیماً به مشخصات پمپ وابسته نیست و می تواند با توجه به فشار انباره، تراکم پذیری سیال عمل و مقاومت قطعه کار در مقابل تغییرشکل، تغییر کند. همزمان با پیشرفت تغییرشکل در مراحل انتهای کورس، سیال عامل منبسط می شود، نیروی لازم برای شکل دهی ماده افزایش می یابد و سرعت نفوذ و بار در کوبه کاهش می یابد.

در هر دو محرک های مستقیم و انباره ای، وقتی که فشار به وجود می آید وسیال عامل فشرده می شود، مقدار مشخصی کاهش در نرخ نفوذ رخ می دهد. در پرس های با محرک های روغنی مستقیم، به دلیل آنکه روغن بیشتر از امولسیون آب، تراکم پذیر است،این افت بیشتر می باشد. سرعت های نزدیک شدن و تغییر شکل اولیه در پرس های با محرک انباره ای بیشتر است. این امر با کاهش مدت زمان های تماس، شرایط شکل دهی داغ را بهبود می بخشد ولی سایش اجزای هیدرولیکی سیستم هم افزایش می یابد.

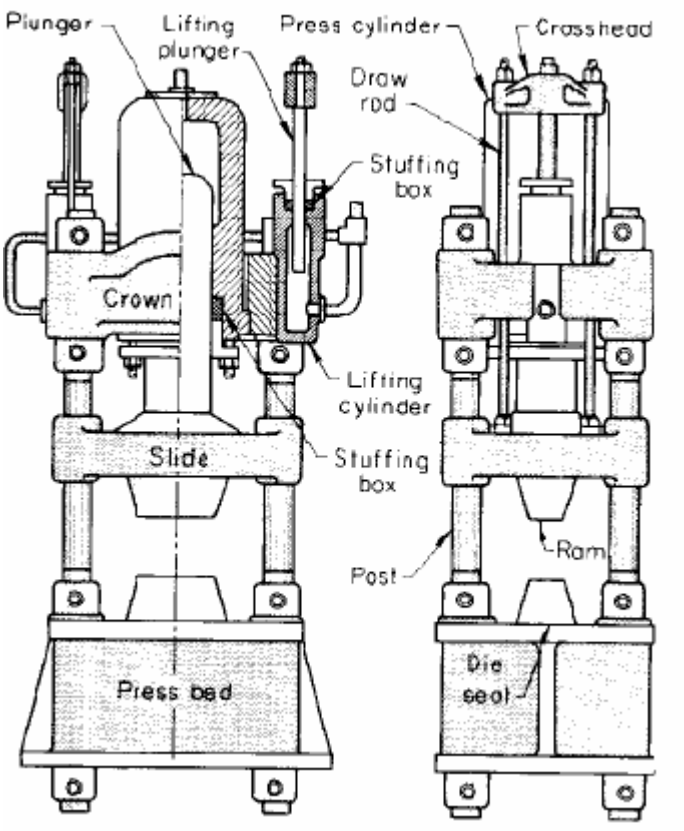
انتخاب بین محرک های مستقیم و انباره ای توسط اقتصادی بودن عملیات صورت می گیرد. معمولاً اگر چندین پرس بتوانند از یک سیستم انباره استفاده کنند یا اگر پرس های با ظرفیت های خیلی زیاد (۱۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ تن) در نظر گرفته شود محرک انباره ای اقتصادی تر است.

چارچوب یک پرس هیدرولیکی باید تمام بار شکل دهی که توسط استوانه هیدرولیکی به بستر پرس وارد می شود را تحمل کند. توانایی تحمل با چارچوب با استفاده از انواع طراح ها، مانند سازه های ریختگی (یا جوشی) پیش تنش گذاری شده با میله های پیوند آهنگری شده یا ورق های لایه ای که به وسیله انگشتی های عرضی بزرگ به هم مونتاژ شده اند، بدست می آید.

دو نوع اصلی ساختمان پرس ها به عنوان طرح های **«کشیدن رو به پائین»** و **«فشردن رو به پائین»** خوانده می شوند. طرح قدیمی فشردن رو به پائین غالباً برای پرس های چهار ستونی با هر اندازه ای انتخاب می شود. سر صلیبی استوانه ای و قالب تخت پایه به طور صلب با چهار ستون به هم متصل می شوند و بار پرس را می گیرند و به طور همزمان حرکت مونتاژ پیستون – کوبه را هدایت می کند. تحت بارگذاری خارج از مرکز، تغییر شکل های کشسان قابل توجهی مشاهده می شود. این نوع پرس به یک ساختمان کارگاهی نسبتاً بلندی نیاز دارد. در طرح کشیدن به طرف پائین، قالب تخت پایه روی یک تکیه گاه قرار می گیرد. سرصلیبی استوانه ای زیر سطح زمین قرارگرفته و به طور صلب به ستون های پرس متصل شده است. این مونتاژ متحرک است ودرقالب تخت پایه هدایت می شود. مرکز گرانش پرس، پائین و تقریباً در سطح زمین است و سفتی استاتیکی و دینامیکی پرس متناسباً افزایش می یابد. پرس های کششی رو به پائین به ویژه برای

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

نصب در ساختمان های کوتاه مناسب می باشند. بیشتر تجهیزات هیدرولیکی و کمکی را مـی تـوان زیر سطح زمین جا داد. این آرایه به ویژه برای محرک های با روغـن مسـتقیم مناسـب اسـت زیـرا خطرات آتش سوزی و طول لوله کشی بین سیستم پمپ و استوانه پرس را کاهش می دهد.



شکل (۳-۲): اجزای اصلی پرس هیدرولیک چهار دکله برای عملیات فورج کردن با سیستم قالب بسته.

۳-۱-۲-پرس های مکانیکی

همه پرس های مکانیکی، انرژی چرخ طیار را به خدمت می گیرند که از طریق شبکه ای از چـرخ دنده ها، خارج از محورها یا اهرم ها به قطعه کار منتقل می شود(شکل ۵-۳). توانـایی پـرس هـای مکانیکی برای تغییر شکل دادن ماده قطعه کار با طول کورس پرس و نیـروی موجـود در موقعیـت های کورس مختلف تعیین می شود.

۳-۱-۲-۱-دو گروه اصلی پرس مکانیکی عبارتند از:

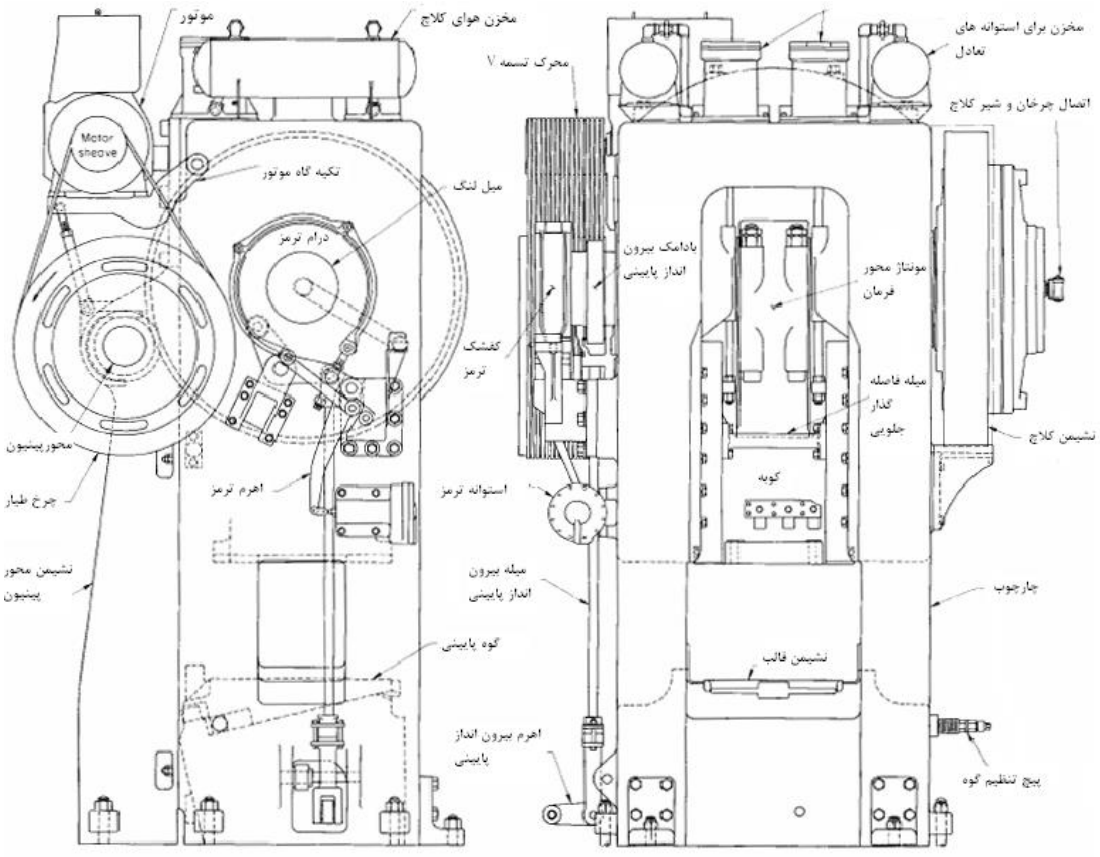
- **پرس های با محرک لنگی**
- **پرس های با محرک بادامکی**

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

پرس های لنگی ممکن است محرک های لنگی ساده یا توسعه داده شده داشته باشند. پرس های لنگی معمولی (کورس کلی نمی توانند تغییر کنند) و پرس های خارج از مرکز (کورس کلی قابل تغییر است) به محرک های ساده تعلق دارند. اگر یک سگک یا یک اهرم برای گسترش محرک لنگی استفاده شود، این طرح ها به عنوان پرس های با محرک اتصال سگکی یا اهرمی خوانده می شوند. پرس های چند نقطه ای، پرس هایی هستند که در آنها دو یا چند لنگ برای راه انداختن یک کوبه استفاده می شوند.

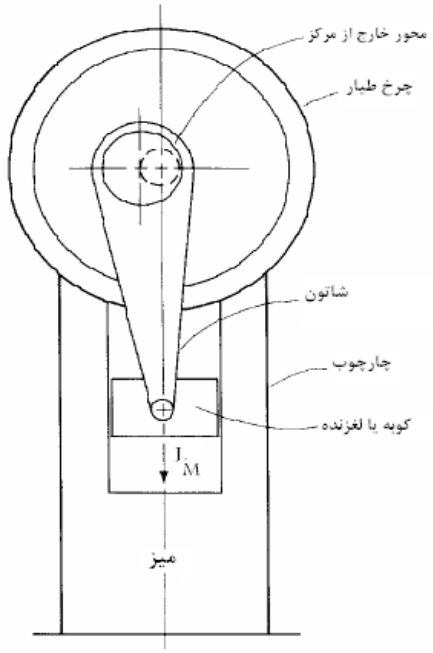
سیستم محرک استفاده شده در اغلب پرس های مکانیکی (لنگ یا خارج از مرکز) بر مبنای یک سازوکار لنگ- لغزنده قرار دارد که حرکت چرخشی را به حرکت خطی رفت و برگشتی تبدیل می کند. محور خارج از مرکز از طریق یک سیستم کلاچ و ترمز مستقیماً به چرخ طیار متصل است(شکل۳-۴).

در طرح های برای ظرفیت های بیشتر، چرخ طیار روی محور پینیون قرار دارد که محور خارج از مرکز را می راند.گشتاور پیچشی ثابت کلاچ، M روی محور خارج از مرکز در دسترس است که گشتاور پیچشی و انرژی را از طریق بازوی فرمان یا شاتون مطابق آنچه در شکل (۵-۴) نشان داده شده است به لغزنده منتقل می کند. چرخ طیار که توسط یک موتور برقی و تسمه های V به حرکت در می آید انرژی را ذخیره می کند که فقط در طی بخش کوچکی از چرخش لنگ یعنی در هنگام تغییرشکل ماده شکل یافته استفاده می شود.

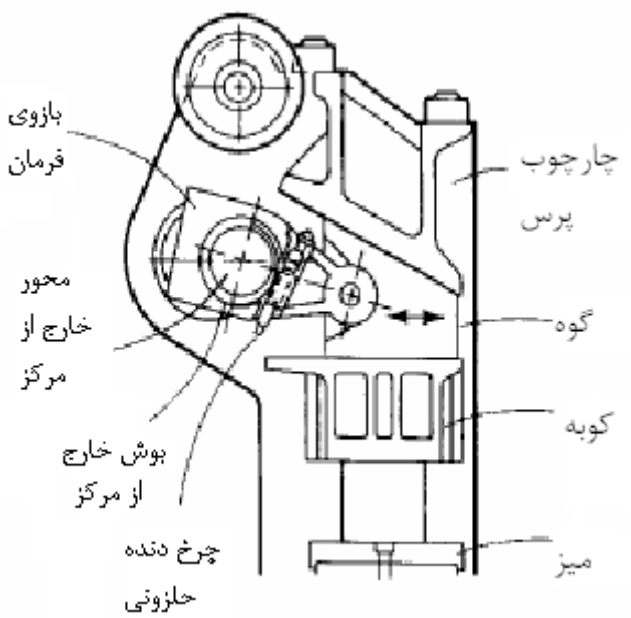


شکل (۳-۳): اعضای اصلی پرس های مکانیکی آهنگری.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

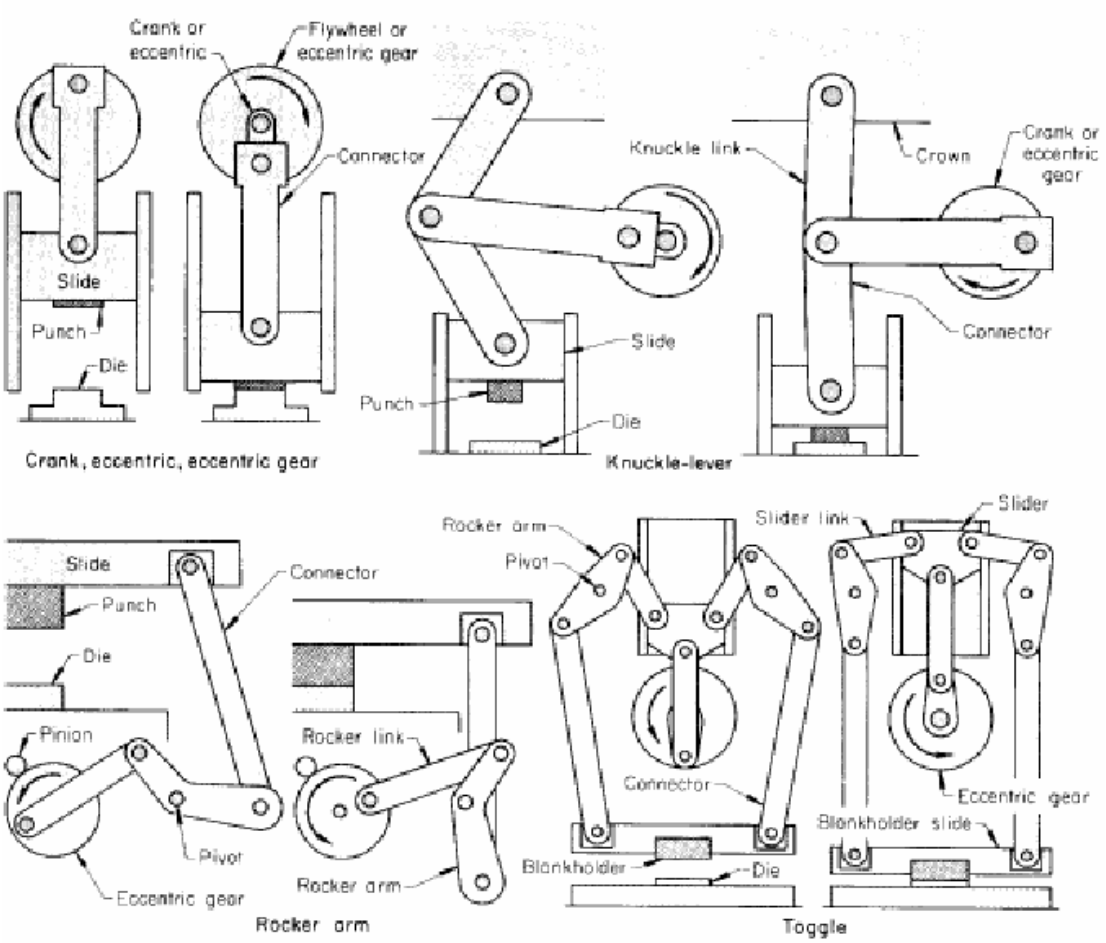


شکل(۳-۴): شماتیک یک پرس مکانیکی با محرک خارج از مرکز (کـلاچ و ترمــز روی محــور خــارج از مرکز).



شکل (۳-۵): اصول پرس مکانیکی نوع گوه ای.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۳-۶): مکانیزم عملکرد سیستم های محرک مختلف برای پرس های مکانیکی.

۳-۱-۳-پرس های پیچی

پرس پیچی از یک محرک اصطکاکی، چرخ دنده ای، الکتریکی یا هیدرولیکی برای شتاب بخشیدن به چرخ طیار و مونتاژ پیچ استفاده می کند و انرژی جنبشی زاویه ای را به انرژی خطی لغزنده یا کوبه تبدیل می کند.شکل(۳-۷)دو طرح پایه از پرس های پیچی را نشان می دهد.

در پرس با محرک اصطکاکی، دیسک های محرک به کمک موتور کنترلی به یک محور افقی نصب می شوند و به طور پیوسته می چرخند. برای کورس رو پایین، یکی از دیسک های محرک به کمک موتور کنترلی به چرخ طیار فشرده می شود.

چرخ طیار که یا به زور مثبت یا به کمک یک کلاچ لغزشی اصطکاکی به پیچ متصل است، با این دیسک دوار و از طریق اصطکاک شتاب می گیرد. انرژی چرخ طیار و سرعت کوبه تا برخورد کوبه به قطعه کار افزایش می یابند. بنابراین، بار لازم برای شکل دهی ایجاد می شود و از طریق لغزنده، پیچ و بستر به چارچوب پرس منتقل می شود. وقتی که تمام انرژی چرخ طیار در تغییر شکل قطعه کار و تغییر شکل دادن کشسان پرس مصرف شد، چرخ طیار، پیچ و لغزنده می ایستند. در این لحظه،

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

موتور کنترلی محور افقی را فعال می کند وچرخ محرک دیسکی، کنورس رو بـه بـلاب را بـه جـرخ طیار می فشرد. بنابراین، چرخ طیار و پیچ در جهت معکوس شتاب می گیرند و لغزنـده از موقعیـت بالایی خود بلند می شود.

در پرس با محرک الکتریکی مستقیم، یـک موتـور الکتریکـی کـه قابلیـت معکـوس شـدن جهـت چرخش را دارد، مستقیماً در پیچ و روی چارچوب در بالای چرخ طیار قرار داده شده است. پیچ بـه درون کوبه یا لغزنده رزوه می شود و به طور قائم حرکت نمی کنـد. بـرای معکـوس کـردن جریـان چرخش چرخ دوار، بعد از هر کورس رو پائین و کـورس رو بـالا، جهـت چـرخش موتـور الکتریکـی معکوس می شود.

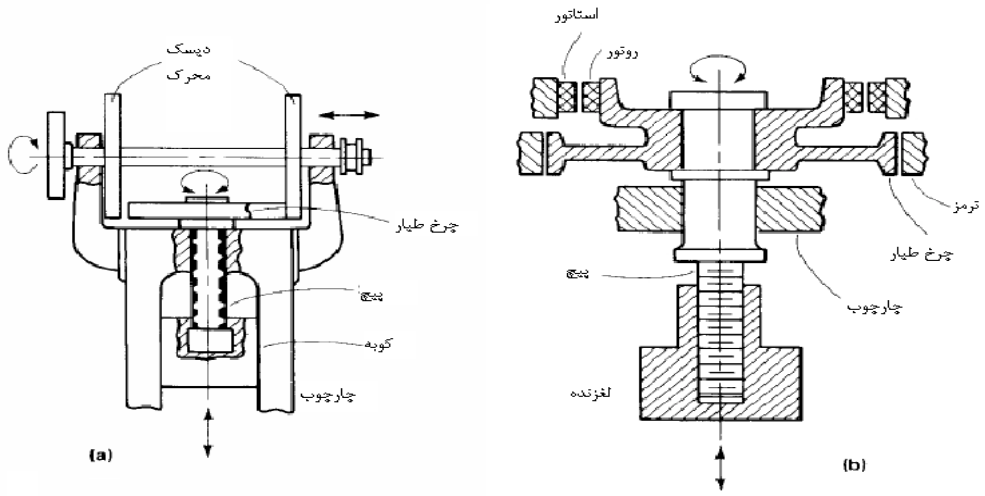
۳-۱-۳-۱-تنوع در محرک های پرس پیچی

علاوه بر محرک های اصطکاک مستقیم و الکتریکی(شکل ۳-۷)، چندین نوع دیگر محـرک هـای مکانیکی، الکتریک و هیدرولیکی وجود دارند که به طور معمول در پرس های پیچـی اسـتفاده مـی شوند. یک طرح متفاوت در شـکل (۳-۸) نشـان داده شـده اسـت. یـک چـرخ طیـار (۱) کـه روی چارچوب پرسی حمایت شده است توسط یکی از انواع موتورهای الکتریکی به حرکت در می آیـد و با سرعت ثابتی می چرخد. وقتی کورس شروع می شود، یک کلاچ (۲) که با روغـن کـار مـی کنـد چرخ طیار چرخان را با یک پیچ ساکن (۳) درگیر می کند. این ویژگی شبیه آن چیزی که در شروع کورس پرس آهنگری خارج از مرکز استفاده می شود. پس از درگیری کلاچ، پیچ به سـرعت شـتاب می گیرد و به سرعت چرخ طیار می رسد. در نتیجه، کوبه (۴) که مانند یک مهره بزرگ عمـل مـی کند، به طرف پایین حرکت مـی کنـد. در هنگـام ایـن کـورس رو پـایین، روغـن در اسـتوانه هـای هیدرولیکی بلندکننده (۵) فشرده می شود. با کنترل کـردن موقعیـت کوبـه بـه کمـک یـک کلیـد موقعیتی یا کنترل بار بیشینه روی کوبه از طریق جدا کردن کلاچ نو چرخ طیار از پیچ، وقتی که بار شکل دهی به مقدار از قبل تنظیم شده ای برسد، کورس رو به پایین قطع می شـود. سـپس کوبـه توسط استوانه های بلندکننده، برداشته می شود انرژی کشسان ذخیره شده در پرس، پیچ و استوانه های بلند کننده را آزاد می کند. در انتهای کورس رو پایین، کوبه به کمک یک ترمز هیدرولیکی در محل، متوقف و نگه داشته می شود.

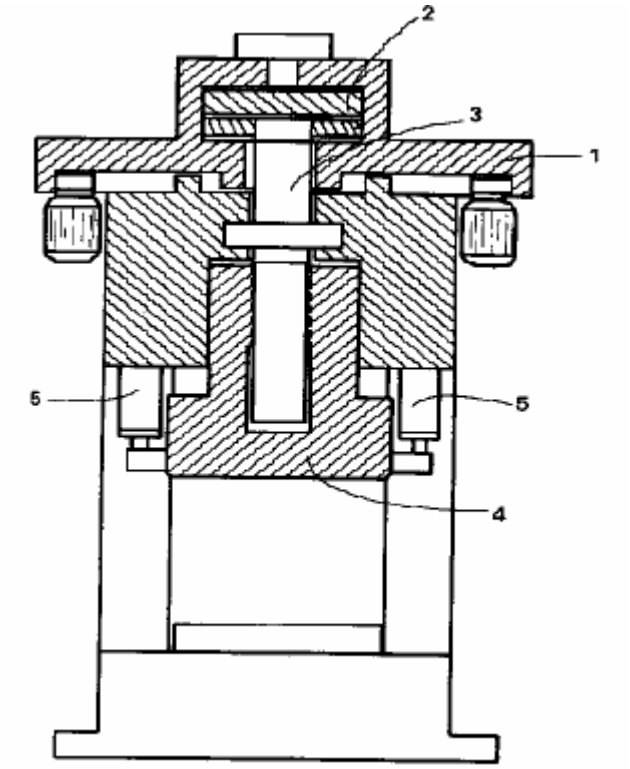
این پرس چندین فایده متمایز فراهم می آورد؛ سرعت بالا و تقریباً ثابت کوبه در سراسـر کـورس، بار کامل پرس در هر موقعیتی از کورس، انرژی تغییرشکل بالا، محافظت در مقابل اضافه بار و مدت زمان تماس کوتاه پرس در هر موقعیتی از کورس کوتاه بین قطعه کار و ابزارهـا. ایـن پـرس را مـی توان به موتورهای با سرعت متغیر هم مجهز نمود به نحوی که سرعت های مختلـف چـرخ طیـار و کوبه در دسترس باشد. بنابراین، این پرس انعطاف پذیری قابل توجهی عرضه می کند و می تواند در عملیات شکل دهی داغ و سرد مورد استفاده قرار گیرد.

.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۳-۷): دو نوع محرک پرس پیچی بسیار متداول،(الف) محرک اصطکاکی، (ب) محـرک الکتریکـی مستقیم.



شکل(۳-۸): یک محرک پرس پیچی که مشخصه های پرس های مکانیکی و پیچی را تلفیق می کند، (۱) چرخ طیار، (۲) کلاج روغنی، (۳) پیچ، (۴) کوبه، (۵) استوانه های بلند کننده.

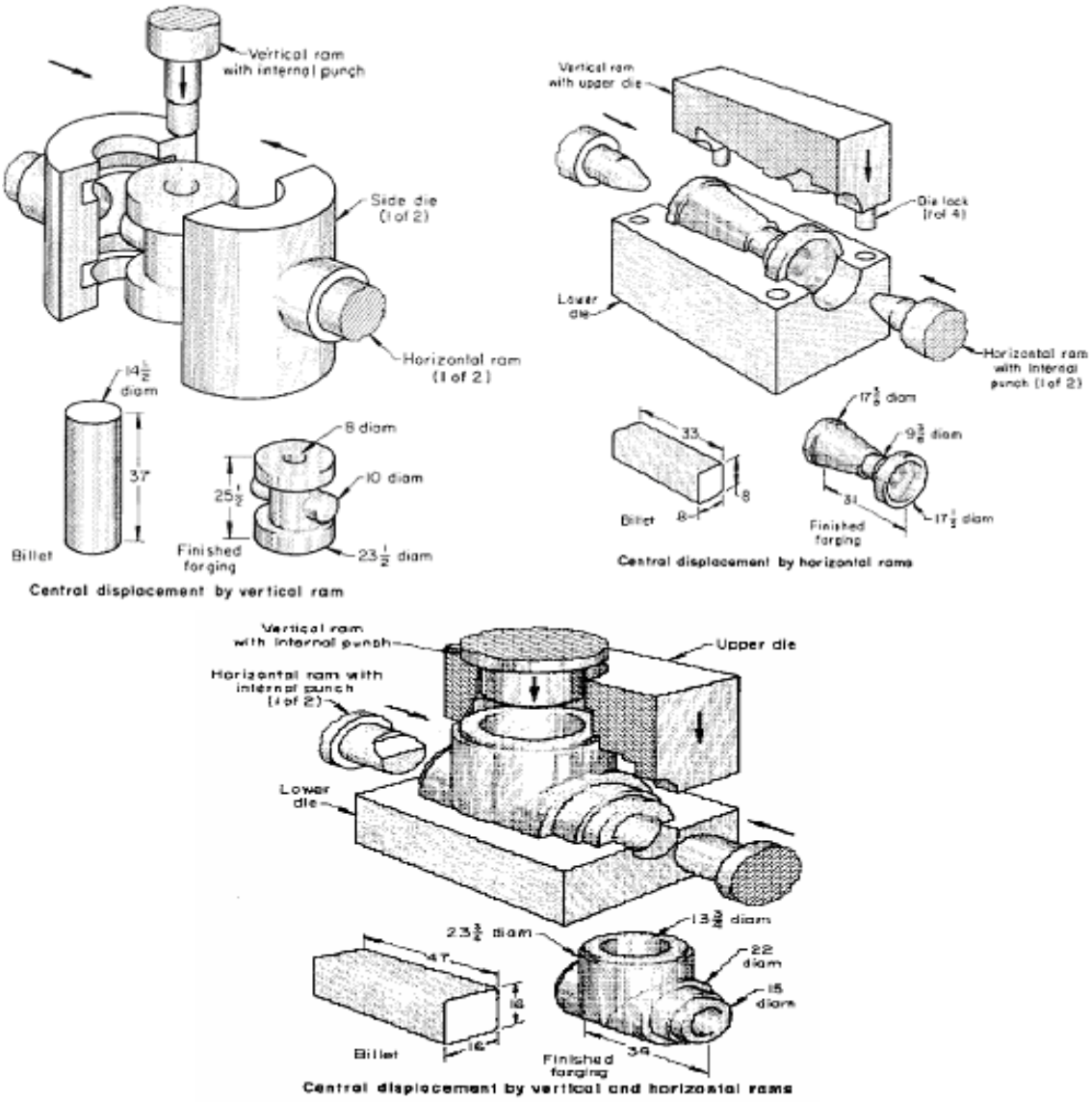
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۳-۱-۴-پرس های چند کوبه ای[۱]

دریچه ها، شیرآلات، سیلندرهای هیدرولیکی، لوله های بدون درز، انواع مخازن فشار را می توان به کمک آهنگری قالب بدون پلیسه و با استفاده از پرس های هیدرولیکی چند کوبه ای، تولید کرد.

کوبه ها در صفحات عمودی و افقی بر روی قطعه کار به هم نزدیک می شوند و فلز در داخل حفره ی قالب جریان می یابد. بوسیله ی یک یا چند پانچ در قطعه سوراخ ایجاد کرد.

انتخاب خط جدایش در این قالب ها اهمیت زیادی دارد.



شکل(۳-۹):مثالهایی برای آهنگری چند منظوره برای فرم گیری به صورت عمودی، افقی و یا مخلوط افقی و عمودی که می تواند صورت گیرد.(ابعاد و اندازه ها به اینچ می باشد)

---

۱. Multiple-Ram Presses

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۳-۱-۵-دیگر طبقه بندی ماشین های آهنگری

اصولا"ماشین های آهنگری را می توان بر اساس کار عمده ای که انجام مـی دهنـد طبقـه بنـدی نمود: در چکش ها و ماشین های آهنگری که با نیروی زیاد کار می کننـد، قطعـات کـار، بـا انـرژی جنبشی کوبه چکش تغییر شکل می یابند، لذا باید آنها را جزء طبقه هـای ماشـین هـای بـا انـرژی محدود به حساب آورد. توانایی و قدرت پرس های مکانیکی در تغییر فرم دادن قطعات فورج شـده، توسط طول کورس پرس و توان موجود در حالت های مختلف ضربه یا کورس تعیین می شـود. بـه همین خاطر پرس های مکانیکی را جزء ماشین های با کورس محدود به شمار می آورند. پرس های هیدرولیکی را ماشین های با توان محدود می شناسند، زیرا توانایی آن ها در تغییر شکل دادن مواد به حداکثر توانی بستگی دارد که در توان پرس می باشد.

پرس های های پیچی هر چند از لحاظ ساختار با پرس های هیدرولیکی و مکانیکی شباهت دارنـد اما آن ها را جزء ماشین های با انرژی محدود می نامند.

۳-۲-چکش ها

چکش، غیرگران ترین و پر تنوع ترین نوع تجهیزات برای تولید بار و انرژی لازم بـرای انجـام یـک فرآیند شکل دهی است. این فناوری با چندین ضربه بین قالب های طرح دار، مشخصـه بنـدی مـی شود. از چکش ها مقدمتاً برای آهنگری داغ، سکه زنی و تا دامنه محدودی برای شکل دهی ورقه ای قطعات ساخته شده در تعداد محدود، مثلاً صنعت هواپیما، بدنه هوایی استفاده می شود. چکش یک ماشین انرژی محدود است. در طول یک کورس کاری، تا زمانی که کل انـرژی جنبشـی بـه وسـیله تغییر شکل کشسان کوبه و سندان هنگامی که سطوح قالب با یکدیگر تماس پیدا می کنـد از بـین می رود، تغییر شکل ادامه می یابد. بنابراین لازم است که ظرفیت این ماشین ها را بر حست انـرژی یعنی فوت-پوند، متر- کیلوگرم، یا متر- تن درجه بندی کرد. تجربه مشخص کردن یک چکـش بـا وزن کوبه آن برای کاربر مفید نیست. وزن کوبه فقط می تواند بـه عنـوان یـک شـماره ی مـدل یـا مشخص سازی در نظر گرفته شود.

اصولا" چکش های آهنگری را بر اساس روش اتخاذی برای کوبیدن کوبه بـه طـرف پـایین طبقـه بندی می کنند . چکش های آهنگری، انواع گونا گون دارند و در حالتهای گوناگونی مـورد اسـتفاده قرار می گیرند که عبارتند از سیستم های مدرن و جدید و چکـش هـایی کـه توسـط سـنگینی یـا گرانش کوبه کار می کنند (Gravity-Drop Hammer).

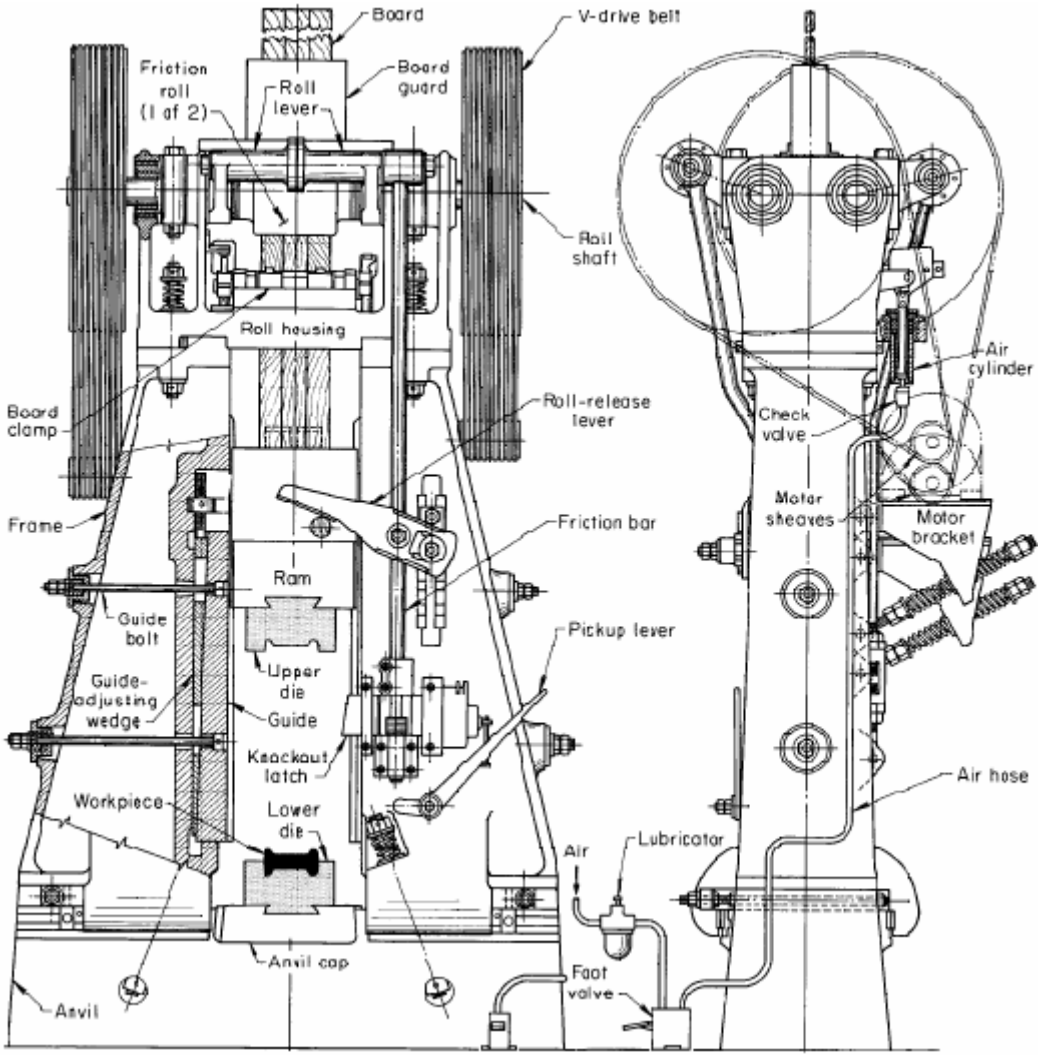
۳-۲-۱- چکش Gravity-Drop Hammer

این نوع چکش ها دارای یک سندان یا پایه ی نگهدارنده ی ستون هایی است که حـاوی پیسـتون های کوبه و نیز وسیله ای که کوبه را مجددا" به حالت شروع آن بر می گرداند می با شـند. انـرژی

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

لازم برای تغییر شکل قطعه کار، از سقوط و حرکت فشاری کوبه به طرف پایین ناشی می شود . ارتفاع سقوط و وزن کوبه، توان و قدرت ضربه را تعیین می کنند.

چکش های Gravity-Drop Hammer استفاده و کاربردهای وسیعی دارند به ویژه برای تولید قطعات پرسی که وزنی بیشتر از چند کیلو گرم ندارند.



شکل(۳-۱۰): اجزای اصلی یک چکش board drop

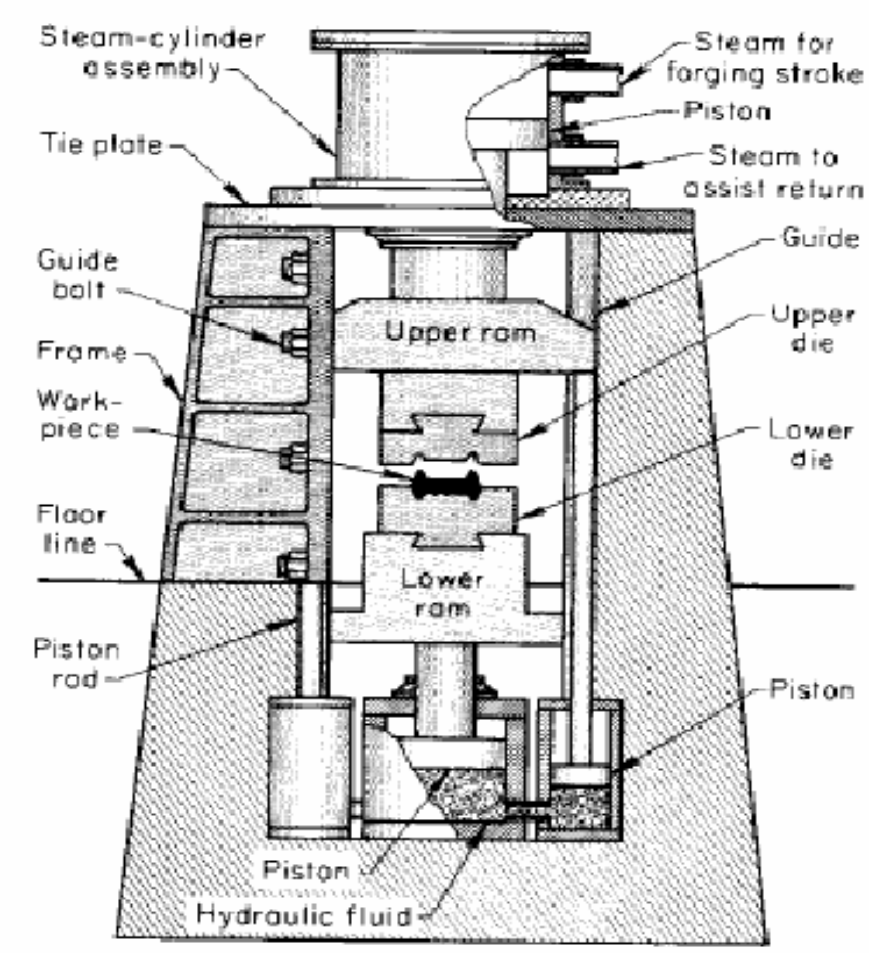
۳-۲-۲- چکش board drop

در چکش های board drop (شکل۳-۱۰)کوبه با یک یا چند صفحه که به آن کلید شده اند بلند شده و از بین دو غلتک دربالای چکش عبور می کند. صفحات به طرف بالا حرکت کرده وسپس به طور مکانیکی رها می شوند و به کوبه اجازه می دهند از ارتفاع مورد نظر به پایین بیفتد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

نیروی لازم برای بالا بردن کوبه توسط یک یا چند موتور تأمین می شود. این چکش ها دارای وزن سقوطی از ۱۸۰ تا۴۵۰۰ کیلوگرم(۴۵۰تا ۱۰۰۰۰) می باشند و اندازه های استاندارد آن از ۴۵۰ تا ۲۲۵۰ کیلوگرم عبور کرده(۱۰۰۰تا۵۰۰۰ پوند)و در افزایش های ۲۲۵ و ۴۵۰ کیلوگرم (۵۰۰ و۱۰۰۰ پوند) می باشد. ارتفاع سقوط کوبه بسته به اندازه ی چکش فرق می کند. یعنی برای یک چکش ۱۸۰ کیلوگرمی (۴۰۰lb)این اندازه ۹۰۰ mm (۳۵ in) و برای یک چکش ۳۴۰۰ کیلوگرمی(۷۵۰۰ lb) در حدود ۲ m (۷۰ in) می باشد و ارتفاع سقوط و در نتیجه نیروی ضربه ی چکش برای یک رگلاژ داده شده، تقریبا" ثابت می باشد و نمی توان آن را بدون از کار بازداشتن دستگاه و تنظیم طول ضربه،تغییر داد.

سندان ها در چکش های مدل (board drop) ۲۰ تا ۲۵ بار سنگین تر از کوبه هایشان می باشند.



شکل (۳-۱۱): اجزای اصلی چکش ضربه ای (پرس ضربه ای فورج) با سیستم فعال سازی بخار هیدرولیکی.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۳-۲-۳- چکش gravity drop

چکش های بالابر هوایی از نوع gravity drop ازاین نظر که توان پرش را از وزن سقوط کوبه و حدیده ی بالایی می گیرد با هم شباهت دارند. تنها از این نظر با هم فرق دارند که کوبه مربوط بـه چکش بالابر هوایی توسط نیروی بخار یا هوا بلندمی شود. زبانه هـای کنتـرل ضـربه از پـیش، یـک کورس را تنظیم کرده و توسط نیروی لازم برای سیلندر کوبه را کنترل می کند. با توقف چکش ها، سیستم می تواند دوباره تنظیم شود و طول ضربه و کورس را تنظیم کند. این ابزارهای در دسترس در یک ردیف متغیر، امکان ضربه ی کوتاه را در عملیات پرس کاری فراهم می نمایند.
کوبه در حالت بالا بودن، توسط سیستم یک گیره ی میله پیستون(شاتون) نگهداشته می شود، کـه توسط سیلندرش کارکرده و از یک منبع هوای فشرده ی جداگانه استفاده مـی کنـد. هنگـامی کـه گیره مورب است، میله پیستون ثابت می باشد. وقتی که اپراتور رکاب می گیرد، هـوا وارد سـیلندر شده و گیره را به طور افقی بالا می برد وکوبه می چرخد. این چرخش تا زمـان ر هـا شـدن رکـاب ادامه می یابد.و باعث میشود تامیله ی گیره(rod clamp) به طور مورب سقوط کـرده و میلـه ی اصلی را محکم حفظ کند . رکاب نباید هنگام زدن ضربه ی پایین،توسط کوبه رها شود. زیرا این کار باعث وارد آمدن فشار زیاد به میله و قطعات گیره خواهد شد. معمولا" نسـبت فشـار موجـود بـرای چکش های هوایی ۲۲۵ تا ۴۵۰۰ کیلو گرم(۵۰۰ تا۱۰۰۰۰ پوند(است، و وزن قطعه ای که آنرا می توان با چکش های بالابر هوایی تولید نمود برابربا وزن معادل آن در چکش های board drop می باشد. چکش های الکتروهیدرولیک از نوع gravity drop که مجهـز بـه سیسـتم هـای مـدرن و پیشرفته است. اولین اختراع در تکنولوژی جدید چکش ها ست. در این مدل ها کوبه با فشار روغن در برابر یک بالشتک هوایی بالا کشیده می شود. هوای فشرده کورس ، بالای کوبه را آهسـته کـرده ودر شتاب دادن به پایین کوبه به آن کمک می کند.سیستم های این چکش های الکتروهیـدرولیک یک نیروی عملی قوی تری را نیز دارا می باشند.

دومین اختراع تکنولوژیکی جدید در عرصه وارائه ی چکش های مـدرن، **استفاده از کنترل های الکتریکی قدرت ضربه زنی** می باشد. چنین کنترلی به استفاده کننده ی این نوع مدل چکش ها، این امکان را می دهد تا ارتفاع سقوط کوبه را برای هر ضربه ی مجزا تنظیم نماید. بالطبع اپراتور می تواند به طور اتوماتیک تعداد ضربه های دلخواه را در عملیات پرس کاری ، در هر پروسه ی تعـویض حدیده (قالب) تنظیم کرده و شدت هر ضربه ی مجزا را در پرس کاری برنامه ریزی نماید.سیسـتم های کنترل الکتریکی ضربه، کارایی چکش ها را افزایش داده و سر و صدا ولرزش های غیر ضروری در ضربه های سنگین (عملیات پرس کاری) چکش ها را کاهش داده است.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

جدول(۳-۱): مقایسه ظرفیت های برخی از چکش ها.

Type of hammer	Ram weight kg	Ram weight lb	Maximum blow energy kJ	Maximum blow energy ft·lb	Impact speed m/s	Impact speed ft/s	Number of blows per minute
Board drop	45-3400	100-7500	47.5	35 000	3-4.5	10-15	45-60
Air or steam lift	225-7250	500-16 000	122	90 000	3.7-4.9	12-16	60
Electrohydraulic drop	450-9980	1000-22 000	108.5	80 000	3-4.5	10-15	50-75
Power drop	680-31 750	1500-70 000	1153	850 000	4.5-9	15-30	60-100
Vertical counterblow	450-27 215	1000-60 000	1220	900 000	4.5-9	15-30	50-65

۳-۲-۴- ماشین های فورج با نسبت انرژی بالا

ماشین های فورج با نسبت انرژی بالا در اصل چکش های پر سرعتی هستند که می توان آنها را در سه طرح اصلی طبقه بندی کرد:

۱. مدل کوبه و فریم داخلی

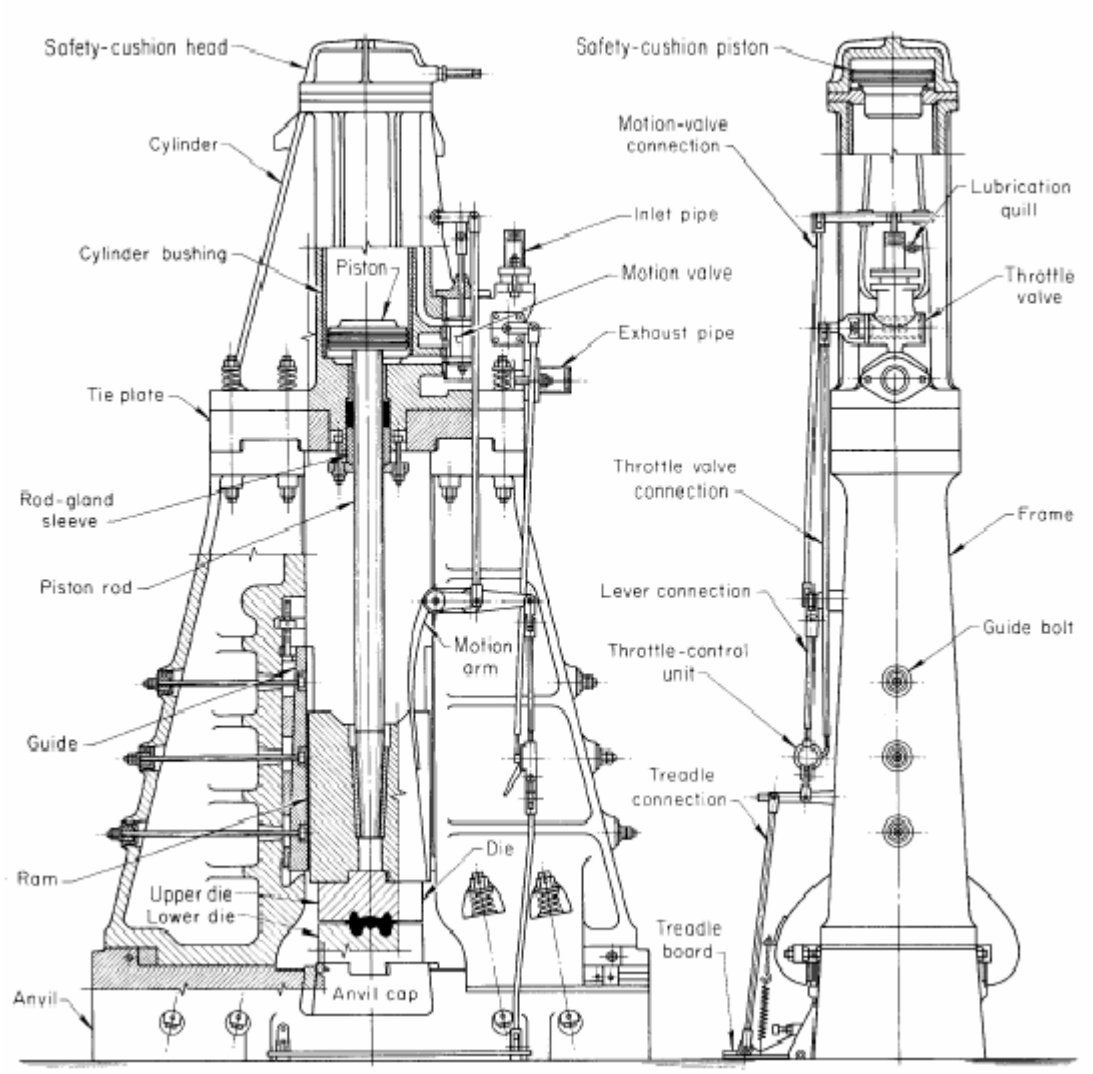
۲. مدل دو بازویی

۳. جریان انرژی کنترل شده

هر کدام از این ها از نظر مهندسی و ویژگی های عملکردی با هم متفاوت هستند. آنها در واقع چکش های تک ضربه ای پر سرعت می باشند، که نسبت به چکش های متداول برای رسیدن به انرژی ضربه ای مشابه در هر کورس، به وزن متحرک کمتری نیاز دارند. برای مقیاس طرح ها جهت به حداقل رساندن نیاز به فوندانسیون و افت انرژی،از اصول ضربه ی معکوس استفاده می کنند و برای تسریع و افزایش سرعت، نیز از گاز فشار بالای کنترل شده با مکانیزم آزاد سازی سریع استفاده می شود. در هیچ کدام از طرح ها،فریم ماشین برای مقاومت در برابر نیروهای فورج لازم نیست.

ماشین های کوبه و فریم داخلی در اندازه های گونا گون با ظرفیت های متغیر از ۱۷ تا ۷۴۵ کیلو ژول (۱۲۵۰۰ تا ۵۵۰۰۰ پوینتز فوت) انرژی ضربه ای تولید می کنند.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



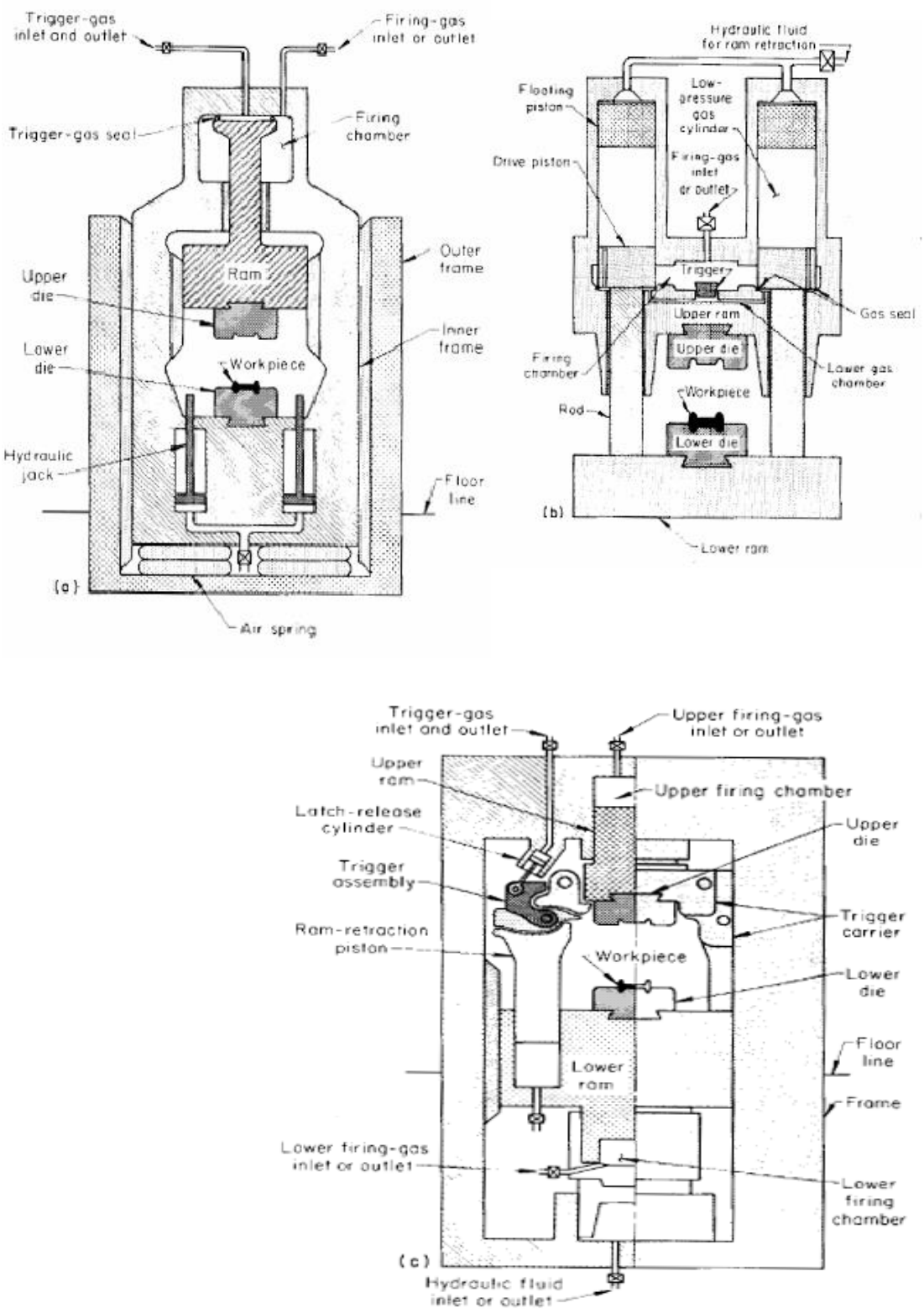
شکل (۳-۱۲):اجزای اصلی یک چکش power- drop با کنترل پایین برای تنظیم نیروی ضربات در آهنگری.

۳-۲-۵- چکش power- drop

چکش power- drop نشان داده شده شکل(۳-۱۲)، فریمی مرکب از دو واحد دارد که شامل فریم داخلی متصل به محفظه ی آتش و فریم خارجی با هدایت کنترل که فریم داخلی در داخل آن به صورت عمودی و آزاد حرکت می کند. با باز شدن گاز محرک،گاز فشار بالا از محفظه ی آتش بر سطح فوقانی پیستون فشار وارد کرده و کوبه و سنبه ی بالایی را به سمت پایین حرکت می دهد و واکنش نسبت به تندی کوبه به سمت پایین فریم داخلی بوده و سنبه ی پایینی را بالا می برد. ماشین توسط جک های هیدرولیکی که کوبه را بالا می برند آماده ی عملیات پرس کاری و ضربه ی بعدی می گردد تا گاز محرک بین سطح فوقانی محفظه آتش و پیستون کوبه دوباره در جای خود قرار گیرد. با خارج شدن گاز و فشار گاز روی لبه ی پایینی پیستون، کوبه در وضعیت بالا

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

قرار می گیرد. ماشین های دو کوبه ای در چند اندازه وجود دارند و بزرگ ترین آن ها دارای انرژی ضربه ای ۴۰۷ kg (۳۰۰۰۰۰ فوت پوند)است.



شکل (۳-۱۳): a و b و c، ماشین های فورج و چکش های قوی با نسبت انرژی بالا.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

در ماشین دو کوبه ای شکلb، ضربه ی معکوس توسط کوبه ی فوقانی در کوبه ی تحتانی به دست می آید. فریم داخلی که در شکل a، نشان داده شده است، هدایت عمومی دو کوبـه اش را فـراهم می کند.

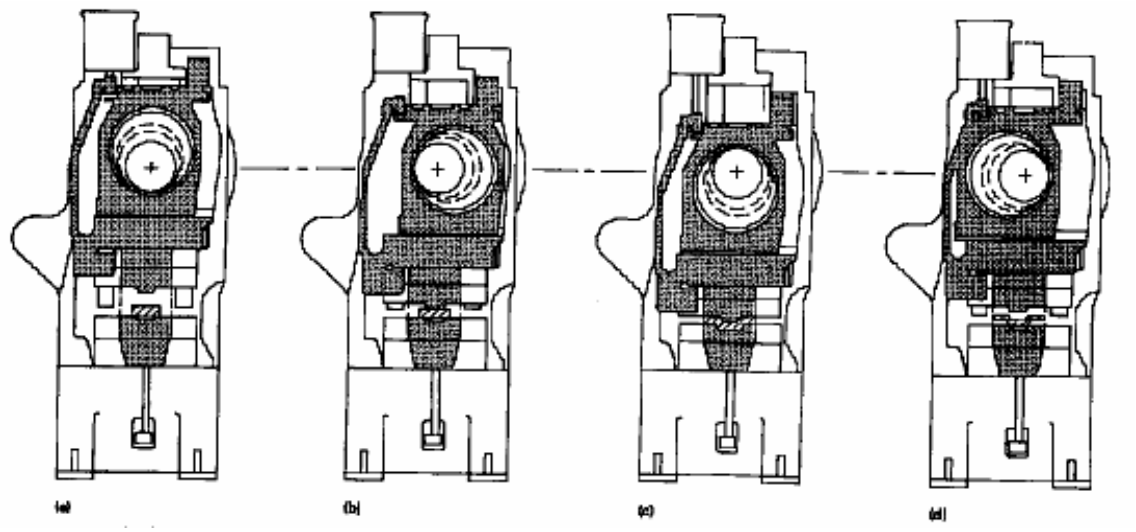
حرکت عمودی محرک ، امکان ورود گاز فشار بالا به محفظه ی پایینی قالب (ماتریس) را به سمت بالا حرکت می دهد. در نتیجه ی این نیرو، پیستون متحـرک سـیلندر، کوبـه ی بـالایی و مـاتریس فوقانی قالب را به سمت پایین حرکت می دهد. شاتون هدایت نسبی میان مجموعه هـای فوقـانی و تحتانی متحرک را فراهم می کنند. بعد از ضربه، سیال هیدرولیک وارد سیلندر شـده و کوبـه هـای فوقانی و تحتانی را به وضعیت شروع بارز می گرداند و گـاز دوبـاره توسـط پیسـتون هـای شـناور، فشرده شده ودر لبه های پایینی پیستون محرک دوباره آب بندی می گردد.

وقتی محرک بسته می شود، فشار هیدرولیک آزاد می شود و گاز فشار بالای محفظه ی پایینی از طریق خروجی های پیستون محرک ، انبساط یافته و پیستون متحرک را به سمت بـالا مـی بـرد و ماشین فورج،آماده ی ضربه بعدی و عملیات فورجینگ(پرس کاری فورج)می شود.

ماشین های فورج با جریان انرژی کنترل شده در دو اندازه با حداکثر انرژی ضربه ای متغیـر بـین ۹۹-۵۴۲ kg (۷۳۰۰۰تا۴۰۰۰۰۰ فوت پوند) تولید می شوند. شکل c، ماشین های ضربه معکوس هستند. از نظر داشتن سیلندرهای گاز و سیستم قابل تنظیم و کوبه های مجزا برای مـاتریس هـای بالایی و پایینی (قالب بالایی و پایینی) کیفیت عالی تولیدی دارند. البته اصول واکنش کوبه در ایـن جا به کار برده نمی شود.

کوبه ی پایینی، دارای سیلندر عمودی هیدرولیکی است کـه بـا آن مـی تـوان طـول هـای ضـربه مختلفی را به دست آورد و کلید سیستم که به صورت پنو ماتیکی فعال می شود،زبانه ی مکـانیکی بزرگی است که از طریق مکانیزم نگهدارنده ی کوبه ی بالایی واتصال هیدرولیکی با کوبه ی پایینی، آن ها را نگه می دارد. با این تجهیزات، آزاد سازی همزمان دو کوبه تضمین می شود. از قابلیت های استفاده ی ماشین های فورج با میزان انرژی بالا شکلa، در اصل برای عملیات فورج کردن قطعـات متقارن مثل چرخ و زنجیر یا کاربردهای سکه زنی (ضرب سکه) محدود می شـود.که در آن حرکـت فلز کم است وبرای فرم دهی به نیروهای ماتریس زیادی نیاز می باشد. اطلاعات مربوط به پروسـه و روند (HERF) و همچنین مثال های مربوط به قطعات فورج انرژی بالا در این بحث مورد تحلیـل وبررسی قرار گرفته است، و نشان دهنده ی قدرت و کیفیت ماشین های فـورج بـا انـرژی بـالا مـی باشد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۳-۱۴): سیستم عملکرد یک پرس مکانیکی با محرکscotehyoke که عبارتند از:

(a) در این تصویر بازوی پرس در بالای کورس است وscoteh-yok در مرکز می باشد.

(b) scoteh-yoke در وسط موقعیت حرکت به سمت جلو و سر ضربه زن به پایین است.

(c) scoteh-yoke در نقطه ی مرگ پایین قرار دارد.

(d) در وسط حرکت پرس به سمت بالا،scoteh-yoke در عقب قرار دارد.

www.Iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

فصل چهارم

۴-فرآیندهای شکل دهی فلزات

۴-۱-دسته بندی فرآیندهای تولید

تولید قطعات فلزی و مونتاژ آنها را می توان بسادگی به پنج زمینه کلی دسته بندی نمود:

- **فرآیندهای شکل دهی اولیه:** نظیر ریخته گری، حدیده کاری مذاب و پرسکاری پودر فلزات. در تمام این فرآیندها ماده در ابتدا بی شکل است اما از طریق فرآیند، هندسه بخوبی تعریف شده ای خواهد یافت.

- **فرآیندهای شکل دهی فلزات**: نظیرنورد، حدیده کاری، آهنگری سرد و داغ ، خمکاری و کشش عمیق که در آنها فلز در اثر تغییرشکل مومسان،شکل داده می شود.

- **فرآیندهای برش فلزات:** نظیر تراشکاری که در آنها براده برادی موجب ایجاد شکل جدید میشود.

- **فرآیندهای عملیات روی فلزات:** نظیر عملیات حرارتی و سختکاری سطحی که در آنها شکل قطعه کار لزوما تغییر نمی کند اما خواص یا ظاهر آن تغییر می کند.

- **فرآیندهای اتصالی:** شامل (الف) اتصال دهی متالوژیکی نظیر جوشکاری و پیوند نفوذی و(ب) اتصال مکانیکی مانند پرچکاری، جاز زدن انقباضی و مونتاژ مکانیکی.

۴-۱-۱-فرآیندهای شکل دهی فلزات

در بین تمام فرآیندهای تولید فناوری شکل دهی فلزات دارای جایگاه ویژه ای است زیرا موجب تولید قطعات با خواص مکانیکی بهتر و با حداقل اتلاف مواد می شود. شکل دهی فلزات به گروهی از روشهای تولید اطلاق می شود که توسط آنها ماده معین که معمولاً بدون شکل یا دارای هندسه ساده است ،بدون اینکه در جرم یا ترکیب ماده تغییری ایجاد شود، طی عملیاتی، تغییر شکل مومسان می یابند و به هندسه پیچیده ای در می آید. شکل دهی نزدیک به ابعاد نهایی می باشد که شدیداً موجب کاهش براده برداری می شود که موجب صرفه جویی مواد و انرژی میشود. شکل دهی فلزات معمولا به ابزاربندی نسبتاً پر هزینه ای نیاز دارد. از این رو این فرآیند تنها زمانی از نظر

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

اقتصادی جذاب است که تعداد زیادی از قطعات تولید شود یا هنگامی که خواص مکانیکی مورد نظر در محصول نهایی را صرفا با یک فرآیند شکل دهی بتوان بدست آورد.

فرآیندهای شکل دهی فلزات غالباً همراه با سایر فرآیندهای تولید نظیر ماشین کاری، سنگ زنی و عملیات حرارتی مورد استفاده قرار می گیرند. خواص ماده مطلوب برای شکل دهی شامل استحکام تسلیم پایین و شکل پذیری بالا می باشد. با افزایش دمای کاری این خواص به دست می آیند. اثر درجه حرارت موجب تمایز شکل دهی سرد (قطعه کار در ابتدا در دمای محیط است)، شکل دهی گرم (قطعه کار تا بالاتر از دمای محیط گرم می شودامادمای آن از دمای تبلور مجدد پایین تر می باشد)و شکل دهی داغ(قطعه کار تا بالاتر از دمای تبلور مجدد گرم میشود) میگردد.

فرآیندهای شکل دهی بطور خاص در موارد زیر جذابند:

- هندسه قطعه دارای پیچیدگی متوسط بوده و حجم تولید بالاست.
- خواص قطعه کار ویکپارچگی متالورژیکی بسیار مهم است.
- قطعات شکل یافته بطور خاص زمانی مورد نیازند که استحکام، قابلیت اعتماد،جنبه های اقتصادی و مقاومت به شوک و خستگی ضروری است.

یک روش مرسوم برای دسته بندی فرآیندهای شکل دهی فلزات،در نظر گرفتن شکل دهی سرد (در دمای محیط) و شکل دهی داغ (بالاتر از دمای تبلور مجدد) است. اغلب مواد در شرایط دمایی مختلف رفتارهای متفاوتی خواهد داشت.

۴-۱-۱-۱-دسته بندی فرآیند شکل دهی:

(الف)شکل دهی حجمی: قطعه ورودی به شکل بیلت، میله یا شمش است. در این نوع شکل دهی نسبت سطح به حجم قطعه پس از فرآیند افزایش می یابد و به چهار دسته اصلی تقسیم می شود:فورج، اکستروژن، نورد، و کشش مقاطع.

(ب)شکل دهی صفحه ای: قطعه ورودی به شکل صفحه است. کاهش سطح و ضخامت چندان محسوس نیست. فرآیندهایی مانند خمکاری، کشش عمیق صفحات و شکل دهی انبساطی از این دسته می باشند.

جدول (۳-۱): دسته بندی عملیات شکل دهی حجمی مواد.

Table 1 Classification of bulk (massive) forming processes

Forging	Rolling	Extrusion	Drawing
Closed-die forging with flash	Sheet rolling	Nonlubricated hot extrusion	Drawing
Closed-die forging without flash	Shape rolling	Lubricated direct hot extrusion	Drawing with rolls
Coining	Tube rolling	Hydrostatic extrusion	Ironing
Electro-upsetting	Ring rolling		Tube sinking
Forward extrusion forging	Rotary tube piercing		
Backward extrusion forging	Gear rolling		
Hobbing	Roll forging		
Isothermal forging	Cross rolling		
Nosing	Surface rolling		
Open-die forging	Shear forming		
Rotary (orbital) forging	Tube reducing		
Precision forging			
Metal powder forging			
Radial forging			
Upsetting			

Source: Ref 1

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

فصل پنجم

۵-انواع فرآیندهای آهنگری

امروزه روش های آهنگری مختلفی وجود دارد که درآن ممکن است فلز ۱- کشیده شده تا طول آن زیاد و سطح مقطع آن کم شود ۲- له شود به طوری که ارتفاع آن کاهش وسطح مقطع آن افزایش یابد و ۳- در یک قالب بسته فشرده شود تا فلز در تمام جهات جریان یابد.

می توان فرایندهای آهنگری را به صورت زیر دسته بندی نمود:

۵-۱- از نظر درجه حرارت

از این دیدگاه آهنگری به سه دسته تقسیم می‌شود:

۵-۱-۱-آهنگری سرد[۲]

این آهنگری در دمای محیط و معمولاً در چندین مرحله انجام می‌شود. درجه حرارت تا آن اندازه پائین است که فلز اکسیده نمی‌شود و در آن کار سختی ایجاد می‌شود و به همین دلیل دقت ابعادی نسبت به آهنگری داغ بالاتر است. آهنگری سرد برای فلزات نرم مانند قلع، سرب و آلومینیم براحتی قابل اجراست. برای فولادها تقریباً غیرممکن است چون از یک طرف نیروی زیادی جهت اجرای فرآیند لازم است و از طرف دیگر فشار بالای بین قطعه و قالب باعث چسبیدن این دو به هم خواهد شد. دامنه بار عمل کننده ۱۰۰ کیلو نیوتن تا ۱۰ مگا نیوتن است. مکانیزم مورد استفاده برای قطعات کوچک پرس مکانیکی با سازه های صلب و برای قطعات بزرگ پرس هیدرولیکی می باشد.

۵-۱-۲- آهنگری داغ[۳]

در آهنگری داغ دمای قطعه بیشتر از دمای تبلور مجدد آن است که این دما برای فولاد بالاتر از ۶۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی گراد است. یعنی دمای بیلت آنقدر بالا است که از ایجاد کرنش سختی در طی فرآیند آهنگری جلوگیری می‌شود. در این حالت، بدلیل بالا بودن دمای قطعه، تمایل به اکسید شدن بسیار زیاد می‌باشد. از این رو دست یابی به ابعاد دقیق بسیار مشکل است.

---

[۲] -Cold Forging

[۳] -Hot Forging

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۵-۱-۳- آهنگری گرم[۴]

یک روش تعدیل یافته از فرآیند آهنگری سرد و داغ است که قطعه کار تا دمائی زیر دمای داغ (نقطه تبلور مجدد) گرم می‌کنند. بنابراین،این نوع آهنگری بین دو فرآیند فوق است. در طی این فرآیند انتقال گرما از قطعه داغ به قالب و به محیط اطراف به طریق جابجایی و تشعشع باعث پائین آمدن دمای قطعه می شود، بنابراین خواص ماده در طول فرآیند متغیر است.

۵-۱-۳-۱-توجه به نکات زیر در فورج گرم ضروری است:

(الف) زمان تماس بین ماده و قالب در زمان بارگذاری تابع سرعت فرآیند، دمای فورج، سختی قالبها و ماشین است. وقتی که زمان تماس زیاد می شود مواد شروع به خنک شدن می کنند در نتیجه تنش سیلان افزایش و نرخ جریان مواد و پر شدن قالب کاهش می یابد. در مواردی که فرآیند غیر همدما باشد توصیه می شود که زمان تماس کمترین مقدار ممکن شود.

(ب) نرخ تغییر شکل تابع نوع ماده است.

(ج) با افزایش نرخ ضربات بدلیل کاهش اختلاف دمای بین قطعه و قالب نرخ تولید افزایش می یابد.

(د) در اثر کارکرد متوالی ابزارها لقی ها، فرسایش، کاهش سختی و ترکهای موضعی بوجود می آیند.

۵-۱-۳-۲-نکاتی پیرامون فورج گرم و داغ

باند پائین محدوده دمایی براساس دمای تبلور مجدد و باند بالای آن بگونه ای انتخاب می گردد که اکسیداسیون در فلز رخ ندهد. برای جلوگیری از اکسیداسیون محیط کوره القائی را با گازهای خنثی و جاذب اکسیژن پر می کنند. این گاز از سوخت ناقص هوا با متان یا گاز طبیعی بدست می آید و در مرحله قبل از ورود به کوره آب آن جذب می گردد. فلزات در هنگام گرفتن گرما منبسط شده و پس از عملیات فورج منقبض یا چروکیده می شوند که این میزان با ضریب انبساط فلز و اختلاف دمای بین قطعه و محیط رابطه مستقیم دارد.

در فرآیند فورج گرم انرژی گرمایی داده شده به قطعه خیلی بالاتر از کار لازم برای شکل دهی در حالت سرد است به همین علت بازده انرژی در فورج گرم مطلوب نبوده و برای قطعات کوچک و اشکال ساده مقرون به صرفه نیست.

در حین فرآیند ماده قالب معمولا به حالت بحرانی (نقطه شکست) نزدیک می شود زیرا:

۱. افزایش دما باعث کاهش تنش مجاز قالب خواهد شد.
۲. انتقال حرارت سریع از قطعه به قالب تنش های حرارتی بوجود می آورد.
۳. بیلت با افزایش تنش سیلان و تنش های تماسی در قطعه خنک می شود.

---

[۴] -Warm Forging

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۴. فشار بالای بین قطعه و قالب باعث پاره شده فیلم روانساز خواهد شد و در نتیجه انتقال حرارت سریعتر از طریق هدایت صورت خواهد گرفت.

جدول(۵-۱):معایب و مزایای فورج سرد، گرم و داغ

نوع فورج	مزایا	معایب
سرد	دقت بالا(تلرانس کم)- بهبود استحکام قطعات- سطح نهایی بهتر- محافظت ماده از اکسیداسیون	فشار شکل دهی بالا- شکل دهی در چند مرحله- بازپخت در بین مراحل- شکل پذیری پایین
گرم	شکل پذیری بهتر- فشار شکل دهی پائین تر- نسبت شکل دهی بالاتر- عدم نیاز به بازپخت	قیمت بالای تجهیزات- تجهیزات باید در مقابل فشار شکل دهی و دماهای بالا مقاومت کنند.
داغ	قابلیت فورج اشکال پیچیده- شکل پذیری خوب- فشار شکلدهی پائین- فورج قطعات سنگین و حجیم	دقت پائین (تلرانس زیاد)- کوچک یا بزرگ شدن قطعه شکل گرفته

۵-۲- از نظر نوع قالب

۵-۲-۱- آهنگری با قالب باز[۵]

آهنگری قالب باز یک فرآیند شکل دهی گرم است که در آن مواد به راحتی اجازه ی سیلان دارند و فلز با چکش کاری یا پرسکاری بین قالب های تخت،V یا با هندسه ساده شکل داده می شود. در قالبهای باز در پیرامون حفره ی اصلی قالب،شیاری عمیق ایجاد می کنند تا مازاد مواد اولیه بعد از فرم گیری و شکل گیری نهایی به داخل شیارها سرازیر شود.از این روش معمولاً برای تولید قطعات بزرگ استفاده می شود.

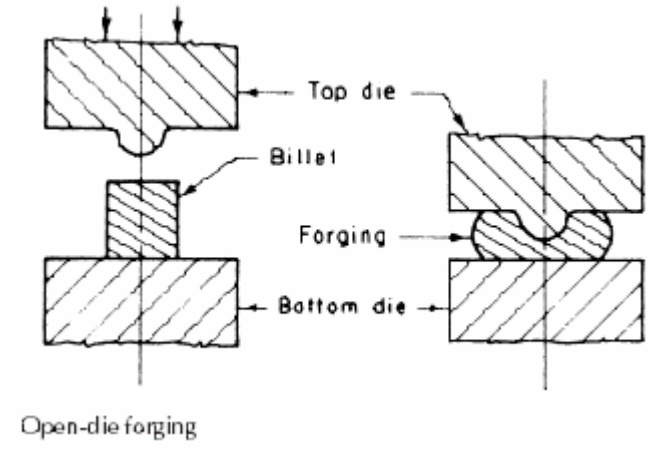
در آهنگری با قالب باز، جریان فلز محدود نمی شود و صنعت گر شکل مورد نظر را با چرخاندن و جابه جا کردن کار بین چکش و سندان در بین ضربات متوالی به دست می آورد. چکش ها می تواند مستقیماً با قطعه در تماس باشد یا می توان از ابزارهایی با شکل های خاص (یا قالب با انحنای خیلی کم) که بین چکش و قطعه کار یا قطعه کار و سندان قرار می گیرد، برای ایجاد سطوح منحنی (محدب و یا مقعر) و هم چنین برای ایجاد سوراخ ویا قطع کردن استفاده کرد. برای جا به جا کردن و چرخاندن قطعه که گاهی اوقات چندین تن وزن دارد، می توان از وسایل دستی استفاده کرد. هر چند برخی قطعات با این روش به شکل نهایی خود در می آیند، ولی غالباً از چکش کاری برای پیش شکل دادن قطعات بزرگ برای عملیات بعدی استفاده می شود. چکش

---

[۵] -Open Die Forging

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

کاری فرآیندی ساده و انعطاف پذیر است، ولی به دلیل اینکه روش کندی است و دقت ابعاد نهـایی قطعه به مهارت کارکر بستگی دارد، برای تولید انبوه مناسب نمی باشد.



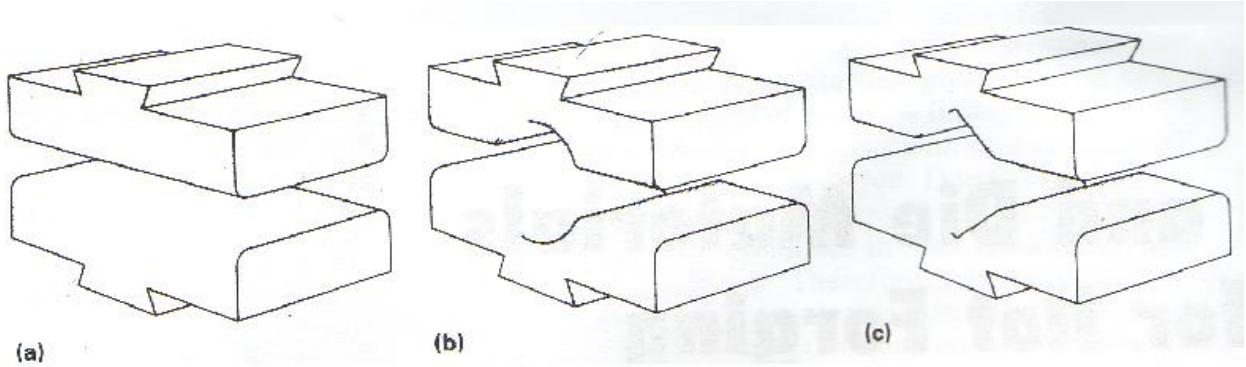
شکل(۵-۱): فورج قالب باز

تجهیزات: پرس های هیدرولیکی و چکش ها.

مواد: فولادهای کربنی و آلیاژی، آلیاژهای آلومینیوم، آلیاژهای مس، آلیاژهای تیتانیوم، تمام مـواد دارای قابلیت آهنگری.

کاربرد : شمش ها، آهنگری بزرگ و حجیم، پیش فرم های قطعات نهایی .

در شکل زیر انواعی از قالب باز آورده شده است. قالب نوع V بیشتر مورد استفاده قرار می گیـرد و برای شکل دهی قطعات مدور به کار می رود . استوانه های توخالی معمولاً با این قالب ها تولید می شوند.



شکل(۵-۲):انواعی از قالب باز

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۵-۲-۲-آهنگری با قالب بسته[۶]

آهنگری در قالب بسته یا آهنگری حدیده ای شکل دهی مواد در داخل حفره قالب پایینی و بالایی و کنترل جریان فلز توسط آن ها می باشد و به دو دسته قالب بسته بدون پلیسه و قالب بسته با پلیسه تقسیم بندی میشوند.

در آهنگری قالب بسته از یک جفت قالب استفاده می شود. که هر کدام دارای یک محفظه می باشد و هنگامی که قالبها بسته می شوند یک محفظه به شکل قطعه آهنگری ایجاد می شود.

گاهی اوقات از چندین محفظه در یک عملیات به منظور شکل دادن قطعه آهنگری مورد نظر استفاده می شود.

با استفاده از این روش می توان شکل های پیچیده تر با تلرانس ابعادی نزدیکتر را تولید کرد. آهنگری قالب بسته معمولا" طوری طراحی می شود که به ماشینکاری بعدی کمتری نیاز داشته باشد.

در شکل، یک دست قالب آهنگری معمولی که یک نیمه ی آن به چکش بالایی و نیمه ی دیگر آن به سندان متصل است، مشاهده می شود. فلز گرم شده در محفظه ی نیمه ی پایینی قرار داده می شود و سپس یک یا چند ضربه توسط نیمه ی بالایی قالب وارد می شود. این ضربه ها باعث جریان فلز تا حد پرکردن تمام محفظه ی قالب می شود. فلز اضافی نیز پس از فشرده شدن به شکل زایده ی نازکی در پیرامون حفره در می آید که پس از پایان کار با نوعی قالب حذف زائده برداشته می شود. بیرون آمدن زائده ها، باعث اطمینان از پر شدن تمامی حفره های موجود در قالب می شود.

در آهنگری بدون زائده، که به آهنگری دقیق در قالب بسته نیز شهرت دارد، فلز اضافی از قالب خارج نمی شود یا فقط مقدار اندکی از آن خارج می شود. اندازه ی قطعه باید به دقت تعیین شود تا فلز کاملا" محفظه را بدون هیچ ماده ی اضافه ای پر کند. بدین منظور باید قطعه در موقعیت دقیق و مناسب قرار گیرد و هم چنین طراحی قالب و روان کاری آن به گونه ای باشد که جریان فلز در طی عمل کنترل شود. امتیاز عمده ی این روش حذف ضایعات حاصل از زایده در روش های آهنگری معمولی است که غالبا" بین ۲۰ تا ۴۵ درصد ماده ی خام مصرفی است.

بیشتر قالب های آهنگری حدیده ای، زایده ایجاد می کنند و بیش از یک محفظه دارند و تغییر شکل در هر کدام از محفظه ها ممکن است نیاز به بیش از یک ضربه داشته باشد. معمولا اولین محفظه لبه سازی ،شیارسازی، یا خم کردن است تا فلز به شکل مناسب برای محفظه ی بعدی در آید. در محفظه میانی توده ی فاز تقریباً به شکل نهایی ولی با گوشه ها و راکوردهای کم انحناتر در می آید. معمولا شکل و اندازه نهایی در محفظه ی آخری به ماده داده می شود. چون تمام قطعات در محفظه های یکسانی داده می شوند، لذا همگی از نظر شکل و اندازه یک سان هستند و اندک اختلافشان به علت سایش جزیی قالب است.

---

۶ -Close Die Forging

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

شکل محفظه ها به گونه ای است که فلز در جهت دلخواه جریان یابد. این جریان بـه نوبـه ی خـود ساختار جهتداری به وجود می آوردکه جریان فلز باعث جلوگیری از به وجود آمدن ترک، بالا بـردن استحکام مقاومت در برابر خوردگی و بالا رفتن شکل پذیری می شود. به علاوه، با قرار دادن فلـز در محل های مناسب می توان بهترین شکل مقطع را برای مقابله با نیروهای وارده به دست آورد. ایـن عوامل و هم چنین ساختار ریزدانه ای تبلور مجدد شده و نبـودن حفـره (تـنش هـای شـکل دهـی فشاری) موجب شده است که نسبت استحکام به وزن این محصولات در مقایسه با قطعـاتی کـه بـه روش ریخته گری و ماشین کاری تهیه می شوند، حدود ۲۰ درصد بالاتر باشد.
از چکش های تخته ای، بخاری و یـا هـوایی مـی تـوان در آهـن گـری حدیـده ای اسـتفاده کـرد.

در روش معمولی آهن گری در قالب بسته، قطعه ی خام یک توده ی نوردگرم شـده اسـت کـه بـه تدریج تغییر شکل داده می شود تا به یک شکل پیچیده تر در آید. خواص و ساختارهای متالوژیکی این قطعات از قطعات مشابه ریختگی بهتر است.

۵-۲-۲-۱-آهنگری قالب بسته بدون پلیسه

در این فرایند، شمشال با حجم دقیقاً کنترل شده توسط یک سنبه، تغییر شکل (داغ یـا سـرد) می یابد تا بدون هیچگونه اتلاف ماده، حفره یک قالب را پر کند. سنبه و قالب ممکـن اسـت از یک یا چند تکه ساخته شده باشند.

تجهیزات: پرس های هیدرولیکی، پرس های چند کوبه ای مکانیکی.

مواد: فولادهای کربنی و آلیاژی، آلیاژهای آلومینیوم، آلیاژهای مس.

کاربرد: آهنگری دقیق، آهنگری تو خالی، اتصالات، زانویی ها، تی ها و ...

۵-۲-۲-۱-۱-قواعد مربوط به فورج قالب بسته بدون پلیسه

- حجم مساوی ماده در شکل ابتدایی، شکل میانی(در صورت لزوم) و نهایی با در نظر گرفتن وزن جدا شده یا بریده شده، در جایی که کنترل وزن عمـلاً مشـکل اسـت سـطوح خنثـی کننده در قالب نهایی منظور می شود. زمانیکه قاعده ای برای ساخت قالب به جهت منظور ساختن ماده اضافی نباشد تغییرات ۰/۵-۲٪ وزن قابل قبول است.
- سطوح مساوی مربوط به سطح مقطع فورج میانی و قالب نهایی در مورد قطعات طویل کـه محور اصلی آنها در یک زاویه صحیح نسبت به راستای فورج قرار گرفته باشد.
- قرارگیری دقیق ماده در قالب نهایی بطوریکه محور فورج نهایی و میانی نزدیک به هم قـرار بگیرند. تفاوتهای زاویه ای در راستاهای محورهای اصلی فـورج نهـایی ومیـانی قابـل قبـول نمی باشند.

۵-۲-۲-۱-۲-مزایا و معایب فورج قالب بسته بدون پلیسه

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

(الف) مزایا:

- صرفه جویی ۱۰ تا ۳۰٪ وزن ماده استفاده شده
- عدم نیاز به برشکاری
- نیروی تغییر شکل کمتر بخصوص در مورد فورج های کوچکی که نسبت مساحت بستر قالب به خود قالب بزرگ است.
- خواص مکانیکی بهتر با حذف پلیسه های باقیمانده

(ب) معایب:

- نیاز به حجم دقیق ماده
- نیاز به توزیع درست ماده
- نیاز قطعه به قرارگیری در موقعیت دقیق نسبت به قالب
- گرایش بسوی شکل گیری نهایی پلیسه
- تغییرات در ضخامت دیواره

۵-۲-۲-۲-آهنگری قالب بسته با پلیسه

در این فرآیند، یک شمشال (بطور داغ) در درون قالبها (معمولا در دو نیمه) شکل داده می شود بطوری که جریان فلز از حفره قالب محدود می گردد . ماده اضافی به درون یک شیار باریک محدودکننده هدایت می شود وبصورت پلیسه در اطراف قطعه آهنگری در محل خط جدایش قالب ظاهر می شود.

آهنگری قالب بسته با پلیسه در صنعت مرسوم تر از نوع بدون پلیسه است. چون میزان مشخصی از ماده برای تولید لازم است.

تجهیزات: سندان و چکش های دو طرفه،پرس های هیدرولیکی، مکانیکی و پیچی.

مواد: فولادهای کربنی و آلیاژی، آلیاژهای آلومینیوم، آلیاژهای مس، آلیاژهای منیزم، بریلیم، فولادهای زنگ نزن، آلیاژهای آن، آهن نونیکل وسوپر آلیاژهای آن، تانتالم وآلیاژهای آن، مولیبدن وآلیاژهای آن، آلیاژهای تنگستن.

کاربرد: تولید قطعات آهنگری برای خودروها، کامیونها، تراکتورها، تجهیزات مورد استفاده در خارج بزرگراهها، هواپیماها، تجهیزات ریلی و معدنی.

۵-۲-۲-۲-۱-انواع جریان ماده در حفره های قالب

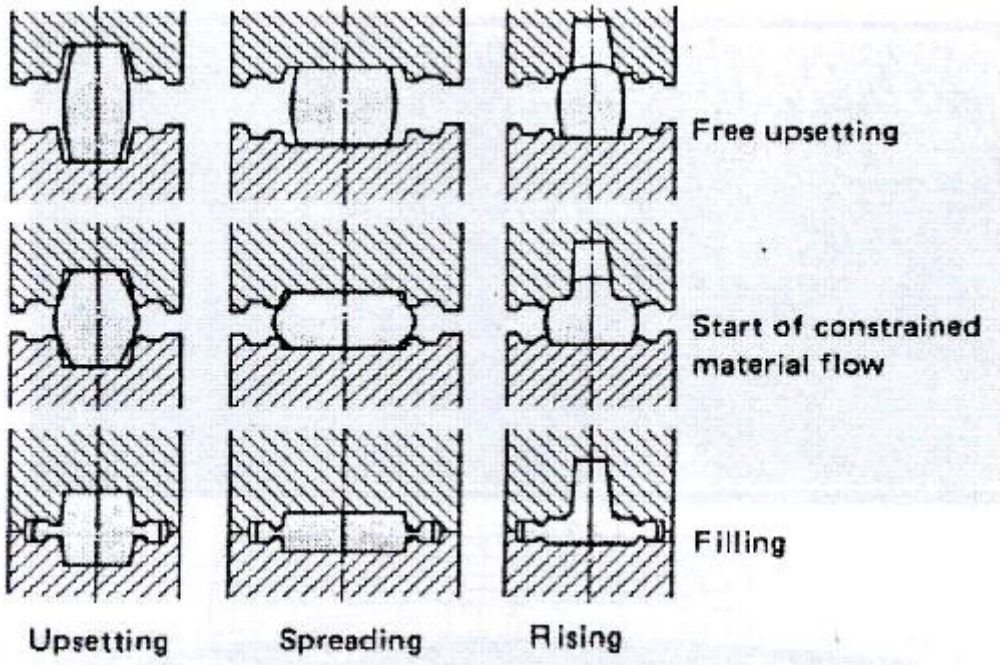
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

در زمان جریان ماده در حفره های قالب، فرآیند فورج قالب بسته، امکان دارد بیشتر از دو حالت زیر اتفاق بیفتد:

(الف) *Upsetting*: کاهش در ارتفاع اولیه بدون گسترش زیاد و بدون جاری شدن ماده در طول ابزار. جریان ماده بطور عمده موازی با حرکت ابزار می باشد. این وضعیت معمولا ابتدا و انتهای فرایند فورج قالب بسته با پلیسه است.

(ب) *Spreading*: جابجایی عرضی ماده به سمت خارج (اغلب بعد از پایان حالت فوق پدید می آید) به همراه مسیر جریان طولانی تحت فشار عمودی زیاد. جریان ماده عمدتاً در جهت مستقیم می باشد.

(ج) *Rising*: پر شدن حفره های عمیق(عمودی) بواسطه سیلان ماده که اغلب با فشار عمودی بالا و یا مسیر طولانی جریان مواد پس از ورود ماده به راهگاهها رخ می دهد.



شکل(۵-۳): انواع جریان ماده در پر شدن حفره های قالب

۵-۲-۳-برخی از تفاوت های فورج قالب باز و قالب بسته

در فورج قالب باز محصولات بصورت یک تکه بوده ودر کمترین حجم بسته بندی می شوند و دامنه وزن محصولات از ۱ کیلوگرم تا ۳۵۰ تن می باشد و اغلب محصولات برای نصب در یک سازه مکانیکی نیاز به ماشینکاری دارند. در فورج قالب بسته، بسته بندی محصولات حجیم تر است. دامنه وزن آنها از ۵۰ گرم تا ۱/۵ تن است. محصولات نیاز به ماشینکاری جزئی دارند و برخی از آنها (مانند فلایویلها) به محض پرداخت نهایی بدون نیاز به ماشینکاری قابل استفاده اند.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۵-۳- از نظر تلرانسهای آهنگری

۵-۳-۱-آهنگری معمولی

در این نوع فرآیند، ماده آهنگری بین قالبها شکل می گیرد تا قطعه مورد نظر بدست آید. در این حالت ماده اضافی به صورت زایده نازکی بین دو نیمهٔ قالب قرارمی‌گیرد که در انتهای آهنگری توسط قالب دیگری بریده می‌شود.

مشخصه‌های این نوع آهنگری عبارتند از:

- دقت ابعادی و تلرانسها متوسط است و در نتیجه نسبت به آهنگری دقیق، تجهیزات آن ساده و ارزانتراست.
- معمولاً نیاز به ماشین کاری دارند.
- به علت اینکه نسبت به آهنگری دقیق تنشهای وارده کمتر است در نتیجه سایش قالب کمتر و عمر آن بیشتر است.
- محاسبه ابعاد شمشال برخلاف آهنگری دقیق می‌تواند تقریبی باشد چون مواداضافی می‌تواند به داخل کانال پلیسه هدایت شود.

۵-۳-۲- آهنگری دقیق[۷]

منظور از آهنگری دقیق فرآیندی مجزا از آهنگری نیست بلکه یک روش بهینه در آهنگری است. هدف این روش تولید قطعه به شکل خالص[۸] یا دست کم نزدیک به شکل خالص[۹] در شرایط آهنگری است. کلمه قطعه با شکل خالص به این معناست که به عملیات ماشینکاری بعدی یا پرداخت سطوح آهنگری شده نیازی نباشد. اگر چه عملیات ثانوی مانند ایجاد سوراخهای کوچک،ممکن است نیاز باشد. در یک قطعه نزدیک به شکل خالص اکثر سطوح و نه همه آنها خالص هستند وبرخی از سطوح به ماشینکاری جزئی و پرداخت کمی نیاز دارند.

در آهنگری دقیق اندازه ی قطعه باید به دقت تعیین شود تا فلز کاملا" محفظه را بدون هیچ ماده ی اضافه ای پر کند. بدین منظور باید قطعه در موقعیت دقیق و مناسب قرار گیرد و هم چنین طراحی قالب و روان کاری آن به گونه ای باشد که جریان فلز در طی عمل کنترل شود. آهنگری دقیق گاهی به عنون آهنگری باتلرانس بسته و محدود توصیف می‌شود. تا تأکیدی بر هدف این فرآیند در دست یابی به تلرانسهای نهائی ابعاد و پرداخت سطح مورد نیاز در قطعه نهائی باشد.

فرآیندهای آهنگری سرد، اصولاً فرآیندهای دقیقی هستند. فرآیندهای آهنگری پودری هم در رده آهنگری دقیق است. آهنگری دقیق شامل گرم و داغ و سرد است که آهنگری گرم بیشتر مورد

---

۷ -Precision Forging

۸ -Net-Shape Forging

۹ -Near-Net Shape Forging

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

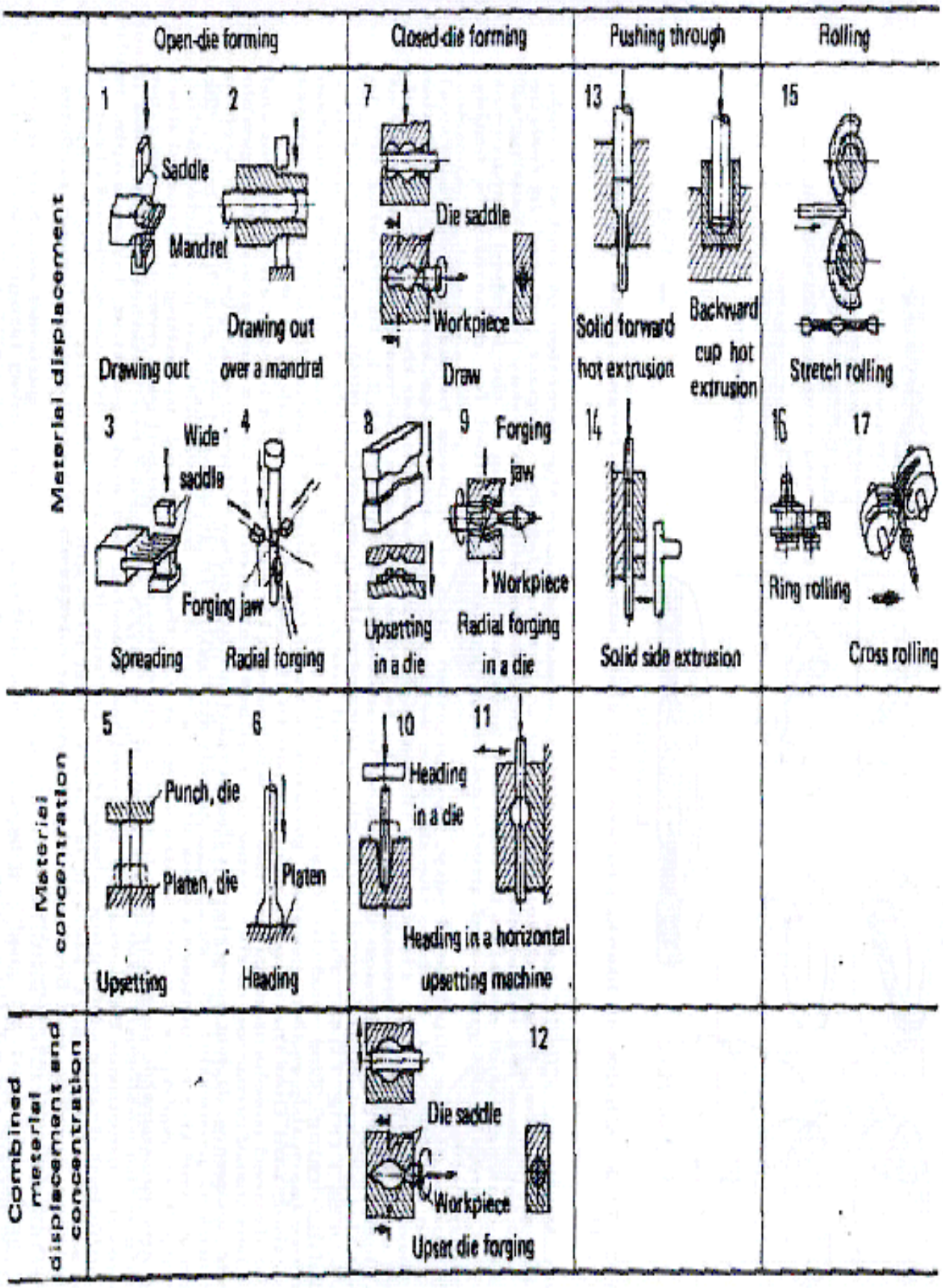
توجه است چرا که یکی از دلایل انتخاب زیر دمای محدوده داغ رسیدن به مزایای بهتر در دماهـای پائین است.

۵-۳-۲-۱-مزایای آهنگری دقیق

در آهنگری معمولی به سبب عدم رسیدن به تلرانسهای بسته در عملیات معمولاً حدود ۳ میلیمتر یا بیشتر برای ماشینکاری در نظر می‌گیرند. تا ۸۰ درصد هزینه ی یک چرخ دنـده ی تهیـه شـده بـه روش آهنگری می تواند به خاطر عملیات ماشین کاری آن باشد. از تمـام فلـزی کـه بـرای سـاخت بازوی تقویتی بال یک هواپیما به کار گرفته می شود فقط۴ درصد در انتهای کار باقی مـی مانـد(و ۹۶ درصد بقیه در عملیات آهنگری و ماشین کاری به صورت ضایعات در می آیند).

هدف آهنگری دقیق حذف و یا دسـت کـم کـا هـش هزینـه‌هـای مربوطـه بـه ایـن مقـدار بـرای ماشینکاری است. این هزینه شامل هزینه نیروی انسانی و هزینه غیر مستقیم ماشینکاری و عملیات پرداخت است. همچنین شامل هزینه ماده خام اضافی که در حین ماشینکاری هدر می‌رود می‌باشد. هزینه مواد بخش مهمی از هزینه کل آهنگری (اغلب بیش از نصف) است. هزینه مـاده اضـافی نـه تنها شامل قیمت خرید آن ماده است بلکه شامل هزینه جابجائی در کارخانه و هزینه انرژی مربوطه به گرم کردن تا دمای فورجینگ نیز می‌باشد. از خصوصیات دیگر آهنگری دقیق اینکه فرآیند یـک فرآیند بدون پلیسه می‌باشد. معمولاً در آهنگری معمولی حدود ۲۰ تـا ۴۰ درصـدمواد اضـافه بـرای پلیسه در نظر می‌گیرند که در آهنگری دقیق این قسمت نیز حذف می‌شود. مزیـت دیگـر اینکـه از نظر خواص مکانیکی نسبت به قطعاتی که ماشینکاری می‌شود بهتر است.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۵-۴):انواع فرآیندهای آهنگری که برای تغییر سطح مقطع مواد به کار می رود.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۵-۴-انواع دیگر فرآیندهای آهنگری

۵-۴-۱-آهنگری پودر فلز (P/M)

آهنگری(P/M)، فرآیند آهنگری قالب بسته (داغ یا سرد) پیش فرم های پودر فلز تفجوشی شده است.

پروسه ی تولید ی متالوژی پودر در تولید بسیاری از قطعات بلاخص قطعات خودروها و ماشین آلات به کار برده می شود مانند دسته شاتون یا بادامک انگشتی و راهنمای میل سوپاپ و قطعات دیگری که با این روش تولید می شوند.

متالوژی پودر در سه مرحله انجام می گیرد که شامل:

۱. پودر کردن
۲. پرس کردن و فرم دادن
۳. حرارت دادن ودر هم جوشی

تولید قطعات به روش تولیدی متالوژی پودر، اقتصادی تر از روش ها ی دیگر مانند ماشین کاری یا ریخته گری می باشد، و بعضی قطعات را صرفاً با این روش می توان تولید نمود، مانند قطعات سرامیکی.

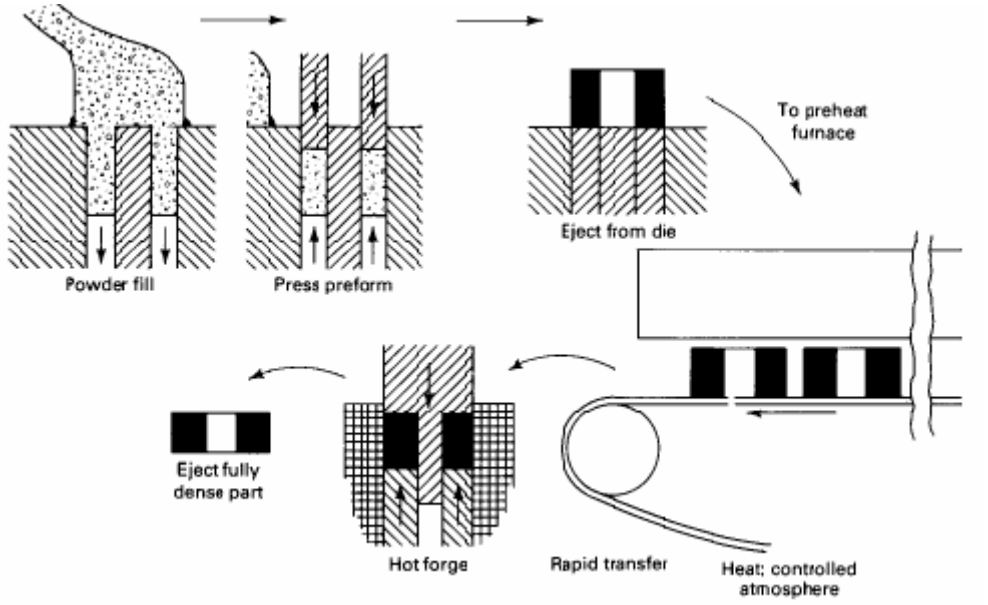
روشها ی فشرده کردن و تف جوشی در متالوژی پودر از کیفیت مناسبی برخوردار نیست و بعضی از قطعات تولیدی با این روش دارای حدود ۱۰ درصد تخلل می باشد واین باعث کاهش استحکام کافی می شود، بدین خاطر از روش های آهنگری(فورجینگ) پودر استفاده می کنند. در شکل(۵-۵)، تولید قطعات با روش فورجینگ پودر نشان داده شده است. با این روش قطعات فورج شده ی استوانه ای جدار نازک را تولید می نمایند. از معایب استفاده از روش های آهنگری (فورجینگ) عدم کنترل دقت قطعات تولیدی و فرسودگی زود هنگام قالب ها و ابزارآلات آهنگری می باشد، زیرا قالبها و ابزارهای آهنگری در روش متالوژی پودر در دماهای حرارتی بالا کار می کنند.

در روش تولیدی متالوژی پودر، با استفاده از قالب های صلب،با فشردن پودر،قطعات را به هر شکلی ودر دو بعد هم می توانند تولید نمایند. در روش های فشردن ایزواستاتیک گرم وسرد به دلیل عدم اصطکاک ما بین پودر و دیواره ی قالب، محدودیتی برای ارتفاع و قطر وجود ندارد.

روش های تولید متالوژی پودر محدودیت هایی در تولید قطعات صنعتی دارند که عبارتند از:

۱. محدودیت تفاوت چگالی در قسمت های گوناگون قطعات کار که مهم است.
۲. ساده تر کردن ابزارها و قالب ها برای جلوگیری از شکستن آن ها.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۵-۵)

یکی دیگر از روش های تولید متالوژی پودر که محدودیت های شکل دهی قالب های صلب مانند را ندارد، استفاده از روش قالب گیری دو مرحله ای می باشد، که با این روش قطعات لبه دار وبا شیب های معکوس را تولید می کنند. به عنوان مثال می توان با چرخاندن قالب وسنبه هنگام قالبگیری و خارج کردن قطعه از قالب، چرخ دنده های مورب را تولید کرد و روش ها تولیدی دیگر شامل چسباندن شکل ها و فرم ساده تر و تف جوش همزمان آن ها می باشد که می توان با این روش قطعات پیچیده تر را تولید کرد. روش دیگر تولید شکل دادن تدریجی شعاعی است، که در این پروسه هر لحظه مقدار کمی از قطعه کار در زیر فشار پرس قرار می گیرد وبالطبع می توان با فشار کمتر تغییر شکل زیادتری به وجود آورد. در این روش چگالی قطعه خام نیز بیشتر است. یکی از روش های کاربردی و مهم در پروسه متالوژی پودر، روش پرس کاری می باشد. در این پروسه، پودر فلز مخلوط شده را که دارای حجم تقریبی ۳ برابر حجم قطعه ی مورد نظر می باشد به داخل قالب هدایت می نماید و بعد پودر داخل قالب را تحت فشار دو سنبه ی بالایی و پایینی قرار می دهند که بالطبع باعث خروج هوای بین ذرات شده وسطح تماس دانه ها بیشتر می شود و بر اثر نیروی جذب مولکولی قطعه کار، تشکیل یک جسم واحد را می دهد.نیروی پرسی مورد نیاز حدود ۶۰ تا ۸۰ کیلو بر نیوتن می باشد.

در پروسه ی سنیتره کردن، برای ایجاد استحکام و قدرت قطعات تولید به روش متالوژی پودر، عمل پرس کاری و سنیتره کردن هماهنگ وبا هم انجام می گیرد. برای دادن استحکام مورد نیاز قطعات متراکم شده، آن ها را توسط کوره هایی با اتمسفر کنترل شده وبا شرایط خاصی

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

حرارت می دهند وبر اثر نرم شدن سطح ذرات پودر و انجام عملیات نفوذ، رشد دانه ها و از بین رفتن فاصله ی آن ها و عمل درهم جوش یا سنیتره کردن انجام می گیرد.

برای ایجاد خواص بهتر در قطعات تولید به روش متالوژی پودر، عملیات زیر را انجام می دهند:

۱. استحکام قطعات فولادی، با گرم کردن وترساندن این قطعات انجام می گیرد.

۲. استحکام سایشی و قابلیت خورندگی قطعات آهنی سنیتره شده، با عبور از لایه ی بخار داغ با ^{o}C ۲۰۰ بهبود پیدا می کند.

برای شکل پذیری و فرم دهی قطعات تولیدی، از مواد اکسیدهای سرامیکی،روشهای مختلفی به کار برده می شود که شامل روش پرس کاری خشک،پرس کاری عبوری از حدیده و ریخته گری تزریقی می باشد.

در روش پرس کاری خشک،قالب های فرم دهنده به شکل سنبه و ماتریسی که فرم قطعه کار را دارا می باشند، از فلز سخت ساخته شده اند. پودر آماده شده ی اکسید سرامیک با وزن وحجم معین در داخل فرم و سوراخ ماتریس ریخته می شود وبا حرکت سنبه ی فوقانی وبا هدایت دو سنبه ی فوقانی و تحتانی، پودر متراکم شده و فرم قطعه کار رابه خود می گیرد. از این روش،در متالوژی پودر برای تولید قطعاتی با قطر ۳ تا ۱۰ میلی متر و ارتفاع ۰/۵ تا ۵۰ میلی متر استفاده می شود.

از روش پرسکاری عبوری از حدیده، برای تولید قطعات با مقطع ساده و فرم مانند استفاده می شود ودر روش ریخته گری تزریقی، پودر سرامیک را در حالت گداخته به داخل قالب تزریق می کنند.

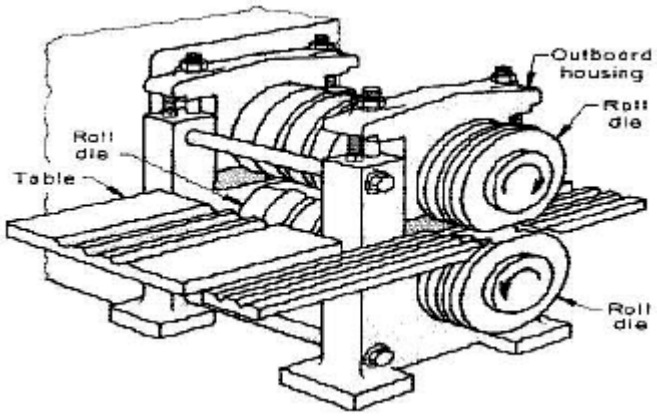
تجهیزات: پرس های هیدرولیکی و مکانیکی.
مواد: فولادهای کربنی وآلیاژی، آلیاژهای آلومینیوم، آلیاژهای تیتانیوم، فولادهای زنگ نزن، آلیاژهای پایه کبالت، آلیاژهای پایه نیکل.
تنوع فرآیند: آهنگری قالب بسته با پلیسه و بدون پلیسه.
کاربرد: قطعات آهنگری و قطعات نهایی برای خودروها، کامیون ها و تجهیزات خارج جاده ای.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۵-۴-۲-آهنگری غلتکی(آهنگری رول [۱۰])

کاهش ضخامت و ازدیاد طول میله های گرد یا مستطیل شکل به منظور تهیه ی قطعاتی مانند محور چرخ اتومبیل، میله های با مقطع متغیر و فنرهای تیغه ای به روش آهن گری غلتکی صورت می گیرد، هم چنین این نوع آهنگری می‌تواند به عنوان عملیات اولیه شکل دهی برای کاهش مواد مصرفی یا کاهش تعداد عملیات آهنگری قالب بسته به کار رود. این روش اغلب برای قطعاتی مثل اتصالات میله ای با حجم زیاد و نسبت ضخامت سطح مقطع کم در انواع مختلف استفاده می‌شود.

دستگاه آهنگری غلتکی که در شکل (۵-۶) دیده می شود دارای دو غلتک نیمه استوانه ای است که شیارهایی با مقاطع مورد نظر و کمی خارج از مرکز نسبت به محور چرخش بر روی آن ها ایجاد شده است. میله گداخته را هنگامی که غلتک ها باز هستند، در دهانه ی بین آن ها قرار می دهند. در طی نیم دور چرخش غلتک ها، میله به تدریج فشرده شده و از بین شیار طرف جلو دستگاه بیرون می آید. سپس، کارگر میله را بین دو سری غلتک دیگر قرار می دهد و عمل را آن قدر تکرار می کند تا میله به اندازه و شکل دلخواه در آید. شکل (۵-۶) فرایند آهن گری غلتکی را نشان می دهد. در بیشتر موارد قطعه ی حاصله بدون زایده است و ساختار ایجاد شده خواص مطلوب را دارد.



شکل (۵-۶)

[۱۰] . Roll Forging

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۵-۴-۳-آهنگری شعاعی [۱۱]

به عمل کم کردن قطر، نوک تیز کردن یا شیب دار کردن میله یا لوله در اثر ضربه یا نیروی یک حدیده آهنگری قرار گفته می شود. این فرایند بیش تر در حالت سرد انجام می شود.

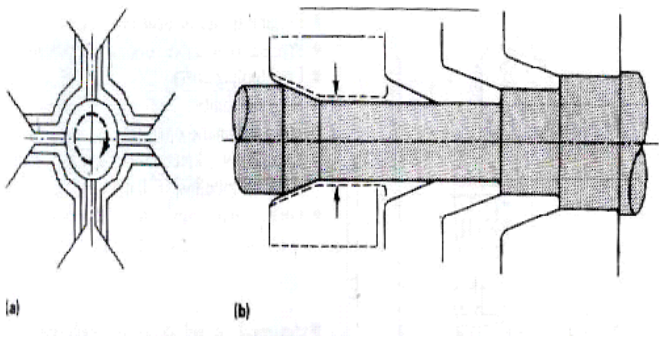
عبارت آهن گری قرار هم چنین به فرایندی اطلاق می شود که طی آن ماده برای کاهش قطر به درون فضای بسته وارد می شود.

ماشین های آهنگری شعاعی شامل حدیده هایی است که در حین کار ماشین، کارگر فقط میله یا لوله را بین حدیده ها قرار می دهد و در فاصله ای که حدیده ها از هم دور هستند، آن را به جلو می راند. به علت دوران حدیده ها بسته شدن های مکررشان قطعه کار را از زاویه های مختلف می فشارد وقطر را کاهش داده وبر طول آن می افزاید. پس از تولید طول لازم، همان طور که محور می چرخد، قطعه را از داخل دستگاه بیرون می آورند.

تجهیزات: ماشینهای آهنگری شعاعی.

مواد: فولادهای کربنی و آلیاژی، آلیاژهای تیتانیوم، تنگستن، بریلیم، و سوپر آلیاژهای دمابالا.

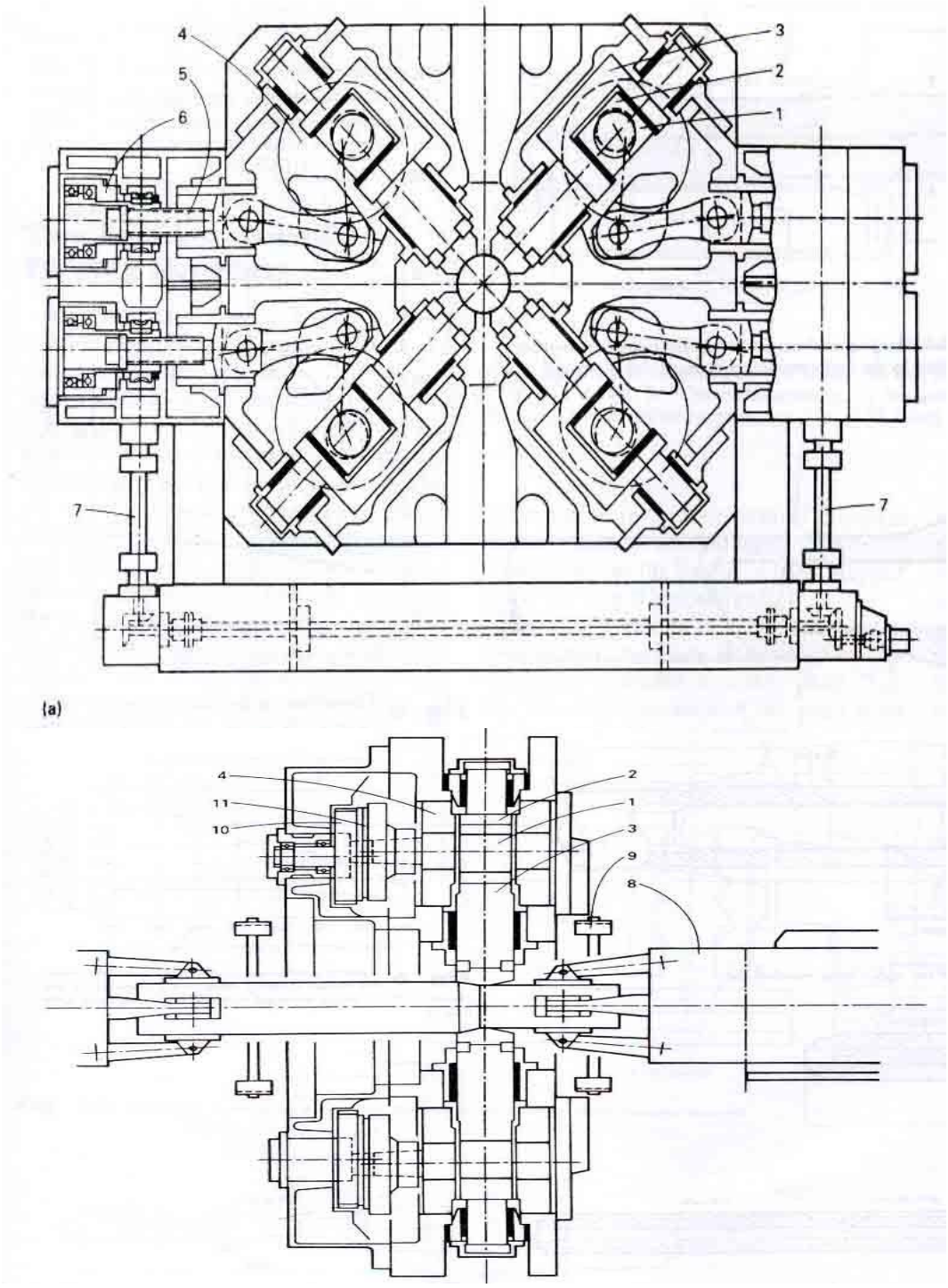
کابرد : از این تکنیک برای تولید قطعات متقارن محوری،کاستن از قطر شمش ها ومیله ها، آهنگری محورهای پله ای و اکسل ها، آهنگری لوله های انواع تفنگ، تولید قطعات لوله ای با شکل پروفیلهای داخلی مختلف، تولید چرخ دنده ی داخلی، محور خارخور، آچارهای توخالی و پیچ با سر تو خالی استفاده می شود.



شکل(۵-۷): قرار گیری چکش ها در یک ماشین آهنگری شعاعی چهار چکشی. قطعه کار به طور متناوب می چرخد و قطر قطعه کار بوسیله ی موقعیت ضربه ی ابزار، تعیین می شود.

[۱۱].Radial Forging

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۵-۸) نمای شماتیک ماشین آهنگری شعاعی چهار طرفه با محرک مکانیکی (a)سطح مقطع میـز آهنگری، (b) بخش طولی از عملیات آهنگری که عبارتند از: ۱- محور خارج از مرکز ماشـین فـورج، ۲- بلوک لغزشی ماشین آهنگری، ۳- شاتون، ۴- هوزینگ تنظیم ۵- محافظت اضـافه بـار هیـدرولیک، ۷- شافت های محرک تنظیم سنبه، ۸- درپوش بازرسی، ۹- بازوهای هم مرکز، ۱۰- کلاچ، ۱۱- رینگ کلاچ.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۵-۴-۴-آهنگری ماندرل [۱۲]

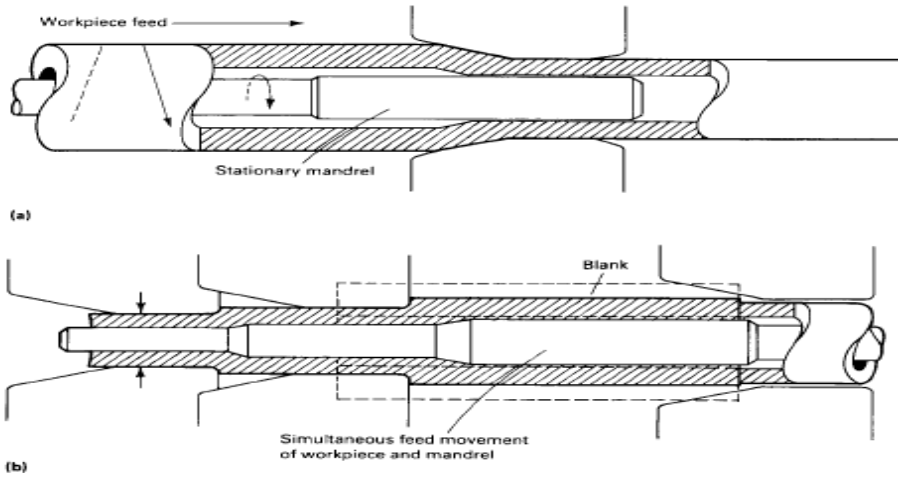
آهنگری ماندرل نوعی آهنگری شعاعی می باشد که ا ز ابزاری به نام ماندرل (سنبه) برای تولید قطعات متقارن محوری و حلقوی یا استوانه‌ای شکل تو خالی استفاده می شود.

سنبه ی شکل دار (ماندرل) را در داخل لوله (یا قطعه کار ته بسته) قرار می دهند و سپس مجموعه داخل حدیده های آهنگری قرار جای می گیرد. حرکت رفت و برگشتی و دورانی حدیده ها، شکل خارجی کار ایجاد می کنند و نیروی فشاری آن ها باعث شکل گرفتن داخل لوله و ایجاد مقطع داخلی به شکل سنبه می شود.

اگر تولید لوله ی بلند مورد نظر باشد، می توان تغذیه را از روی یک سمبه کوتاه ثابت شده روی حدیده انجام داد. از این فرایند برای تولید چرخ دنده ی داخلی، محور خارخور، آچارهای توخالی و پیچ با سر تو خالی استفاده می شود.

آهنگری ماندرل بصورت آهنگری سرد و داغ مورد استفاده قرار می گیرد.

شکل (۵-۹) آهنگری ماندرل را با ماندرل کوتاه و بلند نشان می دهد. ماندرل کوتاه(a) برای تولید قطعات استوانه‌ای شکل تو خالی بلند و ماندرل بلند (b) برای تولید قطعات استوانه‌ای شکل تو خالی کوتاه مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل(۵-۹):آهنگری ماندرل اشکال تیوپی، (a) سنبه (ماندرل) ثابت، (b) حرکت تغذیه همزمان در قطعه کار و سنبه.

۵-۴-۵-آهنگری دوار [۱۳]

---

۱۲ . Mandrel Forging

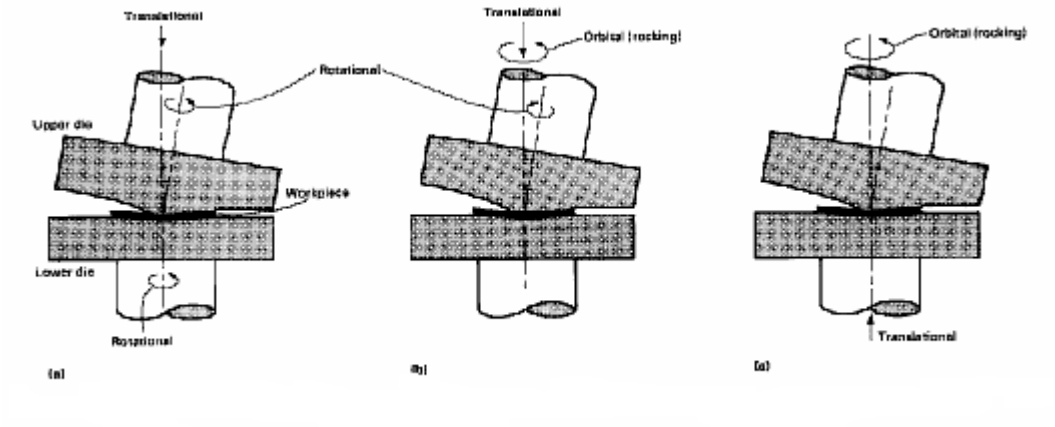
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

آهنگری دوار یا مداری، آهنگری قطعات شکل یافته ای است که در آن، هر دو یا یکی از قالب‌ها به دوران واداشته می‌شوند و معمولاً تحت یک زاویه باعث تغییر شکل قطعه کار می‌شود (شکل ۵-۱۰). برای تولید قطعات با سطوح دورانی در آهنگری دوار از هـر دو نـوع فرآینـد آهنگـری گـرم و سـرد استفاده می شود، محصولات تولید شده با این روش دارای شکل نهائی با تلـرانس و دقـت بـالا مـی باشد.

تجهیزات: پرس های آهنگری مداری.

مواد: فولادهای کربنی وکم آلیاژی، آلیاژهای آلومینیوم، برنج ها،فولادهای زنگ نـزن ، تمـام مـواد دارای قابلیت آهنگری.

کاربرد: چرخ دنده های مخروطی، قطعات کلاچ شاخکی، دیسکهای چرخ با توپی، رینگهای یاتا قان رینگهای با پروفیل های مختلف، پوشش های انتهای یاتاقان.



(شکل ۵-۱۰) طراحی نمونه هایی از حرکت قالبی در عملیات فورج چرخشی را نشان می دهد که در طراحی و ساخت قالب های فورج با این روش مورد استفاده قرار می گیرد که عبارت است از:

(a) قالب بالایی که دارای حرکت چرخشی و انتقالی است در حالی که قالب پایینی فقط می چرخد.

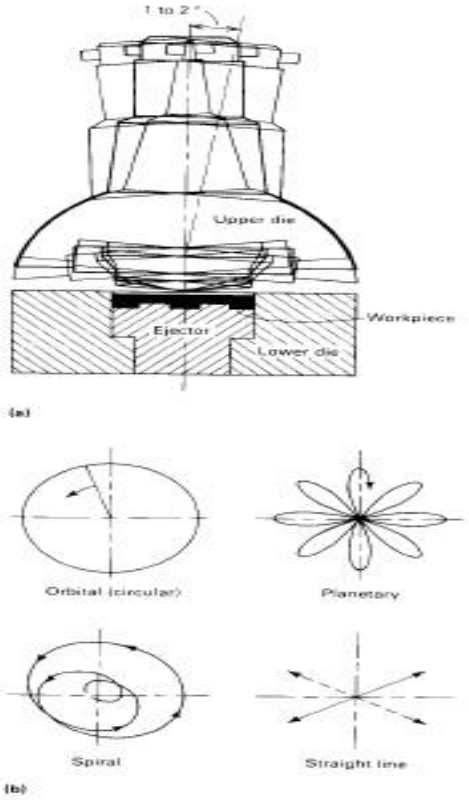
(b) قالب بالایی حرکت انتقالی و چرخشی و مداری دارد و قالب پایینی ثابت است.

(c)قالب بالایی حرکت مداری دارد، قالب پایینی حرکت انتقالی دارد.

---

۱۳ . Rotary Forging

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۵-۱۱):شماتیکی از فورج دورانی با قالب سخت و نمونه هایی از حرکت قالب بالایی.

۵-۴-۶-نورد حلقه‌ای :[۱۴]

در فرآیند نورد حلقه، یک غلتک از درون سوراخ یک حلقه ی کلفت می گذرد و غلتک دوم آن را از بیرون فشار می دهد شکل(۵-۱۲) . با چرخش غلتک ها و فشرده شدن ماده در بین آن ها، ضخامت حلقه به تدریج کاهش و قطر آن افزایش می یابد. با استفاده از غلتک های شکل دار می توان انـواع سطح مقطع را تولید کرد. حلقه ی بدون درز حاصله که آرایـش دانـه هـای آن در جهـت محیطـی است، در مواردی چون موشک، توربین، هواپیما، و مخازن تحت فشار کاربرد دارد. قطعه کارهای بـه قطر ۸ متر (۲۵ فوت) و ارتفاع ۲متر (۸۰ اینچ) را می توان به این روش تول

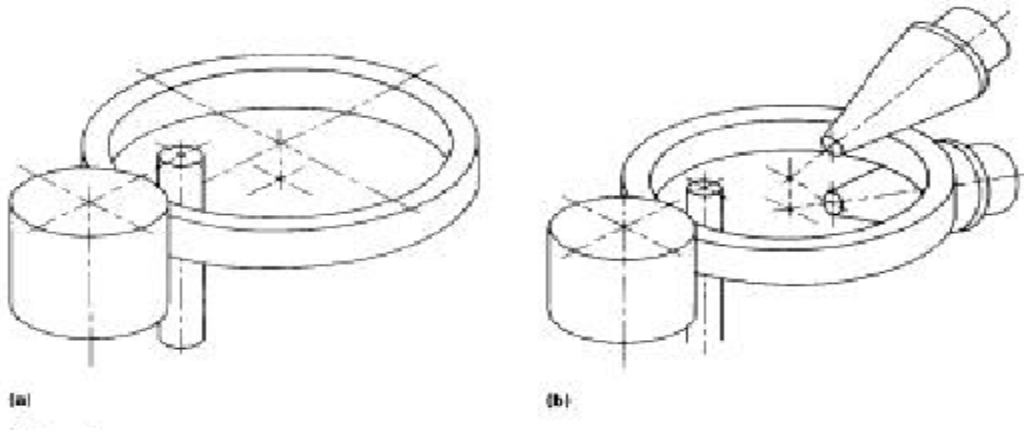
این روش اغلب برای تولید شکلهای حلقوی آلیاژهای آلومینیوم نیز به کار می رود. فرآیندهای مورد استفاده برای نورد حلقوی آلیاژهای آلومینیوم در اصل همـان روشـهای مـورد اسـتفاده بـرای نـورد حلقوی فولاد می‌باشد. نورد حلقوی برای مقاطع مستطیلی و کانتوری ،با یا بـدون نیـاز بـه فرآینـد

---

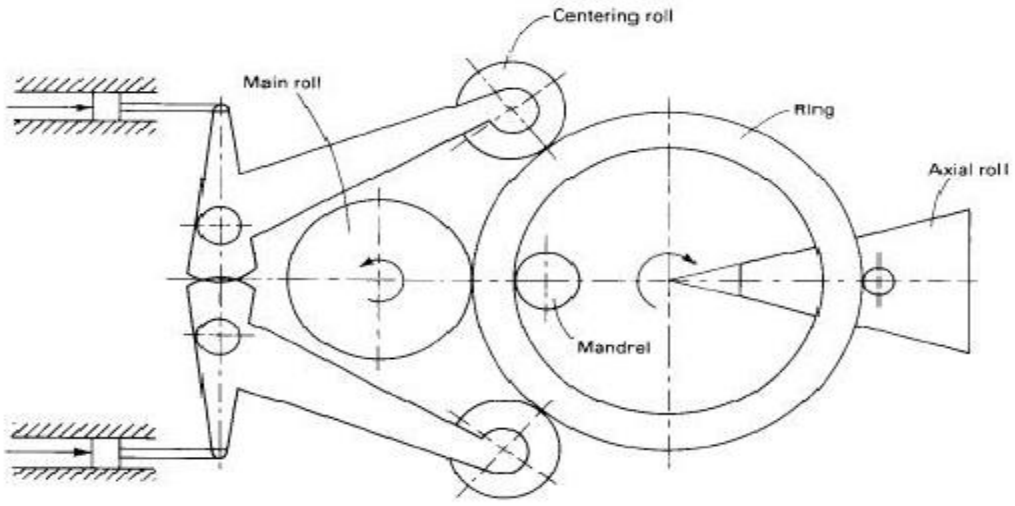
۱۴. Ring Rolling

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

بعدی ماشینکاری به وسیله آهنگر در بسیاری از آلیاژهای آلومینیوم استفاده می‌شود. دمای مورد استفاده برای نورد حلقه‌ای آلیاژهای آلومینوم کاملاً شبیه دیگر فرآیندهای آهنگری می‌باشد اگر چه نگه‌داشتن دمای فلز به توجه بیشتری نیاز دارد. تغییر شکل بدست آمده در نورد حلقه‌ای آلومینیوم غالباً نتیجه سیلان بافت اصلی در جهت مماسی یا جنبی می‌باشد، اگر سیلان بافت غالب در دیگر مسیرها مثل محوری یا شعاعی مطلوب بود از دیگر فرآیندهای ساخت حلقه از قبیل آهنگری بیسکویت ،آهنگری باز، آهنگری ماندرل، اکستروژن مستقیم ومعکوس می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. هزینه در نورد حلقه‌ای آلیاژهای آلومینیوم به حجم اندازه و سطح مقطع آهنگری بستگی دارد. برای بعضی از قطعات حلقوی شاید تولید شکل مورد نظر با آهنگری اکستروژن مستقیم یا برش حلقه به وسیله اکسترود استوانه‌ای اقتصادی‌تر باشد.



شکل(۵-۱۲)



شکل(۵-۱۳)

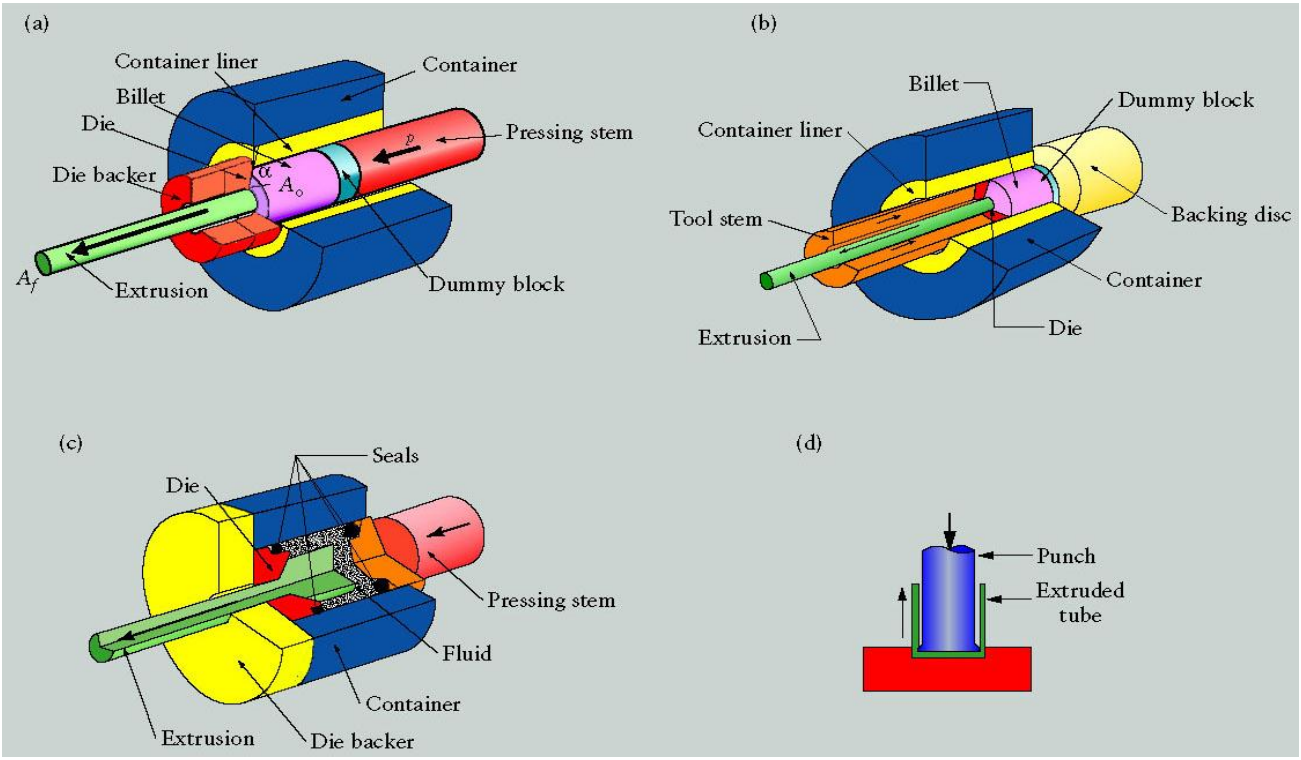
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۵-۴-۷-اکستروژن معکوس یا مستقیم :

این پروسه از انواع مختلف فورج با قالبهای بسته می باشد که برای تولید قطعات تـو خـالی و هـم محور با ته باز یا بسته به کار می رود.

واژه اکستروژن مستقیم یا معکوس به راستای حرکت فلز نسبت به حرکت پیستون پـرس بسـتگی دارد. در اکستروژن مستقیم، فلز در جهت پیستون پرس (رو به پایین) اکسترود می‌شود. بر عکـس، برای اکستروژن معکوس فلز بر عکس حرکت پیشانی پـرس حرکـت مـی‌کنـد. انتخـاب اکسـتروژن مستقیم یا معکوس معمولاً به هندسه قطعه و محدوده دهانه پـرس بسـتگی دارد. بعضـی از پرسـها مخصوصا به دهانه هایی در قسمت فوقانی برای تطابق با ساختار بسیار بلند اکستروژن معکوس برای هردوی یکپارچه و توخالی مجهز شده اند .

فرآیند تغییر شکل اکستروژن اغلب نقش مهمی در آهنگری قالب بسـته آلیـاژ آلومینیـوم بـا شـکل توخالی (مثل چرخها) بازی می‌کند.



شکل(۵-۱۴):انواع اکستروژن، (a)مستقیم، (b) غیرمستقیم، (c) هیدرواستاتیک، (d) ضربه ای.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۵-۴-۸-اکستروژن پیشرو

تعریف: در این فرآیند، یک سنبه، شمشالی را در درون یک محفظه (بطور داغ یا سرد) محدود می کند بطوری که ماده شمشال همراستا با حرکت سنبه به درون قالب جریان می یابد.

تجهیزات: پرس های هیدرولیکی و مکانیکی.

تنوع فرآیند: آهنگری قالب بسته بدون پلیسه، آهنگری P/M.

کاربرد: محورهای توپر با قطرهای پله ای یا شیب دار،قطعات لوله ای با سوراخها قطری چندگانه که استوانه ای مخروطی یا سایر شکل های غیر گرد می باشد.

۵-۴-۹-اکستروژن پسرو

در این فرآیند یک سنبه متحرک فشار پایداری را به شمشالی (به طور داغ یه سرد) که در درون یک قالب محدود شده، اعمال می کند و فلز را وادار می نماید تا در اطراف سنبه در جهت مخالف راستای حرکت سنبه جریان یابد.

تجهیزات: پرس های هیدرولیکی و مکانیکی.

مواد: فولادهای کربنی و آلیاژی، آلیاژهای آلومینیوم، آلیاژهای مس، آلیاژهای منیزم، آلیاژهای تیتانیوم.

تنوع فرآیند: آهنگری قالب بسته بدون پلیسه، آهنگری P/M.

کاربرد: قطعات تو خالی با یک انتهای بسته، قطعات فنجانی با سوراخهای استوانه ای، مخروطی یا سایر شکل ها.

۵-۴-۱۰-آهنگری آپست [۱۵]

افزایش قطر یک میله در اثر فشردن طولی، آهنگری آپست نامیده می شود. فرآورده های آهنگری آپست گرم از نظر تعداد بیش از محصولات هر کدام از روش های دیگر آهنگری است و در سال های اخیر میزان تولید با این روش افزایش فراوانی داشته است.

معمولا قالبهای آپست گرم دو تکه هستند. دو نیمه ی قالب آن قدر از یک دیگر باز می شوند که بتوان میله ی گداخته را در موقعیت مناسب بین آن ها قرار داد. سپس دو نیمه قالب با فشار روی هم قرار می گیرند و یک کوبه یا پیستون میله را فشار می دهد تا در محفظه ی قالب شکل گیرد. پس از باز کردن قالب می توان موقعیت قطعه را در قالب تغییر داد و یا آن را خارج ساخت. با جایگزین کردن قطعه ی جدید در هر کدام از محفظه های قالب به طور هم زمان، می توان در هر نوبت یک قطعه ی تمام شده به دست آورد. اگر هم زمان با گذاشتن قطعه ی خام در حفره ی اول

---

[۱۵] . upset

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

عمل برش نیز صورت گیرد، می توان از میله های بلند یا سیم کلفت حلقه شده به شکل قرقره به عنوان ماده ی اولیه استفاده کرد.

در آهنگری آپست رعایت نکات زیر ضرورت دارد:

۱- حداکثر طول میله بدون تکیه گاه جانبی که بتوان ضمن پرهیز از ایجاد کمانش زیان بار یک ضربه آن را پرس کرد، سه برابر قطر آن است.

۲- آهنگری آپست

۳- میله ای که طول آن بیش از سه برابر قطرش باشد، در صورتی موفقیت آمیز خواهد بود که قطر داخلی قالب بیش از ۱/۵ برابر قطر اولیه ی میله نباشد.

۴- اگر بخواهیم قسمتی از میله را که طولش بیش از سه برابر قطر آن است به ضخامتی بیش از۱/۵ برابر قطر اولیه برسانیم، طول قسمت میله در خارج از قالب نباید از قطر آن بیش تر باشد.

به آهنگری آپست که به آن سطح افزایی یا کله زنی نیزمی گویند که به صورت گرم و هم سرد انجام می شود. در شکل دهی داغ توزیع تغییر شکل محلی با افزایش سرعت فرآیند یکنواخت تر می شود و در شکل دهی سرد با افزایش سرعت یکنواختی کمتر دیده می شود.

آهنگری آپست به وسیله تجهیزات آهنگری ویژه‌ای کامل می شود که به این تجهیزات آپستر [۱۶] (فرمی از پرسهای مکانیکی) یا ایستگاه‌های شکل دهنده‌ی چندگانه با سرعت بالا گفته می‌شود و اغلب برای تولید شکلهای آهنگری که سطح آنها دارای نقشهای چرخشی (پیچشی) می‌باشد مثل پیچ‌ها، شیرها، چرخدنده‌ها، یاتاقانها و پیستونها مورد استفاده قرار می‌گیرد. آهنگری آپست ممکن است به‌طور انحصاری برای فرآیندهای تولید شکلهایی مثل پیستونها مورد استفاده قرار گیرد یا می‌تواند برای عملیات مقدماتی برای کم کردن تعداد ضربات پرس برای کاهش سایش قالب، یا برای حفظ مواد ، زمانی که مرحله نهایی آهنگری محصول در قالب بسته انجام خواهد شد، استفاده شود. آهنگری چرخدنده ها نمونه‌ای از محصولات آهنگری آپست می باشند که در حالت ترکیب با آهنگری قالب بسته ، بسیار روش با صرفه ای خواهند بود.

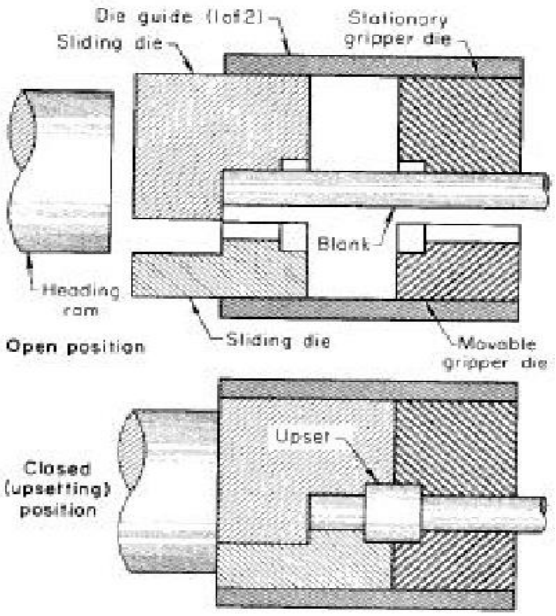
معمولا ماده ی اولیه سیم یا میله های باریک است ولی برخی ماشین ها قادرند میله هایی تا قطر ۲۵ سانتی متر (۱۰ اینچ) را هم شکل دهند.

---

[۱۶] . up setter

www.Iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۵-۱۵):تنظیم یک قالب لغزشی برای آهنگری آپست یک میله

تجهیزات: پرس های هیدرولیکی، مکانیکی،پیچی، چکش ها و ماشین های سطح افزایی.

مواد: فولادهای کربنی و آلیاژی ،فولادهای زنگ نزن ، تمام مواد دارای قابلیت آهنگری.

کاربرد: آهنگری قطعات نهایی مانند مهره ها، پیچ ها، محورهای لبه دار، پیش فرم های قطعات آهنگری.

۵-۴-۱۱-آهنگری چرخشی [۱۷]:

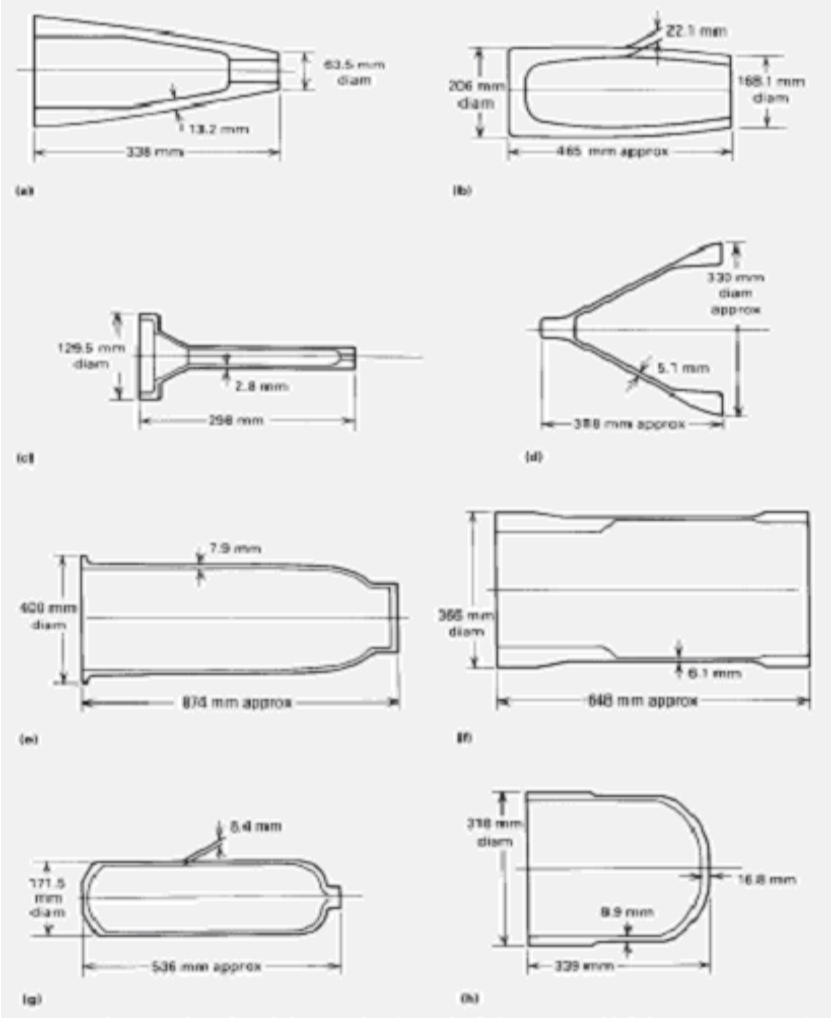
یک روش آهنگری نسبتاً جدید می‌باشد که ترکیبی از آهنگری قالب بسته و آهنگری اسپین با سیستم کنترل عددی کامپیوتری [۱۸] برای دست‌یابی به شکلهای دارای سوراخ محوری با تلرانس بالا می‌باشد از قبیل شکلهایی که در تصویر(۵-۱۶) با استفاده از روشهای آهنگری سرد و گرم تولید شده را ، نشان داده شده است. چون آهنگری اسپین از روش ماندرل، کامل تر می‌باشد ، قطر کانتورهای داخلی به صورت شکل نهایی تولید می‌شوند و در مراحل بعدی نیاز به ماشینکاری ندارند.

---

[۱۷] . Spining

[۱۸] .CNC

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۵-۱۶)

قطر کانتور های بیرونی می‌توانند به صورت خالص و یا با مقدار کمی ماشینکاری ثانویه تولید شوند و بیشتر تلرانسهای حساس دایره بودن و خارج از مرکز بودن را تامین می کند که قابل رقابت با دیگر روشهای آهنگری از قبیل اکستروژن و اکستروژن معکوس می‌باشد. قطعات با دو طرف باز، یک طرف بسته یا با هر دو بسته می‌تواند تولید شود.

۵-۴-۱۲-آهنگری گرم خودکار

امروز بسیاری از سازندگان تجهیزات ترجیح می دهند که دستگاه های پرچ کاری گرم را به میزان زیادی خودکار کنند، بدین صورت که میله های فولادی نورد شده (معمولا به بلندی ۸ متر یا ۲۴ فوت) در دمای اطاق از یک طرف وارد، و محصولات آهنگری شده از طرف دیگر با آهنگی در حدود ۱۸۰ قطعه در دقیقه خارج شوند. این قطعات ممکن است توپر یا توخالی، مدور یا متقارن و به وزن تا ۶ کیلو گرم و به قطر تا ۱۸۰ میلی متر باشند. ترتیب عملیات از این قرار است: ماده ورودی

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

که ارزان ترین ماده ی نورد گرم شده ی سرد شده در هوا از جنس فولادکربنی ساده یا فولاد آلیاژی است، در کم تر از ۶۰ ثانیه با عبور از میان حلقه ی القای کوره تا دمای بین ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ درجه ی سانتیگراد گرم می شود و سپس به کمک غلتک زنگار زدایی به قسمت های مجزا بریده می شود. با انتقال به جایگاه های پی در پی پرچ کاری گرم ابتدا پیش شکل داده شده وبعد آهنگری نهایی روی آن صورت می گیرد و نهایتاً در صورت نیاز سوراخ می شود. در مورد قطعات کوچک، آهنگ تولید تا ۱۸۰ قطعه در دقیقه نیز می رسد.

فرآیند آهن گری گرم خودکار امتیازات متعددی دارد ارزانی مواد اولیه و سرعت زیاد تولید و نیاز به حداقل کارگر و از آنجا که هیچ گونه زایده ای به وجود نمی آید بین ۲۰ تا ۳۰ درصد نسبت به روش های متعارف آهنگری در مواد صرفه جویی می شود. دمای یکنواخت پایان کار در حدود ۱۰۵۰ درجه ی سانتی گراد و سرد شدن در هوا، قطعه ای با ساختار مناسب برای ماشین کاری تولید می کند که نیازی به بازپخت یا عملیات حرارتی طبیعی کردن ندارند. معمولا خورند ابعاد حدود ۰/۳ میلی متر است سطح قطعه کار تمیز و شیب لازم فقط ۰/۵ تا ۱درجه (در مقایسه با۳ تا ۵ درجه نسبت به روش های معمولی)است. از آن جا که مدت زمان تماس قطعه با قالب در حدود ۰/۰۶ ثانیه است، عمر ابزار و قالب در مقایسه با روش های معمولی تقریبا دو برابر است.

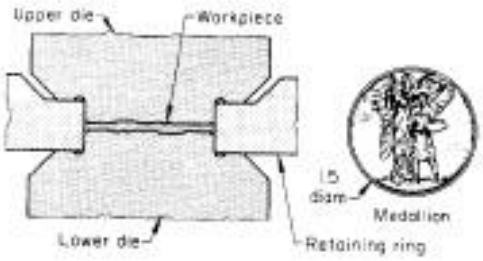
اخیرا این روش با عملیات کار سرد با آهنگ بالا ادغام شده است. قطعات به صورت گرم تا حدود ۹۰ قطعه در دقیقه به شکل نهایی در می آیند. از مزایای ترکیب این دو روش می توان از کاهش هزینه همراه با دقت بیش تر، پرداخت خوب سطح و ویژگی های سخت شدن کرنشی کارسرد را نام برد.

۵-۴-۱۳-سکه زنی

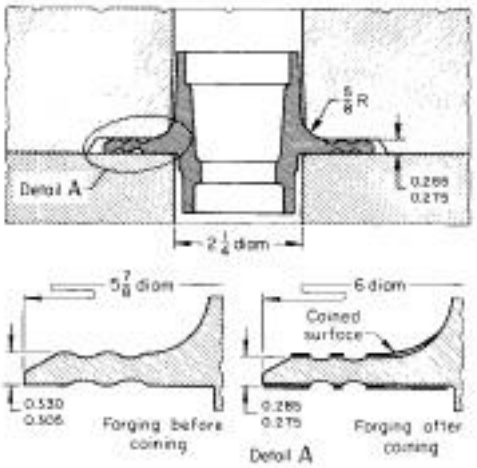
در عملیات فلزکاری ورق ها، سکه زنی برای شکل دادن فرورفتگی ها یا برآمدگی های مقاطع در قطعه استفاده می شود. در طی فرآیند، فلز بدلخواه نازک یا کلفت می شود و یا پستی و بلندی های مطلوب در مقطع ایجاد می شود. از این روش بطور گسترده برای حروف زنی روی ورق فلزی یا قطعاتی نظیر سکه ها استفاده می شود.

پایین زنی، نوعی فرآیند سکه زنی است که در آن فشار عملیات باعث کاهش ضخامت در ناحیهٔ خمشی می شود.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۵-۱۷): تنظیم قالب برای تولید مدالهای نقره استرلینگ بوسیله سکه زنی .



شکل(۵-۱۸): سکه زنی فلانچ.

تجهیزات: پرس ها وچکش ها .

مواد: فولادهای کربنی وآلیاژی، آلیاژهای آلومینیوم، آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت، فولادهای زنگ نزن، آلیاژهای مس، آلیاژهای نقره و طلا.

کاربردها: سکه زنی فلزی، قطعات زینتی مانند ظروف غذا خوری طرح دار، دکمه های فلزی و نشان ها.

۵-۴-۱۴-آهنگری پر انرژی (آهنگری با سرعت زیاد)[۱۹]

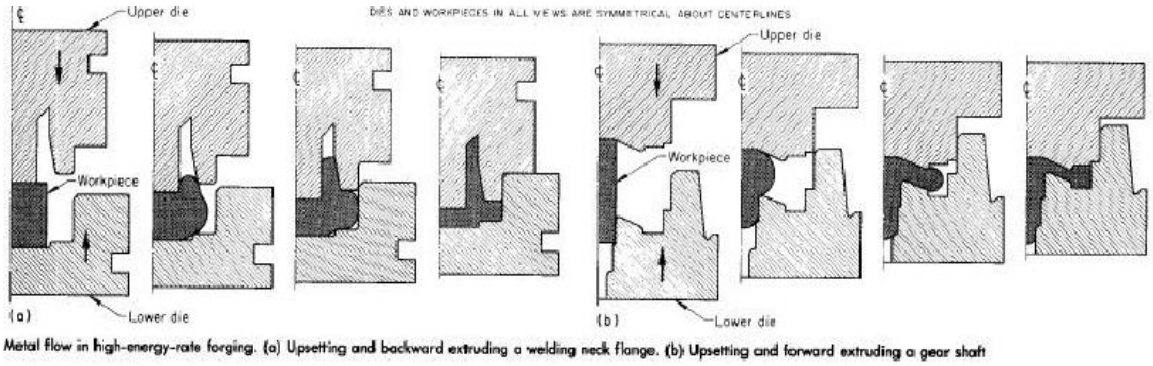
در این روش، شکل دهی فلزات با نیروی بسیار زیاد در مدت زمان کوتاهی در قالب های بسته به حالت های گرم و سرد انجام می شود.

قطعه کار باید دارای قابلیت شکل دهی زیاد باشد که هنگام عملیات آهنگری در آن شکست به وجود نیاید. با استفاده از این روش می توان قطعات را در یک مرحله تولید نمود. همچنین با این

[۱۹] . high-energy-rate

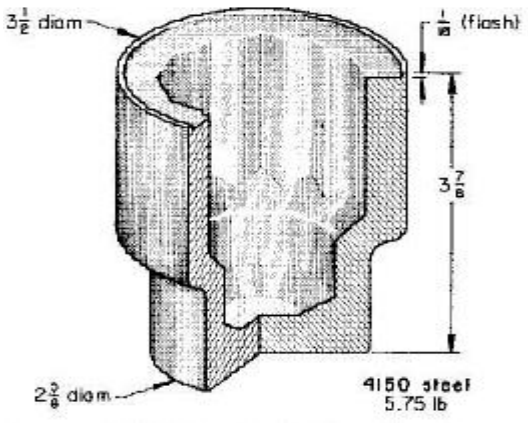
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

روش می توان قطعاتی را تولید کرد که تولیدشان با روش های دیگـر آهنگـری، مشـکلاتی دارد. از طرفی تولید قطعه با دقت ابعادی زیاد و کمترین مقدار ماشینکاری همراه است. لازم به ذکـر اسـت که این روش، بیشتر برای تولید قطعات متقارن به کار می رود. از دیگر محدودیت های این فرآینـد، این است که برای تولید قطعات فولادی از قبیل فولاد زنگ نزن و فلزات مقاوم در برابـر حـرارت تـا وزن ۲۵ پوند مناسب است.



Metal flow in high-energy-rate forging. (a) Upsetting and backward extruding a welding neck flange. (b) Upsetting and forward extruding a gear shaft

شکل(۵-۱۹):جریان مود در آهنگری پر انرژی



شکل (۵-۲۰) : قطعه صنعتی تولید شده با فرآیند آهنگری پر انرژی

۵-۴-۱۵-اتو کاری

اتوکاری فرآیند صاف کردن و نازک کردن جداره یک پوسته یا فنجان (سرد یا داغ) اسـت کـه در آن پوسته به درون قالب فشار داده می شود.

تجهیزات: پرس های هیدرولیکی ومکانیکی.

مواد: فولادهای کربنی وآلیاژی، آلومینیوم و آلیاژهای آن، آلیاژهای تیتانیوم.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

کاربردها: پوسته ها وفنجان ها برای کاربردهای مختلف.

۵-۴-۱۶-دماغه زنی

دماغه زنی یک فرآیند آهنگری داغ یا سرد است که در آن انتهای باز یک پوسته یا قطعه ی لولـه ای در اثر پرس کردن محوری یک قالب شکل دار، بسته می شود.

تجهیزات: پرس های هیدرولیکی ومکانیکی،پیچی.

مواد: فولادهای کربنی وآلیاژی، آلیاژهای آلومینیوم ، آلیاژهای تیتانیوم.

تنوع فرآیند: کشش لوله، انبساط دهی لوله.

کاربرد: آهنگری انتهای باز پوسته مهمات، آهنگری مخزن های تحت فشار

۵-۴-۱۷-سنبه کاری

سنبه کاری فرآیند ایجاد فروبری یا سکه زنی یک نقش در درون یک بلوک قالب سرد یا داغ است که با پرسکاری توسط یک سنبه انجام می شود.

تجهیزات: پرس های هیدرولیکی ، چکش ها.

مواد: فولادهای کربنی و آلیاژی.

تنوع فرآیند : سنبه کاری قالب ، تایپ کردن بر روی قالب.

کاربرد: ساخت قالب ها و پیش فرم ها با نقش ها ی نسبتا" کم عمق.

۵-۴-۱۸-آهنگری هم دما(ایزوترمال)

آهنگری هم دما فرآیندی است که در آن قالبها و قطعه آهنگری خام تقریباً در یک دمای یکسان قرار دارند.

تجهیزات: پرس های هیدرولیکی.

مواد: آلیاژهای تیتانیوم، آلیاژهای آلومینیوم.

تنوع فرآیند: آهنگری قالب بسته با پلیسه و بدون پلیسه، آهنگری P/M.

کاربرد : آهنگری شکل نهایی یا نزدیک به شکل نهایی برای صنعت هواپیمایی.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

فصل ششم

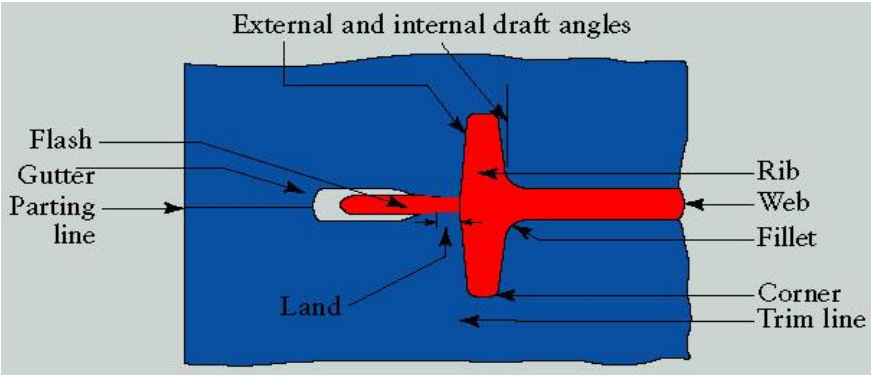
۶-طراحی قالبهای بسته ی آهنگری

۶-۱-مراحل طراحی یک قالب آهنگری

ابتدا باید از قطعه ماشینکاری شده قطعه آهنگری را بدست آورد که این کار شامل مراحل زیر است:

- انتخاب سطح جدایش
- افزودن اضافه گوشت ماشینکاری
- ایجاد شیب مناسب برای سطوح قائم و کم شیب
- اصلاح و ایجاد شعاع‌های لبه و گوشه
- طراحی تیغه
- کنترل ابعاد دیوارها و برآمدگیهای بلند
- تعیین تلرانسهای آهنگری
- طراحی قالبهای نهائی
- طراحی قالبهای پیش فرم ومراحل پیش فرم

در ادامه درباره هر یک از مراحل فوق مطالبی جزئی‌تر آورده شده است.



شکل (۶-۱): اصطلاحات مورد استفاده در قالب های آهنگری

۶-۱-۱-انتخاب سطح جدایش[۲۰]

[۲۰] -Parting Line

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

خط جدایش، خطی است در طول قطعه در جائیکه دو نیمه قالب به یکدیگر برخورد می‌کند. این خط ممکن است در یک صفحه باشد یا به صورت منحنی و منظم یا غیرمنظم باشد که همه اینها بستگی به طراحی قطعه آهنگری دارد. انتخاب خط جدایش یکی از مهمترین عواملی است که بر خیلی از پارامترهای آهنگری تاثیر می‌گذارد.

تعدادی از عواملی که خط جدایش بر آن تاثیر می‌گذارد عبارتند از :

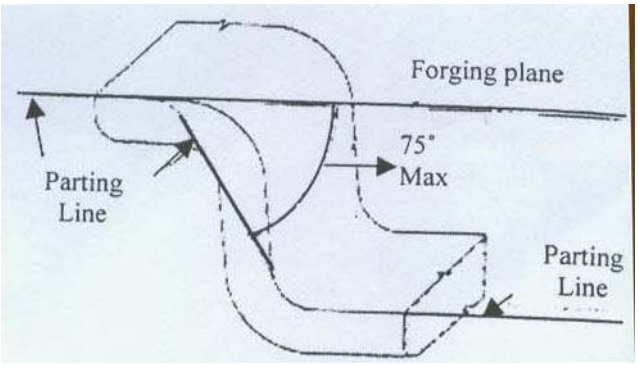
هزینه قالب- مقدار زاویه شیب- جریان دانه‌ها- روشهای تریمینگ[۲۱]- ایجاد سهولت در پر شدن قالب

تعدادی از نکات اصلی که در انتخاب خط جدایش باید مورد توجه قرار گیرند عبارتند از :

- از حفره‌های عمیق پرهیز شود.
- جریان مناسب دانه

خط جدایش باید طوری طراحی شود که از ایجاد نیروی جانبی جلوگیری شود در غیر اینصورت باید از قفل قالب استفاده کرد یا اینکه روش طراحی را عوض کرد.

در مواردی که خط شکسته است و از بالا به پائین صفحه حرکت کند. پیشنهاد می‌شود که زاویه خط و صفحه آهنگری از ۷۵ درجه تجاوز نکند یک مثال از این طرح در شکل زیر نشان داده شده است .



شکل (۶-۲): زاویه مناسب در خط جدایش شکسته

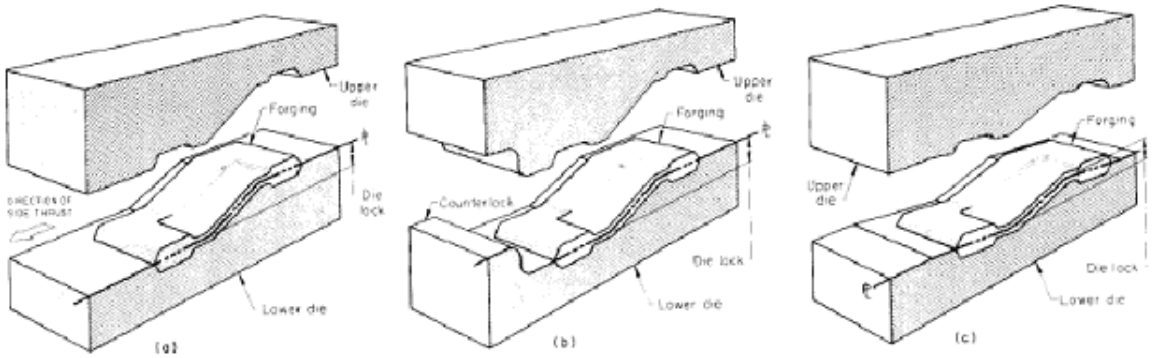
[۲۱] -Trimming

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

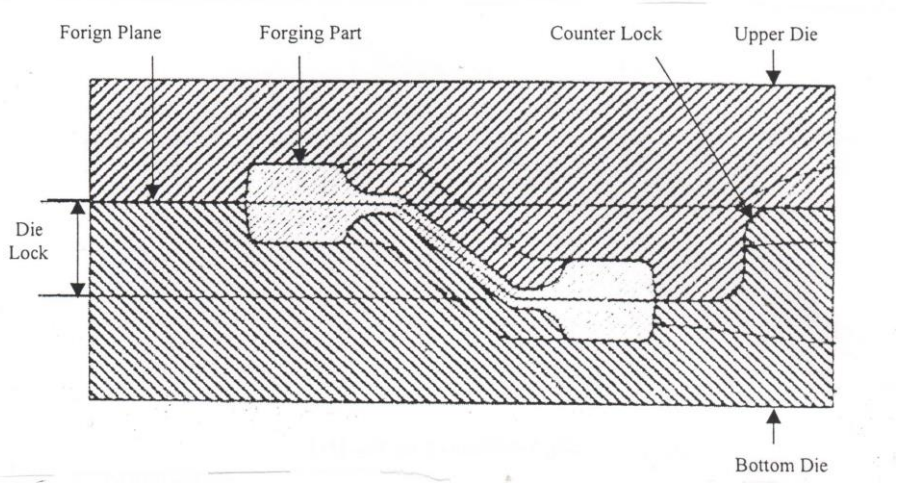
۶-۱-۱-۱-قفل و قفل ضامن

در پرسکاری قطعاتی که خط جدایش مستقیم نیست و یا مواد بطور غیر یکنواخت در جسم آنها پخش شده بمنظور متعادل کردن نیروهای جابجا کننده قالب، قفل ضامن به کار می رود، قفل و قفل ضامن بر چند نوع است:

یک طرفه، موضعی، حلقه ای، کامل و ناقص، صلیبی، محکمترین و مطمئن ترین نوع قفل صلیبی می باشد. زاویه صفحه قفل ۵ الی یک درجه تنظیم می شود در ضمن هر چه ارتفاع قفل بیشتر باشد این زاویه کمتر است. فاصله بین سطوح مخروطی قفل ضامن موقع بسته شدن قالب باید حدود ۰/۲ الی ۰/۳ میلی متر از محل لنگه فوقانی باشد، قسمت برآمده قفل بهتر است در لنگه تحتانی تعبیه شود برای اینکه پوسته های اکسید راحتتر از قالب بیرون آید.

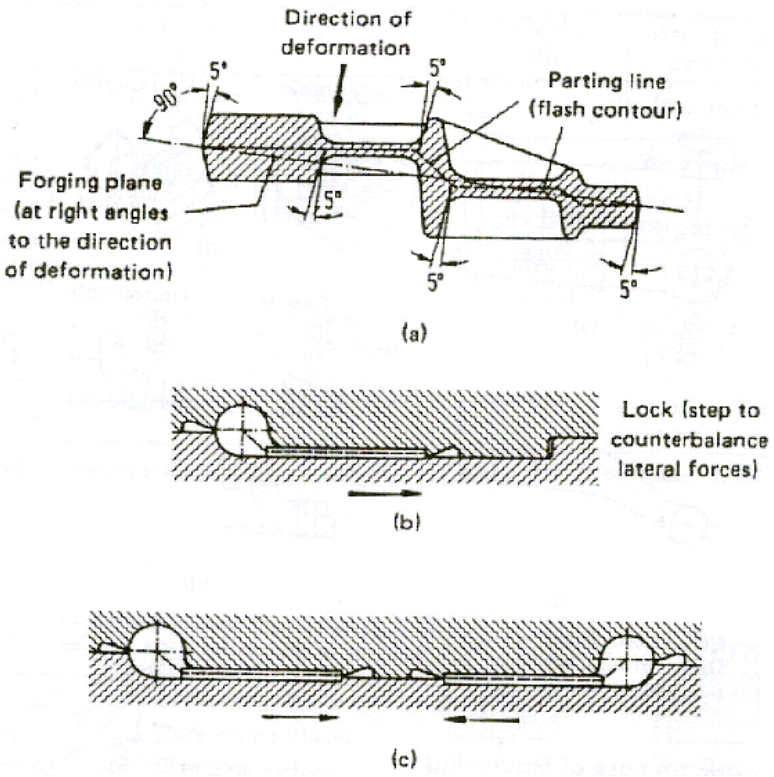


شکل(۶-۳): یک قالب فورج با قفل کناری و قفل پیشانی. (*a*) قالب های بدون هدف، جهت خنثی کردن فرم بغل. (*b*) قالب های با قفل بغل. (*c*) قالب هایی که نیاز به قفل کناری ندارند. زیرا عمل آهنگری به دور آن درآمده تا فرم را به حداقل برساند.



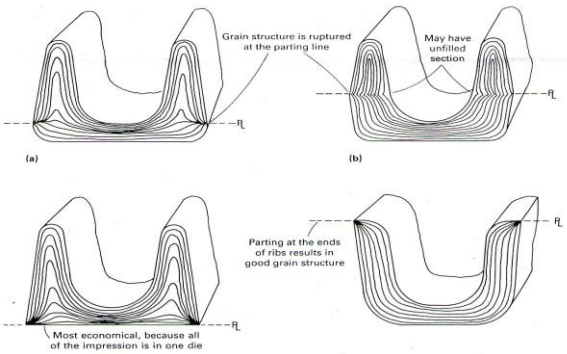
شکل (۶-۴): استفاده از قفل در قالب

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۶-۵):موقعیت قطعه در قالب با خط جدایش پله ای. (a) شیبدار کردن و طراحی خط جـدایش، (b) قفل قالب (c) قالب زوج

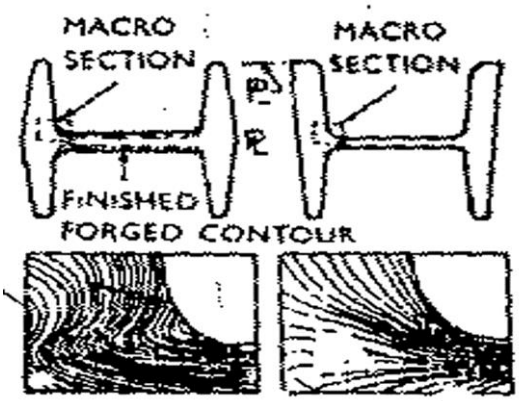
برای مقاطع U شکل، خط بایست نزدیک به قسمت فوقانی دیواره انتخاب گردد، در غیـر اینصـورت احتمال بروز نقص آهنگری و بوجود آمدن تاخوردگی و ایجاد اشـکال در پـر شـدن دیـوارههـا زیـاد خواهد بود.



شکل (۶-۶): نحوه ا نتخاب جدایش برای مقاطع U *شکل*

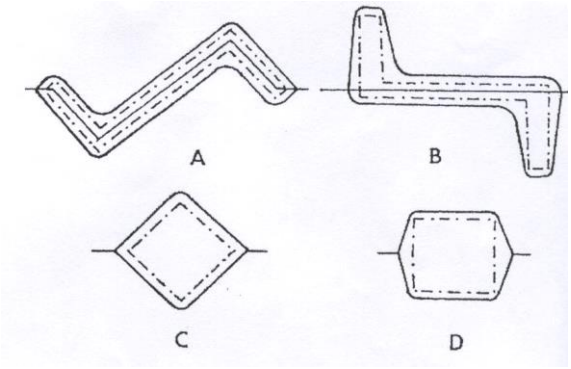
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

خط جدایش بر جریان دانه بندی تاثیری می‌گذارد که اثر آن در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل(۶-۷):تأثیر خط جدایش بر جریان دانه بندی

در برخی موارد انتخاب خط مناسب باعث کاهش وزن قطعه آهنگری می‌شود. در شکل (۶-۸)ملاحظه می‌شود با چرخش قطعات سطوح قائم دارای شیب طبیعی خواهند شد که در نتیجه از وزن قطعه و میزان عملیات ماشینکاری کاسته می‌شود.



شکل(۶-۸): استفاده از شیب طبیعی قطعه

انتخاب درست خط جدایش در قالب مزایای زیر را فراهم میکند:

۱. عمل پرکردن حفره قالب را بخوبی تأمین میکند.
۲. امکان تخلیه آزاد و راحت قطعه از قالب
۳. اجرا هر چه بهتر عملیات برشکاری دور قطعه

۶-۱-۱-۲-چهار اصل در انتخاب خط جدایش

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

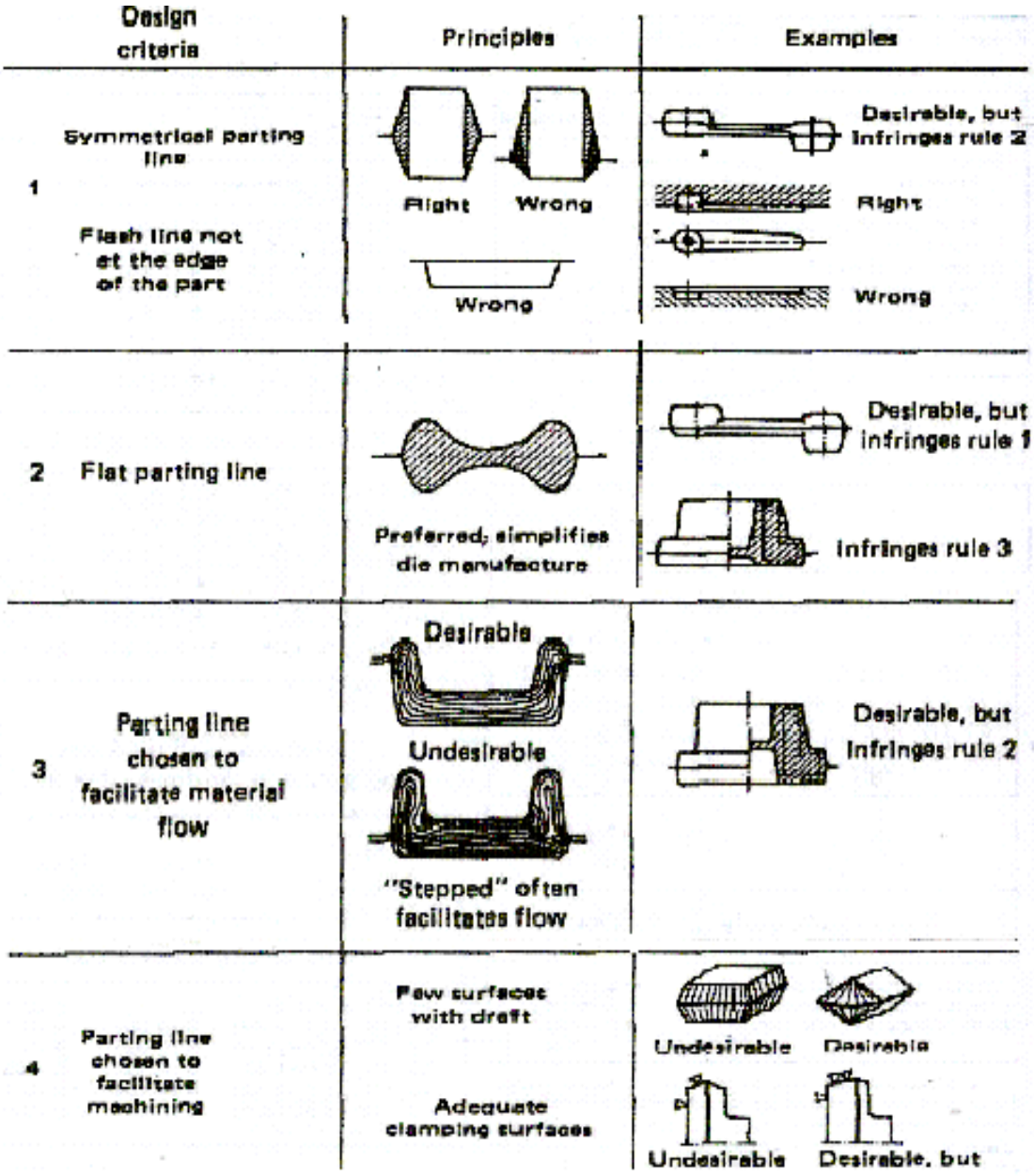
۱. خط جدایش در وسط قالب در نظر گرفته شود، به طوریکه مقطع قالب را به دو قسمت با ارتفاع یکسان تقسیم کند. در این وضعیت پلیسه نباید قبل از پایان فرآیند در لبه راهگاه قرار گیرد زیرا تجمع پلیسه در راهگاه ها سبب ایجاد مشکلاتی در برش قطعه و ناهمگنی در توزیع ماده در قطعه می گردد.

۲. خط جدایش باید در یک صفحه و بصورت مستقیم در نظرگرفته شود. رعایت این قاعده سبب ماشینکاری آسان قالب می گردد.

۳. خط جدایش قالب باید براحتی به مواد اجازه جریان یکنواخت را بدهد تا نواقص قطعه مثل حفره ها و تاخوردگی ها به حداقل برسد. در این حالت انتخاب یک خط شکسته برای بعضی حالتها مثل مقاطع U شکل و زاویه دار بهتر از خط راست عمل می کند و برای قطعات دایروی، سوراخ دار با پلیسه های داخلی و خارجی همیشه یک خط راهگاه شکسته بر سایر حالات ارجحیت دارد.

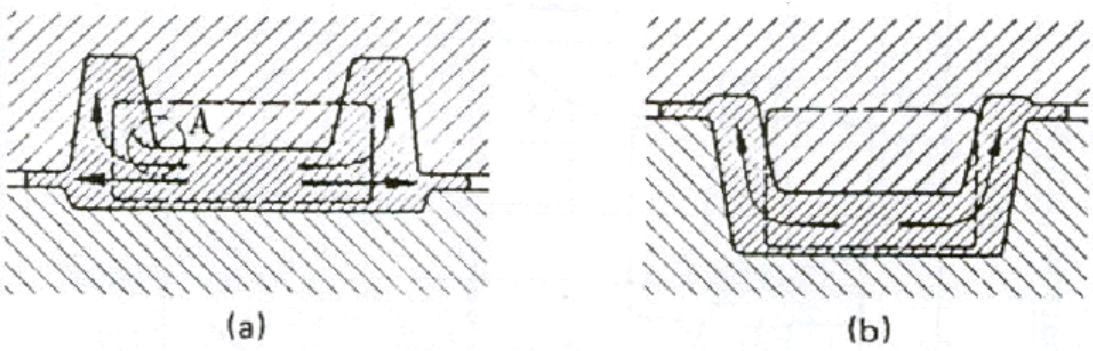
۴. خط جدایش مواد از قالب باید طوری قرار گیرد که قابلیت ماشینکاری نهایی را داشته باشد و سطوحی که برای قرار گرفتن در گیره و ماشینکاری استفاده می شوند باید بدون شیب و پلیسه باشند.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

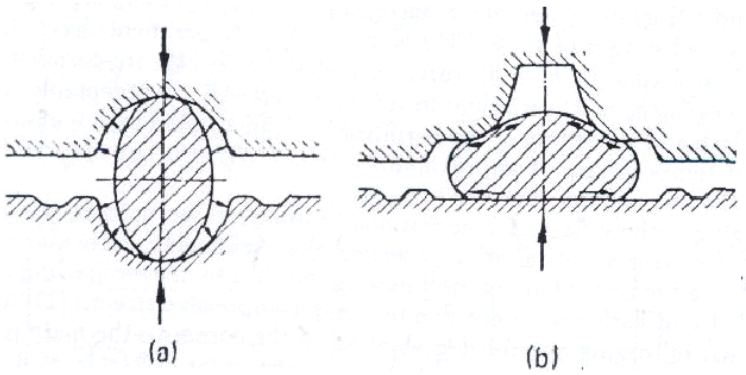


شکل(۶-۹): قواعد چهارگانه برای طراحی خط جدایش در قالب های بسته

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۶-۱۰): (a) جریان نامناسب مواد رو به بالا (b) جریان مواد با پراکندگی یکسان. جدایی مواد ممکن است در گوشه ها A اتفاق بیافتد.

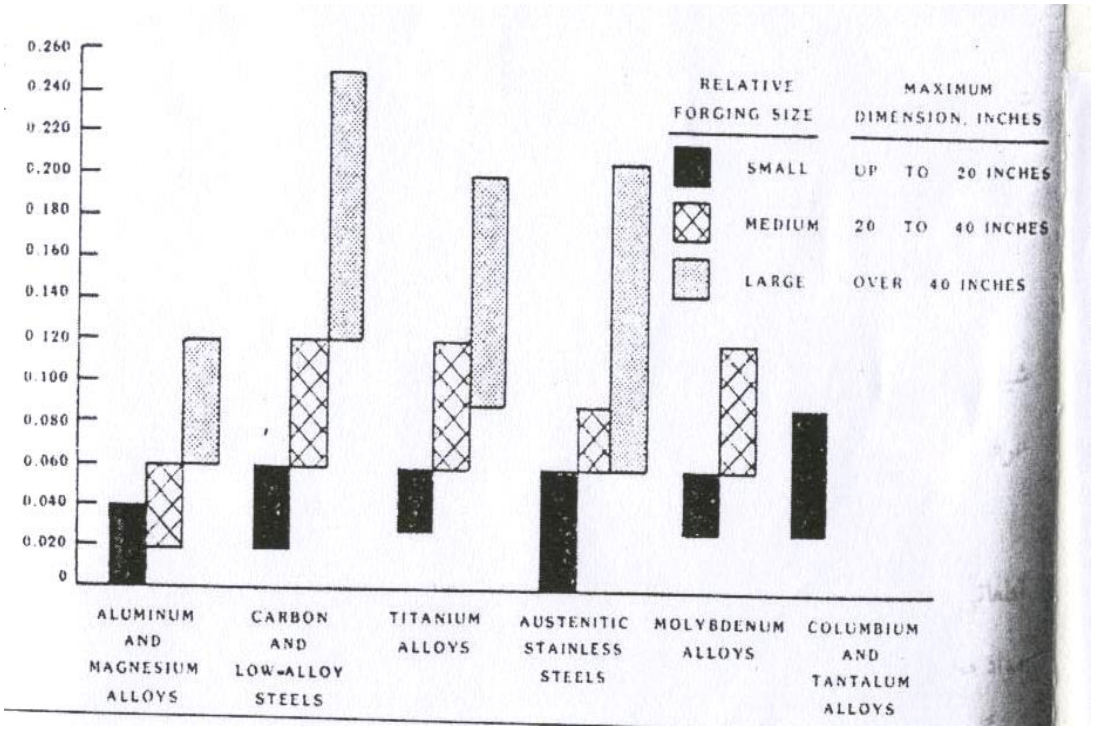


شکل(۶-۱۱): جریان مواد در قالب: (a) تماسی و بدون لغزش (ب) لغزشی

۶-۱-۲-اضافه گوشت ماشینکاری

در هنگام طراحی قطعه آهنگری باید مقادیری نیز به عنوان اضافه گوشت به سطوحی که نیاز به عملیات ماشینکاری دارند اضافه شوند که این میزان اضافه گوشت براساس جنس قطعه و ابعاد آن تعیین می‌شود و هرچه ابعاد قطعه بزرگتر باشد میزان اضافه گوشت نیز بیشتر خواهد شد و این بدلیل زمان حرارت دهی طولانی‌تر، افزایش مراحل آهنگری و احتمال صدمه دیدن بیشتر قطعه حین جابجائی آن می‌باشد. **قابلیت آهنگری** و نیز **تمایل به اکسید شدن** ویژگیهائی از جنس قطعه می‌باشند که میزان اضافه گوشت ماشینکاری متأثر از آن دو است.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



جدول(۶-۱): انتخاب اضافه گوشت ماشینکاری

از موارد دیگری که در اضافه گوشت ماشینکاری تأثیر دارد نوع واحد آهنگری است.

۶-۱-۳-محاسبه زاویه شیب

برای اینکه مطمئن شویم که قطعه کار می‌تواند بدون مانع و قفل شدن از قالب جدا شود. همه خطوط عمودی که در قطعه آهنگری وجود دارد باید با خطوط شیب دار جایگزین شود.

براساس موقعیت هریک از سطوح قائم انواع مختلفی از شیبها وجود دارد. شیب مربوطه به سطوح خارجی دیواره‌ها و برآمدگیها که شیب خارجی نامیده می‌شود. شیبی که بر روی سطوح داخلی دیواره‌های قائم و نیز سطوح داخلی حفره‌ها ایجاد می‌شود شیب داخلی می‌نامند.

معمولاً مقدار شیب خارجی کمتر از شیب داخلی است و این بدلیل جدا شدن سطوح خارجی از سطح قالبها هنگام سرد شدن قطعه می‌باشد.

برای محاسبه زاویه شیب معیارهای مختلفی وجود دارد. در سطوح کم شیب یا قائم برحسب عمق حفره قالب تعیین می‌گردد و در مواردی نیز شیب مورد نیاز برحسب نسبت ارتفاع به عرض قطعه محاسبه می‌شود دربرخی جداول تعیین شیب براساس نوع ماشین آهنگری می‌باشد.

زاویه شیب تقریباً برای مواد مختلف یکسان است ولی در مورد آلیاژهائی که قابلیت آهنگری کمتری دارند بهتر است که زاویه شیب بزرگتری مورد استفاده قرار گیرد. اگر ماشین آهنگری مجهز به بیرون انداز باشد، می‌توان از زاویه شیب کمتری استفاده کرد.

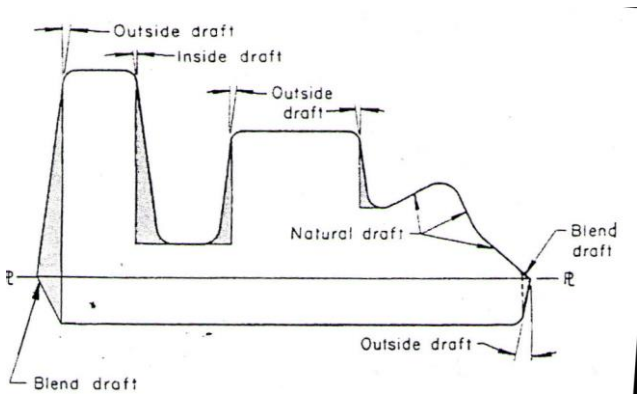
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

در حالت کلی مقدار زاویه برای **شیب خارج** 7^o و **شیب داخلی** 10^o می‌باشد.

جدول زیر مقدار زاویه شیب را براساس نوع پرس آهنگری بیان می‌کند.

جدول(۶-۲): زاویه شیب بر اساس نوع پرس

Forging Plant	Inner surface		Outer surface	
	Draft angle	Description of impression & use	Draft angle	Description of impression & use
Die forging hammer	11 6	Usual For shallow impression	11 6 3	For high rib usual For small height
Screw press or crank press	11 6 3	For deep impression Usual For knock outs	6 6 3	For medium height Usual For knock outs
Horizental forging machines	6 1	For impression For holes	6 1 0	For medium height For other impression Surface of gripping



شکل(۶-۱۲): نمایش انواع شیب در قطعه آهنگری

۶-۱-۴-اصلاح و ایجاد شعاع‌های لبه‌ها و گوشه‌ها

شعاع لبه، شعاع کمان محدبی است که بین دو سطحی که زاویه خارجی آنها بزرگتر از 180^oاست ایجاد می‌گردد. شعاع گوشه، مربوط به کمان مقعری است که دو سطح متقاطعی که زاویه خارجی آنها کوچکتر از 180^o است را به یکدیگر متصل می‌کند.

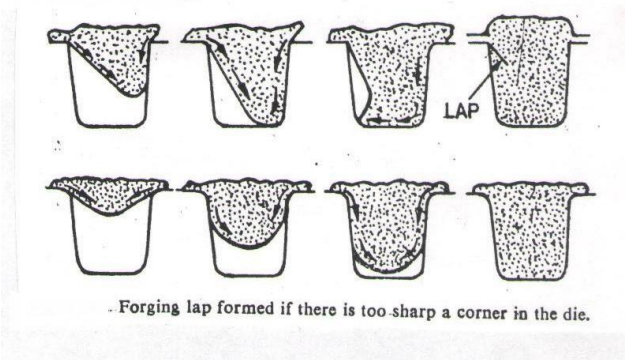
جریان دانه ها، نیروی آهنگری مورد نیاز، میزان فرسایش قالب، میزان موادی که طی عملیات ماشینکاری از قطعه حذف می‌شود و هزینه تولید قالبها و قطعات آهنگری متأثر از طراحی شعاع

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

های لبه و گوشه می‌باشد.

اگر گوشه‌های تیز از بین نرود نیروی آهنگری افزایش می‌یابد و نیروی مورد نیاز خارج از محدوده ماشینها می‌شود.گوشه‌های تیز ممکن است باعث بالا رفتن تنش در قالب شود که نتیجه آن شکستهای ناگهانی است.

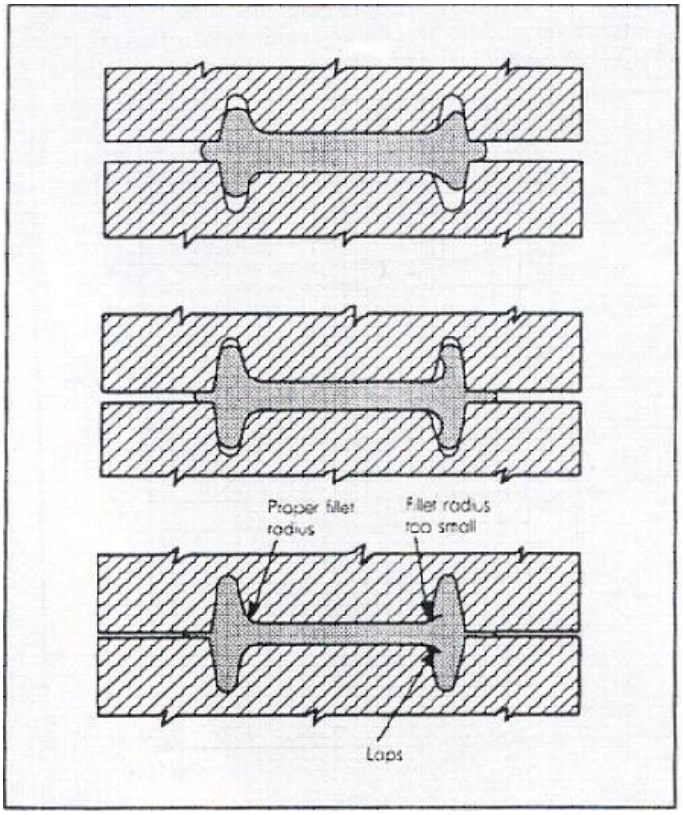
در شکل زیر انتخاب نادرست و درست شعاع گوشه و تأثیر آن در پر شدن قالب نشان داده شده است در حالت اول که شعاع گوشه کوچکتر انتخاب شده است مشاهده می‌شود که فولاد به طور یکنواخت قالب را پر نمی‌کند و به طرف سمت مخالف قالب می‌رود و پس از فشارهای بعدی، نیز مشاهده می‌شود که در محل برخورد دو سطح عیب سرریز شدن [۲۲]بوجود می‌آید. ولی در حالت دوم که شعاع به اندازه کافی است دیده می‌شود که فلز از دو طریق به طور یکنواخت و به آسانی پر می‌شود .



شکل(۶-۱۳): تا خوردگی در قطعه آهنگری بدلیل داشتن لبه تیز در قالب.

[۲۲] -Lap

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۶-۱۴) :تأثیرشعاع فیلت در جریان مواد هنگام بسته شدن قالب

۶-۱-۴-۱-شعاع لبه و گوشه بستگی به عوامل زیر دارد:

۶-۱-۴-۱-۱-ماده آهنگری

جدول (۶-۳):تاثیر ماده آهنگری بر شعاع گوشه ولبه .

Fillet and corner radii for different materials

Alloy	Fillet radius (mm)		Corner radius (mm)	
	Preferred	minimum	Preferred	minimum
Aluminium alloy	6	5	3	2
Alloy steel	9-12	6	3	2
Hot work-die steel	9-12	6	3	2
Stainless steel	12-18	6-10	7	4
Titanium alloy	12-15	10	6	4

۶-۱-۴-۱-۲-وزن قطعه آهنگری

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

جدول(۶-۴): شعاع گوشه داخلی و خارجی بر اساس وزن قطعه آهنگری .

Minimum fillet and corner radii on weight basis

Forging Weight (Kg)	2	4	6	8	10	20	50
Fillet radii (mm)	1-3	2-3	2-4	3-5	3-6	4-6	7-12
Corner radii (mm)	1-3	2-3	2-3	3	3	3-4	4-7

۶-۱-۴-۱-۳-محل و ارتفاع دیواره

جدول(۶-۵):شعاع گوشه بر اساس ارتفاع دیواره

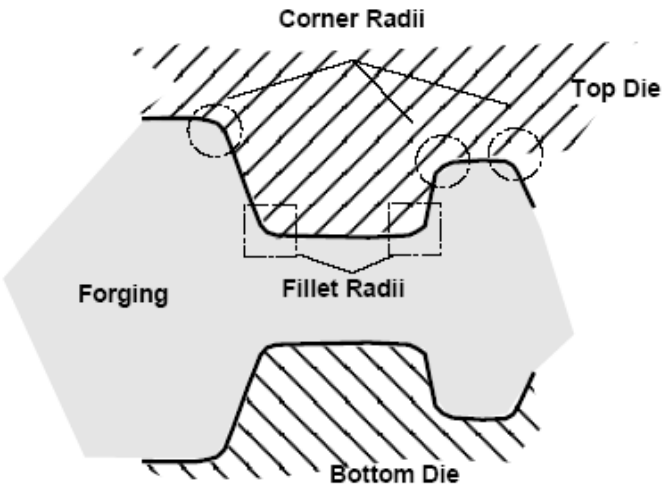
Fillet and corner radii and height of rib

Depth of impression (mm)	upto 10	10-25	25-50	over 50
Fillet radii (mm)	2	3	4	5

۶-۱-۴-۱-۴-تعداد مراحل آهنگری

هرچه تعداد مراحل بیشتر باشد شعاع کوچکتر می‌شود و برای هر مرحله افزایش می‌توان تا حدود ۵۰٪ شعاع را کاهش داد.

شکل زیر نحوه اعمال و وارد کردن شعاع گوشه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل (۶-۱۵): نحوه اعمال شعاع گوشه

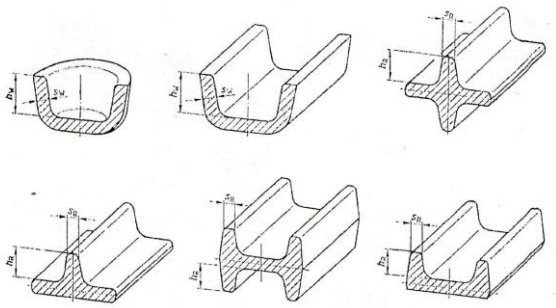
۶-۱-۵-طراحی تیغه و دیواره‌ها

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۶-۱-۵-۱-دیواره[۲۳]

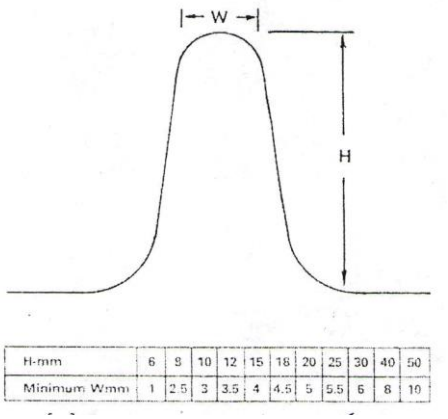
دیواره به قسمتی از قطعه آهنگری گفته می‌شود که عمود بر سطح جدار می‌باشد و نسبت ارتفاع به ضخامت آن بزرگتر از ۱/۲۵ باشد. نیروی آهنگری مورد نیاز باتوجه به نسبت ارتفاع به ضخامت دیواره افزایش یا کاهش می‌یابد.

طرحهای مختلف از دیواره در شکل زیر آمده است:



شکل(۶-۱۶):انواع مختلف دیواره

می‌توان با معلوم بودن ارتفاع دیواره ضخامت آن را طبق شکل زیر مشخص کرد برای مقادیر H بزرگتر از ۵۰ میلیمتر نسبت $\frac{H}{w}=3$ می‌باشد.



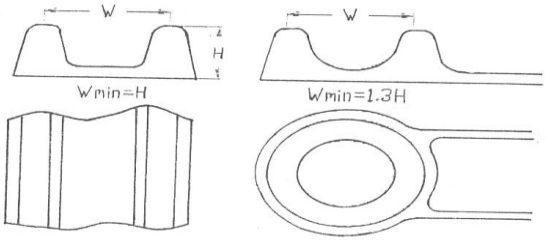
H-mm	6	8	10	12	15	18	20	25	30	40	50
Minimum Wmm	1	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	8	10

شکل (۶-۱۷):ضخامت دیواره بر حسب ارتفاع دیواره

در شکل(۶-۱۸) حداقل فاصله لازم بین دیواره‌های یک قطعه نمایش داده شده است هر چه قابلیت شکل گیری مواد پائین‌تر باشد ضخامت دیواره باید بزرگتر انتخاب شود.

[۲۳] -Rib

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۶-۱۸): حداقل فاصله لازم بین دیواره های یک قطعه

حداقل ضخامت دیواره و راهگاه برای فلزات مختلف با مساحت پلان بالای ۶۰۰ سانتیمتر را می‌توان طبق جدول زیر استفاده کرد.

نسبت ارتفاع به ضخامت دیواره نباید از ۸ تجاوز کند که معمولاً $\frac{4}{1}$ یا $\frac{6}{1}$ است.

جدول (۶-۶): حداقل ضخامت دیواره و راهگاه برای فلزات مختلف با مساحت پلان بالای ۶۰۰ سانتیمترمربع

Alloy	Minimum rib Thickness (mm)	Mninimum Web thickness (mm)
۲۰۱۴(Aluminum	۴-۵	۶
AISI(Low alloy steel)	۴-۵	۸
H-۱۱(Hot work die steel)	۴-۵	۱۰
Stainless steel	۶-۷	۱۰
Super alloy	۶-۷	۱۰
Titanium alloy	۶-۷	۸

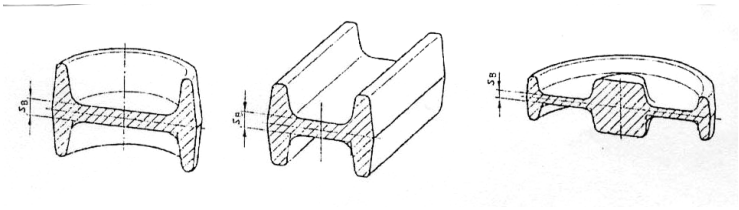
۶-۱-۵-۲-تیغه[۲۴]

تیغه قسمتی از قطعه هست که دیوارها و برآمدگیهای قطعه را به یکدیگر متصل می‌کنند که به موازات سطح جدایش قطعه نیز می‌باشند. از طرف دیگر هنگامی که قطعه آهنگری دارای یک سوراخ سرتاسری می‌باشد یک راهگاه برای آن در نظر می‌گیرند پس از تولید قطعه آهنگری راهگاه مزبور توسط دستگاه سوراخ کن از قطعه جدا می‌شود.

انواع مختلف تیغه در شکل(۶-۱۹) آمده است.

[۲۴] -Web

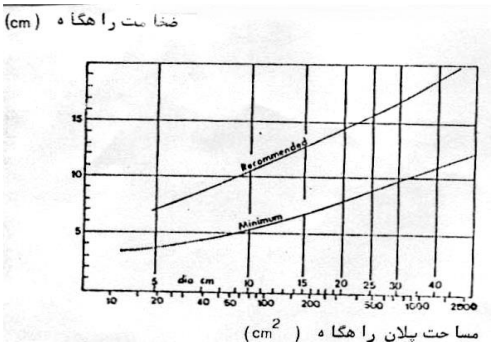
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۶-۱۹):تیغه در قطعات مختلف

شکل گیری قسمتهای نازک نسبت به قسمتهای ضخیم مشکل‌تر است و این بدلیل سرد شدن زودتر است. سرد شدن زودتر باعث می‌شود تا برای آهنگری قسمتهای نازک نیرو و انرژی بیشتری لازم باشد و در نتیجه ظرفیت ماشین آهنگری و فرسایش قالب نیز افزایش می‌یابد.
مجاورت و عدم مجاورت راهگاه با پلیسه قطعه، مساحت پلان و جنس قطعه آهنگری از عوامل مهم و موثر بر حداقل ضخامت لازم راهگاه می‌باشد.

درصورتیکه قابلیت آهنگری قطعه کم باشد باید ضخامت بزرگتری برای آن در نظر گرفت در صورتیکه قطعه آهنگری راهگاه را احاطه نماید و مانع از تماس راهگاه با پلیسه باشد به علت مشکل بودن ورود مواد اضافه به کانال پلیسه، باید ضخامت بیشتری برای تیغه انتخاب نمود. برای فولادهای کربنی و کم آلیاژ می‌توان از منحنی زیر به منظور تعیین ضخامت تیغه استفاده کرد.

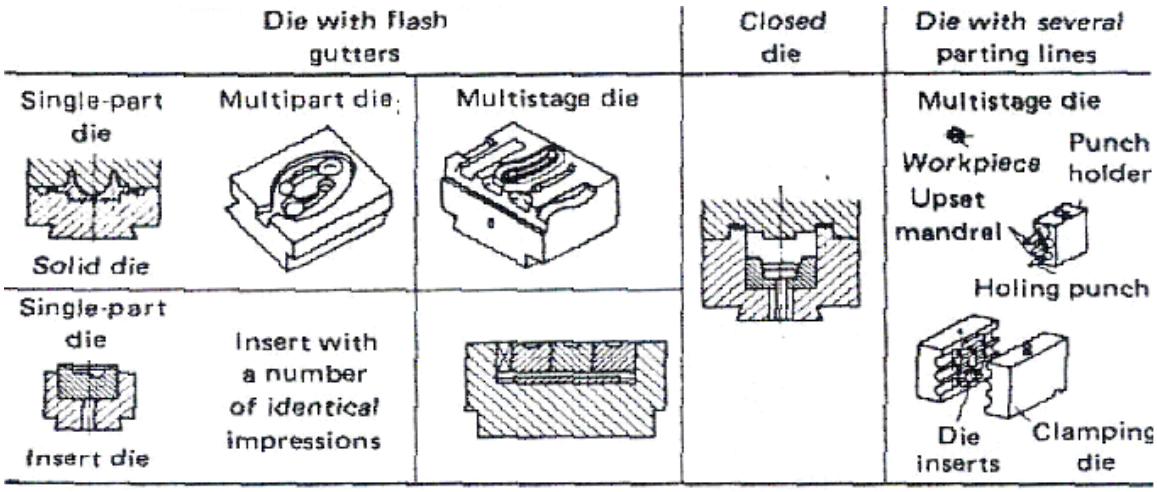


شکل(۶-۲۰): ضخامت تیغه برای فولادهای کم آلیاژ وکربنی

۶-۲-طراحی قالب نهائی

پس از طراحی قالب آهنگری از روی قطعه ماشینکاری شده نوبت به طراحی قالب نهائی می‌رسد که **برای طراحی قالب نهائی اولین مرحله طراحی محفظه و کانال پلیسه** در اطراف قطعه آهنگری می‌باشد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

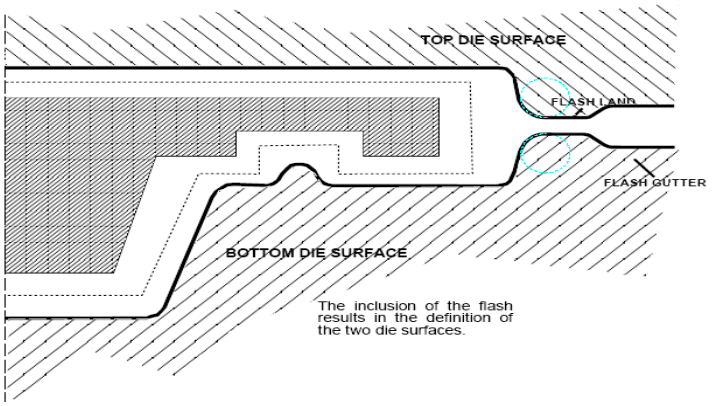


شکل(۶-۲۱):انواع مختلف قالب های آهنگری

۶-۲-۱- پلیسه [۲۵]

در آهنگری با قالب بسته، در مقایسه با حجم قطعه کار از ماده بیشتری برای تولید قطعه استفاده می‌شود به هنگام شکل گیری قطعه در قالب. مواد اضافی در خط جدایش از قطعه به بیرون رانده می‌شود و آن را احاطه می‌کند و بدین ترتیب در اطراف قطعه پلیسه ایجاد می‌گردد.

و این پلیسه بعد از عملیات آهنگری در قالب برش بریده می‌شود. تعیین مقدار پلیسه بسیار مهم است زیرا چنانچه مقدار آن زیاد باشد موجب اتلاف در ماده آهنگری و ازدیاد هزینه‌ها خواهد شد و از طرفی چنانچه مقدار پلیسه به اندازه کافی نباشد، ممکن است حفره‌ها به مقدار کامل پر نگردد و در نتیجه قطعه آهنگری بدرستی تولید نشود. در شکل (۶-۲۲) کانال و محفظه پلیسه به طور شماتیک نشان داده شده است.



شکل (۶-۲۲) : شماتیک کانال و محفظه پلیسه

[۲۵] -Flash

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

از اهداف مهم طراحی پلیسه اطمینان از پر شدن قالب و تولید سالم و بی‌نقص قطعه است.

۶-۲-۱-۱-تعیین مقدار پلیسه

مقدار پلیسه مورد نیاز برای قطعات با اشکال مختلف متفاوت می‌باشد. روش تعیین مقدار پلیسه که توسط *NADFS*[۲۶] ارائه شده است توسط بسیاری از صنعتگران مورد استفاده قرار می‌گیرد و در این روش مقدار پلیسه لازم برابر است با حاصلضرب محیط قطعه آهنگری در وزن پلیسه در واحد طول محیط قطعه آهنگری بدست می‌آید.

وزن پلیسه در واحد طول محیط قطعه، نسبت به وزن قطعه اهنگری مطابق جدول(۶-۷) تعیین می‌شود.

جدول(۶-۷) :مقدار وزن پلیسه در واحد طول محیط قطعه آهنگری

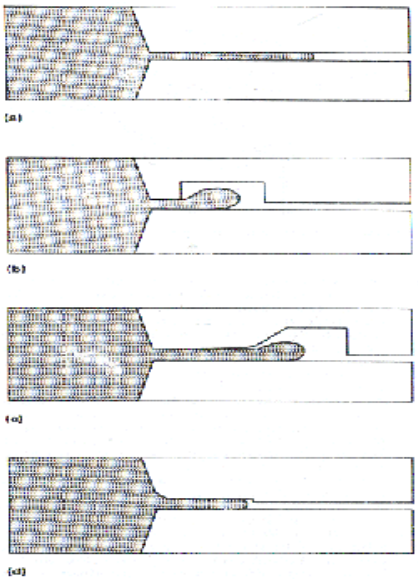
وزن پلیسه *(kg)* در واحد طول محیط قطعه آهنگری*(cm)*	وزن قطعه اهنگری*(kg)*
/..۴۷	.-/.۴۵
/..۶۳	/۴۵-۲/۲۷۳
/..۹۸	۲/۲۷۳-۴/۵۴۵
/.۱۳۰	۴/۵۴۵-۶/۸۱۸
/.۱۶۰	۶/۸۱۸-۱۱/۳۶۴
/.۲۳۳	۱۱/۳۶۴-۲۲/۷۲۷
/.۳۲۰	۲۲/۷۳-۴۵/۴۵۵
/.۴۴۷	>۴۵/۴۵۵

۶-۲-۱-۲- طراحی کانال پلیسه

کانال پلیسه به منظور تأمین محلی برای تجمع مواد اضافی که از گلوگاه پلیسه عبور می‌کند روی قالب ماشینکاری می‌شود. هندسه کانال پلیسه باید بگونه‌ای باشد که بدون هیچگونه مقاومتی در برابر جریان فلز مواد اضافی را در خود جای دهد.

[۲۶] -National Association of Drop Forging and Stamper

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۶-۲۳):انواع کانال پلیسه

ضخامت پلیسه به صورت تابعی از وزن قطعه آهنگری می‌تواند طبق جدول زیر محاسبه شود.

جدول(۶-۸):ضخامت پلیسه بر حسب وزن قطعه آهنگری

Recommended flash thickness as per weight for carbon and alloy steel

Forging weight (kg)	0·1	0·5	1·0	5·0	10·0	100·0
Flash thickness (mm)	1·0	1·8	2·2	3·5	4·5	8·0

حجم پلیسه که وابسته به شکل آهنگری است می‌تواند طبق فرمولهای موجود در جدول (۶-۹) بدست آید. که در این جدول:

P = محیط آهنگری در خط جدایش است.

S= مساحت سطح مقطع محفظه پلیسه است.

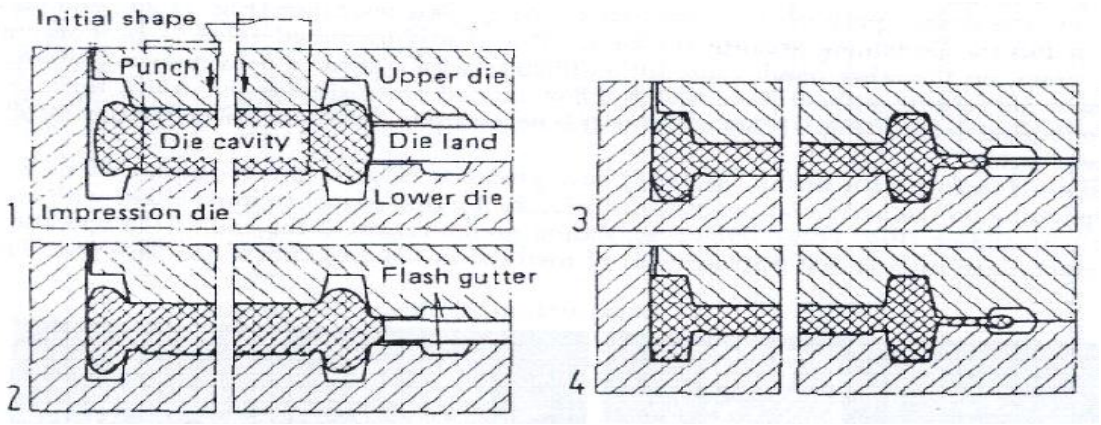
جدول (۶-۹) :حجم پلیسه در آهنگری با شکلهای مختلف

Calculation of flash volume for different forging shapes

Shape of forging	Volume of flash V
Simple forging	$V=0{\cdot}75\ [P+4(b+b_1)]$
Bend forging	$V=0{\cdot}75\ [P+6(b+b_1)]$
Round forging	$V=1{\cdot}5\ S[P+0{\cdot}7(b+b_1)]$
Square forging	$V=2\ S(A+b+b_1)$
Cross type forging	$V=0{\cdot}7\ S[P+8(b+b_1)]$

www.Iran-mavad.com

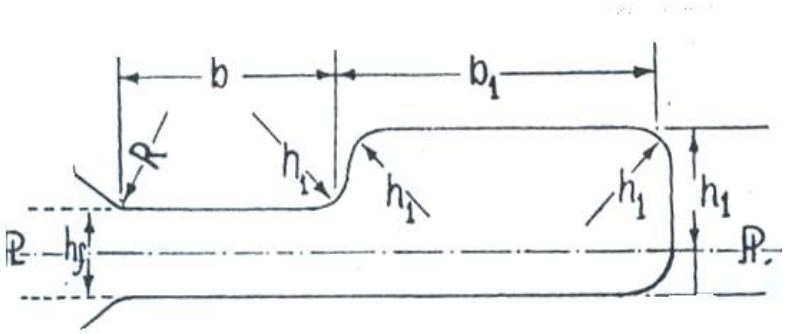
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۶-۲۴):مراحل پر شدن ماده در فورج قالب بسته، سمت چپ بدون پلیسه و سمت راست با پلیسه.

برای طراحی گلوگاه و کانال پلیسه روشهای مختلفی وجود دارد که در زیر تعدادی از این روشها بیان شده است.

- اگر محفظه و گلوگاه پلیسه و اجزاء آن را طبق شکل زیر در نظر بگیرید:



شکل(۶-۲۵)

برای شکلهای مختلف $h_f = 0/15\sqrt{F}$

برای قطعات با مقطع گرد $h_f = 0/015D$

برای قطعات با سطح مقطع مربع $h_f = 0/015A$

مساحت قطعه آهنگری در خط جدایش $= F$

قطر قطعه آهنگری $= D$

طول یک ضلع $= A$

مقادیر h_1 , b_1 , b طبق جدول زیر محاسبه می‌شود:

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

جدول(۶-۱۰)

TABLE : 2·06

hf	h_1	R, where depth of impression is (mm)			Case 1 (mm)		Case 2 (mm)		Case 3 (mm)	
		20	20-40	40	b	b_1	b	b_1	b	b_1
0·6	3	1	1	1·5	6	18	6	20	8	22
0·8	3	1	1·5	1·5	6	20	7	22	9	25
1·6	3·5	1	1·5	2·0	8	22	9	25	11	30
2	4	1·5	2·0	2·5	9	25	10	28	12	32
4	6	2	2·5	3·0	11	30	14	38	16	42
6	8	2·5	3·0	3·5	13	35	16	42	20	50
8	10	3	3·5	4·0	14	38	18	46	22	55
10	12	3	3·5	4·0	15	40	20	50	25	60

برای طراحی محفظه پلیسه نیز می توان از فرمولهای زیر استفاده کرد که در هندبوک چینی آمـده است:

$$T_g = 1.6T_f$$

$$W_g = 4wf$$

$$R = ۰/۵\ Tg$$

$$r = Tf$$

که در آن

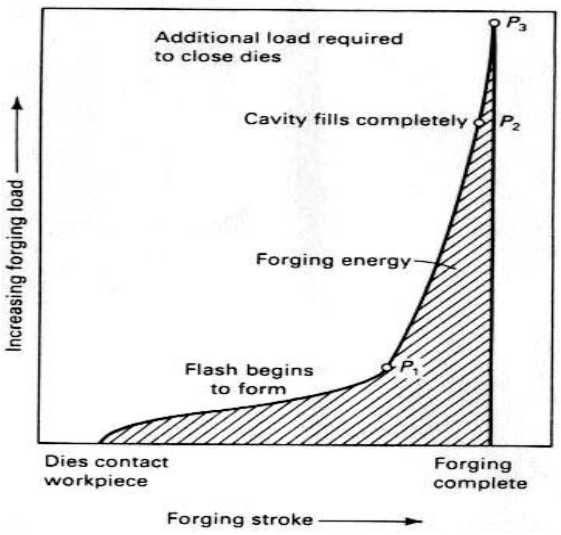
T_g = ضخامت محفظه پلیسه

W_g = عرض محفظه پلیسه

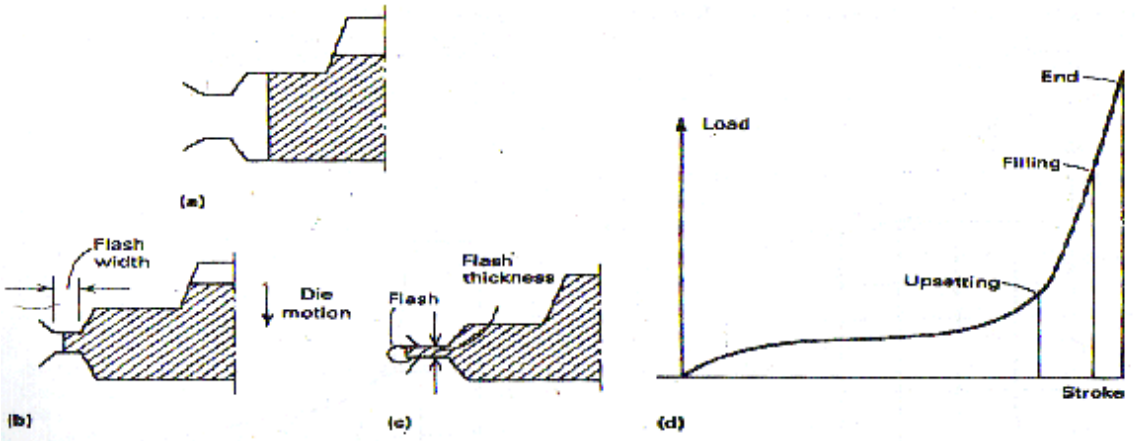
هندسه محفظه باید به گونه‌ای باشد تا تمامی ماده خروجی از کانال پلیسه را در خود جای دهد. اگر ارتفاع محفظه پلیسه از ارتفاع کانال کمتر باشد پلیسه به سرعت سـرد شـده و بنـابراین نیـرو و انرژی آهنگری بالا می‌رود و اگر عرض محفظه مناسب نباشد پلیسه محدود شـده و قطعـه از سـایر خارج می‌شود و بزرگتر می‌گردد تأثیر وجود پلیسه را بر روی فشار و نیروی آهنگری می‌توان مطابق شکل(۶-۲۶) به طور کیفی مورد بررسی قرار داد. این شکل منحنی نیرو- کورس برای قالب آهنگری بهتر را نشان می‌دهد. نیروی آهنگری با کاهش ضخامت کانال و یا افزایش عرض آن افزایش می‌یابد و این به دلیل ایجاد موانع بیشتر در برابر جریان فلز، افزایش نیروی اصطکاکی و افت بیشـتر دمـای آهنگری و در نتیجه افزایش تنش جریان خواهد بود.

www.Iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۶-۲۶):منحنی نیرو بر حسب کورس در آهنگری با قالب بسته



شکل(۶-۲۷):جریان فلز و منحنی متناظر بـار- کـورس (*a*) *upsetting* ، (*b*) *Filling* ، (*c*) *End* ، (*d*) منحنی بار- کورس

همانگونه که از شکل پیداست نیروی آهنگری در ابتدا تا زمانیکه بیشتر حفره‌ها پر نشـده و فلـز بـه ورودی کانال پلیسه می‌رسد (نقطه P_1) زیاد نیست. برای آهنگری صحیح وقتیکه این مرحله شروع می‌شود شروط زیر باید وجود داشته باشد:

الف- حجم کافی از ماده باید باقی مانده باشد تا بقیه حوزه‌های قالب پر شود.

ب- اکسترود شدن ماده به داخل کانال پلیسه باید از پر شدن قسمتهای پیچیده مشکل تر باشد.

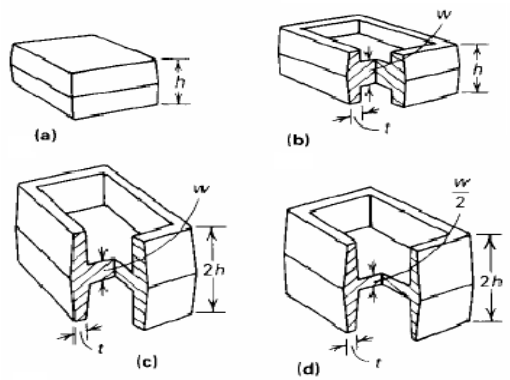
درحالیکه عمل بسته شدن قالب ادامه می‌یابد نیرو با شیب کندی به مرحله‌ای مـی‌رسـد کـه تمـام حفره‌های قالب پر شده است (نقطه P_2). در حالت ایده آل فشاری که در نقطه P_2 ایجاد می‌شـود باید به حد کافی باشد تا تمامی حفره‌های قالب پر شود. اما به منظور اطمینان لازم است تـا نیـروی بیشتری اعمال گردد. در شکل نیروی ماکزیمم آهنگری با P_3 مشخص شده است. در طول کورس از P_2 تا P_3 تمامی جریان فلز، در نزدیکی پلیسه یا در داخل کانال پلیسـه ایجـاد مـی‌شـود و در ایـن

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

مرحله هر چقدر که قالبها بیشتر به هم نزدیک شوند، جریان فلز نیز سخت‌تر می‌گردد.
پس از طراحی ابعاد کانال و محفظه پلیسه با ایجاد هندسه بالا و پائین خط جدایش قطعه، در دو نیمهٔ قالب و درآوردن ابعاد پلیسه در اطراف محفظه قالب می‌توان اقدام به ساخت قالب نهائی نمود.
نکته‌ای که در طراحی قالب نهائی در نظر گرفت، **اعمال نمودن مقدار انقباض قطعه آهنگری پس از سرد شدن آن می‌باشد** که معمولاً مقدار ۰/۵ تا ۲ درصد انقباض در جهات مختلف برای قطعات آهنگری فولادی در نظر می‌گیرند.

۶-۲-۲-پیچیدگی شکل در آهنگری

موضوع اصلی در فرآیند شکل دهی، اطمینان از جریان کامل فلز به داخل محفظه قالبها است بطوریکه هندسه قطعه نهائی بدون هیچ عیب داخلی و خارجی حاصل شود. جریان فلز بسیار تحت تأثیر هندسه قطعه یا قالب قرار می گیرد. اغلب چندین عملیات (پیش شکل دهی یا در قالب بلوکر) مورد نیاز است تابه جریان تدریجی از یک شکل اولیه ساده (شمشال استوانه ای یا مربعی) به شکل پیچیده تر قطعه نهایی دست یافت. به طور کلی، **شکل های کروی و بلوک مانند، آسان ترین شکل ها برای آهنگری در قالب بسته اند.** قطعات با مقاطع یا برآمدگی های نازک (دیواره) را سخت تر می توان آهنگری نمود، زیرا دارای مساحت سطح در واحد حجم بیشتری هستند. چنین تغییراتی در شکل، اثرات اصطکاک و تغییرات دما را بیشینه می کند و بنابراین فشار نهایی مورد نیاز را برای پر کردن حفره های قالب تحت تأثیر قرار می دهد. یک رابطه مستقیم بین نسبت سطح به حجم یک قطعه آهنگری و دشواری تولید آن وجود دارد.
آسانی آهنگری شکل های پیچیده تر به نسبت مقاطع قائم و افقی در قطعه بستگی دارد. شکل(۶-۲۸) یک نمایش شماتیک از اثرات شکل بر دشواری آهنگری است. قطعات c و d در مقایسه با قطعات a و b نه تنها نیاز به بارهای بیشتر آهنگری دارند بلکه حداقل به یک عملیات بیشتر آهنگری جهت اطمینان از پر شدن قالب نیاز دارند.



شکل(۶-۲۸): شکل مستطیلی و سه اصلاح انجام گرفته که نشانگر افزایش دشواری آهنگری با زیاد شدن ارتفاع دیواره و کاهش ضخامت راهگاه می باشد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

قطعات آهنگری براساس شکل آنها به سه دسته اصلی تقسیم بندی می‌شوند::

۶-۲-۲-۱-قطعات با شکلهای فشرده

سه بعد این شکلها تقریباً با هم مساوی است. تعداد قطعاتی که در این دسته قرار می‌گیرند مقدارشان کم است.

۶-۲-۲-۲-قطعات با شکلهای دیسکی

دو بعد (طول و عرض) از سه بعد این شکلها تقریباً با هم مساوی می‌باشد و از ارتفاع آنها(h) بزرگتر است . تمام قطعات گرد و در این دسته قرار می‌گیرند که حدود ۳۰ درصد قطعات آهنگری را تشکیل می‌دهد.

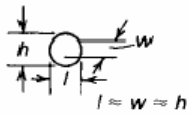
۶-۲-۲-۳-قطعات با شکلهای طولی

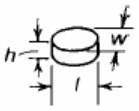
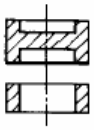
شامل شکل های بلند است که دارای یک بعد کاملاً بزرگتر از دو بعد دیگرند($l < b < h$).

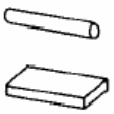
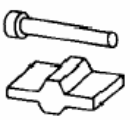
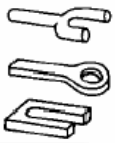
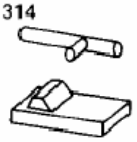
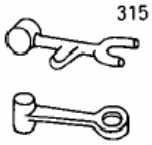
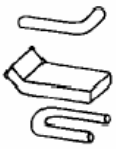
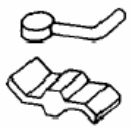
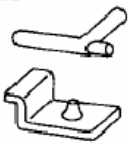
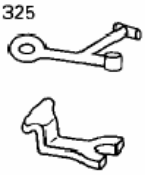
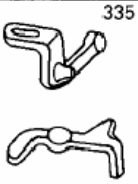
موضوع اصلی در فرآیند شکل دهی، اطمینان از جریان کامل فلز به داخل محفظه قالبها است بطوریکه هندسه قطعه نهائی بدون هیچ عیب داخلی و خارجی حاصل شود.

بسته به اینکه قطعه آهنگری جزء کدام دسته از قطعات آهنگری باشد نحوه آهنگری متفاوت است بطوریکه قطعات موجود در گروه اول یا دوم نیاز به قالبهای پیش فرم بلوکر دارند ولی قطعاتی که در گروه سوم قرار دارند برای تولید نیاز به قالبهای پیش فرم رولر و فولر نیز دارند تا شکل نهائی به طور مطلوب بدست آید .

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

Shape class 1 Compact shape  $l \approx w \approx h$ Spherical and cubical	Sub-group	101 No subsidiary elements	102 Unilateral subsidiary elements	103 Rotational subsidiary elements	104 Unilateral subsidiary elements

Shape class 2 Disk shape  $l \approx w > h$ Parts with circular, square, and similar contours Cross piece with short arms, upset heads, and long shapes (Flanges, valves, and so on)	Sub-group / Shape group	No subsidiary elements	With hub	With hub and hole	With rim	With rim and hub
	21 Disk shape with unilateral element	211 	212 	213 	214 	215
	22 Disk shape with bilateral element	. . .	222 	223 	224 	225

Shape class 3 Oblong shape $l > w \geq h$ Parts with pronounced longitudinal axis Length groups 1. Short $l > 3w$ 2. Average $l = 3w$ to $8w$ 3. Long $l = 8w$ to $16w$ 4. Very long $l = 16w$ Length group numbers added behind bar—for example, 334/2	Sub-group / Shape group	No subsidiary elements	Subsidiary elements parallel to axis of principal shape	With open or closed fork element	With subsidiary elements asymmetrical to axis of principal shape	With two or more subsidiary elements of similar size
	31 Principal shape element with straight axis	311 	312 	313 	314 	315 
	32 Longitudinal axis of principal shape element curved in one plane	321 	322 	323 	324 	325 
	33 Long axis of principal shape element curved in several planes	331 	332 	333 	334 	335 

شکل(۶-۲۹): دسته بندی شکل های آهنگری

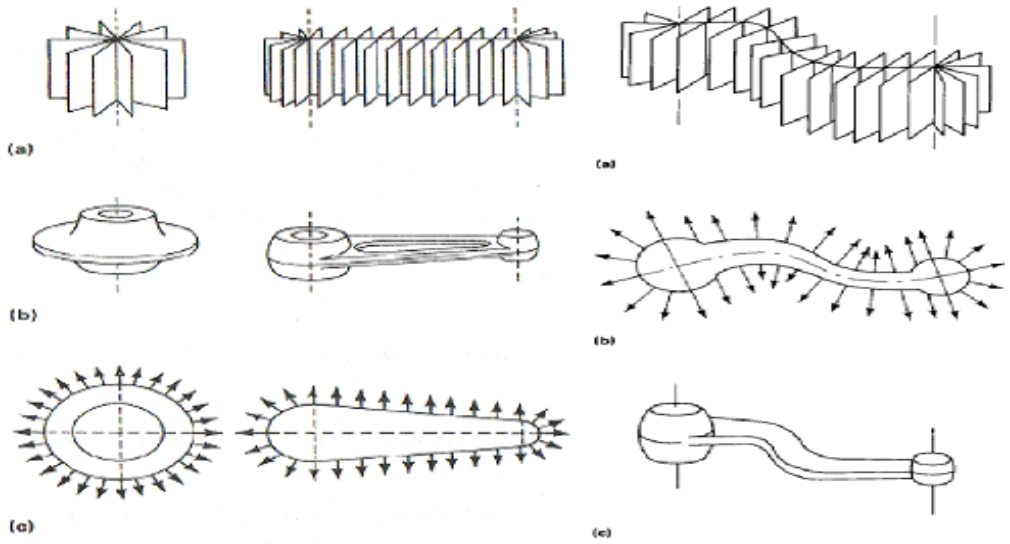
www.Iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۶-۲-۳-طراحی پیش فرم

یکی از مهم ترین جنبه های آهنگری قالب بسته، طراحی پیش فرم برای دستیابی به توزیع کافی فلز و کنترل جریان فلز است. در نتیجه، در عملیات نهایی آهنگری می توان به جریان فلز بدون عیب و پر شدن کامل قالب دست یافت.

روش مرسوم در طراحی پیش شکل، در نظر گرفتن صفحاتی از جریان فلز، یعنی سطح مقطع های انتخابی قطعه آهنگری است. درک اصول جریان فلز در حین عملیات آهنگری کمک می کند تا به درک بهتری از قواعد طراحی دست یافت.



شکل(۶-۳۰):صفحات جریان فلز، (*a*) صفحات جریان، (*b*) شکل های نهایی آهنگری و (*c*) جهت های جریان

۶-۲-۳-۱-انواع قالبهای پیش فرم[۲۷]

انواع قالبهای پیش فرم عبارتند از:

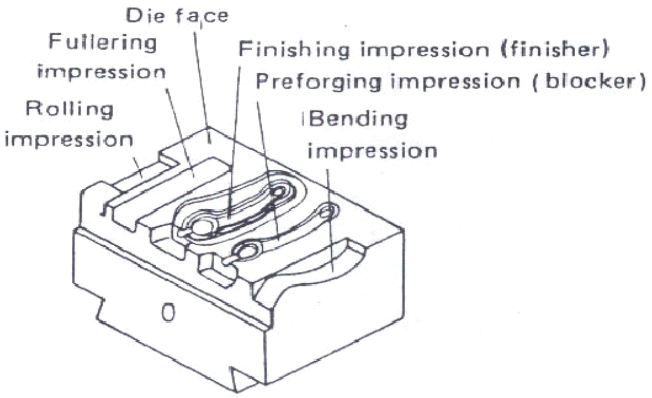
فولر- رولر- بلوک- لبه زن-تخت و خم کن .

که اغلب از سه قالب پیش فرم رولر، فولر و بلوکر استفاده می‌شود.

---

[۲۷] -Preform

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۶-۳۱): انواع قالب پیش فرم

۶-۲-۳-۱-۱-فولر[۲۸]

قالبی است که برای کاهش سطح مقطع و افزایش طول استفاده می‌شود و بدلیل اینکه فولر اولین مرحله در آهنگری است و عموماً کمترین مقدار انرژی را به کار می‌برد فولر اغلب در لبه کناری قالب قرار می‌گیرد.

۶-۲-۳-۱-۲-رولر[۲۹]

برای گرد کردن ماده خام به کار می‌رود. (مثلاً از بیلت چهار گوش به گرد)
و بعضی اوقات برای توزیع جرم قطعه برای مرحله بعدی استفاده می‌شود.عمل رولر شبیه عمل لبه‌زن است اما در رولر فلز در همه دیواره‌ها با شکلهای مشابه در بالا و پائین قالب محبوس می‌شود. بدلیل اینکه هزینه ساخت قالب رولر گرانتر از لبه‌زن است دو عمل می‌تواند در یک بار انجام گیرد.

۶-۲-۳-۱-۳-لبه‌زن[۳۰]

این قالب قبل از قالبهای بلوکر و پایانی برای توزیع و پخش کردن و تقسیم ماده برای مقاطع سنگین که باید شکل داده شود استفاده می‌شود.

۶-۲-۳-۱-۴-بلوکر[۳۱]

معمولاً آخرین پیش فرمی است که استفاده می‌شود و برخلاف قالبهای فولر و رولر که فقط توزیع طولی مواد را عهده دار بودند قالب بلوکر توزیع عرضی مناسب را نیز در قطعه پیش فرم ایجاد

---

[۲۸] -Foller

[۲۹] -Roller

[۳۰] -Edger

[۳۱] -Blocker

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

می‌نماید. قالب بلوکر دارای هندسه‌ای شبیه به قالب نهائی می‌باشد ولیکن شعاع لبه‌ها و گوشه‌های آن بزرگتر و در کل پیچیدگیهای آن کمتر می‌باشد .

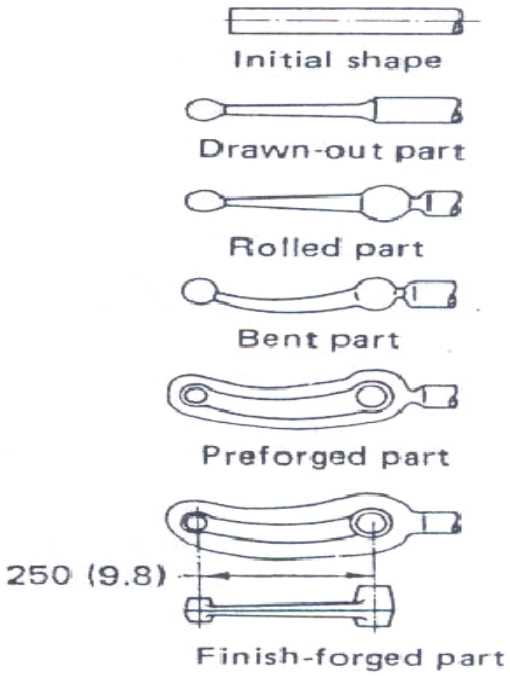
مزایای استفاده از قالبهای پیش فرم

قالبهای پیش فرم به دلایلی که گفته شد مزایائی را در پی دارند که در ذیل به بعضی از آنها اشاره می‌شود:

۱- رسیدن به قطعه نهائی آهنگری با پیچیدگیهای متنوع بدون عیب و نقص

۲- صرفه جوئی در هزینه تولید محصول

۳- رسیدن به خصوصیات متالوژیکی و خواص مکانیکی مطلوب و مورد نظر



شکل(۶-۳۲): فورج قالب بسته یک lever

۶-۲-۳-۲-مراحل طراحی قالبهای پیش فرم

پس از طراحی قطعه آهنگری باید ابتدا مشخص کرد که آیا برای آهنگری این قطعه نیاز به قالبهای پیش فرم هست یا نه، در صورتیکه نیاز هست به کدامیک از قالبهای پیش فرم نیاز است.

انتخاب مناسب عملیات و مراحل پیش فرم برای اقتصادی بودن فرآیند آهنگری پارامتر مهم و

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

بحرانی محسوب می‌شود. در هندبوک چینی برای انتخاب و ترتیب عملیات پیش فرم روشی بیان شده است. در این روش عملیات پیش فرم براساس پیچیدگی قطعه فورجینگ انتخاب شده است.

اولین مرحله ترسیم منحنی توزیع جرم قطعه می‌باشد. منحنی توزیع جرم ترسیمه‌ای از مساحت سطوح مقاطع قطع آهنگری در امتداد طول آن می‌باشد. با داشتن منحنی مزبور، می‌توان مساحت مقطع ماکزیمم (A_{max}) و مساحت مقطع متوسط (A_{vec}) را تعیین نمود.

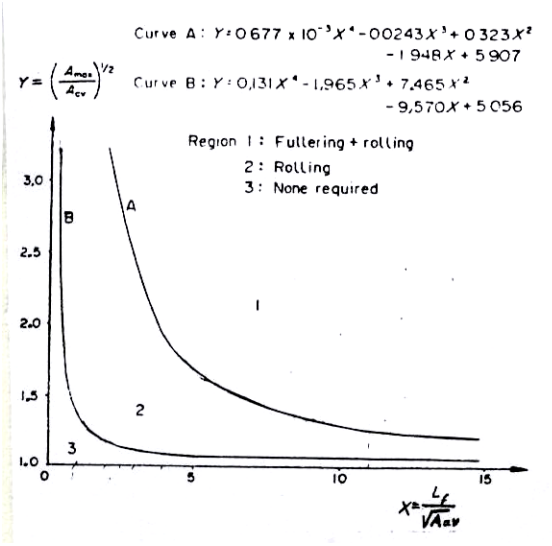
مساحت مقطع متوسط از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$A_{ave} = \frac{V_F}{L_F}$$

که در آن V_F حجم قطعه آهنگری با احتساب پلیسه و L_F طول قطعه مزبور می‌باشد. آنگاه دو پارامتر Y, X از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$X = \frac{L_F}{\sqrt{A_{avc}}} \qquad , Y = \left(A_{\max} / A_{avc}\right)^{\frac{1}{2}}$$

اگر مختصات (x,y) در ناحیه ۱ قرار گیرد. هر دو قالب پیش فرم فولر و رولر مورد نیاز است در ناحیه ۲ فقط قالب رولر و در ناحیه ۳ هیچکدام از قالبها مورد نیاز نمی‌باشند.



شکل(۶-۳۳): معیار انتخاب قالبهای رولر و فولر

۶-۲-۳-۳-تعیین ابعاد بیلت

پیش از طراحی قالبهای پیش فرم، باید ابعاد بیلت محاسبه گردد. مساحت مقطع بیلت (گرد و یا چهار گوش) برابر ماکزیمم مساحت بر روی منحنی توزیع جرم و در نظر گرفتن حجم مواد اکسیده

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

می‌باشد. روش بکار گرفته شده برای محاسبه ابعاد بیلت به صورت زیر است:

۱- بدست آوردن مقطع بیلت:

$$A_{bi} = A_{max}\ (۱ + FI)$$

که در آن A_{max} ماکزیمم سطح مقطع نمایش داده شده در منحنی توزیع جرم بوده و FI درصد مواد اکسیده می‌باشد که معمولاً مقدار آن ۰/۰۳ در نظر گرفته می‌شود.

۲- بیلت می‌تواند گرد یا چهارگوش باشد. اندازه قطر و یا طول ضلع مقطع بیلت در هر حالت به صورت زیر قابل محاسبه است:

الف- اندازه قطر برای گرد: $D_c = ۱/۱۲۸\ A_{bi}$

ب- طول ضلع برای بیلت چهار گوش $S_c = \sqrt{A_{bi}}$

۳- مقدار D_c یا S_c بدست آمده با اندازه‌های موا خام قابل دسترسی مقایسه شده و نزدیکترین اندازه به D_c یا S_c انتخاب می‌گردد.

۴- آنگاه حداقل طول بیلت مورد نیاز (L_b) از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$L_b = \frac{V}{A_b}$$

که در آن V حجم قطعه فورجینگ (شامل پلیسه و مواد کسیده) و A_b ، مساحت مقطع انتخاب شده می‌باشد.

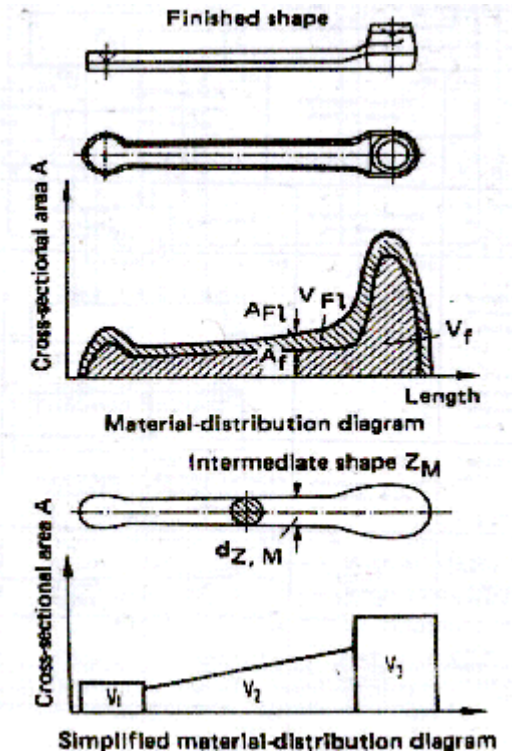
۶-۲-۳-۳-۱-نحوه ترسیم منحنی توزیع جرم

یک نقشه اندازه گذاری شده از هندسه قطعه نهایی را همراه با کانال پلیسه، بگسترانید.

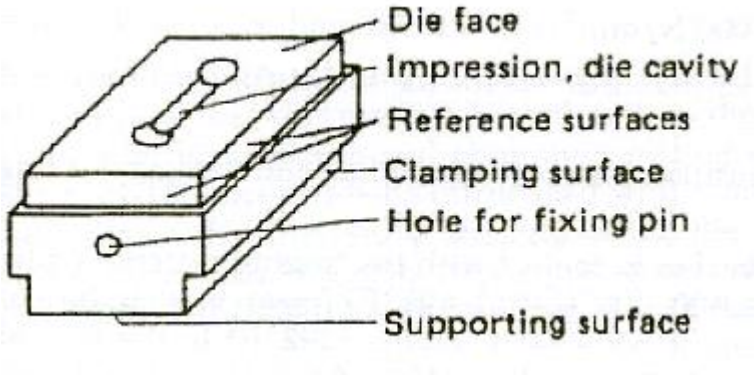
۱. یک خط مبنا موازی خط محور قطعه برای تعیین مساحت، ایجاد نمایید.
۲. مساحت های ماکزیمم و مینیمم مقاطع را عمود بر خط محور قطعه تعیین می کنید.
۳. مساحت مقاطع مختلف قطعه را حساب می کنید.
۴. نقاطی را که بیانگر مقدار مساحت ها می باشد با فواصل متناسب از خط مبنا رسم می کنیم.
۵. این نقاط را با یک منحنی نرم به هم وصل می کنید.
۶. بالی این منحنی، مساحت تقریبی پلیسه در هر سطح مقطع را ضمن توجه به مقاطعی که در آنها پلیسه باید عریض ترین باشد، اضافه نمایید. پلیسه به طور کلی دارای ضخامت ثابتی خواهد بود اما در مقاطع باریک تر، پهن ترین ودر مقاطع عریض تر، کوچک ترین خواهد بود.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۷. مقادیر مساحت های ماکزیمم و مینیمم را به شکل های مستطیلی یا گرد تبدیل می کنید که دارای مساحت سطح مقطع مشابهی هستند.

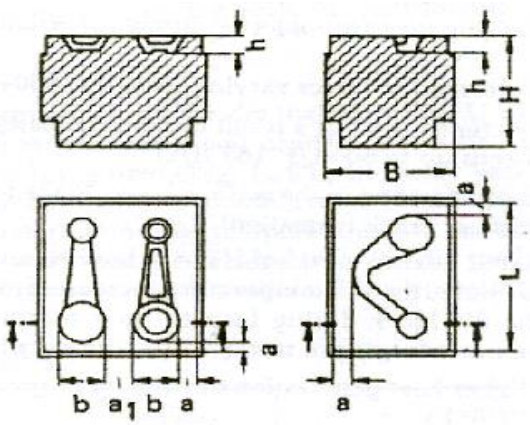


شکل(۶-۳۴): نمودار توزیع جرم برای یک قطعه ی مستطیلی



شکل(۶-۳۵): قسمت های مهم یک قالب آهنگری

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



h, mm (in)	a, mm (in)	a_1, mm (in)	H,[a] mm (in)
6 (0.24)	12 (0.47)	10 (0.39)	100 (3.94)
10 (0.39)	32 (1.26)	25 (0.98)	125 (4.92)
40 (1.57)	56 (2.20)	40 (1.57)	200 (7.87)
100 (3.94)	110 (4.33)	80 (3.15)	315 (12.40)

[a]Add 10–25 mm (0.4–1.0) in the case of resinking.

شکل(۶-۳۶): اندازهای عمومی یک قالب آهنگری

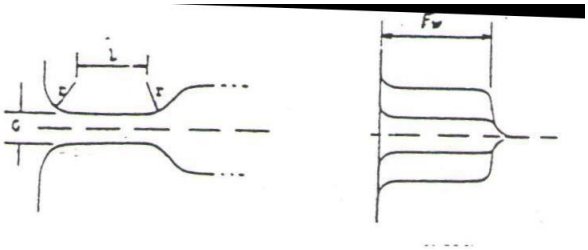
۶-۲-۳-۴-طراحی قالب فولر

همانگونه که در شکل۶-۳۷ نشان داده شده است حفرهٔ قالب فولر شامل یک قسمت قالب و یک قسمت محفظه می‌باشد. قالب قسمتی است که در آن بیلت تحت تغییر شکل قرار می‌گیرد و محفظه، قسمتی از بیلت را در خود دارد که نباید تغییر شکل دهد.

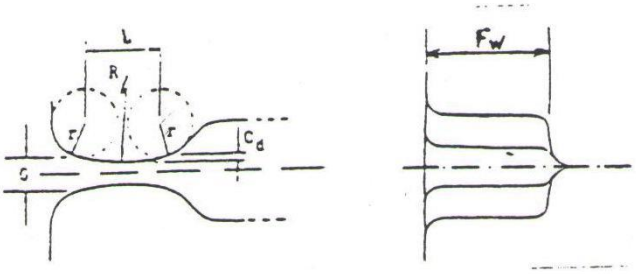
هندسهٔ قالب فولر بوسیله پروفیلهای طولی و جانبی آن بیان می‌شود . پروفیل طولی می‌توان تخت و یا قوسی باشد. پروفیل طولی تخت دارای دو کمان انتهایی به شعاع r می‌باشد که بوسیله یک قسمت تخت به یکدیگر متصل شده‌اند. (شکل۶-۳۷ الف)پروفیل طول قوسی، کمانهای انتهایی بوسیله شعاع اصلی (R) به یکدیگر متصل شده‌اند. (شکل ۶-۳۷ ب) بین مراکز کمانهای انتهایی برابر طول فولر (L) می‌باشد. مقدار دهانهٔ فولر (G) برای پروفیلهای طولی تخت و قوسی متفاوت است. طول و دهانهٔ فولر، دو بعد مهم قالب فولر بوده که بر روی کاهش مقطع و افزایش طول بیلت اثر می‌گذارند.

عموماً طراحی قالب فولر شامل دو مرحله می‌باشد: (الف) انتخاب مراحل و (ب) طراحی هندسه قالب برای هر مرحله.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



الف) پروفیل طول تخت



ب) پروفیل طول قوسی

شکل(۶-۳۶):عنوان پروفیلهای طولی و جانبی قالب فولر

(الف) انتخاب مراحل فولر، بستگی به منحنی توزیع جرم دارد. پس از ترسیم منحنی توزیع جرم، طراح باید در نقاطی از منحنی مزبورکه تغییرات قابل ملاحظه‌ای در مساحت مقطع رخ می‌دهد، آنرا به چند قسمت تقسیم نماید. سپس حجم و سطح مقطع متوسط هر قسمت از منحنی توزیع جرم محاسبه شده و به این ترتیب نمودار بلوکی بدست می‌آید که نمودار بلوکی، شکل تقریبی قطعه، پس از پایان کلیه مراحل فولرینگ می‌باشد. تعداد بلوکهای نمودار بلوکی مبین تعداد قالبهای فولر مورد نیاز است. برای مثال قطعه نشان داده شده در شکل۶-۳۷ را در نظر بگیرید. منحنی توزیع جرم این قطعه در شکل۶-۳۷ الف، نشان داده شده است. این منحنی توسط طراح به سه قسمت LC , LB , LA تقسیم شده است (شکل ۶-۳۷ ب). نمودار بلوکی نظیر این تقسیم بندی در شکل۶-۳۷ ج، نشان داده شده است. طول ضلع در بلوک برابر است با $(D_t=V_t/L_t)$ که L_t , V_t , D_t به ترتیب با طول ضلع بلوک، حجم و طول نظیر آن قسمت می‌باشد. در این نمودار بلوکها دارای سه ارتفاع متمایز از یکدیگر $(D_c$, D_b $D_a)$ می‌باشند. از اینرو به دو قالب فولر نیاز می‌باشد، به کمک قالب اول ارتفاع قسمتهای ۲ و ۳ از بیلت (شکل ۶-۳۷ هـ) را به ارتفاع D_c رسانده و با استفاده از قالب دوم قسمت میانی به ارتفاع D_b می‌رسد.

معمولاً در صنعت آهنگری ، برای جلوگیری از کاهش میزان تولید، برای یک قطعه. بیش از دو قالب فولر طراحی نمی‌شود.

(ب) پس از آنکه تعداد مراحل فولر توسط طراح انتخاب گردید، نوبت به طراحی هندسهٔ قالب فولر می‌رسد. طراحی هندسهٔ فولر با محاسبه دهانهٔ فولر (G) و طراحی پروفیل طولی و جانبی آن صورت می‌گیرد. برای طراحی دهانهٔ فولر روابط زیر از سوی جویس که توسط اکثر متخصصین و

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

صنعتگران فورجینگ پذیرفته شده‌اند پیشنهاد شده است:

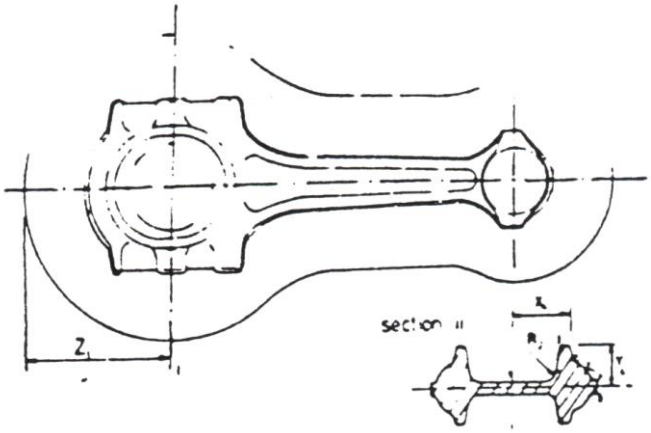
برای پروفیل طولی تخت:

$$G = \sqrt{A}$$

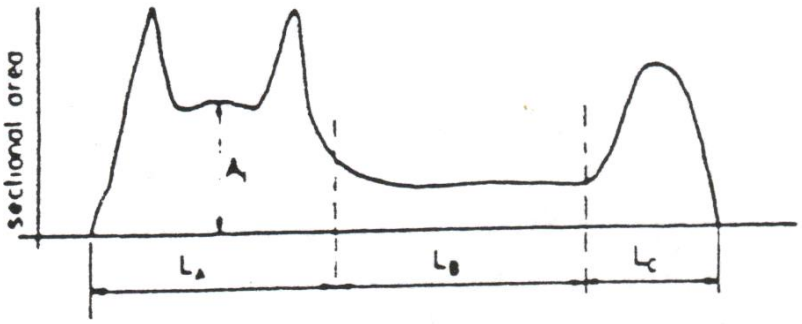
برای پروفیل طولی قوسی:

$$G = \sqrt{A} - (1.6 to 3.2 mm)$$

الف- قطعه آهنگری شامل پلیسه

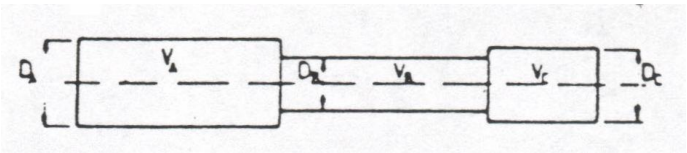


ب- منحنی توزیع جرم

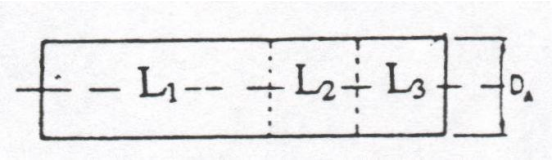


ج- نمودار بلوکی

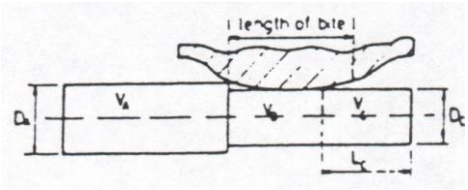
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



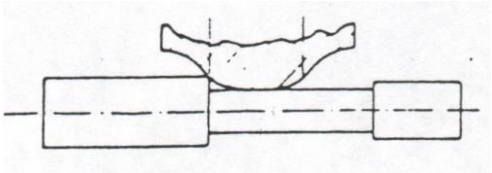
د- حجم معادل هر قسمت بر روی بیلت



هـ – مرحله اول فولرینگ



و- مرحله دوم فولرینگ



شکل(۶-۳۷): انتخاب مراحل در عملیات فولرینگ

که در روابط فوق، A (برحسب میلیمتر مربع)، مساحت مقطع بلوک شکل گیرنده در قالب فولر، بدون در نظر گرفتن پلیسه می‌باشد.

برای جلوگیری از کمانش. حداقل دهانهٔ فولر (G_{min}) نباید کوچکتر از یک سوم اندازه قطر یا ضلع مقطع بیلت چهار گوش باشد. اگر دهانهٔ فولر (G) کوچکتر از G_{min} باشد، طراح دو راه حل را می‌تواند انتخاب نماید. راه حل اول این است که مجدداً منحنی توزیع جرم را تقسیم بندی نماید. در راه حل دوم دهانه فولر برابر G_{min} در نظر گرفته ولی منحنی توزیع جرم باید اصلاح شود. اصلاح شدن منحنی نیز به این صورت است که در یک فاصله، سطوح مقطع بر روی منحنی توزیع جرم باید افزایش یابند. این عمل سبب می‌شود که در این فاصله در قالب نهایی پلیسه بیشتری تشکیل

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

گردد. طراح باید افزایش حجم مذکور را در بیلت نیز منظور نموده و تقسیم بندی منحنی توزیع جرم را مجدداً آغاز نماید.

برای طراحی پروفیل طولی قالب فولر. ابتدا باید طول فولر (L) محاسبه گردد. طول فولر، فاصله دو مرکز کمانهای لبه پروفیل طولی (شکل ۶-۳۶) می‌باشد و برای محاسبه آن رابطه زیر پیشنهاد شده است.

$$L = (X)-۱۳\ mm$$

در این رابطه طول ضربه (X) برابر طولی از بیلت است که حجم آن با بلوک و یا بلوکهایی که در قالب فولر شکل پیدا می‌کند، مساوی باشد. برای مثال در شکل ۶-۳۷ د، طول ضربه برای قالب فولر اول برابر $L_۲+L_۳$ می‌باشد. واضح است که طول فولر نباید منفی شود به عبارت دیگر طول ضربه کوچکتر از ۱۳ میلیمتر باشد. در صورتی که این حالت بوجود بیاید طراح باید یکی از راه حلهای بیان شده در قسمت قبل را انتخاب نماید.

در مورد انتخاب پروفیل طولی، جویس چنین بیان داشته که پروفیل طولی قوسی، امکان کاهش سطح مقطع و افزایش طول بیشتری را نسبت به پروفیل طولی تخت فراهم می‌آورد. برای پروفیل طولی قوسی باید پارامترهای عمق انحناء (C_d) و شعاع اصلی (R) محاسبه شوند برای محاسبه عمق انحناء رابطه زیر پیشنهاد شده است. مطابق با این روابط مقدار عمق انحناء بین ۱/۶ تا ۳/۲ تغییر می‌کند.

اگر $D_۰ > ۲۵\ mm$

$$C_d = 3/2 - 1/6\left(\frac{25}{D_0}\right)$$

و اگر $D_۰ < ۲۵\ mm$

$C_d = ۱/۶$

که در روابط فوق، $D_۰$ قطر یا ضلع مقطع بیلت چهار گوش است. مقدار شعاع اصلی باتوجه به روابط هندسی حاکم بر پروفیل قوسی (شکل۶-۳۶ ب) برحسب r، C_d و L مطابق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\left(\frac{L/2}{R-r}\right)^2 + \left(1-\frac{C_d}{R}\right)^2 = 1$$

که در این رابطه،r شعاع لبهٔ انتهایی. پروفیل طولی بوده و مقدار آن از جدول برحسب دهانهٔ فولر (G) بدست می‌آید.

برای مشخص کردن پروفیل عرضی، باید مقدار عرض آن (F_w) محاسبه گردد. برای محاسبه عرض

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

فولر از رابطه A/G ۰,۷۵ $=F_w$ استفاده می‌شود. در این رابطه، A، مساحت مقطع قسمتی است که در قالب فولر شکل می‌گیرد و G، اندازهٔ دهانهٔ فولر می‌باشد. این رابطه حداقل عرض لازم برای قالب فولر را مشخص می‌کند.

مقدار عرض فولر باید به اندازه‌ای باشد که بیلت تغییر شکل یافته را در خود جای دهد. در غیر اینصورت قطعهٔ تولیدی دارای عیب و نقص خواهد شد. از اینرو F_w نباید از ۱/۴ الی ۱/۵ برابر قطر یا ضلع بیلت، کوچکتر انتخاب گردد.

جدول (۶-۱۱):شعاع لبهٔ انتهایی قالب فولر برحسب دهانهٔ فولر

شعاعهای انتهایی (mm)	دهانهٔ فولر (m)
۱۳	۵-۱۱
۱۵	۱۲-۱۴
۱۷	۱۵-۱۷
۲۰	۱۵-۲۰
۲۳	۲۱-۲۳
۲۵	۲۴-۲۷
۲۵	۲۸-۳۱
۲۵	۳۲-۳۵
۲۸	۳۶-۳۹
۳۰	۴۰-۴۴
۳۰	۴۵-

۶-۲-۳-۵-طراحی قالب رولر

هندسه قالب رولر نیز، توسط پروفیلهای طولی و عرضی مشخص می‌گردد، پروفیل طولی، در دو انتها دارای قسمتهای گردنه و دنباله و در قسمت میانی دارای پروفیلی است که از شکل نمودار معادل تبعیت نموده و تغییر فرم قطعه، در این قسمت صورت می‌گیرد.

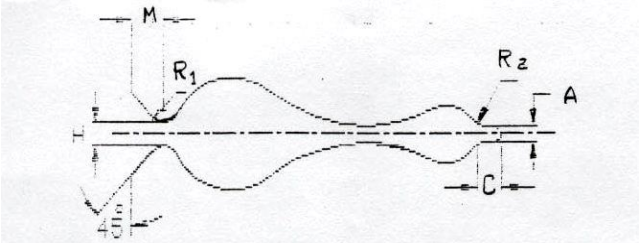
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

اولین گام در طراحی قالب رولر، ترسیم منحنی توزیع جرم می‌باشد. سپس با گرفتن جذر مساحت مقطع قطعه در هر نقطه از محور طولی آن، اندازه ضلع مقطع نمودار معادل در همان نقطه بدست می‌آید. نمودار معادل ایده‌آل ترین قطعه فرم برای قالبهای بلوکر و یا نهائی است. بنابراین اگر پروفیل طولی قالب رولر، دارای هندسهٔ نمودار معادل باشد، بسیار مطلوب و ایده‌آل خواهد بود. از اینرو بیسواس و نایت پیشنهاد کرده‌اند که پروفیل طولی قالب رولر، با برازش یک منحنی اسپیلاین بر روی نمودار معادل بدست می آید. اما دین بر این اعتقاد بوده است که نمودار معادل دارای تغییرات ناموزون و شدید در سطح مقطع می‌باشد و اگر قالب رولر نیز دارای چنین هندسه‌ای باشد، علاوه بر آنکه جریان مواد به دشواری صورت می‌گیرد. ساخت قالب مزبور نیز مشکل خواهد شد.

پس از برازش منحنی پروفیل طولی رولر بدست می‌آید مرحله بعد طراحی قسمتهای دیگر است همانطور که قبلاً گفته شده پروفیل طولی در دو انتها دارای گردنه و دنباله می‌باشد.

گردنه به منظور کاهش موضعی مقطع بیلت مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدین ترتیب طول قسمتی که تحت عملیات رولر قرار می‌گیرد و در نتیجه میزان موادی که در حفره قالبهای آهنگری بعدی جای داده می‌شود، تحت کنترل واقع می‌گردد. همچنین گردنه در انتهائی از قالب رولر که به اپراتور نزدیکتر است، در مقابل جریان مواد به سمت خارج مقاومت می‌کند. توماس توصیه نموده است که دهانه گردنه رولر یک چهارم عرض بیلت باشد. هندبوک چینی جدولی را نشان داده است که بر اساس اندازه عرض بیلت مقادیر پارامترهای مختلف گردنه ذکر شده است.

دنباله در انتهائی از پرفیل که از اپراتور دورتر است قرار می‌گیرد. وجود این قسمت برای موادی که به این ناحیه روی می‌آورند ضروری است. توماس پیشنهاد نموده است که دهانهٔ دنباله نباید کمتر از ۶ میلیمتر باشد و بایستی توسط کمانی با شعاع حداقل ۱۰ میلیمتر به انتهای پروفیل رولر، الحاق شود. شکل زیر اطلاعات مفصل‌تری در مورد ابعاد مختلف آن ارائه کرده است.



Bar Size	A	C	R_2	H	R_1	M
<30	4	20	5	10-12	5	15-20
30-50	6	25	5	12-16	5	20-25
50-80	9	30	10	16-20	10	25-30
80-100	10	35	10	20-26	12	30-38
>100	12	40	10	>26	15	>16

شکل(۶-۳۸)

مرحله بعد محاسبه عرض قالب رولر است. در کل در انتخاب پروفیل عرض قالب رولر باید توجه داشت که هر چند پروفیل تحت سهولت بیشتری در ساخت دارد ولی در مقایسه با پروفیل شیاری

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

از نظر توزیع عرضی مواد دارای محدودیت و ممانعت کمتری است. از اینرو بیشتر در صنعت از آن استفاده می‌شود و دلیل دیگر اینکه در تجمع مواد و افزایش مقطع قطعه دارای تأثیر بیشتری می‌باشد.

پروفیل عرضی باید به اندازه‌ای باشد تا موادی را که به صورت جانبی جریان می‌یابند را در خود جای دهد. عرض یک پروفیل عرضی با مساوی قرار دادن مساحت آن با مساحت مقطع مربوطه در نمودار بلوکی محاسبه می‌گردد. این عرض محاسبه شده بیش از اندازه مورد نیاز است زیرا بنا به اظهار جویس به واسطه جریان طولی مواد به اندازه ۷۵٪ عرض محاسبه شده فوق به طور جانبی توزیع می‌گردد. از اینرو استفاده از عرض محاسبه شدهٔ مزبور در بردارنده این ضریب اطمینان می‌باشد که بتوان قطعه را تا اندازه‌ای خارج از مرکز قالب قرار داد.

عرض ماشینکاری شده قالب رولر، ماکزیمم عرض محاسبه شده در مقاطع مختلف پروفیل طولی می‌باشد. این انتخاب موجب آن می‌شود که حجم حفره رولر از حجم نمودار معادل بیشتر گردد و نیز فلزی که به طور عرضی در قالب جریان می یابد بهتر در آن جای گیرد.

۶-۲-۳-۶-طراحی قالبهای پیش فرم بلوکر

اصولاً محفظه قالب پیش فرم بلوکر مشابه قالب نهائی است با این تفاوت که پیچیدگیهای آن کمتر است و شعاع گوشه و لبه بزرگتری دارد و به منظور جلوگیری از سرد شدن قطعه و جریان یافتن راحت‌تر مواد، راهگاهها و دیواره‌ها را نیز اصلاح می‌کنند برای طراحی قالبهای بلوکر نکاتی را باید مد نظر گرفت که در زیر برخی از آنها اشاره می‌کنیم.

عریض‌ترین قسمت قالب پیش فرم در سطح قالب، بسته به اندازه و پیچیدگی قالب آهنگری ۱/۶-۴/ میلیمتر نسبت به عرض مربوطه در قالب نهائی بایدکوچکتر باشد. در قطعات بزرگتر این مقدار بیشتر می‌شود.

این کار سه مزیت دارد:

الف-در صورت فرسایش عرضی قالب پیش فرم می‌توان همچنان از آن استفاده نمود .

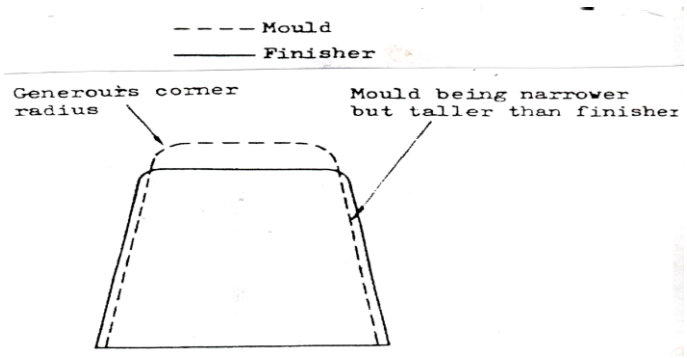
ب-جایگذاری آسانتر قطعه در قالب نهائی.

ج-ممانعت از بوجود آمدن برش قطعه توسط دیواره‌های قالب نهائی.

بسیار ضروری است که پیش فرمی که از قالب بلوکر خارج شده، بتواند ماده کافی برای پرکردن محفظه قالب نهائی را داشته باشد. به همین دلیل حجم قالب بلوکر، نباید کمتر از حجم محفظه قالب نهائی بعلاوه حجم پلیسه در نظر گرفته شود.

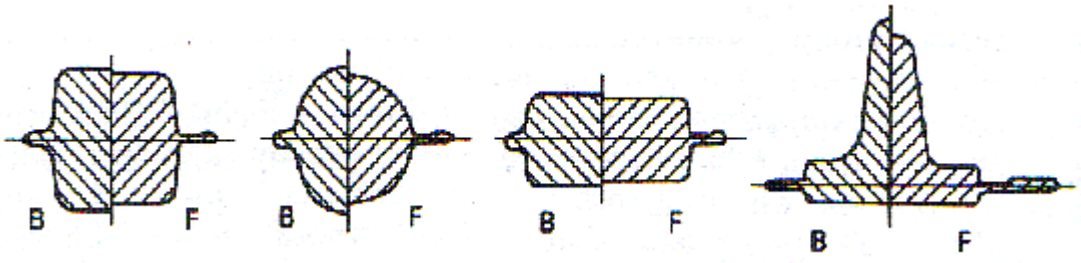
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

در عمل به منظور جبران‌سازی حجم ناشی از کاهش در عرض سطح مقطع قالب بلوکر، محفظه قالب عمیق‌تری در قالب بلوکر نسبت به قالب نهائی ایجاد می‌کنند به این روش، روش نازکتر-بلندتر گفته می‌شود که در شکل ۶-۳۹ آمده است.

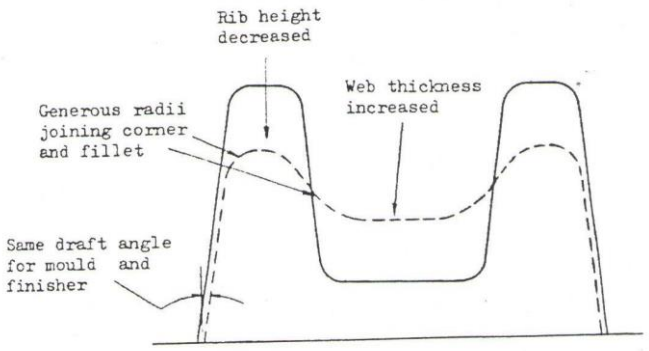


شکل (۶-۳۹): طراحی قالب بلوکر به روش نازکتر بلندتر

البته در مواردی که سطح مقطع نهائی دارای برآمدگیهای بلند و نازک باشد، استفاده از روش فوق پیشنهاد نمی‌شود، چون از دست دادن حرارت و نازک شدن آنها را در پی خواهد داشت. در این موارد راهگاههای ضخیم‌تر همانطور که در شکل ۶-۴۰ نشان داده شده است پیشنهاد می‌شود.



شکل (۶-۴۰):مقاطع بلوکر و نهایی برای شکل های مختلف (B، پیش کل؛ F، نهایی)



شکل(۶-۴۱)

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۶-۲-۳-۶-۱-شعاعهای گوشه و لبه

شعاع گوشه و لبه‌ای که سطوح شکل قطعه پیش فرم را به هم متصل می‌کنند باید تا اندازه ممکن بزرگ ساخته شوند تا مواد راحت‌تر جریان پیدا کنند.

۶-۲-۳-۶-۲-پلیسه در قالب بلوکر

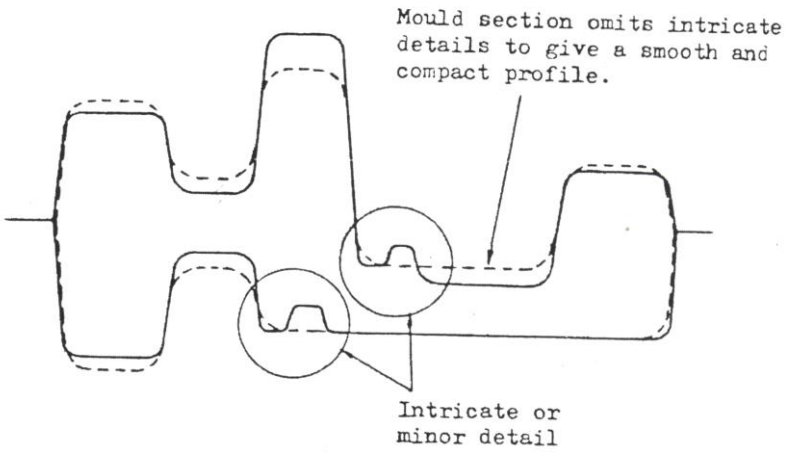
می‌توان مانند قالب نهائی در قالب بلوکر نیز پلیسه طراحی نمود هر چند در عمل متداول است که این عمل صورت نگیرد و دلیلش این است که در طی مدت زمانی که قطعه از قالب بلوکر به نهائی منتقل می‌گردد، پلیسه که دارای ضخامت بسیار کوچکی است سریعاً سرد گردیده و تغییر شکل قطعه در نقاط نزدیک به لبه قالب را دشوار می‌سازد.

۶-۲-۳-۶-۳-زوایای شیب

زوایای شیب در قالب بلوکر، باید قالب نهائی برابر باشد و آن به این دلیل است که قرار دادن قطعه پیش فرم در قالب نهائی آسانتر باشد.

۶-۲-۳-۶-۴-حذف کردن جزئیات پیچیده در سطح مقطع نهائی

جزئیات پیچیده اغلب در طراحی قالب بلوکر حذف می‌شود به این دلیل که اگر این جزئیات در قالب پیش فرم باشد آنها تمایل دارند که خیلی سریع سرد شوند و بنابراین در پر شدن قالب مشکل ایجاد می‌شود شکل۶-۴۲ یک نمونه را نشان می‌دهد.



شکل (۶-۴۲)

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۶-۳-بلوک قالب

در مورد ابعاد بلوک قالب، هر کارخانه برای ماشینهای آهنگری مختلف خود، اندازه‌های معین و مشخص را مورد استفاده قرار می‌دهد. به عبارت دیگر با معلوم بودن ظرفیت چکش و یا پرس، طراح ابعاد استاندارد موجود در کارخانه را برای ابعاد مختلف بلوک قالب به کار می‌برد.
مثلاً برای چکش‌های lb ۵۰۰-۲۵۰، ۳۰٪ مساحت رم، ۳۵٪ برای چکش‌های lb ۵۰۰۰-۳۰۰۰ و ۴۰٪ برای چکش‌های با ظرفیت lb ۶۰۰۰ و بالاتر.
البته این اندازه‌ها نیز باید طوری باشد که جا برای پلیسه و محفظه پلیسه و پیش‌فرم‌ها و راهگاهها و سایر قسمتها موجود باشد .
در مراجع نیز آمده است که مثلاً برای قالبهای تک حفره‌ای در حالت آهنگری با چکش باید اندازه بلوک به این صورت باشد که فاصله بین محیط خارجی بلوک و لبه حفره نباید کمتر از ۱/۵ برابر حفره باشد.

۶-۳-۱- بلوک قالب چندحفره‌ای

پس از مشخص شدن ابعاد بلوک قالب موقعیت حفره‌های قالب مختلف قالبهای پیش‌فرم و نهائی بایستی بر روی آن مشخص شود. اما قبل از این عمل، باید مرکز فشار قالبهای بلوکر و نهائی که نقش مهمی در موقعیت آنها بر روی بلوک قالب دارند مشخص گردند .

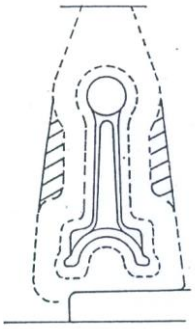
۶-۳-۲-موقعیت حفره‌های مختلف بر روی بلوک قالب

در این مرحله طراحی باید عوامل مختلفی مدنظر طراح باشد تا بتواند هیئت مناسبی از حفره‌ها را بر روی بلوکی با حداقل اندازه مشخص کند.
نخست باید پلان حفره‌های بلوکر و نهائی کنترل شود، به‌خصوص در مواردی که قطعه آهنگری نسبت به سطح جدایش متقارن نباشد. پس بایستی نقش حفره نهائی، به همراه گلوگاه و کانال پلیسه در اطراف آن ترسیم شود. در نقاطی که انتظار تولید پلیسه بیشتری می‌رود بهتر است که عرض کانال پلیسه، بزرگتر در نظر گرفته شود. اغلب می‌توان مانند شکل۶-۴۳ قسمتهای عریض‌تر را توسط خطوط مستقیمی به یکدیگر متصل شود.
آنگاه نقش حفره بلوکر، به همراه گلوگاه و کانال پلیسه آن (در صورتیکه برای آن پلیسه طراحی شده باشد) در سمت چپ و یا راست حفره نهائی ترسیم می‌شود.

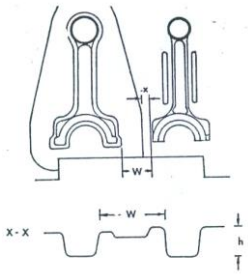
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

به عنوان یک اصل کلی عریض‌ترین قسمت بلوکر بایستی حداقل شش میلیمتر از لبه کانال پلیسهٔ حفره نهائی فاصله داشته باشد. البته در مواردی که عمق حفره بیشتر است این مقدار فاصله نیز بیشتر می‌شود. در برخی موارد هنگامیکه که محور طولی قطعه مستقیم است، در صورتیکه حداقل فاصله بین دو حفره بلوکر و نهائی زیاد باشد. می‌توان آندو را نسبت به هم سروته ترسیم نمود تا قسمتهای عمیق آندو، مجاور یکدیگر نباشند و بدین ترتیب میزان حداقل فاصله مورد نیاز تقلیل یابد.

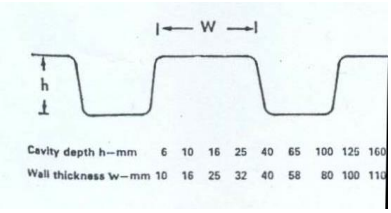
-حفره نهایی همراه گلوگاه و کانال پلیسه



-موقعیت حفره بلوکر نسبت به نهایی



-حداقل عرض لازم بین حفره ها

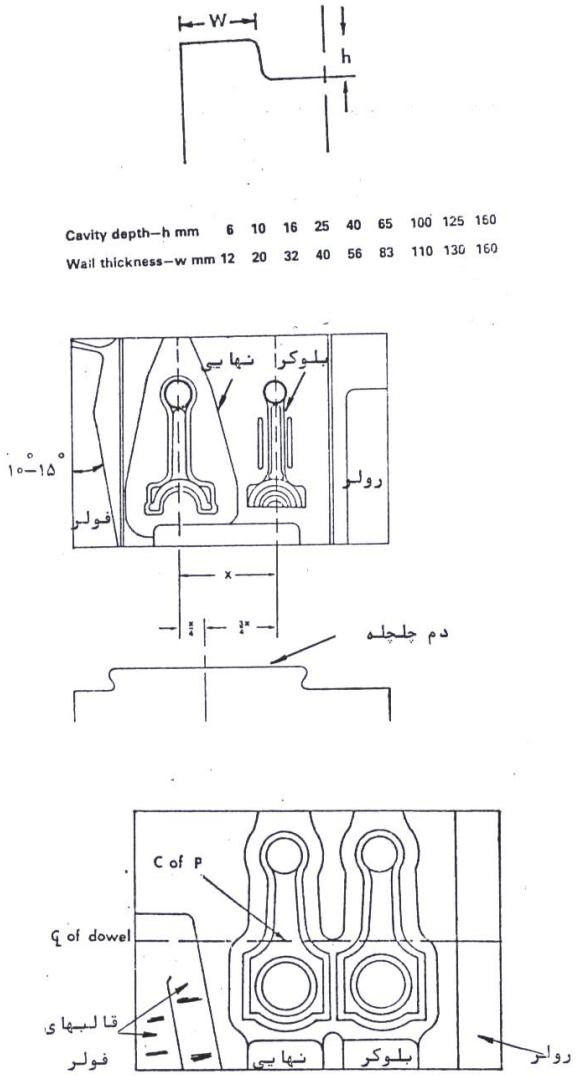


شکل (۶-۴۳)

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

همچنین هنگامیکه به علت عمیق بودن حفره بلوکر در قالب تحتانی انتظار رود که حفره مزبور کاملاً پر نشود بهتر است که برای قالب نهائی، حفرهٔ مربوطه در قالب فوقانی ماشینکاری شود.
این وارونگی حفره قالب نهائی، در مورد قطعاتی که دارای سطح جدایش تخت می‌باشند قابل استفاده است. جدول زیر را می‌توان به عنوان معیاری برای حداقل ضخامت دیوارهٔ بین لبه بلوکی قالب یا لبه حفره پیش‌فرم و حفره‌های بلوکر یا نهائی، مورد استفاده قرار داد.
در صورتیکه پیش‌فرم رولر مورد استفاده قرار گیرد، بایستی نمای پلان آن، در کنار حفره بلوکر ترسیم گردد. حفره قالب یا قالبهای فولر در کنار حفره نهائی و تحت زاویه ۱۰ الی ۱۵ درجه نسبت به لبه جانبی بلوک قالب ترسیم می‌شوند. این موقعیت قالب فولر، موجب صرفه‌جوئی در استفاده از سطح بلوکر قالب گردیده و نهایتاً سطح تحت فشار بین دو قالب را افزایش داده و برای استحکام آنها می‌افزاید.
پس از مشخص شدن موقعیت حفره‌های مختلف بر روی بلوک قالب، حداقل اندازهٔ آن تعیین می‌گردد. و سپس نزدیکترین اندازهٔ موجود و استاندارد برای بلوک قالب انتخاب می‌شود.
در قالبهای چند حفره‌ای معمولاً امکان انطباق خط مرکزی حفره نهائی بر روی خط مرکزی دم چلچله وجود ندارد پس پیشنهاد شده است تا فاصله مرکز حفره بلوکر تا خط مرکزی دم چلچله سه برابر فاصله حفره نهائی تا خط مرکزی فوق باشد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل (۶-۴۴)

به منظور ممانعت از حرکت قالب به جلو و عقب بایستی از پین قالب که یک نیمه آن در بلوک قالب و نیمه دیگر ان در پایه ماشین ا هنگری قرار می‌گیرد، استفاده نمود. بدین منظو می توان از پینهای قالب کناری یا مرکزی استفاده کرد که نوع دوم ان متداولتر است. چون بیشترین نیروی آهنگری در حفره نهائی رخ می دهد. خط مرکزی پین قالب بایستی منطبق بر مرکز فشار قالب نهائی انتخاب شود و این کار موجب کاهش تمایل قالب ها به حرکت جلو و عقب می‌گردد .

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۶-۴-قالبهای دوربری [۳۲] و سوراخکاری [۳۳]

قالبهای دوربری و سوراخکاری در عملیات آهنگری به ترتیب برای حذف کردن پلیسه اضافی وسوراخکاری به کار می برود. که این عملیاتها یک کار پیچیده است زیرا در هنگام انجام این عملیاتها عملیاتهای کشش و خمش و... نیز انجام می‌گیرد. هر چه تیزی لبه قالب کاهش یابد نیروی مورد نیاز افزایش می‌یابد.

۶-۴-۱-طراحی قالب دوربری

قالب اصلاح به اندازه ی قطعه در صفحه جدایش میباشد.

نکات زیر باید در طراحی قالب اصلاح مورد توجه قرار گیرد.

۱- ماده لبه برنده برای مقدار تولید مناسب باشد.

۲- وسایل موجود باید طوری باشد که عمل اصلاح به طور دقیق انجام شود

۳- قالب باید به گونه‌ای باشد که قطعه به سادگی بیرون بیفتد یا به راحتی بیرون آورده شود

۴- پلیسه باید به سادگی از سنبه جدا شود.

لبه برنده قالب اصلاح درست پروفیل قطعه در طول صفحه جدایش می‌باشد. هر چند اگر خط جدایش به صورت صاف نباشد (در یک صفحه نباشد) سطح قالب نیز باید به همان صورت باشد تا به طور کامل بر روی قطعه بنشیند.

ضخامت لبه برنده را می‌توان برحسب ضخامت پلیسه مشخص کرد که بین ۱ تا ۱/۵ برابر ضخامت پلیسه می‌باشد. که این مقدار بستگی به تعداد تعمیرات مورد نیاز و حرکت بسته دارد.

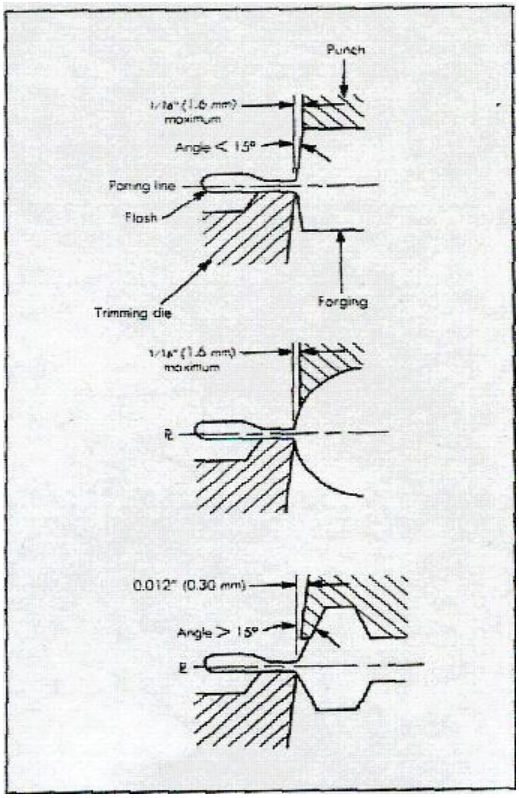
---

[۳۲] -Trimming

[۳۳] -Punching

www.Iran-mavad.com

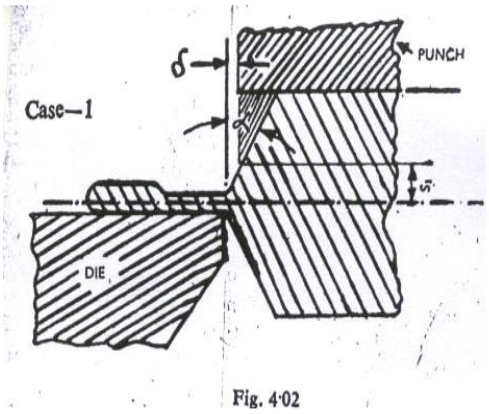
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل(۶-۴۵): ابزارهای متداول برای بریدن فلش قالب بسته

۶-۴-۲-لقی بین سنبه و قالب[۳۴]

همانطور که در قسمت بالا گفته شد اندازه قالب تریمینگ برابر اندازه قطعه در خط جدایش است. اما برای اینکه این عمل به خوبی انجام شود باید بین بسته و ماتریس مقداری لقی وجود داشته باشد که سینه وارد قالب شود، که این مقدار باید محدود باشد تا کیفیت کار بالا رود در جدول و شکلهای زیر این مقدار بیان شده است.



Case 1 : $\alpha < 15°$

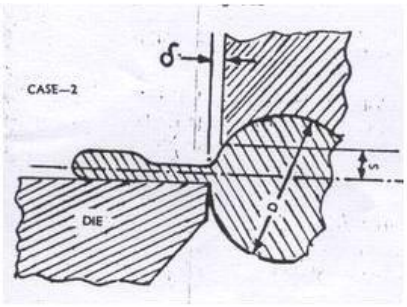
h	*clearance* mm
upto 5	0·3
5 to 10	0·5
10 to 19	0·8
19 to 24	1·0
24 to 30	1·2
>30	1·5

شکل (۶-۴۶): مقدار لقی برای اشکال با مقطع غیر گرد

[۳۴] -Clearance

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

D mm	δ mm
upto 20	0·3
20 to 30	0·5
30 to 48	0·8
48 to 59	1·0
59 to 70	1·2
>70	1·5



شکل(۶-۴۷): مقدار لقی برای اشکال با مقطع گرد

۶-۵-طراحی پیش‌فرمها به روشهای غیرتجربی

روشهائی که قبلاً گفته شد مبتنی بر تجربه است.روشهای دیگری برای طرحی پیش‌فرمها ارائه شده است که مبتنی بر اصول ریاضی و استفاده از شبیه‌سازیهای کامپیوتری است که این روشها عبارتند از:

۱- ترسیم تطابقی[۳۵]

۲- شبیه‌سازی تغییرشکل به طور معکوس[۳۶]

۳- جریان ایده‌آل ماده[۳۷]

۶-۵-۱- ترسیم تطابقی

اصول تئوری این روش به صورت زیر است:

انتقال یک شکل به شکل دیگری طبق یک معادله مشخصه‌ای را ترسیم تطابقی می‌گویند. از این موضوع برای انتقال شکل اولیه به شکل نهائی با در نظر گرفتن تساوی حجم قطعه قبل و بعد از تغییر شکل استفاده شده است.

با استفاده از این روش مثلاً المان $PQRS$ را از شکل نهائی به المان $P'Q'R'S'$ در شکل اولیه انتقال می‌دهیم.

اگر (xp_i,yp_i) مختصات نقطه iام بر روی شکل اولیه و (xf_i,yf_i) مختصات نقطه iام بر روی شکل نهائی باشد آنگاه:

$$x_i = xp_i + z[xf_I - xp_i] \qquad (۱)$$
$$y_i = yp_i + z[yf_i - yp_i]$$

---

[۳۵] -Conformal mapping

[۳۶] -Inverse simulation

[۳۷] -Ideal material flow

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

که مسیر تغییر شکل محور Z تعبیر می‌گردد یعنی (xp_i,yp_i) در مسیر $x(z)$ و $y(z)$ به نقطه (xf_i,yf_i) انتقال می‌یابد. تعبیر فیزیکی z زمان تغییر شکل یا کورس و حرکت کوبه و یا در اکستروژن محور اسکترود می‌باشد.

حال برای پیدا کردن نقاط مزبور به محیط قالب پیش‌فرم از میانیابی خطی بین لقمه اولیه و شکل نهائی استفاده می‌کنیم. در این میانیابی با انتخاب مقداری بین صفر و یک برای Z نقاط (xi,yi) از قالب پیش فرم بدست می‌آید $Z=0$ شکل اولیه لقمه را می‌دهد و $Z=1$ شکل نهائی قطعه را خواهد داد. (معادله ۱)

پس با مختصات بدست آمده مساحت را بدست می‌آوریم که با توجه به مساحت بدست آمده یک ضریب تصحیح پیدا می‌کنیم که مختصات بدست آمده را در ضریب تصحیح ضرب کرده و مختصات اصلی بدست می‌آید.

۶-۵-۲-شبیه سازی تغییر شکل به طور معکوس

در این روش شبیه‌سازی از شکل نهائی شروع شده و به شکل پیش‌فرم اصلاح شده یا بهینه شده که احتیاجات کیفیتی محصول را برآورده می‌کند خاتمه می‌یابد.

در این روش که از اجزاء محدود استفاده می‌شود فرض بر این استکه ماده موردنظر یک ماده ویسکوپلاستیک است به این معنی که تمام تغییر شکلها از نوع پلاستیک بوده و بعد از اینکه تغییر پلاستیک در ماده بوجود آمده همان تغییر شکل را به همان صورت در خود حفظ کرده و آنرا تغییر نمی‌دهد.

که مراحل انجام کار به صورت زیر است

۱- در ابتدا شکل محصول نهایی و قالبی که آن شکل را بوجود می‌آورد باید از نظر هندسی به طور کامل معلوم باشد با مش‌بندی کردن آن، از آن بعنوان مدل و نمونه اولیه در فرآیند شبیه‌سازی معکوس استفاده می‌شود.

۲- بعد از آن نوبت به شرایط مرزی می‌رسد. به این صورت که شرایط مرزی در گامهای زمانی متفاوت باید معلوم باشد. برای اینکار باید در ابتدا به صورت حدسی شرایطی به عنوان شرایط مرزی برای گره‌ها مشخص شود.

۳- از شکل نهائی محصول یک مرحله به عقب برگشته و شکل هندسی قطعه کار و قالب بر اساس میدان سرعت بدست آمده از مرحله دوم تغییر می‌دهیم. برای تعیین صحت و درستی پیش‌فرم بدست آمده از روش مستقیم استفاده کرده به این صورت که با اعمال شرایط مرزی در روش مستقیم و پیدا کردن دوباره میدان سرعت اگر همان میدان سرعت به روش مستقیم حاصل شد شکل پیش‌فرم درست است در غیر اینصورت باید دوباره این مرحله را تکرار کنیم.

۴- مرحله ۳ تا مادامیکه شکل بوجود آمده توسط روش مستقیم با شکلی که روش معکوس از آن شروع می‌شود یکی باشد، ادامه پیدا می‌کند.

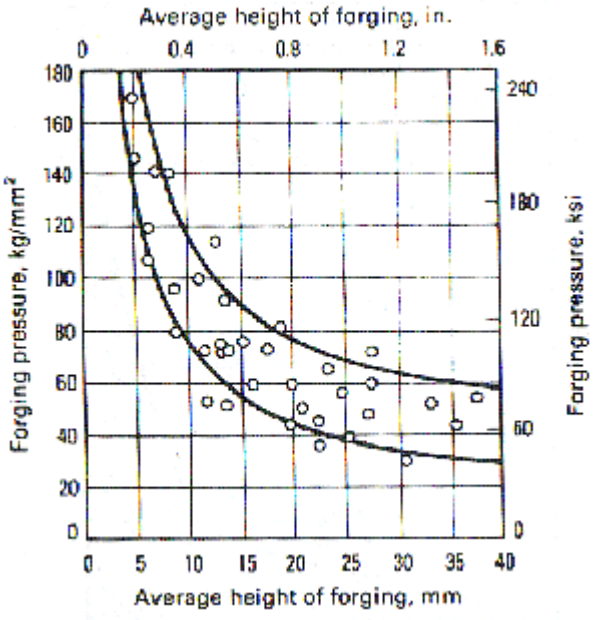
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۵- روش شبیه‌سازی معکوس با کامل کردن مراحل ۳و۴ در هر گام زمانی پیشرفت می‌کند و معمولاً وقتی که که یک گره در تماس با قالب باقی می‌ماند تمام می‌شود.

۶-۶-روش های تجربی برای تعیین فشار و بار آهنگری

در تعیین بار آهنگری به طور تجربی، مساحت سطح قطعه آهنگری با در نظر گرفتن ناحیه پلیسه، در فشار متوسط آهنگری که به طور تجربی بدست می آید، ضرب می شود. بسته به ماده و هندسه قطعه آهنگری، فشار آهنگری در عمل از ۲۰ تا ۷۰ $tone/in^2$ تغییر می کند. نیوبگر آزمایش هایی را برای آهنگری فولادهای کربنی مختلف (تا ۰/۶ ٪) و فولادهای کم آلیاژی با استفاده از نسبت گلوگاه پلیسه w/t (که w عرض گلوگاه پلییه و t ضخامت آن است) از ۲ تا ۴ (شکل) انجام دادند. آنها دریافتند که متغیری که بیشترین تأثیر را بر فشار آهنگری Pa دارد، ارتفاع متوسط Ha قطعه آهنگری است. منحنی پایینی به قطعاتی مربوط است که تا حدودی پیچیده ترند.

اغلب روش های تجربی که به صورت فرمول های ساده یا نمودار خلاصه شده اند، آنقدر کلی نیستند تا بتوانند بارهای آهنگری را برای قطعات و مواد متنوع برآورد کنند. در غیاب یک فرمول تجربی مناسب، می توان از روش های تحلیل مناسب و با درجه پیچیدگی متغیر برای محاسبه بار و تنش های آهنگری استفاده نمود. در بین این روش ها، ثابت شده است که روش نسبتاً که روش نسبتاً ساده قاجی برای برآورد بارهای آهنگری بسیار عملی می باشد.



شکل(۶-۴۸) : فشار آهنگری بر حسب ارتفاع متوسط آهنگری برای فولادهای کربنی و کم آلیاژی در نسبت گلوگاه پلیسه w/t از ۲ تا ۴

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۶-۷- عواملی که باعث خرابی قالب می‌شوند.

سه دلیل اساسی که باعث خرابی زودرس قالب می‌شود عبارتند از:

- بازگذاری بیش از حد[۳۸]
- عمل سایش (خوردگی)[۳۹]
- گرم کردن بیش از حد[۴۰]

۶-۷-۱-بارگذاری بیش از حد

اگر چه تعداد زیادی از خرابی‌های قالب را به خوردگی یا گرم کردن نسبت می‌دهد.ولی می‌توان با انتخاب دقیق فولاد قالب با سختی مناسب، بلوکی با اندازه مناسب، استفاده از فشارکاری مناسب، طراحی درست قالب و اطمینان از اینکه فلز به درستی جریان می‌یابد، قرار دادن درست قالب در چکش یا پرس از این اثر اجتناب کرد.

بارگذاری بیش از حد که در اثر نامناسب بودن اندازه چکش یا پرس بوجود می‌آید نمی‌تواند بوسیله بیش از حد گرم کردن قطعه کار جبران شود.

۶-۷-۲- خوردگی

خوردگی در اثر جریان یافتن و پخش کردن فلز گرم در قالب آهنگری یک امر غیرقابل اجتناب است.

خوردگی در حالات زیر زیاد است:

- آهنگری قطعه موردنظر سخت باشد.
- فلز موردنظر مقاومت به حرارت بالائی داشته باشد.
- اگر در قطعه کار پوسته پوسته شدن بوجود آید.

گر چه خوردگی را نمی‌توان به طور کامل حذف کرد ولی اثر آن را می‌توان با طراحی خوب قالب، دقت در انتخاب آلیاژ قالب و سختی آن و تکنیکهای آهنگری که شامل گرم کردن درست و روانکاری مناسب است به حداقل رساند.

۶-۷-۳-گرم کردن بیش از اندازه

هر چه قالب گرمتر شود مقاومت در برابر خوردگی آن کاهش می‌یابد و این عمل باعث خوردگی زود هنگام قالب می‌شود همچنین می تواند نتیجه تولید پیوسته باشد. اگر استفاده از سیستم‌های خنک کاری از نظراقتصادی مقرون به صرفه نباشد آن قسمت از قالب که بیشتر در معرض درجه حرارت

---

[۳۸] -Over Loading

[۳۹] -Corrosion

[۴۰] -Over Heating

www.Iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

بالاست باید از فولاد با مقاومت حرارتی بالا انتخاب شود.

۶-۸- عمر قالب

عمر قالب بستگی به چند عامل دارد که عبارتند از:

-ماده قالب و سختی آن

- ماده قطعه‌کار

- دمای اهنگری

- حالت قطعه کار در سطوح اهنگری

- نوع تجهیزات .

عوض کردن یکی از عوامل فوق بر سایر عوامل تأثیر می گذارد و تأثیر آنها ثابت نیست.

۶-۸-۱- ماده قالب و سختی آن

این عامل نفوذ زیادی بر عمر قالب دارد. قالبی که با یک انتخاب ماده خوب ساخته شده باشد می تواند سختی مناسب در برابر کرنش که دراثر دو عامل فشار بالا و نیروهای ناگهانی بوجود می آید. و همچنین می تواند مقاومت به سایش و مقاومت به ترک خوبی می تواند داشته باشد.

۶-۸-۲- ماده قطعه‌کار

هر ماده که آهنگری می‌شود مقاومت متفاوت به تغییرشکل پلاستیک دارد و بنابراین اثر خوردگی آنها نیز بر روی سطح قالب متفاوت است. مقاومت به تغییر شکل پلاستیک فولاد گرم با افزایش کربن یا آلیاژهای آن افزایش می‌یابد.

۶-۸-۳-طراحی قطعه کار

شکل و طراحی قطعه‌کار بیشترین نفوذ را به نسبت سایر عوامل در عمر قالب دارد.

اطلاعات آماری نشان می‌دهد که در آهنگری با چکش برای قطعات گرد ساده پنج قالب آزمایش شده است، که نشان می‌دهد که برای این عمل عمر قالبها بین ۶۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ است.

مقاطع نازک در قطعه آهنگری بدلیل اینکه فلز سریعتر سرد می‌شود در اثر سرد شدن مقاومت به سیلان آن بیشتر شده و باعث سایش بیشتر در قالب می‌شود و بنابراین مقاطع نازک باید در کوتاهترین زمان ممکن آهنگری شود.

برای افزایش عمر قالب همچنین باید زاویه شیب آن زیاد باشد.

۶-۸-۴-سرعت وشدت حرکت رم

بهترین عمر قالب زمانی بدست می‌آید که انرژی آهنگری به صورت سریع، یکنواخت و بدون فشار زیادی باشد. ولی یک عمل با انرژی بالا لزوماً نتیجه‌اش حداکثر عمر قالب نیست.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

اگر حرکت پرس ملایم باشد سایش قالب که در اثر فشار بوجود می آید ممکن است، کاهش یابد. اما افزایش تعداد حرکات پرس زمان آهنگری را زیاد خواهد کرد و اضافه شدن زمان، تماس قالب با فلز باعث کاهش عمر قالب می‌شود.

۶-۸-۵-عدم همراستائی قالبها

عدم همراستائی بین قالبهای بالا و پائین بعضی اوقات باعث یک سری مشکلات در آهنگری می‌شود. بعضی از این عدم همراستائی‌ها می‌تواند با طراحی درست از بین برود.

۶-۹- جنس قطعه کار

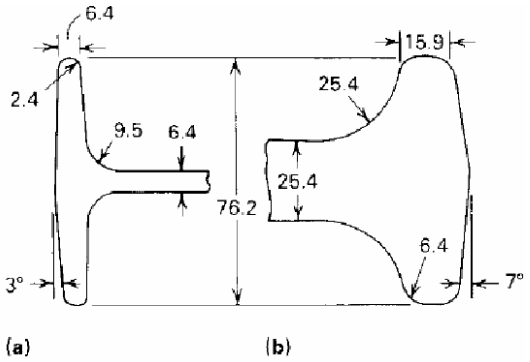
هر موادی که دارای کیفیت شکل دهی سرد و نرم پذیری باشد، می تواند به صورت نوسانی فورج شود. این مواد شامل کربن ، آلیاژهای فولاد ، فولادهای ضد زنگ ، برنج ، و آلیاژهای آلومنیوم است. در پروسه فورجینگ با افزایش مقدار کربن در فلزات ، از قابلیت فرم گیری و آهنگری آنها کاسته می شود. همچنین فولادهایی برای عملیات فورج مناسب می باشند که مقدار فسفر و گوگرد انها از ۰٫۱ بیشتر نباشد و اگر مقدار گوگرد در فولاد زیاد باشد باعث ایجاد شکستگی و ترکهایی بر روی فولاد گداخته می گردد.

ماده آهنگری، هم طراحی آهنگری و هم اجزای کل فرآیند آهنگری را تحت تأثیر قرار می دهد. هر ماده که آهنگری می‌شود مقاومت متفاوت به تغییرشکل پلاستیک دارد و بنابراین اثر خوردگی آنها نیز بر روی سطح قالب متفاوت است. مقاومت به تغییر شکل پلاستیک فولاد گرم با افزایش کربن یا آلیاژهای آن افزایش می‌یابد.

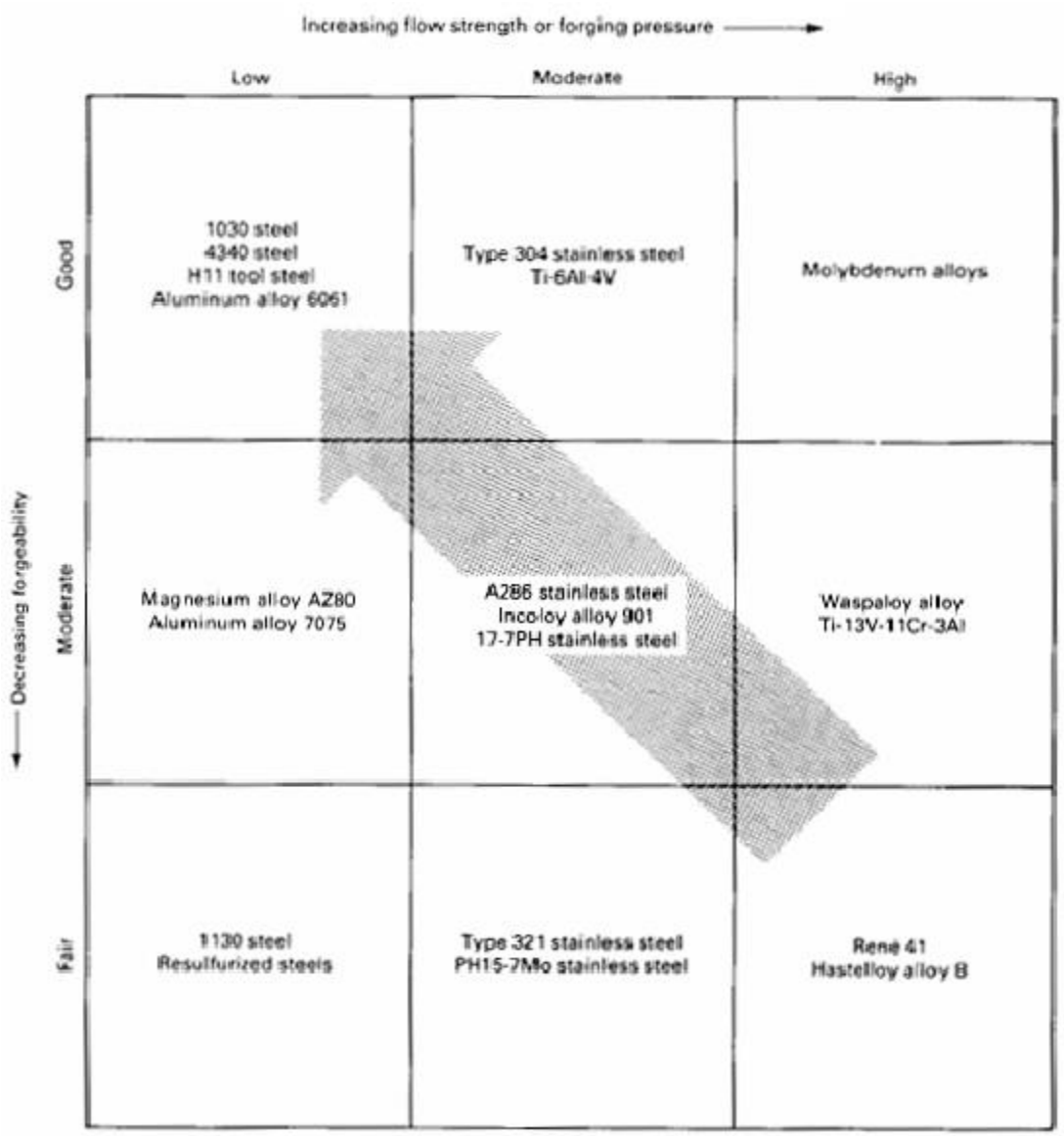
در آهنگری قالب بسته، ماده دارای دو مشخصه اصلی می باشد که شامل تنش سیلان و قابلیت آهنگری است. تنش سیلان، مقاومت به تغییر شکل، یعنی ضروریات بار، تنش و انرژی را تعیین می کند. با کاهش تنش سیلان، فشار قالب در طول پر شدن قالب حفظ می شود. واژه « قابلیت آهنگری » به طور کلی در مراجع برای نشان دادن ترکیبی از مقاومت به تغییر شکل و قابلیت تغییر شکل بدون شکست، مورد استفاده قرار گرفته است. نموداری که نشان دهنده این گونه از اطلاعات می باشد، در شکل (۶-۴۹) آمده است.

قطعاتی که به صورت سرد فورج می شوند بایستی نسبت ضخامت به قطرآنها از حد معینی بالاتر باشددر غیر اینصورت بهنگام فورج در آنها ایجاد پاره گی می شود. عموماً این مواد بایستی قبل ازفورج آنیل شوند یا در چند مرحله فورج شوند و نیز می توانند فورج گرم شوند برای این کار مواد تا نقطه زیر درجه حرارت کریستاله شدن حرارت و گرما داده می شوند این دما برای فولادها عموماً ۶۵۰تا ۸۰۰ درجه سانتی گراد است حرارات دهی زیر کریستاله شدن جهت حفظ ساختار و خواص فلز اعمال می شود.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل (۶-۴۹): مقایسه حدود متداول طراحی برای آهنگری قطعات سازه ای از نوع دیواره ای- راهگـاهی (a) آلیاژهای آلومینیوم و (b) ابر آلیاژهای پایه نیکل (تمام ابعاد به میلی متر).



شکل (۶-۵۰): نمودار کلی بیانگر تأثیر قابلیت آهنگری و تنش سیلان بر روی شدن قالب.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

Alloy group	Approximate forging temperature range °C	°F
Least difficult		
Aluminum alloys	400-550	750-1020
Magnesium alloys	250-350	480-660
Copper alloys	600-900	1110-1650
Carbon and low-alloy steels	850-1150	1560-2100
Martensitic stainless steels	1100-1250	2010-2280
Maraging steels	1100-1250	2010-2280
Austenitic stainless steels	1100-1250	2010-2280
Nickel alloys	1000-1150	1830-2100
Semiaustenitic PH stainless steels	1100-1250	2010-2280
Titanium alloys	700-950	1290-1740
Iron-base superalloys	1050-1180	1920-2160
Cobalt-base superalloys	1180-1250	2160-2280
Niobium alloys	950-1150	1740-2100
Tantalum alloys	1050-1350	1920-2460
Molybdenum alloys	1150-1350	2100-2460
Nickel-base superalloys	1050-1200	1920-2190
Tungsten alloys	1200-1300	2190-2370
Most difficult		

جدول (۶-۱۲):طبقه بندی آلیاژها بر اساس سختی آهنگری

۶-۱۰-عیوب در قطعات آهنگری

عیوب در قطعات آهنگری به چند دسته زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

۱-مارک و ترک در سطح، معمولاً به دلیل اشتباه در مراحل شکل دادن شکلهای اولیه یا واسطه بوجود می‌آید:

a) مارک در آهنگری نهائی که بدلیل عیب در سطح پیش فرم اولیه یا واسطه بوجود می‌آید.

b) سر ریز کردن که از خمش پلیسه‌های اشکال واسطه نتیجه می‌شود که معمولاً دلیلش گسترده شدن زیاد از حد است.(شکل۶-۵۱)

c) بوجود آمدن ترک بدلیل:

-گوشه‌های تیز به اضافه اندازه نامناسب پیش فرم اولیه

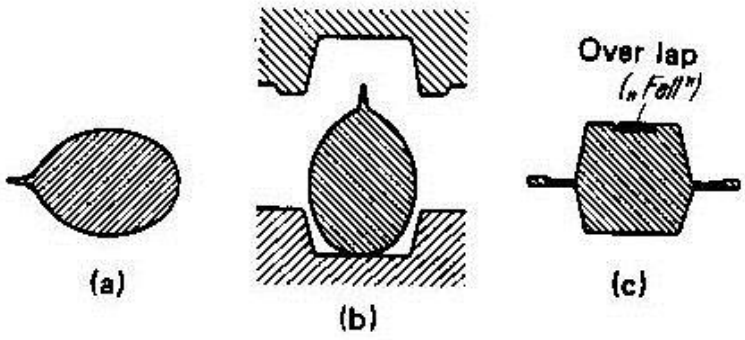
www.Iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

-گوشه‌های تیز که حالت خمیده دارد (در قسمتهائی از قالب که حالت خمیدگی وجود دارد) بدلیل اینکه ماده در سطح بین دو لبه نمی‌توانند به خوبی با هم متصل شوند که این عیب را مـی‌تـوان بـا طراحی یک راهگاه حل نمود.

-زیاده از حد بودن اندازه قطعه اولیه.

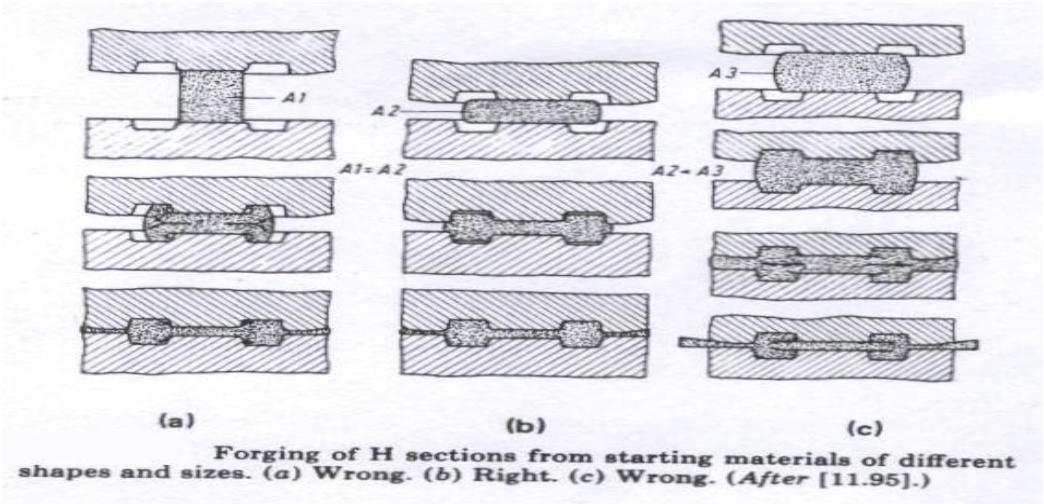
d) مارک بدلیل ترک در قالب ها



شکل (۶-۵۱):سر ریز کردن در عملیات آهنگری

۲-پر شدن نامناسب قطعه آهنگری بدلیل ناکافی بودن حجم ماده نامناسب بودن شکل‌هـای اولیـه، میانی و صحیح نبودن اندازه‌های بدنه آزاد[۴۱] قالب.

۳-عیب در ساختار ماده مثل عیب در دانه‌بندی.



شکل(۶-۵۲): رعایت قاعده قرار گرفتن ماده به اندازه کافی و در موقعیت و ابعاد مناسـب برای قطعه *I* شکل.(*a*)و(*c*) نادرست. (*b*) درست.

[۴۱] -Land

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

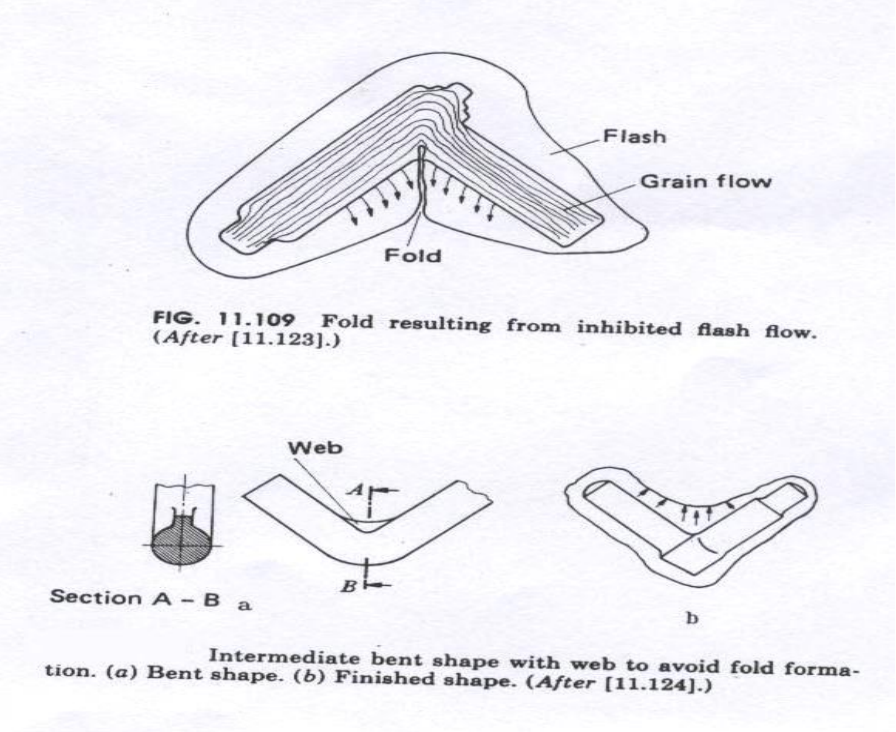


FIG. 11.109 Fold resulting from inhibited flash flow. (*After* [11.123].)

Intermediate bent shape with web to avoid fold formation. (*a*) Bent shape. (*b*) Finished shape. (*After* [11.124].)

شکل(۶-۵۳): عیب تا خوردگی ناشی از جریان نادرست مواد

شکل دهی خم میانی برای جلوگیری از تا خوردگی می باشد. (a) شکل دهی خم.* (b) شکل نهایی

۶-۱۱-عیوب قالبها

مهمترین معایبی که در قالبها رخ می دهد عبارتند از: سایش و فرسایش، خستگی حرارتی، خستگی مکانیکی، تغییر شکلهای دائمی و ناخواسته.

فرسایش نه تنها به شکل فرجینگ و ماده قالب بستگی دارد بلکه به چگونگی گرم کردن قطعه کار و عملیات حرارتی سطح قالب و نحوه پوشش آن نیز وابسته است.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

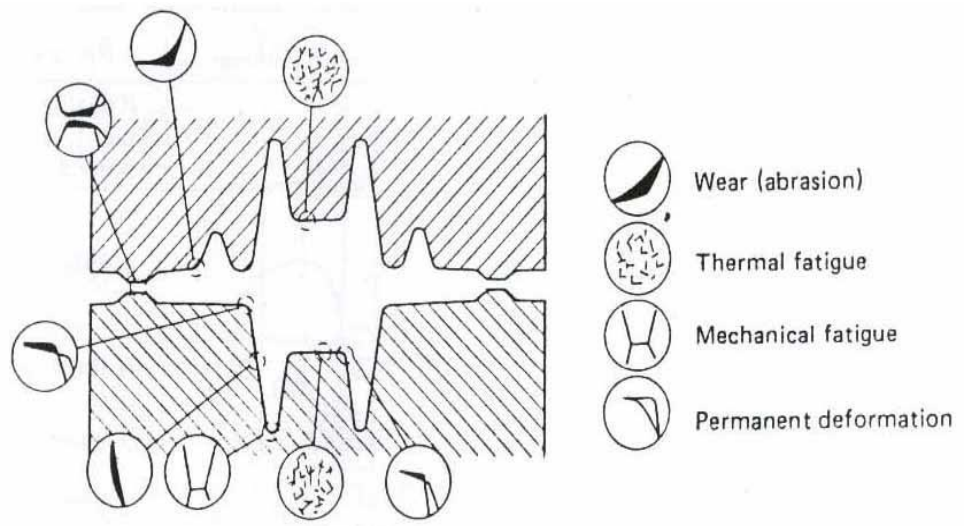


FIG. 11.91 Different types of die failure. (*After* [11.117].)

شکل (۶-۵۴):معایب قالب و نقاط تخریب آن

۶-۱۲-گرما دهی به قطعه کار

گرما به سطح قطعه کار از طریق تشعشع و همرفت در کوره صورت می گیرد. انـرژی لازم از طریـق سوختن گازهای طبیعی و یا نفت سبک و سنگین و یا کوره های الکتریکی(القائی) تولید مـی شـود. فرکانس القاء، ضریب هدایت و نفوذ پـذیری پارامترهـای مهـم در میـزان نفـوذ و انتشـار انـرژی در طراحی کوره اند. انتخاب فرکانس القاء مناسب بستگی به جنس ماده، ابعاد و شکل قطعه دارد. گرما در داخل قطعه فقط به طریق هدایت منتقل می شود. بنابراین در زمان گرمادهی بـه قطعـه دمـای هسته پائین تر از دمای سطحش است. برای قطعات بزرگ فرآیند گرمادهی در چهار مرحله صـورت می گیرد: الق وب) گرمادهی تا رسیدن به دمای ۶۵۰ درجه سانتی گراد و نگه داشتن در این دما تا زمانی که کل قطعه همدما شود.

ج و د) گرمادهی از این دما تا رسیدن به دمای فورج و غوطه ور ساختن در این دما برای مدت زمان تقریباً طولانی. نرخ گرمادهی برای قطعات کوچک از جنس فـولادکربن دار (بـا قطـر کمتـر از ۲۰۰ میلیمتر) بین ۳۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی گراد بر ساعت است. برای قطعات بزرگ یـا آلیاژهـای نیمـه سخت این نرخ به ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد در ساعت تقلیل می یابد و در حالتی که آلیاژ سخت یا فوق سخت و قابل شکست باشد نرخ گرمادهی به ۲ تا ۲۰ درجه سانتی گراد در سـاعت کـاهش می یابد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

فصل هفتم

۷-اصطکاک و روانکاری

در آهنگری، جریان فلز، از فشار انتقالی از قالبها به قطعه شکل پـذیر ناشـی مـی شـود. بنـابراین، شرایط اصطکاکی در سطح تماس قالب/قطعه کار به میزان زیادی بـر جریـان فلـز، تشـکیل معایـب سطح و داخلی، تنش های اعمالی بر قالبها و بار و انرژی مورد نیاز تأثیر می گذارد.

انتخاب روان کار در فرآیند آهنگری بر پایه فاکتورهای چند گانه است ، که شامل دمای آهنگـری، دمای قالب ، تجهیزات آهنگری ، روش تقاضای روان کار ، پیچیدگی قطعه فورج شـده و محسـوبات امنیتی محیطی است.

فورمولاسیون روان‌کارها موضـوعات بسـیار خصوصـی هسـتند وتمـام کارخانجـات سـازنده سـعی می‌کنند بدون بیان خصوصیات ساخت آن اقدام به توسعه روان‌کارها بکنند.

ترکیب روان‌کارها با توجه به تقاضای مختلف و همچنین نـوع فرآینـد آهنگـری و ابزارهـای مـورد استفاده در آن فرق می‌کند.

۷-۱-ساز وکارهای روانکاری در شکل دهی فلزات

چهار نوع اساسی روانکاری وجود دارند که شرایط اصطکاکی را در شکل دهی فلـزات تعیـین مـی کنند:

۷-۱-۱-تحت شرایط خشک، روانکـاری در سـطح تمـاس وجـود نـدارد و فقـط لایـه هـای اکسیدی موجود روی ماده قالب و قطعه کار ممکن است به عنوان لایه "جداکننده" عمـل کنـد. در این حالت، اصطکاک زیاد است و چنین موقعیتی فقط در تعدادی از عملیات شکل دهی مانند نـورد داغ ورقها و سفحات و حدیده کاری روانکاری نشده آلیاژی آلومنیوم مطلوب است.

۷-۱-۲-روانکاری مرزی، با فیلم های نازکی(معمولاً آلـی) مشـخص مـی شـود کـه بطـور فیزیکی جذب شده یا به طور شیمیایی به سطح فلز چسبانده می شوند. این فـیلم هـا مـانعی بـرای تماسهای وسیع فلز- فلز فراهم می آورند که در آن خوص روانکار حجمی اثری ندارد. ماننـد حالـت خشک، در این مورد هم اصطکاک زیاد است.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۷-۱-۳-روانکاری فیلم کامل، هنگامی وجود دارد که یک لایه ضخیم از پوشش روانکار جامد/ خشک بین قالبها و قطعه کار موجود است. در این حالت، شرایط اصطکاکی با استحکام برشنی فیلم روانکار مشخص می شود.

شرایط هیدرودینامیکی، هنگامی وجود دارد که یک لایه ضخیم از روانکار مایع بین قالبها و قطعه کار موجود است. در این حالت، شرایط اصطکاکی با گرانروی روانکار و با سرعت نسبی بین قالب و قطعه کار تعیین می شود. گرانروی بیشتر راوانکارها با افزایش درجه حرارت به سرعت کاهش می یابد.

۷-۱-۴-روانکاری لایه ای مرکب، بیشترین وضعیتی است که در شکل دهی فلزات رخ می دهد، بدلیل فشارهای بالا و سرعت های لغزشی پادینی که در بیشتر عملیات شکل دهی فلزات وجود دارد، شرایط هیدرودینامیکی را نمی توان حفظ کرد. در این حالت، بلندی های سطح فلز، شرایط روانکارهای مایع دارای مواد آلی هستند تا به درون سطح فلز جذب شده یا به طور شیمیایی با آن واکنش نمایند و به ایجاد مانعی در مقابل تماس فلز به فلز کمک کنند. اگر روانکار به میزان کافی وجود داشته باشد، روانکار موجود در پستی های سطح فلز می تواند به عنوان یک محیط هیدرواستاتیک عمل کند. در این حالت، هم نقاط تماس در بلندیهای سطح فلزی و هم این محیطهای هیدرواستاتیکی، فشار عمودی را تحمل می کند. در نتیجه، اصطکاک متوسط است.

۷-۲-پارامترهای مؤثر بر اصطکاک و روانکاری

پارامترهای متعددی وجود دارند که بر شرایط اصطکاکی و روانکاری موجود در سطح تماس قالب/ قطعه کار در یک عملیات آهنگری تأثیر می گذارند.

۷-۲-۱-پارامترهای ابزار / قطعه کار

- خواص ماده قطعه کار بر چگونگی تغییر شکل یافتن قطعه کار و در نتیجه این که روانکار چگونه باید جریان یابد اثر می گذارد. خواص ماده قالب و قطعه کار بر چگونگی واکنش نمودن روانکار با سطوح اثر می گذارد (یعنی روانکاری مرزی).
- صافی سطح ابزار و قطعه کار بر چگونگی تشکیل پستی های (فرودهای) روانکاری هیدرواستاتیکی تأثیر می گذارد.
- هندسه قالب تغییرشکل یافتن قطعه کار و در نتیجه این که روانکار چگونه باید جریان یابد تأثیر می گذارد.
- در آهنگری داغ، پوسته اکسیدی موجود روی سطح قطعه کار بر شرایط سطح تماس اثر می گذارد. اگر این پوسته اکسیدی نرم و شکل پذیر باشد، مانند یک روانکار عمل کند. اگر این پوسته سخت و شکننده باشد ممکن است باعث یک سازوکار سایشی خراشنده شود.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۷-۲-۲-پارامترهای روانکار

- ترکیب روانکار بر گرانروی و چگونگی تغییرات آن هنگامی که در معرض حرارت و فشار زیاد قرار می گیرد اثر می گذارد. ترکیب روانکار همچنین بر چگونگی واکنش روانکار با قالب و قطعه کار هم اثر می گذارد (یعنی روانکاری مرزی).
- گرانروی روانکار بر چگونگی جریان یافتن روانکار وقتی که قطعه کار تغییر شکل می یابد اثر می گذارد(یعنی روانکاری هیدرودینامیکی).
- مقدار روانکار بر چگونگی پخش شدن آن هنگامی که قطعه کار تغییر شکل می یابد و نیز بر چگونگی تشکیل پستی های (یعنی روانکاری لایه ای مرکب) روانکاری هیدرواستاتیکی اثر می گذارد.

۷-۲-۳-پارامترهای فرآیندی

- فشار اعمالی توسط قالب روی قطعه کار بر گرانروی روانکار(یعنی روانکاری هیدرودینامیکی) و تشکیل ناهمواریهای سطحی اثر میگذارد که ایجاد پستی های روانکاری هیدرواستاتیکی را تحت تأثیر قرالر می دهد(یعنی روانکاری لایه ای مرکب).
- سرعت لغزش که قالب با آن نسبت به قطعه کار حرکت میکند بر تولید گرما در سطح تماس قالب/قطعه کار اثر میگذارد. این عامل همچنین در بروز روانکاری هیدرودینامیکی هم تأثیر می گذارد.
- طول لغزش که طی آن قالب روی قطعه کار حرکت می کند بر تولید گرما در سطح تماس قالب/قطعه کار، بر محدوده ای که روانکار باید پخش شود و بر میزانی که روانکار خرد می شود تأثیر می گذارد.
- گرمای ناشی از فرآیند تغییرشکل و عملیات ماشینی بر خواص ماده قالب و قطعه کار و بر گرانروی روانکار اثر می گذارد.

۷-۳-مشخصه های روانکارهای مصرفی

در شکل دهی فلزات، اصطکاک با استفاده از روانکارهای مناسب برای هر کاربرد خاص کنترل می شود. از روانکار انتظار می رود که مشخصه های خاصی را داشته باشد و تمام یا برخی از عملکردهای مهم زیر را انجام دهد.

- اصطکاک لغزشی بین قالبها و قطعه کار را کاهش دهد؛ این کار با استفاده از یک روانکار با قابلیت روانکاری بالا بدست مآید.
- به عنوان یک عامل جداکننده عمل کند و از چسبندگی و جوش خوردگی لحظه ای قطعه کار و قالبها جلوگیری کند.
- خواص عایقی خوبی بویژه در شکل دهی داغ داشته باشد تا افتهای حرارتی از قطعه کار به

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

قالب ها را کاهش دهد.

- خنثی باشد تا از کاهش کیفیت مواد قالبها و قطعه کار در دماهای استفاده شده در شکل دهی، جلوگیری یا آن را کمینه نماید.
- برای کاهش فرسایش سطح قالب و سایش قالب، غیر خراشنده باشد.
- از عوامل آلوده کننده و سمی عاری باشد و تولید گازهای نامطبوع یا خطرناک ننماید.
- براحتی قابل اعمال و برداشتن آن از قالبها و قطعه کار نیز آسان باشد.
- با هزینه مناسبی به طور تجاری در دسترس باشد.

۷-۴-سیستمهای روانکاری برای آهنگری سرد

انتخاب این که کدام روانکار در یک فرآیند آهنگری سرد استفاده شود به شدت سختی عملیات (یعنی پارامترهای فرایندی مانند فشار سطح تماس و انبساط سطحی) و پارامترهای مربوط به خود شمشال (یعنی سختی) بستگی دارد. برای مثال، سطح افزایی تا نسبت های قطر به ارتفاع کوچک، به کارکردهای روانکاری مشابه با آنچه فرآیندهای حدیده کاری پسرو نیاز دارد احتیاج ندارد. علاوه بر آن، سیستمهای روانکاری استفاده شده برای فولاد، ممکن است از آنچه برای آلومینیوم یا تیتانیوم، استفاده می شود خیلی متفاوت باشد.

۷-۴-۱-مواد آهنی

۷-۴-۱-۱-فولادهای کربنی. بدلیل شرایط تغییرشکل شدید معمول در بسیاری از عملیات آهنگری سرد، گسترده ترین سیستم روانکاری مورد استفاده در فولادهای کربنی، پوشش فسفات روی و سیستم صابونی است.

۷-۴-۱-۲-فولادهای زنگ نزن. برای آهنگری سرد فولادهای زنگ نزن و دیگر فولادهایی که بیش از ۵٪ کروم دارند، از یک پوشش اکسالاتی به جای پوشش فسفاتی استفاده می شود. این کار بدلیل مشکل بودن فسفاتی کردن این مواد صورت می پذیرد.

۷-۴-۲-مواد غیرآهنی

۷-۴-۲-۱-آلومینیوم. روانکاری در اهنگری سرد آلومینیوم به دلیل چسبندگی زیاد بین آلومینیوم و ماده قالب دارای اهمیت ویژه ای است. به طور کلی، یکی از سه پوشش تبدیلی با آلومینیوم استفاده می شود؛ یعنی، فسفات روی، آلومینات کلسیم و فلوراید آلومینیوم. روانکارهایی که با این پوششهای تبدیلی استفاده می شود شامل صابون ها و دی سولفاید مولیبدن می شود. ترتیب کلی عملیات شامل تمیزکردن، فسفاتی کردن و روانکاری می باشد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۷-۴-۲-۲-مس. سیستم های روانکاری برای آهنگری سرد مس امولسیون، روغن معدنی و صابون میباشد.

۷-۵-سیستم های روانکاری برای آهنگری گرم و داغ

تفاوت اصلی در شرایط روانکاری بین آهنگری سرد، گرم و داغ در محدوده درجه حرارتی است که روانکار باید در آن عمل نماید. دماهای خیلی بالا ی قالب که با تنش های زیاد قالب ناشی از انتقال حرارت از شمشال به قالب ها و نیز تنش های تغییرشکل توام می شود که باعث افزایش سایش، تغییر شکل مومسان و ترکهای سطحی حرارتی در قالبها می شود. بنابراین، برای افزایش عمر ابزار و کیفیت قطعه، یک سیستم روانکاری خوب باید بتواند هم انتقال حرارت به قالبها و هم تنشهای برشی در سطح تماس ابزار/ قطعه کار را کمینه نماید.بر خلاف آهنگری سرد، کاربرد روانکار در اهنگری داغ با زمان چرخه کامل آهنگری محدود می شود که در حدود چند ثانیه است.بدین طریق ضروری است که روانکاری مناسب را طی کوتاهترین زمان به کاربرد. دماهای استفاده شده درآهنگری گرم یا داغ، استفاده از سیستم های روانکاری با پایه آلی (روغن های معدنی)یا صابون ها را آسان نمی کند. روانکارهای پایه آلی، خواهند سوخت و روانکارهای پایه صابون در این دماها ذوب می شوند. بنابراین، انتخاب در سیستم های روانکاری بسیار محدود است.

متداولترین سیستمهای روانکاری چهار سیستم **دی سولفید مولیبدن، گرافیتی، مصنوعی** و **شیشه** می باشند؛با این وجود، دی سولفید مولیبدن فقط در دماهای گرم(تا $400^{\circ}C$) مفید است.دی سولفید مولیبدن و گرافیت روانکارهای جامدند. بدلیل ساختار مولکولی لایه ای آنها، تنش های اصطکاکی پائین از خود نشان می دهند. اینها را معمولاً به درون یک محلول مایع مخلوط کرده و روی قالبها می پاشند. این کار دو منظور را برآورده می کند. اول این که محلول در هنگام تماس با قالب تبخیر می شود و درنتیجه قالبها را خنک نموده و آنها را در مقابل افزایش سایش یاشی از نرم شدن حرارتی محافظت می کند. دوم، یک لایه دی سولفید مولیبدن یا گرافیت پس از تبخیر محلول، روی قالبها باقی می ماند. این لایه نه تنها به عنوان روانکار عمل می کند بلکه در مقابل پیش گرم شدن قالب هم مانند یک عایق رفتار می کند.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

Material	Hot forging lubricant(a)	μ	m	Cold forging/extrusion lubricant(b)	μ
Steels	None	ST	1.0	Soap solution	0.2
	Salt solution (on die)	0.4	0.7	EM (M.O. + fat)	0.2
	Soap (on die)	0.3	0.5	EM (M.O. + fat + E.P.)	0.2
	GR in water (on die)	0.2	0.4	M.O. (20-800) + fat + E.P.	0.15
	with binder (on die)	0.2	0.4	Compounded M.O. + GR or MoS_2	0.15
				Sulfonated fatty oil	0.1
				Lime + compounded oil	0.1
				Copper + compounded oil	0.1
				Phosphate + soap	0.05
				Phosphate + soap + MoS_2	0.05
Stainless steels and Ni alloys	GR in water (on die)	0.2	0.4	M.O. (20-800) + Cl additive	0.2
	Glass (10-100 Pa·s)			Lime + compounded oil	0.15
	+ GR (on die)	0.05	..	Copper + compounded oil	0.1
				Polymer coat	0.05
				Oxalate + soap	0.05
Al and Mg alloys	Soap (on die)	ST	1.0	M.O. (10-100) + fatty	
	GR in water (on die)	0.3	0.5	derivatives	0.15
	GR with binder (on die)	0.2	0.4	Lanolin; dry soap film	0.07
				Phosphate + soap	0.05
Cu and Cu alloys	Soap (on die)	0.3	0.5	Soap solution	0.1
	GR in water (on die)	0.15	0.3	EM (M.O. + fat)	0.1
				EM (fat)	0.1
				M.O. (20-400) + fat	
				(+ Cl additive)	0.1
				Fat; wax (lanolin)	0.07
				Soap (Zn-stearate)	0.05
				GR or MoS_2 in grease	0.07
Ti alloys	MoS_2 on die	0.2	0.5	M.O. (20-800) + Cl additive	0.2
	Glass (10-100 Pa·s)			Polymer coating	0.05
	+ GR (on die)	0.05	..	Oxidize + lubricant	0.15
				Cu or Zn coat + lubricant	0.1
				Fluoride-phosphate + soap	0.05
Refractory metals	Canning + lubricant	0.2	..		
	GR in water (on die)	0.2	..		
	Glass + GR (on die)	0.05	..		

(a) ST = sticking friction. GR = graphite. Glass viscosity is given for forging temperature. (b) EM = emulsion. M.O. = mineral oil; viscosity in cSt at 40 C is given in parentheses. E.P. = E.P. additive (S, Cl, sometimes P; also sulfochlorinated fats). GR = graphite.

جدول (۷-۱): روانکارهای متداول آهنگری و ضرایب اصطکاک آنها

www.Iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۷-۵-۱-مواد آهنی

۷-۵-۱-۱-فولادهای کربنی

برای خیلی از سالها ،از مخلوط گرافیتی روغن برای روان کاری فولادهای آلیاژی و کربن استفاده می کردند. پیشرفت های اخیر در تکنولوژی روانکاری ، شامل مخلوطهای گرافیتی و آبی و روانکارهای مصنوعی بر پایه قیر است .

در دماهای آهنگری داغ نرمال برای فولادهای آلیاژی و کربنی روانکارهای گرافیتی بر پایه آب بطور وسیعی استفاده می شوند ، اگرچه بعضی از کارگاههای آهنگری هنوز گرافیت بر پایه روغن به کار می برند .

جدول (۷-۲): سیستم های روانکاری برای آهنگری گرم و داغ فولادها

ماده	فرآیند	تغییر شکل	روانکار
فولاد کربنی	آهنگری گرم	شدید	دی سولفید مولیبدن در یک محلول مایع
فولادزنگ نزن	آهنگری داغ		گرافیت در یک محلول مایع
	آهنگری داغ	شدید	شیشه در دوغاب به صورت پودر
		شدید	

بیشترین رنج دمای آهنگری گرم برای فولادهای آلیاژی و کربنی از ۵۴۰ تا ۸۷۰ درجه سانتی گراد است . به خاطر سختی آهنگری در این دماها ، پوشش دهی های شمش اغلب در اتصال با روانکارهای قالب استفاده می شوند . برای پوشش دهی شمش از گرافیت در یک حمل کننده آب یا پوشش دهی بر پایه آب در اتصال با پوشش دهی معکوس فسفاته قطعه کار استفاده می شود . برای دماهای آهنگری پایین تر، (کمتر از ۴۰۰ درجه سانتی گراد) دی سولفید مولیبدن یک ظرفیت بارگذاری بزرگتر ی نسبت به گرافیت دارند.

۷-۵-۱-۲-فولاد زنگ نزن

برای آهنگری در فشارهای سطحی ، یک پاشش از گرافیت کلوییدی در بنزین یا روغن معدنی با لزجت کم معمولا مناسب است . به طور عادی ، قالبها به طور دستی پاشش می شوند ، اما در پرس آهنگری از پاششهای اتوماتیکی با گام پرس گاهی اوقات استفاده می شوند . برای حفره های عمیق تر، هرچند،اغلب استفاده از یک پاشش جایگزین برای رسیدن به حفره های عمیق مورد نیاز است.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

روغن های آهنگری معمولی مخلوطی از روغن و گرافیت هستند ، روغن باید فاقد سرب و سولفور باشد. روغن های آهنگری اغلب به عنوان گریس خریداری می شود و سپس با روغن معدنی با ویسکوزیته مطلوب رقیق می شود. هر نوع روانکار بخار شدنی باید به صورت پاشش استفاده شود. حتی با یک تخطی کم ،زیرا ممکن است انبساطهای بخاری منجر به انفجار شوند. شیشه گاهی اوقات به عنوان روانکار یا به عنوان پوشش شمش در پرس آهنگری استفاده می شود که با فروبردن شمش گرمادهی شده در شیشه ذوب شده یا آهنگری با فریت شیشه به کار گرفته می شود. شیشه روان کار خوبی است،اما لزجت آن باید با دمای آهنگری استفاده شده سازگار باشد .

۷-۵-۲-مواد غیرآهنی

۷-۵-۲-۱-مس

قالبها باید قبل از هر عملیات آهنگری روانکاری شوند . یک پاشش از گرافیت کلوئیدی و آب معمولاً مناسب هستند . معمولاً عمل پاشش به صورت اتوماتیک است ، که به وسیله قطعه کار پرس زمان گیری می شود . هر چند پاشش اغلب برای حفره های عمیق نامناسب است و بوسیله قلم آب بایک روغن آهنگری سنتی تجهیز می شود .

۷-۵-۲-۲-منیزیم

روان کار استفاده شده در فورجینگ آلیاژهای منیزیم معمولاً یک توزیع از گرافیت خوب در یک حمل کننده سبک بنزین یا روغن است . این روان کار داخل ورودی قالبها ی داغ پخش شده است ، تا اینکه حمل کننده خشک کند و یک لایه سبک از گرافیت باقی بگذارد .

شمش های آهنگری شده را گاهی اوقات قبل از عملیات آهنگری در مواد روانکاری فرو می برند. هنگامیکه حرارت قالب کمترباشد ، از گرافیت کلوییدی آبی برای کمک کردن به تمیزکننده هااستفاده می شود .

بدون توجه به روان کار انتخاب شده ، باید روانکار پو ششی نازک و کامل داشته باشد .

۷-۵-۲-۳-آلومینیوم

روان‌کارهای استفاده شده در آهنگری آلیاژهای آلومینیوم باید قابلیت اصلاح سطوح قالب را برای رسیدن به حداقل اصطکاک ممکن در قالبهای با مقاومت بالا و دماهای بالای فلزی را دارا باشند و همچنین آن که به راحتی سطوح و حفره‌های قالب را ترک کند.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

بخاطر اکسیداسیون سریع سطح آلومینیوم باید روانکـار بتوانـد بـه سـرعت سـطوح نـورد شـده را پوشش دهد تا مانع از اکسیداسیون شده و فشار را بـه سـطوح دیگـر انتقـال دهـد . روانکـار مـورد استفاده در آهنگری آلومینیوم از نفت سفید تا سوسپانسیون گرافیت در نفت متغیر می باشد. به هر حال عنصر اساسی روان‌کاری، گرافیت می‌باشد. عموماً روانکارها بصورت محلول دانه های گرافیت بـا آب یا نفت خام به داخل کل حفره قالب قبل از بسته شدن اسپری می شود. در مواردی کـه سـطح مقطع باریک باشد برای نفوذ بهتر روانکار در داخل آن آب اضافه مـی کننـد . در روش دیگـر بـرای آهنگری عمیق حدود ۱۰ درصد اکسید سدیم به روانکار اضافه می کنند تا یک سطح صاف به وجود آید که روانکاری بهتر انجام می شود .حدود دمای کاری این روانکارها برای پرس هـای هیـدرولیک ۳۷۰ درجه سانتیگراد می باشد.

جدول (۷-۳): سیستم های روانکاری برای آهنگری گرم یـا داغ آلومینیـوم، منیـزیم، مـس، تیتانیوم، نیکل و تنگستن.

ماده	فرآیند	تغییر شکل	روانکار
آلومینیوم	آهنگری گرم وداغ	شدید	بدون روانکار
			گرافیت در روغن معدنی
منیـــــــــــزیم	آهنگری گرم وداغ	شدید	گرافیت در روغن معدنی
مس	آهنگری گرم وداغ	شدید	گرافیت در یک محلول مایع
نیکـــل، تیتـــانیوم	آهنگری گرم	شدید	ترکیبات دی سولفیدمولیبدن
وتنگستن			ترکیبات گرافیتی
		شـــــــــدید	ترکیبات گرافیتی
	آهنگری داغ	خیلی شدید	شیشه در دوغاب به صورت پودر

فصل هشتم

۸- مواد و ساخت قالب

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

۸-۱- مواد قالب[۴۲]

انتخاب مواد قالب در تولید قطعات به وسیله آهنگری بسیار مهم است. قالب ها باید به وسیله روشهای نوین از مواد مناسب به منظور فراهم آوردن عمر قابل قبول با یک هزینه منطقی ساخته شوند. برای یک کاربرد مشخص،انتخاب ماده قالب مناسب به سه متغیر بستگی دارد:

- متغیرهایی مربوط به خود فرآیند، شامل عواملی همچون اندازه حفره قالب، نوع دستگاه مورد استفاده، سرعت تغییر شکل، اندازه ودمای قطعه خام اولیه، دمای قالبی که استفاده می شود، روانکاری، نرخ تولید، و تعداد قطعاتی که تولید می شود.
- متغیرهای مربوط به نوع بارگذاری قالب، شامل سرعت بارگذاری، یعنی مدت زمان تماس ضربه ای یا تدریجی میان قالب ها و فلز شکل پذیر، بار و فشار بیشینه روی قالب ها، دمای بیشینه و تعداد چرخه های بارگذاری که قالب ها تحت آن قرار می گیرد.
- خواص مکانیکی ماده قالب، شامل قابلیت سختی پذیری، استحکام ضربه ای، استحکام داغ ،مقاومت خستگی حرارتی و مکانیکی.

طبقه بندی فولادهای ابزار توسط مؤسسه آهن و فولاد آمریکا(AISI) در جدول(۸-۱)ارئه شده است.

۸-۱-۱-مواد قالب و ابزار برای آهنگری داغ

مواد قالب مورد استفاده متداول برای آهنگری داغ می تواند بر حسب مقدار آلیاژ آن گروه بندی شود (جدول۸-۲). فولادهای با نامگذاری ASM ؛ ۶G ، ۶F۲ ، ۶F۳ دارای کیفیت چقرمگی و مقاومت شوک خوب، همراه با مقاومت به خراشیدگی و ترک خوردگی سطحی حرارتی قابل قبول می باشد. فولادهای کم آلیاژی با مقادیر نیکل بالاتر (۲ تا ۴ درصد)، با نامگذاری ASM ؛ ۶F۵ ، ۶F۷ نسبت به ۶G ، ۶F۲ ،۶F۳ دارای قابلیت سختی پذیری و چقرمگی بالاتری می باشند و می توانند در کاربردهای سخت تر استفاده شود. فولاد سخت شونده رسوبی ۶F۴ می تواند با یک عملیا ت ساده پیرسازی سخت شوند.در آهنگری داغ در پرس ها ، انتقال حرارت از ماده خام داغ به قالب ها، موجب سخت شدن این فولاد شده ومقاومت در برابر خراشیدگی آن را بیشتر می نماید.

فولاد های قالب گرم کار در دماهای ۳۱۵ تا ۶۵۰^{o}C بکار می روند و شامل کرم، تنگستن و در بعضی موارد وانادیوم یا مولیبدن و یا هر دو می باشند. فولادهای پایه کرم دارای Cr ۵٪ می باشند(جدول۸-۲). مقدار زیاد مولیبدن مقاومت بالا به نرم شدن را به این فولادها می دهد؛ وجود وانادیوم مقاومت به ترک خوردگی سطحی حرارتی و خراشیدگی را افزایش می دهد. تنگستن، چقرمگی و سختی داغ را بهبود می دهد، با وجود این، فولادهای دارای تنگستن، به شوک حرارتی

---

[۴۲] .Die Material

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

مقاوم نبوده و نمی توانند به تناوب با آب خنک شوند. فولادهای گرم کار پایه تنگستن، شامل ۹ تا ۱۸٪ w می باشند(جدول۸-۲)؛ آنهانیز شامل ۲ تا ۱۲٪ Cr بوده و می توانند مقادیر کمی وانادیوم داشته باشند. مقدار زیاد تنگستن با حفظ چقرمگی کافی، مقاومت به نرم شدن در دمای بالا را فراهم می نماید؛ با این وجود ، امکان خنک شدن در آب نیز برای این فولادهای قالب به وجود می آید. فولادهای تندبر، که در ابتدا برای برشکاری فلز توسعه یافته است، نیز می تواند در کاربردهای آهنگری گرم و داغ استفاده شود. دو نوع فولاد تندبر وجود دارد. فولادهای تندبر نوع مولیبدنی که با حرف M نامگذاری شده،وفولادهای تند بر نوع که با حرف T نام گذاری شده اند. این فولادها ترکیب خوبی از سختی، استحکام و چقرمگی در دماهای بالا را ارائه می نمایند.

خواصی از مواد که در انتخاب آنها به عنوان مواد قالب برای آهنگری داغ تعیین کننده است به شرح زیر می باشند:

- توانایی سخت شدن به طور یکنواخت
- مقاومت سایشی (این خاصیت توانایی یک فولاد قالب برای مقاومت کردن در برابر عمل خراشیدگی فلز در حین آهنگری است)
- مقاومت به تغییرشکل مومسان
- چقرمگی
- توانایی برای مقاومت کردن در برابر خستگی حرارتی وترک خوردگی سطحی حرارتی
- توانایی برای مقاومت کردن در برابر خستگی مکانیکی

گروه	نماد مشخصه
فولاد ابزار سخت شونده در آب	W
فولاد ابزار مقاوم به شوک	S
فو لاد ابزار سرد کار سخت شونده در روغن	O
فولاد ابزار سرد کار با آلیاژ متوسط سخت شونده در هوا	A
فولاد ابزار سرد کار پر کربن و پر آلیاژ	D
فولاد ابزار قالب	P
فولاد ابزار گرم کار کرم، تنگستن و مولیبدن	H
فولاد ابزار تند بر تنگستنی	M
فولاد ابزار تند بر مولیبدنی	T

جدول(۸-۱): طبقه بندی AISI و ترکیب فولادهای ابزار

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

Designation	Nominal composition, %								
	C	Mn	Si	Co	Cr	Mo	Ni	V	W
Chromium-base AISI hot-work tool steels									
H10	0.40	0.40	1.00	. . .	3.30	2.50	. . .	0.50	. . .
H11	0.35	0.30	1.00	. . .	5.00	1.50	. . .	0.40	. . .
H12	0.35	0.40	1.00	. . .	5.00	1.50	. . .	0.50	1.50
H13	0.38	0.30	1.00	. . .	5.25	1.50	. . .	1.00	. . .
H14	0.40	0.35	1.00	. . .	5.00	. . .	. . .	. . .	5.00
H19	0.40	0.30	0.30	4.25	4.25	0.40	. . .	2.10	4.10
Tungsten-base AISI hot-work tool steels									
H21	0.30	0.30	0.30	. . .	3.50	. . .	. . .	0.45	9.25
H22	0.35	0.30	0.30	. . .	2.00	. . .	. . .	0.40	11.00
H23	0.30	0.30	0.30	. . .	12.00	. . .	. . .	1.00	12.00
H24	0.45	0.30	0.30	. . .	3.0	. . .	. . .	0.50	15.00
H25	0.25	0.30	0.30	. . .	4.0	. . .	. . .	0.50	15.00
H26	0.50	0.30	0.30	. . .	4.0	. . .	. . .	1.00	18.00
Low-alloy proprietary steels									
ASM 6G	0.55	0.80	0.25	. . .	1.00	0.45	. . .	0.10	. . .
ASM 6F2	0.55	0.75	0.25	. . .	1.00	0.30	1.00	0.10	. . .
ASM 6F3	0.55	0.60	0.85	. . .	1.00	0.75	1.80	0.10	. . .

جدول(۸-۲):ترکیب مواد قالب و ابزار برای آهنگری داغ

Forging material	Steel		Copper and copper alloys		Light alloys	
	DIN	AISI	DIN	AISI	DIN	AISI
Forging dies	C70W2	—				
	C85W2	—				
	60MnSi4	—	X30WCrV53	H21	X30WCrV53	—
	40CrMnMo7	—	X38CrMoV51	H11	X38CrMoV51	H11
			X32CrMoV33	H10		
	55NiCrMoV6	6F2			55NiCrMoV6	6F2
	56NiCrMoV7	6F3			56NiCrMoV7	6F3
	57NiCrMoV77	—	57NiCrMoV77	—	57NiCrMoV77	—
	35NiCrMo16	—				
Die inserts	X38CrMoV51	H11	X30WCrV93	H21	X38CrMoV51	H11
	X32CrMoV33	H10	X32CrMoV33	H10	X32CrMoV33	H10
	X30WCrV53	—	X30WCrV53	—	X30WCrV53	—
	X37CrMoW51	H12				

[a]See App. C.

جدول(۸-۳):فولاد های به کار برده شده ی متداول برای قالب های آهنگری

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

Material to be trimmed	Cold trimming				Hot trimming(a)	
	Normal trim		Close trim			
	Punch	Blade	Punch	Blade	Punch	Blade
Carbon and alloy steels	6F2 or 6G, at 341 to 375 HB	D2 at 54 to 56 HRC	Generally hot trim		6F2 or 6G at 341 to 375 HB	Hard facing alloy 4A on 1035 steel (b); or D2 at 58 to 60 HRC
Stainless steels and heat-resisting alloys	Generally hot trim		Generally hot trim		6F2 to 6G at 388 to 429 HB	D2 at 58 to 60 HRC
Aluminum, magnesium and copper alloys	6150 at 461 to 477 HB	Hard facing alloy 4A on 1020 steel(b); or O1 at 58 to 60 HRC	D2 at 58 to 60 HRC	D2 at 58 to 60 HRC	1020 soft	Hard facing alloy 4A on 1020 steel(b)

(a) Both normal and close trimming. (b) Hard facing alloy 4A has nominal composition of Co-1C-30Cr-4.5W-3Ni-1.5Fe.

جدول(۸-۴): مواد مورد استفاده برای قالب های اصلاح و سوراخکاری

۸-۱-۲-قالب های سرامیکی

برخی از آلیاژهای غیرآهنی جدیدتر، بهبودهایی نسبت به مواد قالب سنتی (فولادهـای پایـه Cr-Mo-V) مورد استفاده در آهنگری داغ ایجاد کرده اند.برای مثال ، شرکت نیسان موتـور از قالـب های سرمت در حدیدهکاری استفاده می کند. این ماده ترکیبی از MoB (سرامیک) و نیکل (فلـز) می باشد. بر مقاومت به اکسایش در دمای بالا را بهبود می دهد. این به صورت پودر و تـف جوشـی شده است. بهبود عمر قالب نسبت به مواد سنتی ۲ به ۱ می باشد.

آزمایش های سایش در آهنگریداغ سرامیک های پایه سیلیس را نسبت به فولادهای قالب سـنتی مقایسه میکند. سرامیک های پایه سیلیس سایش خیلی کمتری نسبت به فولادهـای قالـب سـنتی نشان می دهند. این مواد، خیلی خالص با دانه های ریز و ریزساختارهای یکنواخت می باشـند. آنهـا دارای سختی، استحکام، و مقاومت به شوک مکانیکی و حرارتی زیاد می باشند. با ایـن وجـود، ایـن مواد ترد بوده ونباید تحت تنش های کششی قرارگیرند؛ ضمناً این مواد گران هستند. بنابراین، این مواد تنها در کاربردهای انتخابی استفاده می شوند.

۸-۱-۳-مواد قالب برای آهنگری سرد

ماده مورد استفاده جهت تولید هر قطعه ابزار می تواند بعد از اینکه ابعاد ابزار انتخاب شـده اسـت، انتخاب گردد. عوامل مهمی که باید در نظر گرفته شودند عبارت از فرآیند شکل دهـی، پارامترهـای پرس ، اندازه دسته، و بار شکل دهی می باشند.

هنگام انتخاب یک ماده قالب یا مغزی، اولین تصمیم این است که آیـا از فـولاد ابـزار یـا کاربیـد استفاده شود؟ وقتی که تصمیم به انتخاب یکی از دو گرفته می شود، ضرورتاً مهم است کـه انـدازه مغزی قالب، هندسه پروفیل قالب، تلرانس های قطعه ای که تولید می شود، اندازه دسته و شرایط عملیاتی مدنظر قرار گیرد. مغزی های کاربیدی باید تحت تنش های فشارهای باشـند، چـون کـه نمی تواند تنش های کششی را تحمل نماید.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

به طور کلی اگر مغزی قالب قطر ۱/۲in (۳۰ mm) یا کمتر باشد، کاربید می تواند استفاده شود. فرآیندهای همچون حدیده کاری آزاد اجازه ساخت قالب از جنس کاربید سمانته با اندازه بزرگتر را می دهند. همچنین کاربید تقریباً منحصراًبرای قالب ها در تولید انبوه استفاده می شود. در مورد هندسه، تمامی لبه های یک قالب کاربیدی باید دارای شعاع های زیاد باشند.در کل، به منظور استفاده از کاربید، شکل ها باید ساده باشند.

ملاحظات برای انتخاب ماده سنبه بسیار مشابه با آنچه که برای انتخاب ماده قالب در نظر گرفته شده می باشد. از آنجا که کاربید سمانته دارای استحکام فشاری خیلی زیاد است، اگر تنش فشاری بیشینه بیشتر از ksi (۲۵۰۰ Mpa) باشد، باید از کاربید استفاده شود.

هنگامی که یک ماده برای قالب های آهنگری گرم انتخاب می شود، شرایط حرارتی باید در ابتدا مورد توجه قرار گیرد. وقتی خواص ماده مدنظر می باشد رهیافت یکسانی مانند آهنگری سرد می تواند بکار رود. به دلیل اهمیت خواص ماده مدنظر می باشد رهیافت یکسانی مانند آهنگری سرد می تواند بکار رود. به دلیل اهمیت خواص حرارتی، کاربردهای حداقلی برای قالب های کاربیدی در آهنگری گرم وجود دارد؛ بنابراین فولادهای ابزار کاربردی ترین ماده می باشند.

۸-۱-۴-مواد قالب در آهنگری آلیاژ آلومینیوم

مواد قالب استفاده شده در آهنگری آلیاژ آلومینیوم مشابه موادمورد استفاده در آهنگری فولادها نمی باشد زیرا نیروهای بوجود آمده در آهنگری آلیاژ آلومینیوم با فولاد تفاوت دارد و همچنین از نظر پیچیدگی شکل قطعات نیز تفاوت بسیار دارند. مواد قالب آماده در درجه اول برای آهنگری فولاد طراحی شده‌اند و لزوماً برای تقاضای آلیاژ آلومینیوم بهینه می گردد. هرچند با پیشرفت تکنولوژی ساخت فولاد همچون کربن‌زدایی با اکسیژن و آرگون، دفع گاز در خلاء و متالورژی پاتیل نرمش عرضی و مقاومت در برابر شکست استاندارد، کیفیت قالبهای در دسترس به طور چشمگیر بهتر شده است. در نتیجه استفاده از این گروهها در آهنگری آلیاژ آلومینیوم هم به طور چشمگیر بهتر شده است.

با این وجود سایش قالب در آهنگری آلیاژ آلومینیوم کمتر از فولاد و سایر فلزات با درجه حرارت بالا می‌باشد.

سایش بیش از حد قالب و ترک‌خوردگی عمومی ترین علت از کارافتادگی قالبها در آهنگری آلیاژ آلومینیوم می‌باشد که اگر به موقع بازرسی نشوند می‌تواند باعث وقوع حادثه شود.

معمولاً ایجاد ترک در تنش‌های بالای موجود در گوشه‌های حفره قالب اتفاق می‌افتد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

بهبود چقرمگی فولادهای قالب، بهبود روش‌ها و تکنیک‌هایی در ساخت قالب ، باعث کمتر شدن این نقص قالب می‌شود.

قالبهای آهنگری مورد استفاده در آلیاژهای آلومینیوم بوسیلهٔ جوشکاری فلز با گاز خنثی، گاز خنثی و تنگستن یا جوشکاری با روش‌ها و فنون دیگر تعمیر می‌شوند.

برای آهنگری داغ، هردوگریپر قالب و ابزار کلگی معمولاً از ۶G تا ۶F۲ با سختی ۴۲ تا ۴۶ HRC ساخته می‌شوند.

گریدهای ۶G تا ۶F۲ با خصوصیات مختلف و گوناگون ، در انتخاب مواد قالب برای آهنگری آلیاژهای آلومینیوم خیلی مهم هستند.

اگر تعداد قطعات آهنگری شده به اندازه کافی زیاد باشد تا بتواند هزینه اضافه شده را توجیه بکند یا اگر فرآیند آهنگری و قطعه، دارای پیچیدگی خاص و زمان‌بر باشد، از فولادهای ابزار کار سخت و کار گرم مثل (H۱۳ , H۱۲ , H۱۱) یا دیگر موارد مشابه آنها ، معمولاً با درجه سختی ۵۰-۴۴ HRC استفاده می‌شود.

۸-۲-ساخت قالب

قالب ها یا مغزی های آهنگری از بلوک های تو پر یا فولادهای قالب آهنگری شده، ماشینکاری می شوند. با استفاده از قطعات پشتیبان استاندارد همچون نگهدارنده نای قالب و انگشتی های راهنما که عملکرد کلی مونتاژ ابزار بندی را بیمه می کند، زمان مورد نیاز برای ساخت یک مجموعه قالب کاهش می یابد، و ماشینکاری عمدتاً صرف تولید حفره ها یا سنبه می شود.

جریان اطلاعات و مراحل فرآوری مورد استفاده در ساخت قالب می تواند به طراحی قالب (شامل انتقال هندسه و تصحیح)، عملیات حرارتی، تولید مسیر ابزار، ماشینکاری خشن (بلوک قالب و ماشینکاری تخیله الکتریکی یا EDM)،ماشینکاری نهایی (شامل نیمه تمام کاری اگر مورد نیاز باشد)، تمام کاری دستی، یا پرداختکاری (شامل پرداختکاری دستی یا خودکار)، و آزمون قالب تقسیم شود.

۸-۲-۱-ماشینکاری تخیله الکتریکی (EDM)

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

فرآیند EDM یک فرآیند متنوع برای ساخت قالب است. این فرآیند شامل یک منبع تغذیه است که جریان الکتریکی را از یک الکترود عبور می دهد و پتانسیل الکتریکی بین آن و یـک قطعـه کـار رسانا ایجاد می گردد. هنگامی که الکترود عبور می دهد و پتانسیل الکتریکی بین آن و یـک قطعـه کار رسانا ایجاد می گردد. هنگامی که الکترود به قطعه کار نزدیک تر می شود، فاصـله میـان آن دو به اندازه کافی کوچک خواهد شد و یک جرقه از یک ماده به ماده دیگر عبور خواهد کرد. این جرقه قسمت هایی از الکترود و قطعه کار را تبخیر می کند، و ماده برداشته شده به وسیله یک سیال دی الکتریک پاک کننده شسته می شود. دو نوع ماشین EDM موجود است: غوطه وری و سیمی.

در روش غوطه وری (SEDM) حفره داخلی به وسیله پایین آوردن یک الکترود گرافیتی یا مسی در درون بلوک قالب ایجاد می شود.

EDM سیمی (WEDM) مشابه SEDM است با این تفاوت که الکترود، یک سیم با قطری در محدوده ی ۰/۰۰۲ تا in ۰/۰۱۲ (۰/۰۵ تا mm ۰/۳۰)می باشد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد