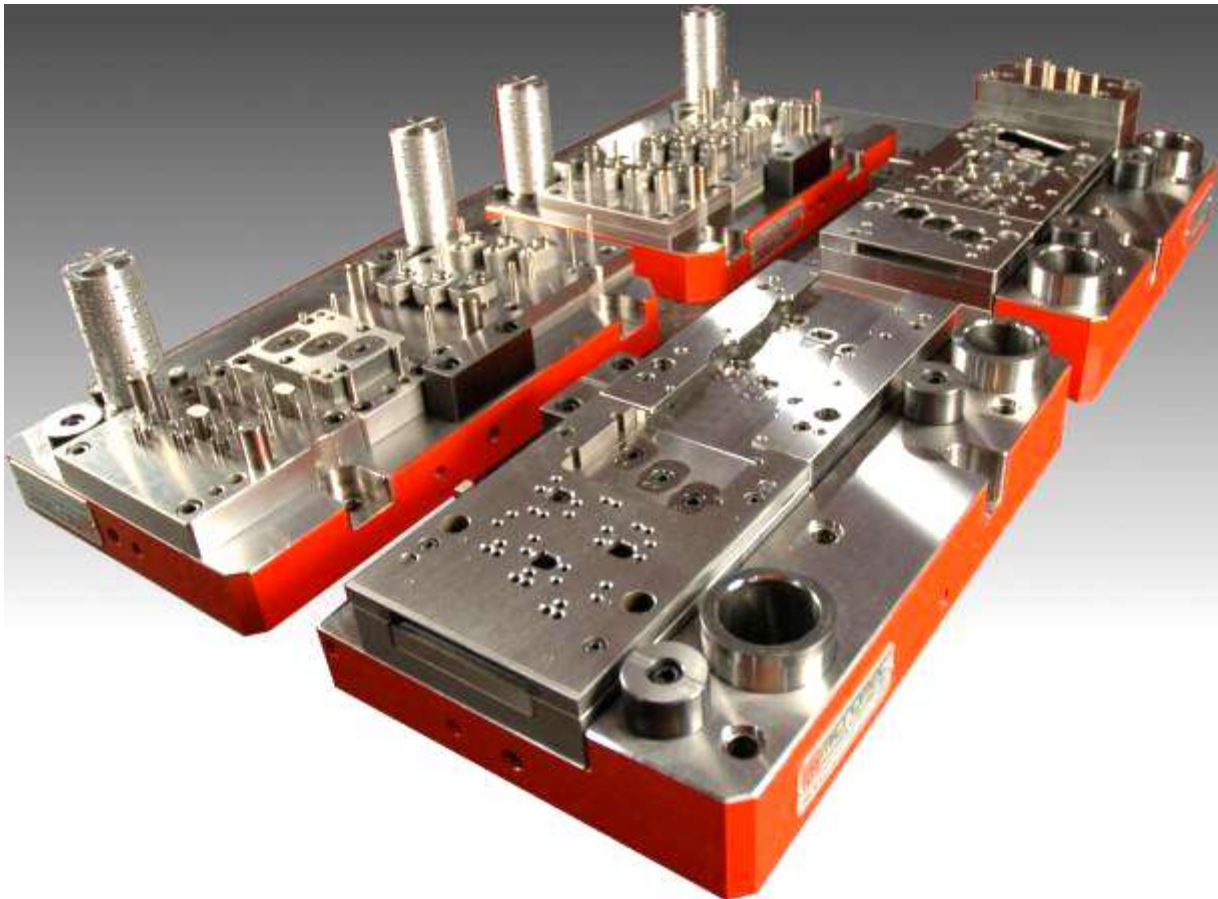


به نام خدا

تکنولوژی قالب سازی



سرفصل مطالب

۱- اصول تولید با قالب پرس

۲- اصول طراحی قالب‌های برش

۳- انواع قالب پرس

۴- پیوست

۵- مراجع

فصل اول

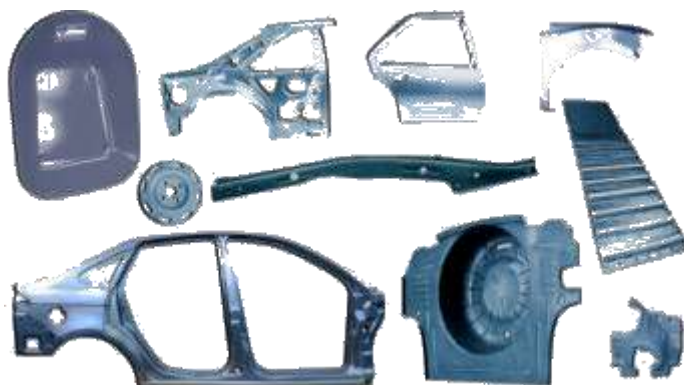
اصول تولید با قالب پرس



به نام خدا

۱-۱- اصول تولید با قالب پرس

فرایندهای ساخت و تولید قطعات صنعتی به دو گروه **براده‌برداری** و **بدون براده‌برداری** تقسیم می‌گردند. تولید قطعات به کمک **قالب** از جمله قدیمی‌ترین روش‌های تولید **بدون براده‌برداری** است. در این روش بطور کلی حفره‌ای به شکل قطعه‌ای که قرار است تولید شود ایجاد می‌گردد و سپس ماده خام به صورت‌های مختلف مانند تزریق ماده در حفره یا فشردن آن در حفره درون قالب شکل می‌گیرد.



قالب جزء ابزارهای دقیق به حساب می‌آید و استفاده از آن در تولید دارای مزایای زیر است:

- ۱- صرفه‌جویی در مصرف مواد خام
- ۲- امکان تولید انبوه قطعات
- ۳- پایین بودن بهای تمام شده قطعات تولید شده
- ۴- یکنواخت بودن قطعات تولید شده و بالا بودن قابلیت تعویض آنها

یکی از مهمترین گروه فرایندهای بدون براده‌برداری، شکل‌دهی فلزات است که قالب‌های پرس و قالب‌های فورجینگ یا آهنگری در این دسته از روش‌های تولید بدون براده‌برداری قرار می‌گیرند. قالب‌ها را از جنبه‌های مختلف می‌توان دسته‌بندی کرد اما بر اساس جنس قطعه‌کار تولید شده، قالب‌ها به انواع فلزی، پلاستیک، لاستیک، شیشه و فایبرگلاس تقسیم می‌شوند.

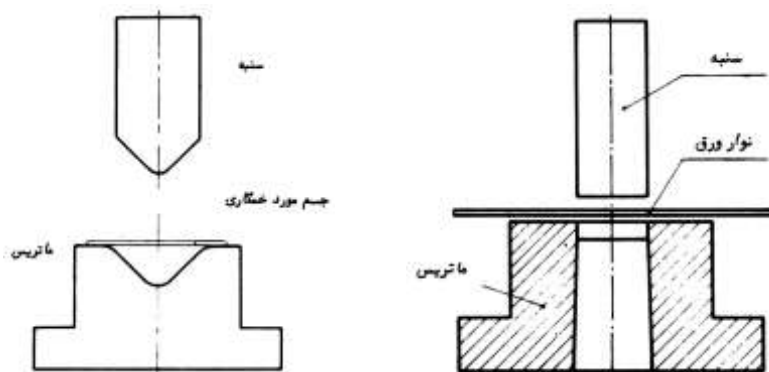
از جمله قالب‌های فلزی می‌توان به این موارد اشاره نمود:

- ۱- قالب‌های پرس (Stamping Die)
- ۲- قالب‌های دای‌کست (ریخته‌گری تحت فشار = Die Cast)
- ۳- قالب‌های فورجینگ (آهنگری = Forging)
- ۴- قالب‌های اکستروژن (حدیده‌کاری = Extrusion).

یکی از صنایعی که در حال حاضر به وفور از قطعات تولید شده توسط قالب‌های فلزی استفاده می‌کند صنعت خودروسازی است. صنایع دیگر نظیر تأسیسات، نفت، حمل و نقل و ... را نیز می‌توان از مصرف کنندگان این قالب‌ها دانست. قالب‌های پرس یا سنبه و ماتریس از جمله قالب‌های فلزی هستند که توسط آنها ورق‌های فلزی شکل داده می‌شوند. این قالب‌ها به سه گروه زیر تقسیم می‌شوند:

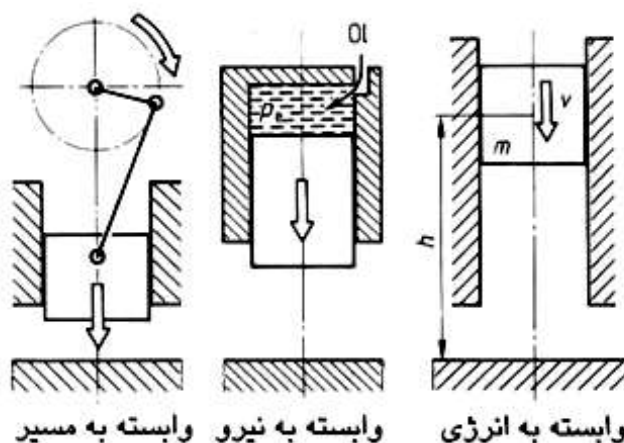
- ۱- قالب‌های پرس برش (Cutting Die)
- ۲- قالب‌های پرس فرم (Forming Die)
- ۳- قالب‌های پرس کشش عمیق (Deep Drawing Die)

اساس تولید در این قالب‌ها، شکل دهی ورق‌های فلزی در اثر اعمال فشار به آن بین یک میله و حفره فرم‌دار است. به میله، پانچ (Punch) یا سنبه و به حفره، ماتریس یا قالب (Die) می‌گویند. عموماً سنبه به بخش متحرک یک ماشین پرس بسته می‌شود و ماتریس دقیقاً زیر آن و روی میز پرس محکم می‌گردد. ورق بروی ماتریس قرار داده می‌شود و با حرکت پرس، سنبه به سمت ماتریس می‌آید و برای وارد شدن به ماتریس ورق را در سر راه خود برش یا شکل می‌دهد. هنگامی که سنبه به ورق می‌رسد آن قدر به آن نیرو وارد می‌کند تا نیروی اعمالی از استحکام تسلیم ورق نیز فراتر رود و در نتیجه ورق در مقابل سنبه تسلیم شده به صورت پلاستیک تغییر شکل می‌دهد. بدیهی است که باید بین سنبه و ماتریس لقی وجود داشته‌باشد تا ورق به درون ماتریس جاری گردد.



۱-۲- آشنایی با انواع پرس‌ها

پرس، ماشینی است که انرژی و نیروی بزرگی را برای جداسازی، شکل دادن و اتصال قطعات فراهم می‌کند. نیروی پرس و دقت راهنماهای آن عوامل تعیین کننده در انتخاب پرس‌ها هستند. نیروی لازم برای انجام کار، به روش مکانیکی، هیدرولیکی یا با تبدیل انرژی جنبشی به انرژی شکل‌دهی تأمین می‌شود. به این ترتیب پرس‌ها در سه گروه زیر تقسیم بندی می‌گردد:



پرس‌های وابسته به مسیر (مکانیکی): پرس‌های لنگ، میل لنگی، گوه ای و زانویی از این گروه هستند. تأمین نیروی این پرس‌ها به ساختمان طراحی آنها بستگی دارد.

پرس‌های وابسته به نیرو (هیدرولیکی): نیروی خود را از روغن یا هوای فشرده در حال حرکت به دست می‌آورند و توانایی آنها به توان پمپ و سطح پیستون بستگی دارد.

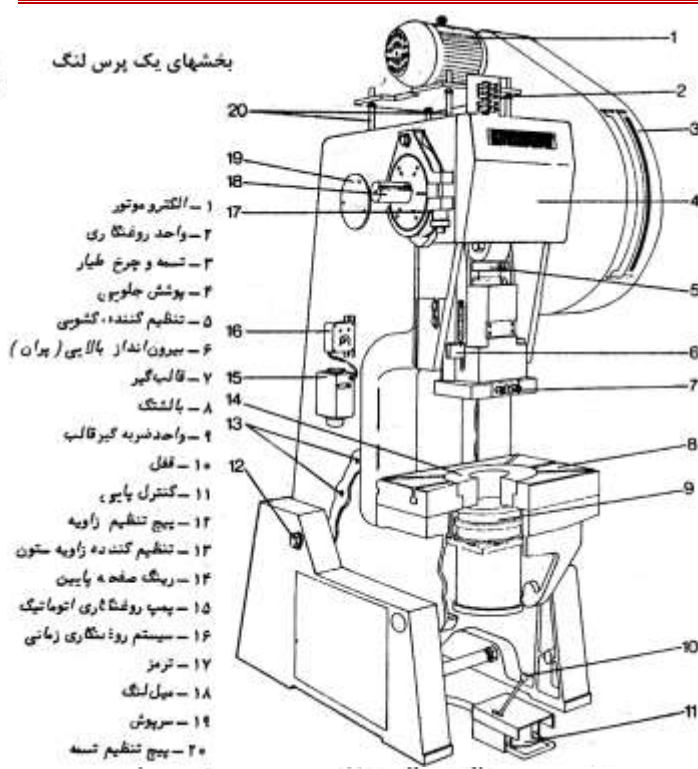
پرس‌های وابسته به انرژی: از قدیمی‌ترین انواع پرس‌ها به شمار می‌روند که در آنها انرژی حاصل از سقوط یک چکش یا دوران یک جسم (پرس اصطکاکی) مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیشتر پرس‌ها نیروی خود را از روش مکانیکی یا هیدرولیکی بدست می‌آورند (پرس‌های نیوماتیکی به علت نیروی پرس کم، کاربرد زیادی ندارند).

۱-۳- انواع پرس ها

الف) پرس های وابسته به مسیر

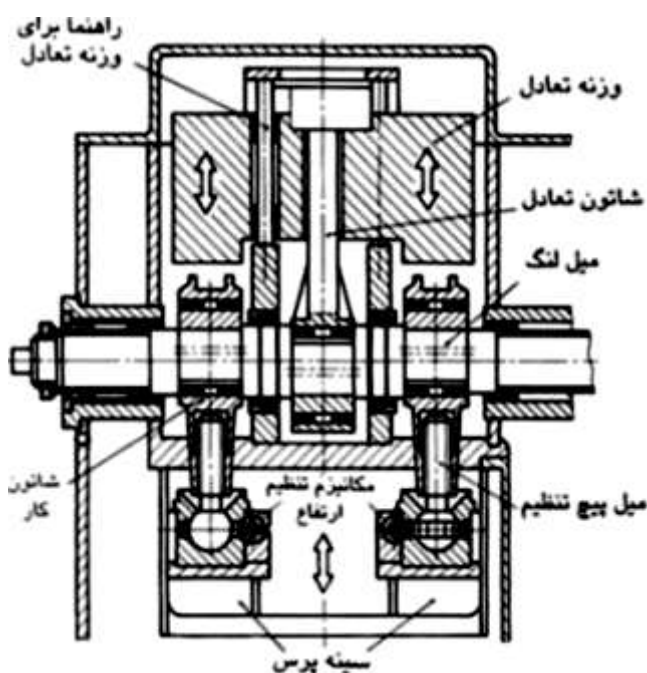
۱- پرس لنگ

در پرس های لنگ، محور محرک توسط موتور و از طریق یک چرخ لنگر توسط کلاچ به حرکت در می آید که دارای تجهیزات ترمز است. مقدار کورس پرس لنگ از یک مقدار حداقل تا یک مقدار حداکثر به صورت غیر پله ای قابل تنظیم است.



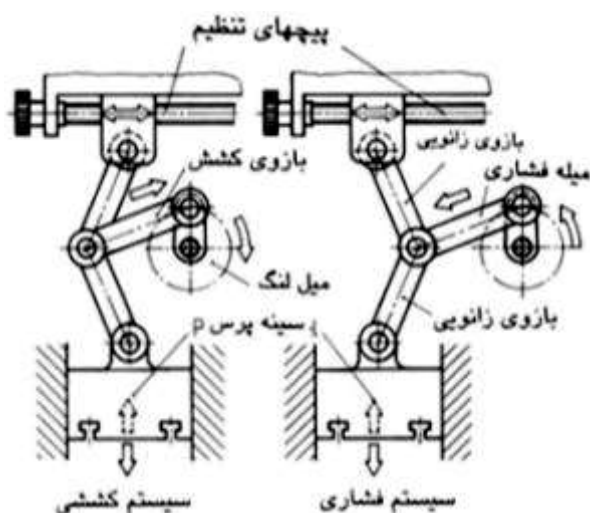
۲- پرس میل لنگی

حرکت سینه پرس توسط یک محرک میل لنگی تأمین می شود. این حرکت از میل لنگ دوار از طریق یک دسته شاتون قوی به سینه پرس منتقل می گردد. مقدار کورس قابل تنظیم نیست اما می توان سینه پرس را توسط یک میل پیچ ساچمه ای تنظیم کرد (شکل زیر).



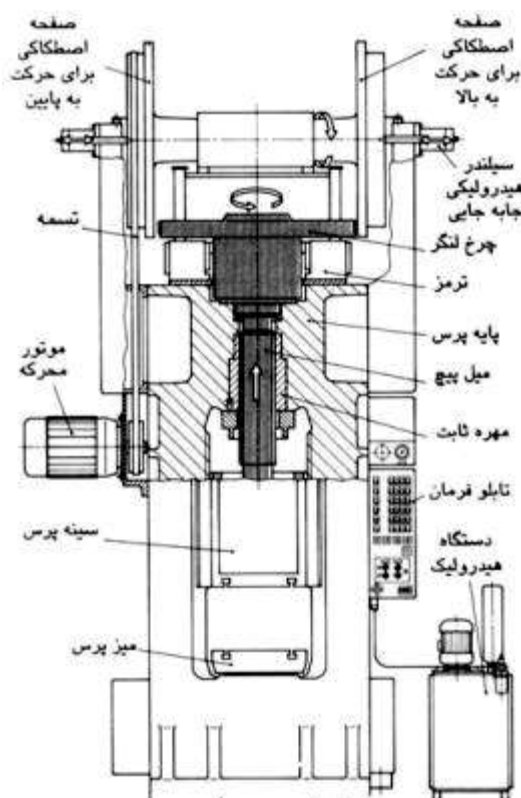
۳- پرس زانویی

سیستم کار پرس زانویی در شکل زیر دیده می شود. این پرس برای کارهای ضرب و ظریف مناسب می باشد چرا که نیروی پرس در آنها به طور آهسته تا بیشترین مقدار افزایش می یابد.



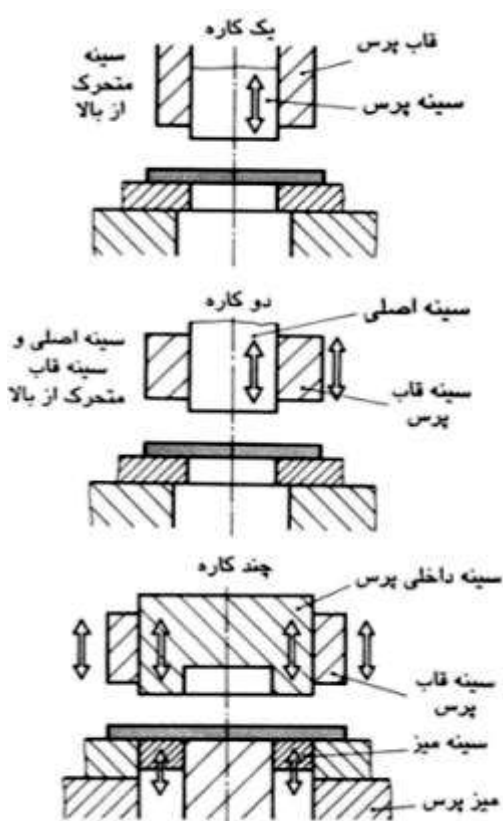
۴- پرس پیچی

در تولید قطعات سرد و گرم کار و کارهای ضرب به کار می‌رود. پس از آزاد کردن پرس، پیچ چند راهه ای توسط یک صفحه اصطکاکی به چرخش در می‌آید. به این ترتیب پیچ، درون مهره ثابت پایه پرس دوران می‌کند و سینه پرس را به همراه بخش بالایی ابزار، سریع به سمت پایین می‌راند. حرکت برگشت سینه پرس به وسیله صفحه اصطکاکی دوم حاصل می‌شود و به آن سیستم محرک اصطکاکی گفته می‌شود.



ب) پرس‌های هیدرولیکی

در پرس‌های هیدرولیکی پیستون پرس از طریق یک میله پیستون قوی مستقیماً با سینه پرس مرتبط است. موقع روشن شدن پرس یک پمپ فشار قوی، روغن هیدرولیک را از طریق یک شیر فرمان به درون محفظه سیلندر هدایت نموده پیستون را حرکت می‌دهد و نیروی بزرگی تولید می‌شود. حرکت کاری می‌تواند عمودی یا افقی باشد و نیروی پیستون یا سرعت آن متناسب با کار، قابل تنظیم است. کورس سینه پرس به وسیله شیرهای فرمان در هر نقطه دلخواه از کورس کلی محدود می‌شود. این پرس‌ها به علت نیروی بسیار زیادی که تولید می‌کنند به عنوان پرس‌های آهنگری و همچنین به علت یکسان بودن نیروی پرس در طول کورس، برای کشش عمیق نیز استفاده می‌شوند.



۱-۳-۱- طرز کار پرس‌ها

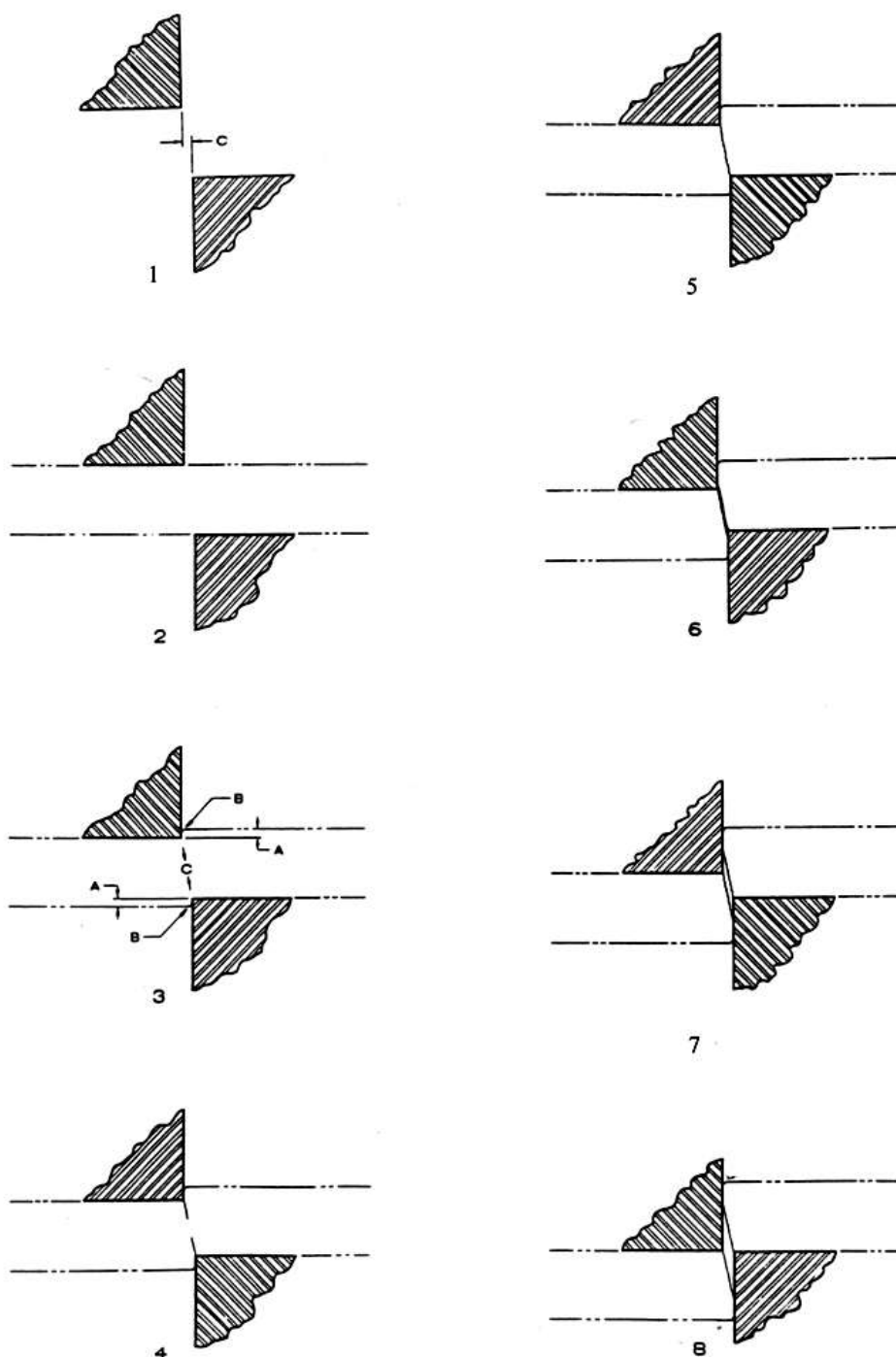
در مراحل برش و شکل‌دهی غالباً باید حرکات متوالی و متناسب با هم به مرحله اجرا درآیند بنابراین پرس‌ها به صورت یک کاره یا دو کاره ساخته می‌شوند. پرس‌های یک کاره یک سینه پرس دارند که در آن سنبه با بخش بالایی قالب محکم می‌شود. هر دو یک حرکت بالا رونده و پایین رونده را انجام می‌دهند. پرس‌های دو کاره دو حرکت مستقل سینه پرس را انجام می‌دهند. اگر این پرس‌ها برای کارهای کششی استفاده شوند ورق گیر به سینه خارجی بسته می‌شود و سینه اصلی داخلی حامل سنبه کشش می‌باشد. سینه پرس نصب شده در میز پرس نیز می‌تواند دومین حرکت را انجام دهد. این حرکت برای سوراخ کردن قطعات

کششی که قبلاً شکل داده شده است یا برای یک حرکت کششی متقابل لازم به کار می‌رود. با این روش در زمان و نیروی کار صرفه جویی می‌شود. پرس‌های چند کاره می‌توانند حرکات مختلف سینه پرس را همزمان یا یکی پس از دیگری اجرا کنند این پرس‌ها برای این منظور سیستمهای محرک مختلف یا هم نوعی را به کار می‌برند.

انواع پرسها			
پرسهای وابسته به مسیر			
کاربرد	شکل	کاربرد	شکل
برای کارهای ضرب سرد و گرم با دقت زیاد نیروی پرس 250...36000 kN	پرس زانویی	برای پرسکاریهای سبک و نیمه سنگین، برش، سوراخ کردن، شکل دادن خمشی، پلیسه‌گیری، کارهای کششی سبک، ضرب	پرس لنگ
نیروی پرس 25...5000 kN		برای پرسکاریهای نیمه سبک و سنگین با یک یا دو بازوی لنگ، ضرب، برش، کشش با عمق زیاد، پرس اکستروژن قطعه‌کار، پرس تزریقی	پرس میل لنگی
نیروی پرس 1250...40000 kN		برای کارهای وسیع در قالبهای بسته آهنگری	پرس گوه ای
پرسهای وابسته به انرژی		پرسهای وابسته به نیرو	
کاربرد	شکل	کاربرد	شکل
(a) با مکانیزم محرکه اصطکاکی (b) با مکانیزم محرکه مستقیم پرسکاری سرد و گرم، ضرب، شکل دادن خمشی، پلیسه‌گیری	پرس ضربه ای پیچی	برای کارهای کششی و برشی قطعات سطح بزرگ (قطعات اتاق خودرو)، فورج	پرس هیدرولیکی
نیروی پرس 1300...7200 kN		نیروی پرس تا 20000 kN	

۴-۱- تئوری برش

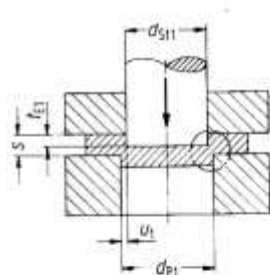
برش - اگر آن را به عنوان یک فرایند تولید بدون براده برداری در نظر بگیریم- قطع ورق های فلزی با اعمال نیروی مکانیکی توسط دو تیغه برنده تعریف می گردد. به فرایند برش توسط سنبه و ماتریس برش با قالب (Die Cutting) اطلاق می گردد و به قالب سنبه و ماتریسی که عمل برش ورق را به شکلها و طرحهای مختلف انجام می دهد قالب برش گفته می شود. در یک قالب برش پس از این که سنبه در ورق تغییر شکل پلاستیک ایجاد نمود، به علت اینکه ماتریس یک حفره است و در حقیقت زیر سنبه خالی است و همچنین به علت وجود لقی بین سنبه و ماتریس، سنبه به داخل ورق نفوذ می کند و این نفوذ آن قدر ادامه می یابد که ورق از هم گسسته می شود. فرایند برش در قالب های برش بررسی شده است و مراحل آن تحت عنوان مبحث تئوری برش تشریح می گردد. به شکل زیر توجه نمایید:



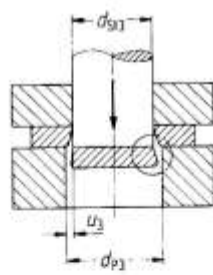
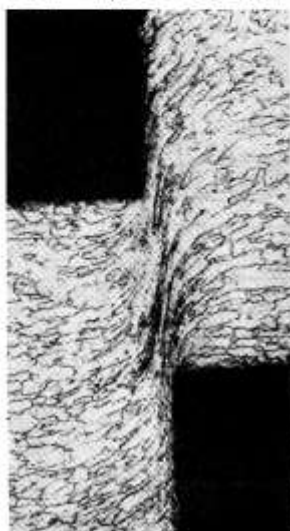
نمای بزرگ شده از فاصله مجاز بین لبه های برش قالب (1) و نواری از ماده در حال برش (2 تا 8)

توضیح مراحل برش ورق در شکل بالا:

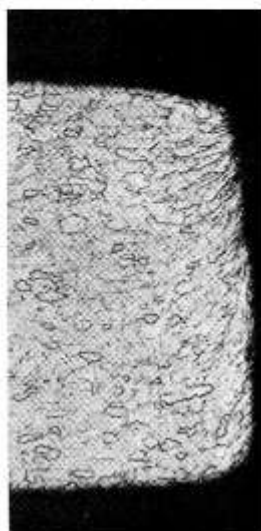
- ۱- در این قسمت از شکل، لبه های برش قالب و فاصله ی مجاز C (لقی) دیده می شود. مقدار این فاصله بسیار مهم است و در ادامه بیشتر توضیح داده خواهد شد.
- ۲- نوار تغذیه بین لبه های برش با خط چین نشان داده شده است. هنگامی که نوار تغذیه بین دو لبه ی برنده فشرده می گردد و مقدار فشار از استحکام نهایی ماده بیشتر شود در نوار شکست ایجاد می گردد و به دنبال آن برش انجام می شود.
- ۳- سنبه، حرکت رو به پایین را ادامه می دهد و لبه های آن به مقدار A درون ماده نفوذ می کند. مقدار عمق نفوذ لازم برای آغاز برش به جنس و ضخامت ورق بستگی دارد که در ورق های ترد کمتر از ورق های نرم است. ماده در بخش B کشیده می شود و کشش تا فراتر از حد الاستیک ماده افزایش می یابد در نتیجه تغییر شکل پلاستیک اتفاق می افتد. مقدار نفوذ و کشش در هر دو طرف نوار تغذیه یکسان است.
- ۴- حرکت پیوسته و رو به پایین لبه های برش سنبه باعث ایجاد ترک در ماده می شود. صفحات شکست دقیقاً از لبه های برنده آغاز می گردد.
- ۵- در ادامه حرکت پیوسته ی سنبه، ترکها رشد کرده از دو طرف به هم می رسند. در این جا اهمیت مقدار فاصله ی C مشخص می شود چرا که اگر این فاصله مناسب نباشد ترکها به هم نمی رسد و یک دیوار برش نامطلوب در قطعه کار ایجاد خواهد شد.
- ۶- با پیشروی بیشتر سنبه، قطعه کار از نوار جدا می شود. جدایش زمانی اتفاق می افتد که سنبه به میزان یک سوم ضخامت نوار پیشروی کرده باشد.
- ۷- ادامه ی حرکت سنبه باعث می شود قطعه کار در حفره ی ماتریس پایین برود. به دلیل تنش های فشاری ایجاد شده، قبل از جدایش، قطعه به دیوارهای حفره می چسبد. به عبارت دیگر چون ماده در ناحیه C در مرحله ۳ فشرده شده بود اکنون مانند یک فنر فشرده عمل می کند. قطعه کار که در حفره ماتریس محبوس شده است، تمایل به انبساط دارد اما دیواره های حفره قالب مانع از این عمل می گردد. در سنبه، وضعیت برعکس است و نوار به دور سنبه جمع می شود و به سختی به آن می چسبد.



مرحله اول: آغاز بولک زنی



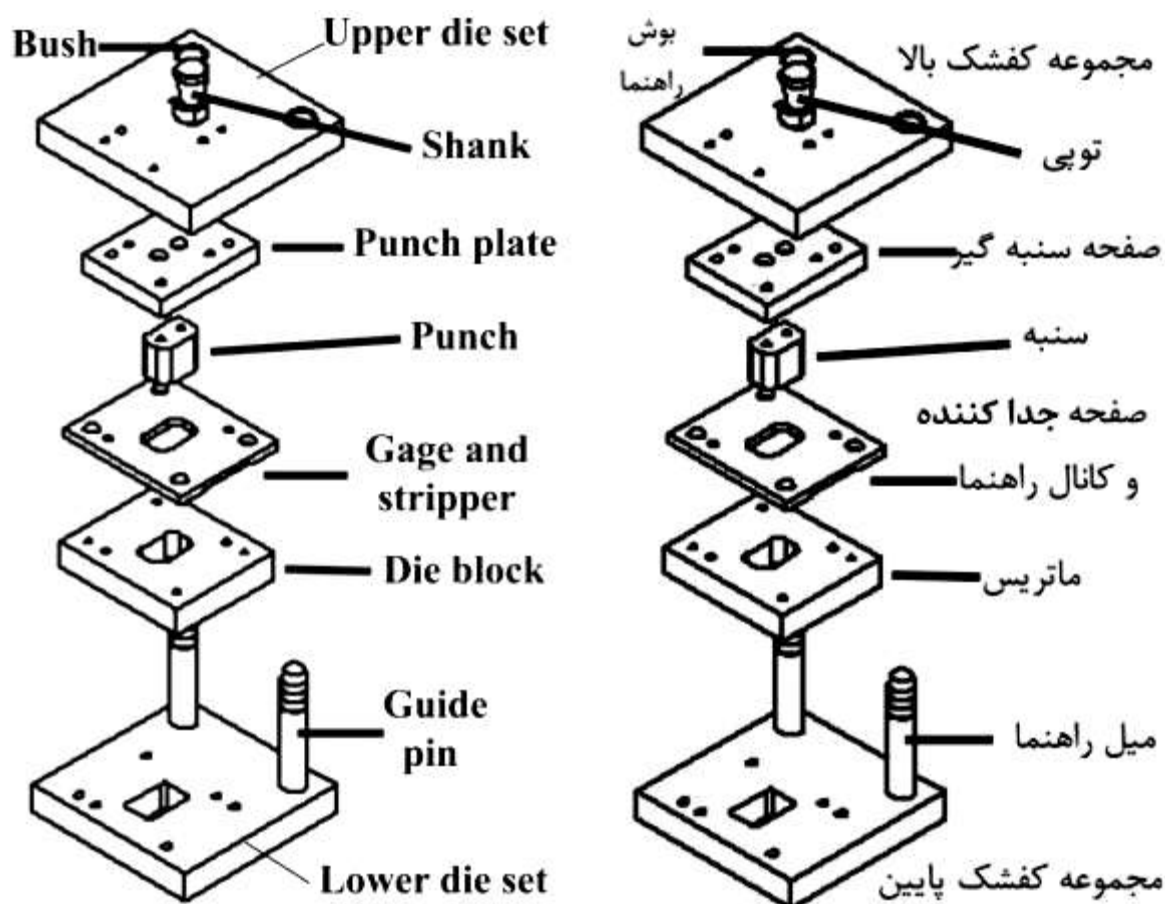
مرحله آخر: پایان بولک زنی



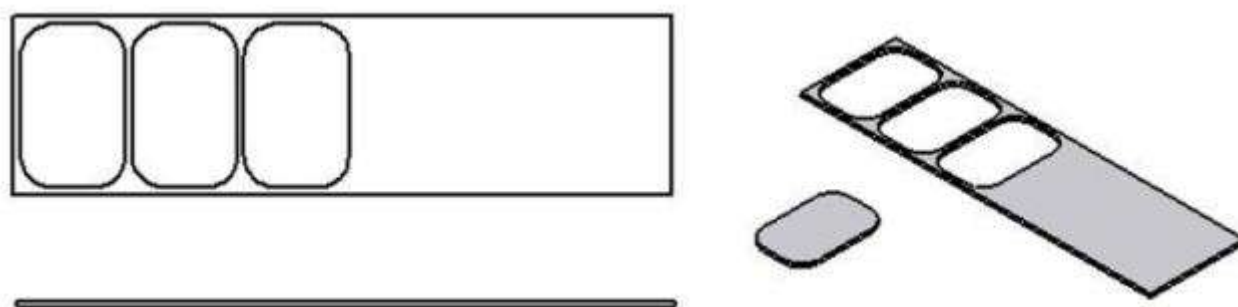
- ۸- اکنون سنبه کاملاً از میان نوار گذشته است. همچنین قطعه کار نیز کاملاً در حفره ماتریس قرار گرفته است. توجه شود که دیواره برش خورده در قطعه کار و نوار، دارای سطوح مشابه اما معکوس یکدیگر هستند. نوار تغذیه با فشاری برابر با فشار چسبیدگی قطعه کار به دیواره حفره ماتریس، دور سنبه می چسبد و برای جدا کردن آن به صفحه جدا کننده یا ورق گیر احتیاج می باشد.

۱-۵- معرفی قطعات مختلف یک قالب برش ساده

در شکل صفحه بعد اجزای یک قالب برش ساده نشان داده شده است. در طراحی قالب برش برای ساختن هر یک از این اجزای مراحلی وجود دارد. در ادامه بطور خلاصه مراحل ساخت یک قالب برش ساده و اجزای آن به ترتیب ذکر می‌گردد. از این ترتیب بایستی برای ساخت قالب برش در کارگاه پیروی نمود.

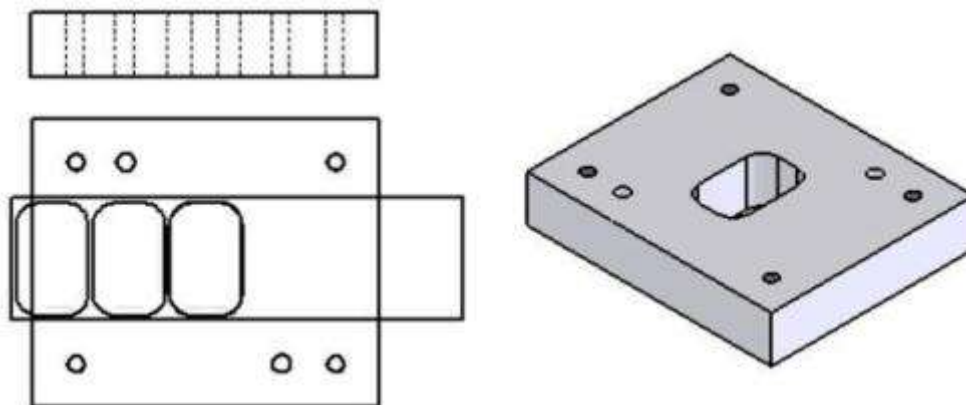


۱-نوار ورق: اولین مرحله در طراحی هر قالب برش، طراحی نوار ورق به شکلی که در انتهای ضربه پرس ظاهر خواهد شد می‌باشد. در نقشه همواره نوار ورق را پر رنگ بکشید تا به راحتی تشخیص داده شود. در نمای بالایی طرح کامل نوار ورق و سوراخ‌های آن مشخص می‌گردد. در نمای روبرو یا جانبی نیز ضخامت آن نشان داده می‌شود. قطعه‌ی تولید شده را نیز می‌توان به خوبی مشاهده کرد.



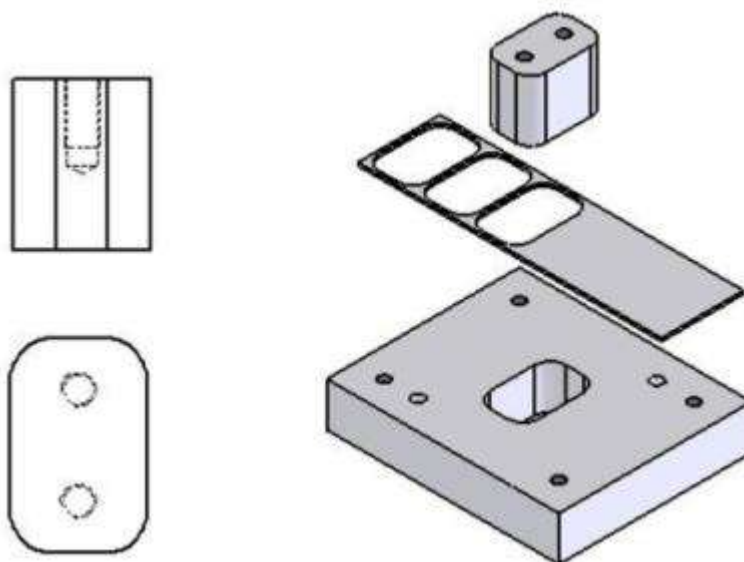
طرح نوار ورق

۲-ماتریس: در شکل صفحه بعد سه نما از ماتریس رسم شده است. در نمای بالا، بدنه معمولاً به صورت مستطیل در نظر گرفته می شود. دیواره سوراخ حفره برای آسان بیرون افتادن قطعه کار شیب دار می گردد. همچنین باید برای پیچ ها و پین هایی که قالب را به کفشک می بندد جای کافی در نظر گرفت. نقشه بدنه ی ماتریس زیر نوار مشاهده می گردد.



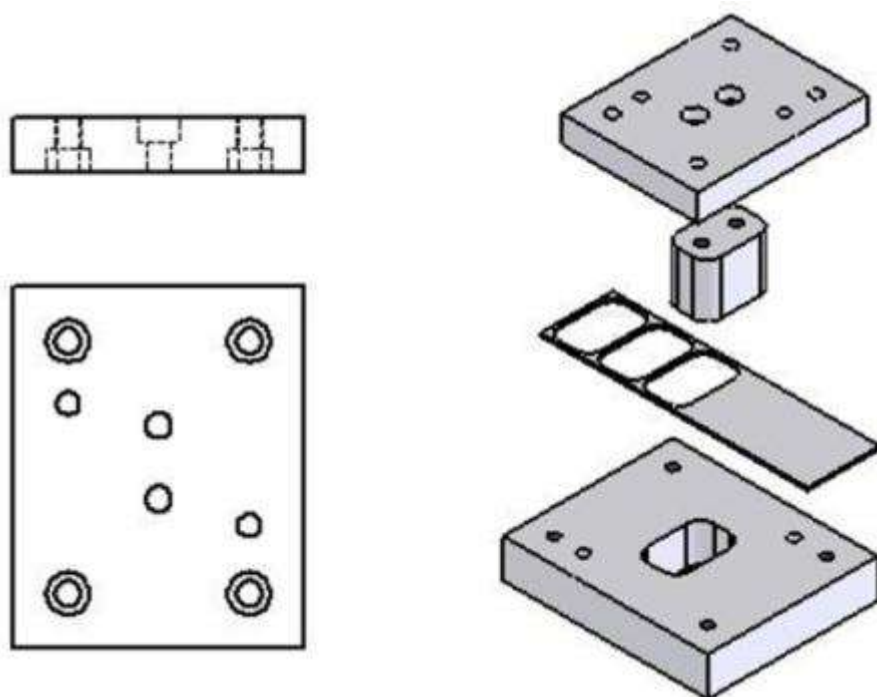
ماتریس

۳-سنبه پولک زنی: سنبه به بخشی از قالب گفته می شود که به طرف بالای پرس بسته می شود و با پایین آمدن آن، عملیات مختلفی بروی نوار ورق انجام می گردد. از سنبه ها برای برش، سوراخ کاری، ایجاد خم یا فرم در قطعه استفاده می شود. در شکل زیر سنبه ی برش مربوط به قالب در بالای بدنه ی ماتریس دیده می شود. زمانی که سنبه را طراحی می کنیم باید محل پیچ ها و پین هایی که آن را به مجموعه ی قالب می بندد نیز در نظر بگیریم.



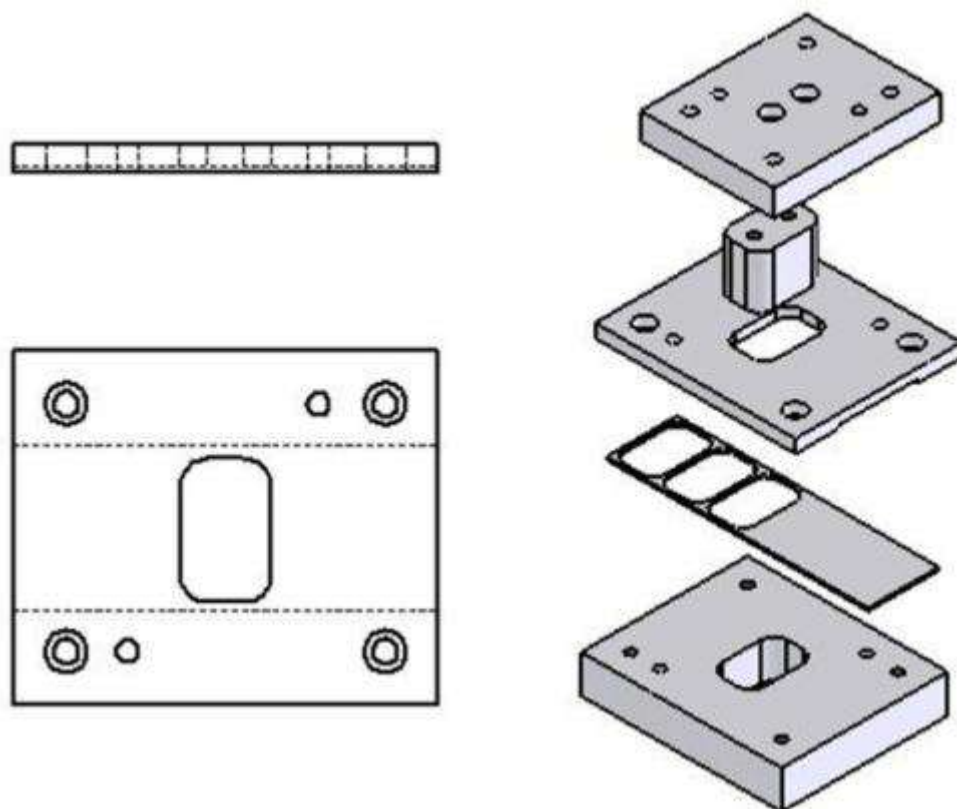
سنبه

۴-صفحه ی سنبه گیر: در شکل صفحه بعد صفحه ای که سنبه را نگاه می دارد دیده می شود. خاطر نشان می گردد که هنگام طراحی سنبه گیر باید فضای کافی برای اتصالات پیچ و پین در نظر گرفته شود. گاهی بجای این که صفحه سنبه گیر را مستقیماً به کفشک ببندند بین آن و کفشک ورقی از جنس فولاد نرم قرار می دهند تا مانع انتقال ضربه های سنبه به کفشک گردد و در نتیجه از خرابی کفشک جلوگیری نماید. به این قطعه، صفحه ضربه گیر می گویند.



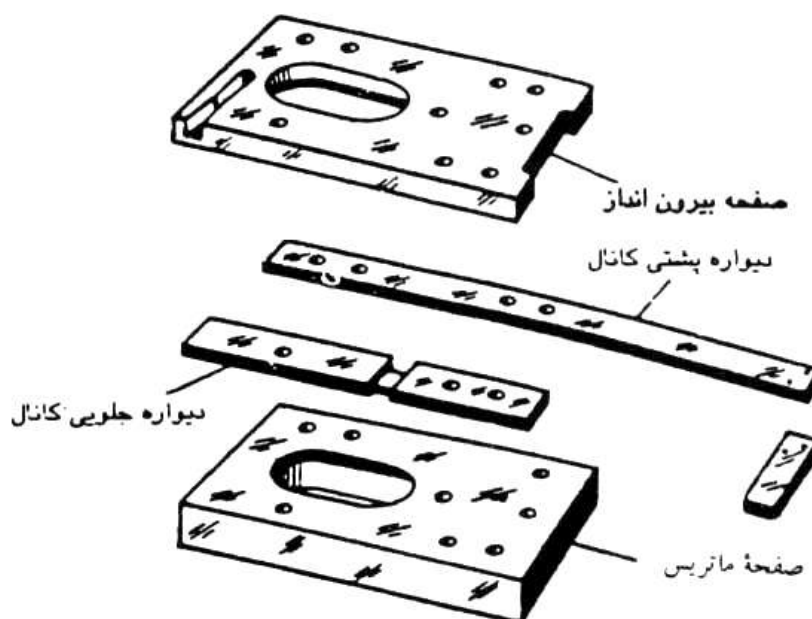
صفحه سنبه گیر

۵- کانال راهنما: حال به وسیله ای احتیاج داریم که ورق را در جای درست خود بروی ماتریس قرار دهد. برای این کار از قطعه‌ای به نام گیج یا کانال راهنما استفاده می‌کنیم. این کانال از افتادن ورق جلوگیری می‌کند و آن را در موقعیت درست به زیر قالب هدایت می‌نماید.



صفحه جدا کننده و کانال راهنما

در شکل زیر کانال راهنما توسط دو تسمه فلزی که ورق را از دو طرف محصور کرده است و آن را هدایت می‌کند ایجاد شده‌است. از این روش نیز در قالب‌سازی استفاده می‌گردد.



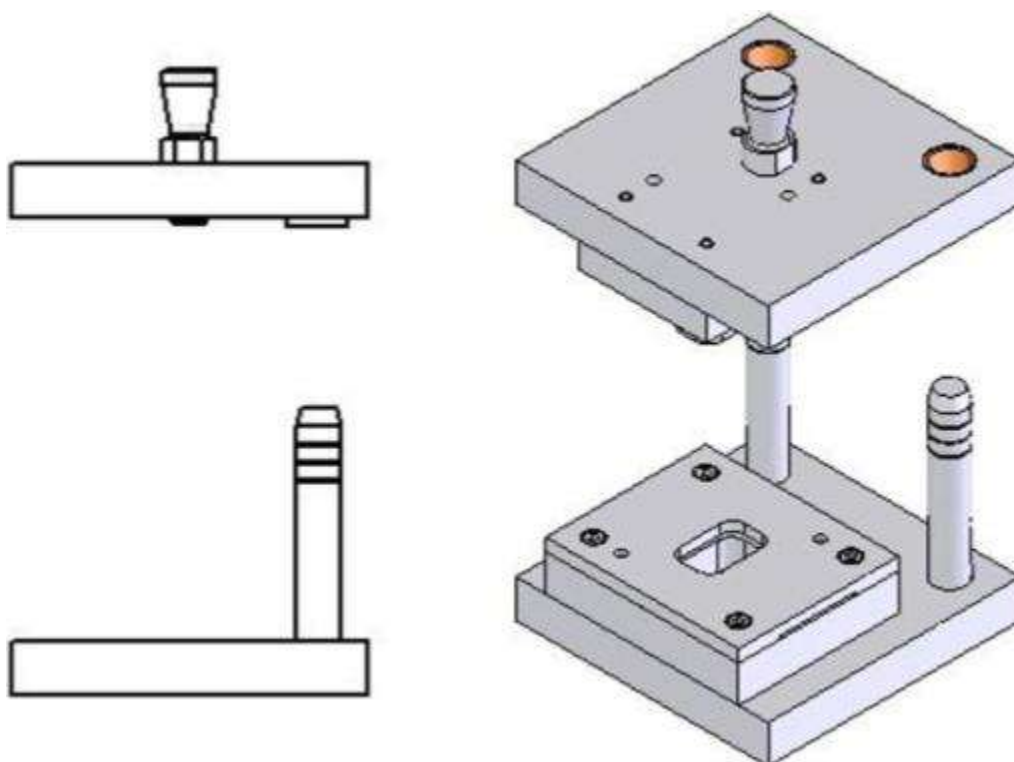
صفحه جدا کننده و کانال راهنما به صورت مجزا

۶- صفحه جدا کننده یا صفحه‌ی روبند: کار آن همان طور که از نامش پیداست جدا کردن ورق از سنبه است. گفتیم که ورق به علت انقباض به اطراف سنبه می چسبد و تمایل دارد که با سنبه به سمت بالا حرکت کند. صفحه جدا کننده، ورق را از اطراف سنبه جدا می کند. ناگفته نماند که این نوع صفحه جدا کننده برای قالب های کوچک کاربرد دارد و برای قالب های بزرگتر از صفحات ورق گیر مجهز به فنر استفاده می شود. در قالب های برش ساده می توان کانال راهنما را با صفحه جدا کننده در یک قطعه بطور مشترک ایجاد کرد. به این ترتیب به ساخت مجزای کانالها و صفحه جدا کننده نیازی نیست (دو شکل قبل).

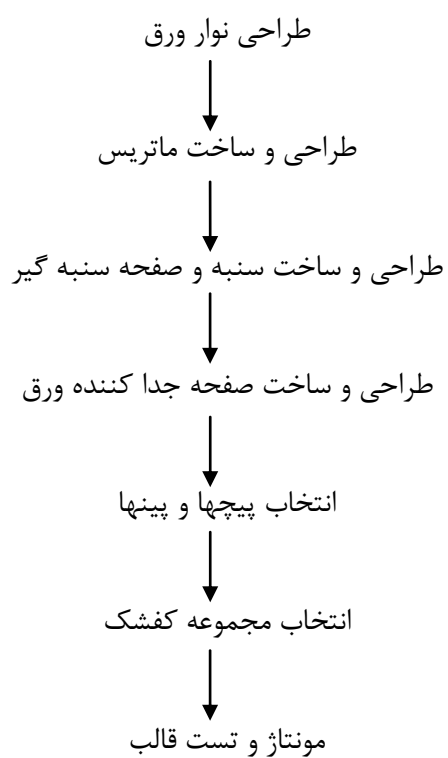
۷- اتصالات و بست ها: در قالب های پرس تمامی پین ها و پیچ های یک عضو مشخص، هم قطر انتخاب می شود. در قالب سازی معمولاً از پیچ های آلن استفاده می گردد چرا که شکل گرد، ارتفاع کم سر پیچ و مقاومت خوب این نوع پیچ برای اتصال بسیار مناسب است.

۸- کفشک ها: اجزای قالب از طریق کفشک به پرس متصل می گردد. کفشک ها در اندازه های مختلف و اشکال متفاوتی وجود دارد و برای انتخاب یک نوع مناسب نکته های خاصی باید در نظر گرفته شود. کفشک ها به همراه میلها و بوشهای راهنما بطور آماده در ابعاد مختلف قالب موجود می باشد و کمتر پیش می آید که این بخشها نیز ساخته شود. ابعاد کفشک های استاندارد در بخش پیوست آورده شده اند. شکل صفحه بعد مجموعه قالب و کفشک های آن را نشان می دهد.

توجه: برای اتصال مجموعه کفشک بالا، صفحه سنبه گیر و سنبه (بطور کلی کفشک بالای قالب) به سینه پرس از قطعه ای به نام توپی استفاده می شود که متناسب با اندازه پرس و کفشک انتخاب می گردد. ابعاد توپی برای کفشک های مختلف در بخش پیوست داده شده است.



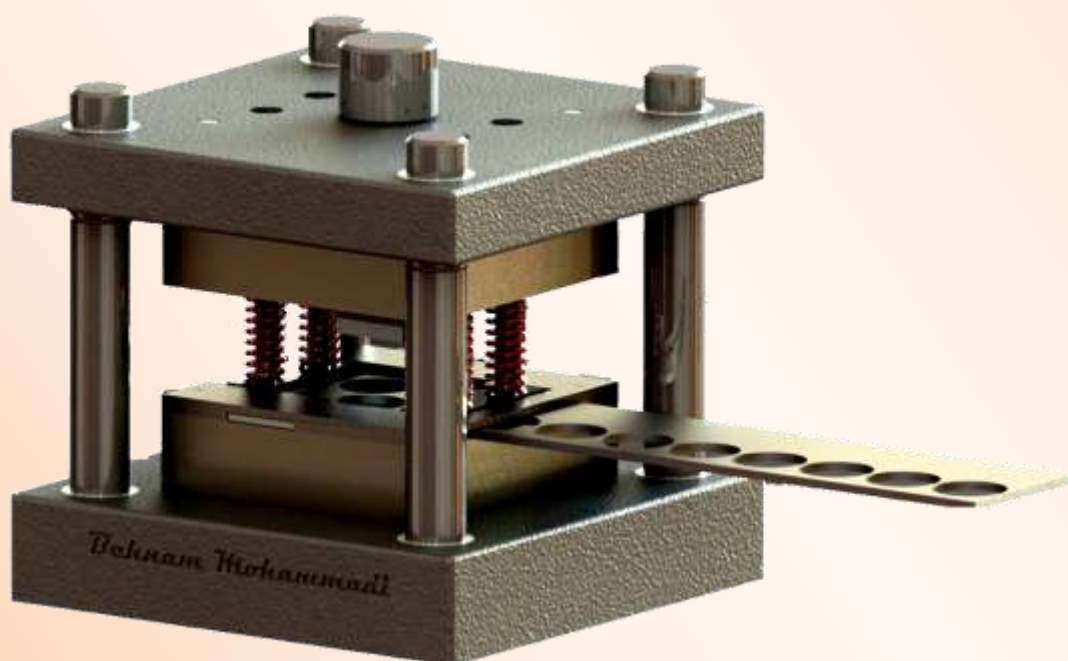
یک قالب برش و مجموعه کفشک آن



مراحل طراحی و ساخت یک قالب برش ساده

فصل دوم

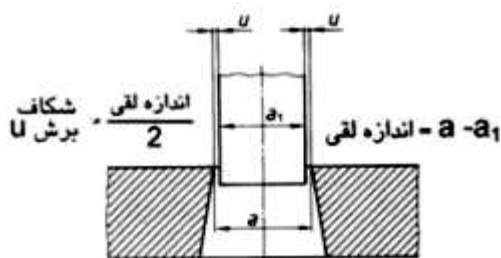
اصول طراحی قالب‌های برش



۲-۱- اصول طراحی قالب های برش

۲-۱-۱- لقی (یا کلی اِرنس = Clearance) و مقدار آن

بین لبه برش سنبه و لبه برش ماتریس باید مقداری لقی که به طور عمود بر سطح برش اندازه گیری می شود وجود داشته باشد. اندازه لقی به ضخامت و استحکام ماده قطعه کار، ساختمان قالب برش و میزان پرداخت سطح برش قطعه کار بستگی دارد. اندازه و وضعیت لقی بیش از هر عامل دیگر بروی عمر قالب تأثیر دارد. تیراژ تولید سالم



که از مشخصات مهم قالب است، در حقیقت تعداد قطعات برشی است که در یک بار سنگ زدن قالب و تعمیر آن بتوان تولید کرد. هرگاه لقی در یک نقطه تنگتر از نقطه مقابل آن باشد سنبه هنگام برش به اجبار جابه جا می گردد. به این ترتیب راهنماهای قالب تحت سایش شدید قرار می گیرد و قالب زودتر از موعد

کند می شود. به علاوه نیروی برش افزایش می یابد و بطور غیر یک نواخت بروی قطعه کار پلیسه تولید می گردد. اندازه سنبه و ماتریس غالباً با لقی بین آنها محاسبه می شود. لقی دو برابر شکاف برش است و حدود ۴ تا ۱۰ درصد ضخامت ورق است. در جداول استاندارد موجود علاوه بر ضخامت ورق و مقادیر استحکامی به نوع حفره ماتریس نیز توجه می شود. مقدار لقی بر طبق جنس ورق و ضخامت ورق از جدول زیر قابل تعیین است.

مقایسه با VDI 3368 (5.82)

ابعاد سنبه و ماتریس برش

a_1 اندازه سنبه
 a اندازه ماتریس
 u لقی برش
 s ضخامت ورق
 α زاویه آزاد

روش	پولک بری	سوراخکاری
اندازه باید	a_1 (سنبه)	a (ماتریس)
اندازه محاسباتی	ماتریس $a = a_1 + 2 \cdot u$	سنبه $a_1 = a - 2 \cdot u$

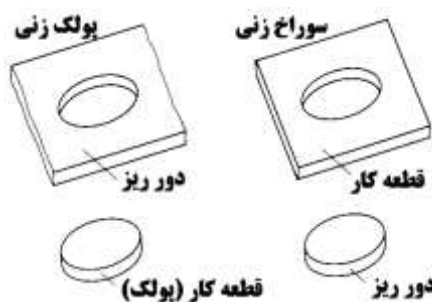
لقی سنبه در ارتباط با جنس و ضخامت ورق

ضخامت ورق s mm	سوراخ ماتریس با زاویه آزاد α				سوراخ ماتریس بدون زاویه آزاد α			
	لقی برش u برای استحکام برشی τ_{AB} به N/mm^2				لقی برش u برای استحکام برشی τ_{AB} به N/mm^2			
	تا 250	251...400	401...600	بیش از 600	تا 250	251...400	401...600	بیش از 600
0,4...0,6	0,01	0,015	0,02	0,025	0,015	0,02	0,025	0,03
0,7...0,8	0,015	0,02	0,03	0,04	0,025	0,03	0,04	0,05
0,9...1	0,02	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05	0,05
1,5...2	0,03	0,04...0,05	0,05...0,07	0,07...0,09	0,05	0,06...0,08	0,08...0,10	0,09...0,12
2,5...3	0,04	0,06...0,07	0,09...0,10	0,11...0,13	0,08	0,1...0,12	0,13...0,15	0,15...0,18
3,5...4	0,05...0,06	0,08...0,09	0,11...0,13	0,15...0,17	0,10...0,12	0,14...0,16	0,18...0,20	0,21...0,24

✓ نکته:

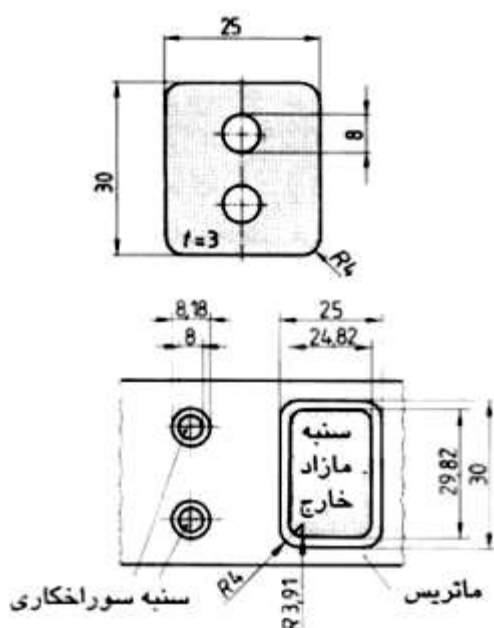
در برش مازاد خارج (پولک زنی blanking) اندازه حفره ماتریس همان اندازه اسمی قطعه کار است در حالی که اندازه سنبه برش به اندازه لقی قالب کوچک تر از اندازه اسمی قطعه کار در نظر گرفته می شود. در برش مازاد داخل (سوراخ زنی)

(piercing) اندازه سنبه همان اندازه اسمی قطعه کار است در حالی که اندازه حفره ماتریس به اندازه لقی قالب بزرگتر از اندازه اسمی قطعه کار در نظر گرفته می شود.



مثال:

قطعه کار روبرو باید از ورقی به ضخامت ۳ میلی متر با سختی متوسط ساخته شود. اگر لقی قالب ۶ درصد ضخامت ورق باشد اندازه های حفره ماتریس و سنبه سوراخ زنی را محاسبه کنید.



الف) در پولک زنی اندازه حفره قالب همان اندازه قطعه کار است بنابراین: طول حفره ۳۰ میلی متر، عرض آن ۲۵ میلی متر و شعاع گوشه ۴ میلی متر می باشد. سنبه پولک زنی به اندازه لقی از اندازه اسمی قطعه کار کوچکتر است. مقدار لقی عبارت است از: $3 \times 6\% = 3 \times \frac{6}{100} = 0.18 \text{ mm}$ و به این ترتیب ابعاد سنبه به این صورت محاسبه می گردد:

$$\text{طول سنبه پولک زنی: میلی متر } 29.82 = 30 - 0.18$$

$$\text{عرض سنبه پولک زنی: میلی متر } 24.82 = 25 - 0.18$$

$$\text{شعاع گوشه سنبه پولک زنی: میلی متر } 3.91 = 4 - (0.18 : 2) = 4 - (0.09)$$

ب) در سوراخ زنی اندازه سنبه همان اندازه اسمی قطعه کار است اما حفره ماتریس به مقدار لقی از اندازه اسمی قطعه کار بزرگتر است.

قطر سنبه سوراخ زنی: ۸ میلی متر

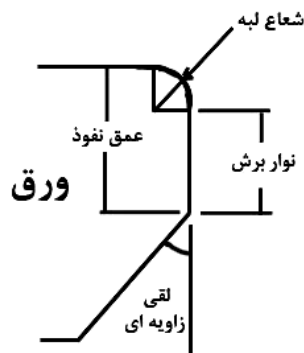
$$\text{قطر سوراخ ماتریس: میلی متر } 8.18 = 8 + 0.18$$

✓ نکته مهم ۱:

در سوراخ زنی به واسطه برگشت فنری ورق، قطعه کار به اصطلاح باد می کند و باعث می شود سوراخ ایجاد شده از سنبه کوچکتر گردد. این پدیده به خصوص در ورق های ضخیم قابل ملاحظه است. به همین دلیل سنبه سوراخ زنی حدود نصف لقی بزرگتر از اندازه اسمی سوراخ قطعه کار در نظر گرفته می شود. بنابراین در مثال قبل که مقدار لقی ۰/۱۸ میلی متر بود اندازه بادکردگی، نصف لقی یعنی ۰/۰۹ میلی متر می باشد که باید به سنبه سوراخ زنی اضافه گردد (قطر سنبه سوراخ زنی = ۸/۰۹ میلی متر). اندازه بادکردگی را به این صورت هم می توان در نظر گرفت که به هنگام ساخت قالب سنبه به اندازه تolerانس بالا ساخته شود.

✓ نکته مهم ۲:

اگر در طراحی سنبه و ماتریس سایش قالب نیز در نظر گرفته شود باید اندازه ها در ارتباط با تفرانس قطعه کار تعیین گردد. برای حصول این منظور باید در پولک زنی، حفره ماتریس حداقل اندازه قطعه کار (حد پایین تفرانس) و در سوراخ زنی سنبه سوراخ زنی حداکثر اندازه قطعه کار (حد بالای تفرانس) را داشته باشد.



✓ نکته مهم ۳:

تأثیر تغییرات لقی بر مشخصات لبه برش به این شرح است (شکل روبرو): افزایش لقی = افزایش شعاع لبه، کاهش طول نوار برش، افزایش زاویه گسیختگی (لقی زاویه ای)، افزایش پلیسه
کاهش لقی = کاهش شعاع لبه، افزایش طول نوار برش، کاهش زاویه گسیختگی (لقی زاویه ای)، کاهش پلیسه

بخشهای لبه ورق پس از برش

۲-۱-۲- نیروی برش

هنگام پولک زنی یک قطعه کار باید نیروی برش بر استحکام برشی ورق غلبه کند. اندازه استحکام برش به سطح برش و حداکثر استحکام برشی جنس ورق بستگی دارد. محاسبه نیروی برش برای تعیین پرس با تناژ لازم (نه کم و نه زیاد) به کار می رود. نیروی برش به موازات لبه های برش و طبق معادله زیر محاسبه می گردد:

$$F = S \times \tau_{\max}$$

در رابطه فوق، F نیروی برش بر حسب نیوتن، S مساحت سطح برش بر حسب میلی متر مربع و $\tau_{\max}$ حداکثر استحکام برشی ورق بر حسب نیوتن بر میلی متر مربع است.

مقدار $\tau_{\max}$ تقریباً ۰/۸ حداکثر استحکام کششی است. استحکام کششی انواع فلزات در جداول صفحه ۷۰ تا ۷۵ آورده شده است.

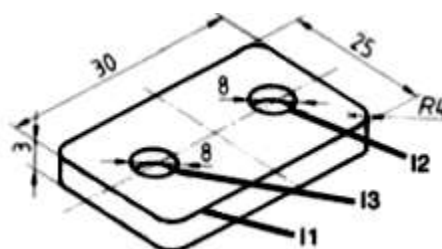
مساحت سطح برش نیز از رابطه روبرو محاسبه می گردد:

$$S = l_s \times s$$

در رابطه فوق، S مساحت سطح برش بر حسب میلی متر مربع، l_s طول خط برش بر حسب میلی متر، s ضخامت ورق بر حسب میلی متر است.

مثال:

برای ساخت قطعه کار نشان داده شده از جنس ST37-2 نیروی پرس را محاسبه کنید.



$$s = l_s \times s = l_1 + l_2 + l_3 \times s = 103 \cdot 1 + 25 \cdot 1 + 25 \cdot 1 \times 3 = 153 \cdot 3 \times 3 = 459.9 \text{ mm}^2$$

$$l_1 = 2 \cdot 30 - 8 + 4 \cdot \frac{8 \times \pi}{4} + 2 \cdot 25 - 8 = 103.1 \text{ mm}$$

$$l_2 = l_3 = 8 \cdot \pi = 25.1 \text{ mm}$$

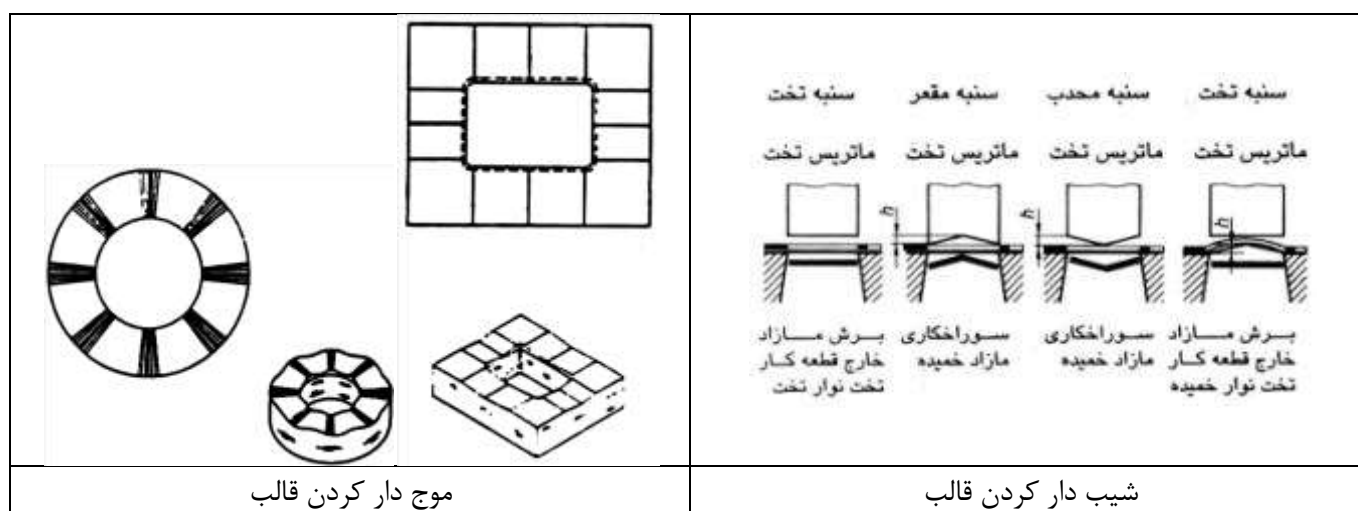
$$R_{\text{max}} = 510 \text{ N/mm}^2, \quad \tau_{\text{max}} \approx 0.8 \cdot R_{\text{max}} \Rightarrow \tau_{\text{max}} = 0.8 \times 510 = 408 \text{ N/mm}^2$$

$$F = S \times \tau_{\text{max}} = 459.9 \times 408 = 187639 \text{ N} \approx 188 \text{ KN}$$

بنابراین پرس به کار رفته باید حداقل نیرویی برابر ۱۸۸ کیلو نیوتن به وجود آورد. برای در نظر گرفتن اصطکاک بین سنبه، ورق گیر و ورق یا کندی لبه های برش و نیز تیرانس ضخامت ورق، نیروی برش را حدود ۲۰ درصد بیشتر از مقدار محاسبه شده در نظر می گیرند. به این ترتیب در مثال بالا نیروی پرس باید حداقل حدود ۲۲۶ کیلو نیوتن باشد (کیلو نیوتن $226 = 188 \times 1.2$).

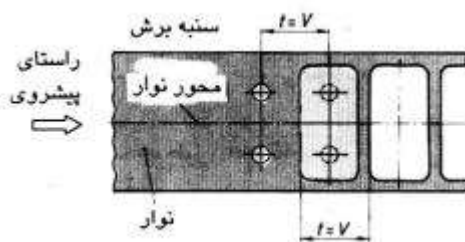
۲-۱-۲- کاهش نیروی برش

در قالب های برش پر قدرت مانند برش ورق های ضخیم، با سنگ زنی، سر سنبه یا روی ماتریس را شیب دار یا موج دار سنگ می زنند تا ضربه های پرس نرم و ملایم شود. با شیب دار یا موج دار شدن سطح کار قالب برش، نیروی برش کاهش می یابد. قالب باید طوری شیب دار شود که قطعه کار پس از خروج از آن همچنان تخت بماند. در پولک زنی معمولاً ماتریس شیب دار است اما در سوراخ زنی سنبه باید شیب دار باشد. با این روش فقط دور ریز ورق قوس دار می شود و قطعه کار تخت باقی می ماند. اندازه عمومی شیب h روی سنبه یا روی ماتریس حدود 0.06 تا 0.09 ضخامت ورق است. مقادیر کوچک برای مواد ترد و مقادیر بزرگ برای مواد چقرمه بکار می رود. زاویه شیب در سنبه ها نباید بزرگتر از 5° درجه شود. در غیر این صورت لبه های برش به علت نیروهای جانبی آسیب می بینند.



۲-۱-۳- محاسبه دور ریز نوار ورق

سنبه و حفره ماتریس باید طوری در قالب برش جای داده شود که دور ریز برش تا حد امکان کوچک باشد. نوار برش ضمن هر ضربه پرس به اندازه V در راستای تغذیه جلو می رود که به آن مقدار پیشروی نوار گفته می شود. همچنین فاصله یک خط برش تا خط برش متناظر بعدی t نامیده می شود.

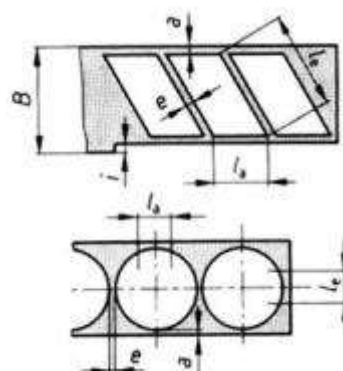


به منظور کاهش دور ریز ورق مقادیر دور ریز عرضی و طولی در هر گام برش پیشنهاد می گردد که تجربی هستند. این مقادیر در جدول صفحه بعد آورده شده است.

اصطلاحات نوار و شبکه مازاد:

L طول نوار
 B عرض نوار
 V پیشروی
 t گام

l_e طول مازاد عرضی
 l_a طول مازاد طولی
 e عرض مازاد عرضی
 a عرض مازاد طولی
 R تعداد ردیفها
 a_R فاصله ردیفها
 l طول قطعه کار
 b عرض قطعه کار
 i مازاد سنبه کناره پر



طبق VDI 3367			مازاد عرضی و طولی							
عرض نوار B	طول مازاد عرضی l_e طول مازاد طولی l_a	عرض مازاد عرضی e عرض مازاد طولی a	ضخامت نوار s به mm							
			0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
تا 100 mm	تا 10	e a	0,8 1	0,8 0,9	1,0	1,3	1,6	1,9	2,1	
	11...50	e a	1,6 1,9	0,9 1,0	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	
	51...100	e a	1,8 2,2	1,0 1,2	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	
	بیش از ...	e a	2,0 2,4	1,2 1,5	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	
	مازاد سنبه کناره برآ		1,5			2,2	3,0	3,5	4,5	
از 100 mm تا 200 mm	تا 10	e a	0,9 1,2	1,0 1,1	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	
	1...50	e a	1,8 2,2	1,0 1,2	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	
	50...100	e a	2,0 2,4	1,2 1,5	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	
	بیش از ...	e a	2,2 2,7	1,4 1,7	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9	
	مازاد سنبه کناره بر آ		1,5			2,5	3,5	4,0	5,0	

برای تعیین مناسبترین وضعیت قرار گیری قطعه کار بروی ورق جهت کاهش دور ریز آن، نسبت سطوح همه قطعات برش خورده به سطح نوار ورق محاسبه می گردد. به این نسبت، درجه بازده گفته می شود. قطعه کار به شکلهای مختلف مانند مستقیم، مایل، یک ردیفه، چند ردیفه و ... بروی ورق قرار می گیرد و برای هر مورد بازده محاسبه می گردد. در نهایت طرحی که بیشترین بازده را داراست انتخاب می شود.

$$\eta = \frac{Z \times A}{L \times B}$$

η درجه بازدهی، Z تعداد قطعات، L طول نوار، B عرض نوار، A سطوح قطعات بدون سوراخ

نکته: در پولک زنی، شکل یا طرح داخلی قطعه در محاسبه درجه بازده دخالت داده نمی شود زیرا وجود یا عدم وجود طرحهای داخلی، فرایند برش را تحت تاثیر قرار نمی دهد. در ضمن قطعات بزرگ معمولاً عمود بر پیشروی نوار قرار می گیرند به طوری که از صفحات پهنتر با تعداد کمتر استفاده شود.

۲-۱-۴- انواع ورق

انواع مختلف ورق های فولادی با جنس و ابعاد استاندارد موجود است. شرکتهای سازنده معمولاً مشخصات ورق ها تولیدی خود را تهیه و به مشتریان ارائه می دهند. انواع فولادهای آلیاژی و غیر آلیاژی در ساخت ورق ها به کمک فرایند نورد سرد یا گرم بکار می

رود. برخی ورق ها نیز با فلزات مختلف مانند قلع پوشش داده می شود. فولادهای کربنی، فولاد آلیاژی کروم و نیکل دار، فولاد آلیاژی کروم و مولیبدن دار با استحکام کششی مختلف، از جمله فولادهای رایج در ساخت انواع ورق های فولادی است. برای تعیین دقیق ورق باید ابتدا جنس و سپس ضخامت آن تعیین گردد. به مثال جدول زیر توجه نمایید. ضخامت ورق های استاندارد و وزن سطحی آنها در جدول زیر مطابق استاندارد DIN 1541, 1543 داده شده است.

ورق فولادی											
ضخامت ورق	وزن سطحی m ²	ضخامت ورق	وزن سطحی m ²	ضخامت ورق	وزن سطحی m ²	ضخامت ورق	وزن سطحی m ²	ضخامت ورق	وزن سطحی m ²	ضخامت ورق	وزن سطحی m ²
mm	kg/m ²	mm	kg/m ²	mm	kg/m ²	mm	kg/m ²	mm	kg/m ²	mm	kg/m ²
0,35	2,75	0,70	5,50	1,2	9,42	3,0	23,55	4,75	37,3	10,0	78,5
0,40	3,14	0,80	6,28	1,5	11,80	3,5	27,4	5,0	38,25	12,0	94,2
0,50	3,92	0,90	7,07	2,0	15,70	4,0	31,4	6,0	47,1	14,0	109,9
0,60	4,71	1,0	7,85	2,5	19,60	4,5	35,4	8,0	62,8	15,0	117,75

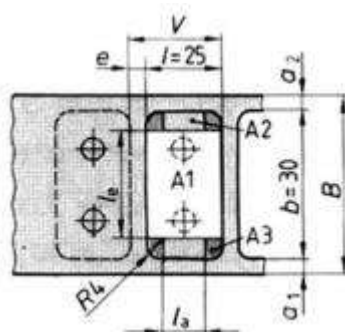
مقایسه با (DIN 1541 (8,75), DIN 1543 (11,81)

نوع تحول: به صورت ورق یا تسمه طبق DIN 1541 ضخامت 0,35 تا 3 mm، طبق DIN 1545 ضخامت از 3 تا 150 mm

جنس: فولاد آلیاژی و غیر آلیاژی. مشخصه ورق نورد گرم از فولاد RSt 37 - 2 با ضخامت 4,5 mm: DIN 1543 - RSt 37 - 2 - 4,5 ورق

مثال ۱:

برای قطعه کار نشان داده شده دور ریز عرضی و طولی، عرض نوار (B) و درجه بازده (η) را تعیین کنید. طول نوار ۱۰۰۰ میلی متر و ضخامت آن ۱ میلی متر است.



ضخامت ورق $s = 1$ میلی متر و مطابق شکل بالا l_a و l_e بین ۱۱ تا ۵۰ میلی متر و عرض نوار (B) نیز کمتر از ۱۰۰ میلی متر می باشد. به این ترتیب با توجه به جدول صفحه قبل عرض مازاد عرضی $e = 1/1$ میلی متر و عرض مازاد طولی نیز $a = 1/1$ میلی متر خواهد بود. پس خواهیم داشت:

$$B = b + 2 \times a = 30 + 2 \times 1.1 = 32.2 \text{ mm}$$

$$A = A_1 + 2 \times A_2 + 4 \times A_3 = 25 \times 22 + 2 \times (17 \times 4) + 4 \times \frac{\pi \times 4^2}{4} = 736.24 \text{ mm}^2$$

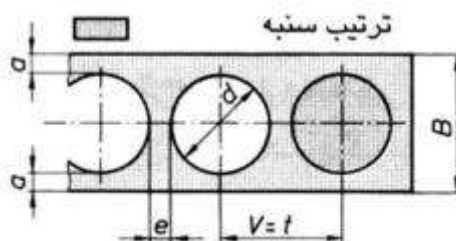
$$V = l + e = 25 + 1.1 = 26.1 \text{ mm}$$

$$Z = \frac{L}{V} = \frac{1000}{26.1} \cong 38$$

$$\eta = \frac{Z \times A}{L \times B} = \frac{38 \times 736.24}{1000 \times 32.2} \cong 0.868 \rightarrow \eta = 86.8\%$$

مثال ۲:

از نواری با ضخامت ۲ و طول ۱۰۰۰ میلی متر قطعات گردی به قطر ۲۰ میلی متر بریده می شود. اگر مازاد طولی و مازاد عرضی ۱/۶ میلی متر باشد عرض نوار (B) و درجه بازده (η) را حساب کنید.



$$B = d + 2 \times a = 20 + 2 \times 1.6 = 23.2 \text{ mm}$$

$$V = d + e = 20 + 1.6 = 21.6 \text{ mm}$$

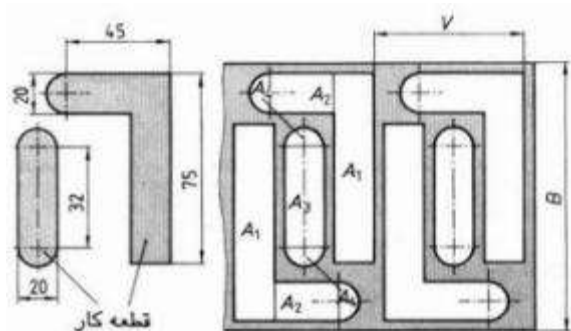
$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times 20^2}{4} = 314 \text{ mm}^2$$

$$Z = \frac{L}{V} = \frac{1000}{21.6} \cong 46$$

$$\eta = \frac{Z \times A}{L \times B} = \frac{46 \times 314}{1000 \times 23.2} \cong 0.622 \rightarrow \eta = 62.2\%$$

مثال ۳:

برای برش گونیا و لچکی طبق شکل زیر از ورق فولادی به ضخامت ۲/۵ و طول ۱۰۰۰ mm استفاده می شود. عرض نوار و درجه بازده را حساب کنید. مازاد عرضی و طولی طبق جدول ۲ mm است.



$$B=2+75+2+20+2=75+20+3 \times 2=101 \text{ mm}$$

$$V=2+20+2+20+2+20=3 \times 20+3 \times 2=66 \text{ mm}$$

$$A_1=75 \times 20=1500 \text{ mm}^2, \quad A_2=25 \times 20=500 \text{ mm}^2, \quad A_3=32 \times 20=640 \text{ mm}^2$$

$$A_4=\left(\frac{\pi \times 20^2}{4}\right) : 2 = 157 \text{ mm}^2$$

$$A=2 \times A_1+2 \times A_2+A_3+4 \times A_4=2 \times 1500+2 \times 500+640+4 \times 157=5268 \text{ mm}^2$$

$$Z = \frac{L}{V} = \frac{1000}{66} \cong 15$$

$$\eta = \frac{Z \times A}{L \times B} = \frac{15 \times 5268}{1000 \times 101} \cong 0.782 \rightarrow \eta = 78.2\%$$

۲-۲- بررسی فرم و ابعاد قسمتهای مختلف قالب پرس برش

پس از محاسبه قسمتهای مختلف قالب پرس برش و بخصوص محاسبه نوار تغذیه مطابق آنچه که در قسمتهای قبل ذکر گردید به ترتیب بخشهای دیگر قالب را بررسی و طراحی می نماییم.

۲-۲-۱- طراحی ماتریس

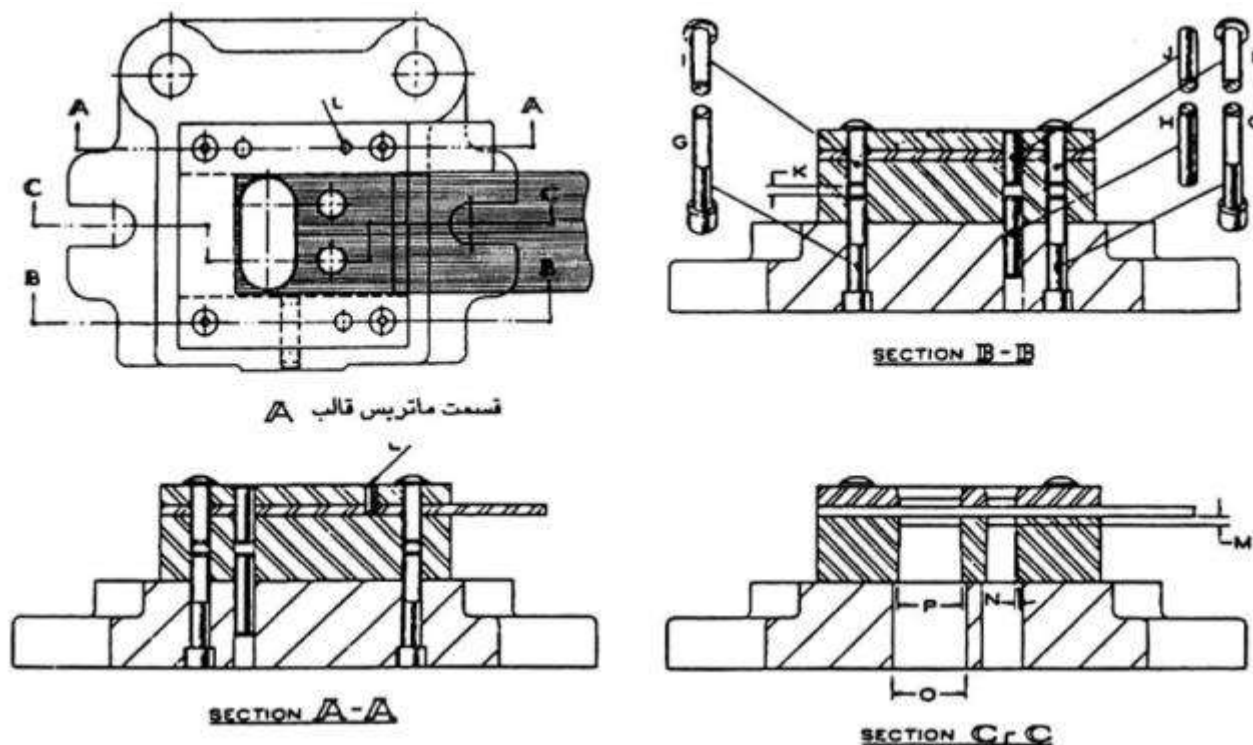
قالب های کوچک که برای تولید قطعات صنعتی کوچک به کار می روند معمولاً ماتریس یک تکه دارند. فقط برای قطعات پیچیده ممکن است که ماتریس را مرکب بسازند تا ماشین کاری آن آسانتر باشد. ماتریس قالب های بزرگ را نیز برای تسهیل در امر ماشین کاری، سخت کاری و سنگ زدن، مرکب می سازند. در این بخش بهترین روش برای انتخاب یک ماتریس کوچک و متوسط ارائه می شود.



به طور کلی سوراخ هایی که در روی ماتریس مشاهده می شوند عبارتند از: سوراخ D محل فرود سنبه ی سوراخ کاری، سوراخ C برای قطعه کار، سوراخهای E و F که تا انتهای بدنه ماتریس عمق دارند به ترتیب برای پیچ و پین قالب هستند. در شکل زیر مقاطع A-A و B-B

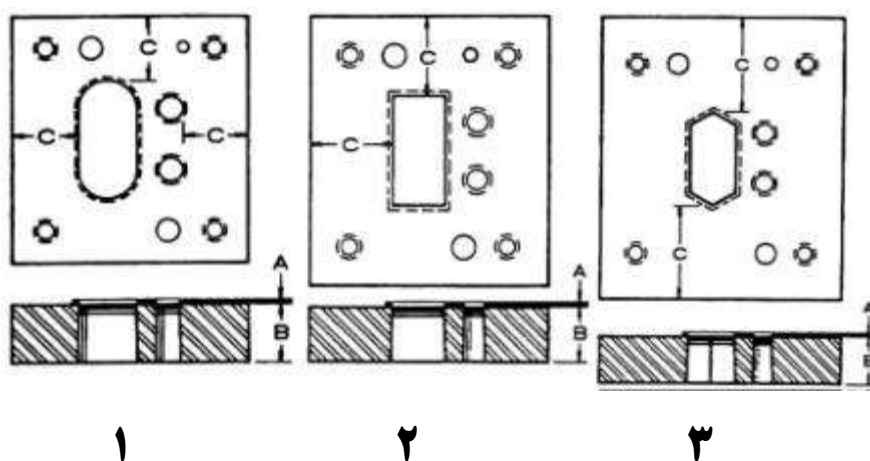
B نشانگر اتصال اجزای قالب به یک دیگر است. چهار پیچ از نوع آلن (G) کفشک پایین را به ماتریس وصل می کند. دو پین H که بین کفشک و ماتریس جازده شده است، از هر گونه پیچش و حرکت احتمالی جلوگیری می کند. چهار پیچ I مجموعه صفحه ی روبند یا ورق گیر را به ماتریس محکم می کند. در حالی که دو پین J نیز در محل خود به کار می روند. فاصله ی K برای پیش بینی در امر سنگ زدن صفحات و یا ماشین کاری آنها که موجب تقلیل ضخامت خواهد بود می باشد. قطر پیچ ها و

پین ها در هیچ قالبی از ۸ میلی متر کمتر نخواهد بود. پین های J در روئند، پرسی جازده می شود ولی در ماتریس لزومی به انطباق پرسی نیست. مقطع C-C ماتریس را نشان می دهد. فاصله مستقیم M را حدود ۳ میلی متر در نظر می گیرند و زاویه ی شیب N را از جدول زیر تعیین می کنند. قطر O به اندازه ۳ میلی متر بزرگتر از قطر P خواهد بود تا قطعه کار راحت از زیر قالب بیرون بیفتد.



ضخامت ورق (بر حسب میلی متر)	مقدار زاویه N (بر حسب درجه)
۰ - ۱/۶	۰/۲۵
۱/۶ - ۴/۷۵	۰/۵
۴/۷۵ - ۷/۹	۰/۷۵
بالای ۷/۹	۱

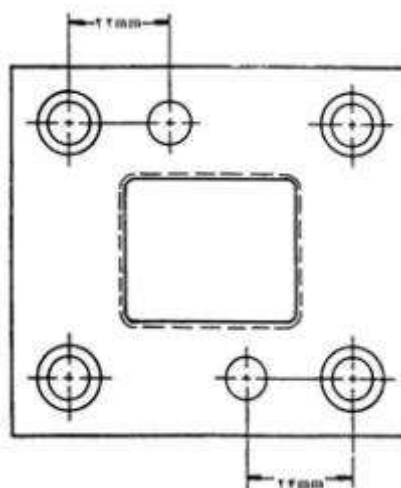
در هنگام طراحی ماتریس فواصل سوراخ های ماتریس که برای تشکیل قطعه لازم است نباید نسبت به لبه ی ماتریس و یکدیگر از محدوده ی خاصی تجاوز کند. در شکل زیر نمای بالای ماتریس با سه نوع سوراخ نشان داده شده است. حداقل فاصله ی مجاز نیز با توجه به ضخامت بدنه ی ماتریس و ضخامت ورق در جدول دیده می شود.



A	B	C: حداقل فاصله مجاز حفره با دیوارهای بدنه		
		۱ حفره با لبه های منحنی	۲ حفره با گوشه های داخلی	۳ حفره با گوشه های تیز داخلی
ضخامت ورق $0 - 1/6$	ضخامت بدنه ماتریس ۲۴	۲۷	۳۶	۲۸
$1/6 - 3/2$	۲۹	۳۳	۴۳	۵۸
$3/2 - 4/15$	۳۵	۴۰	۵۳	۷۰
$4/15 - 6/35$	۴۲	۴۷	۶۲	۸۳
بزرگتر از $6/35$	۴۸	۵۴	۷۲	۹۶

• اندازه ها به میلی متر

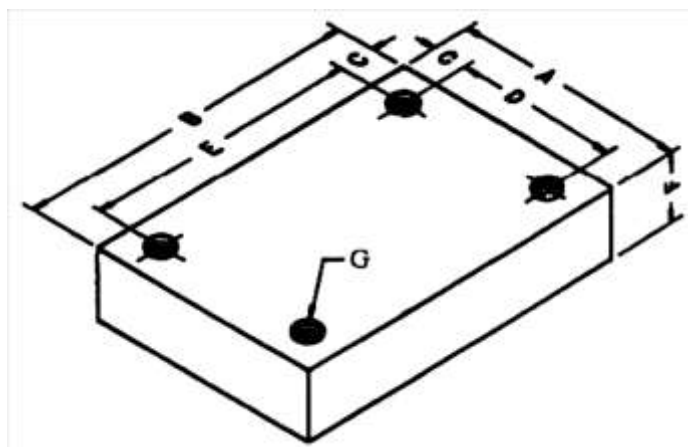
در برخی از قالب ها که حفره ی ماتریس آنها متقارن است ممکن است پس از تعمیر، ماتریس به طور غلط و برعکس حالت اولیه بسته شود. در این صورت به دلیل این که رعایت تقارن به طور کامل ممکن نیست، قالب در هنگام کار دچار مشکل خواهد شد. برای جلوگیری از این امر و نشان گذاری قالب، یکی از پین ها را در فاصله ای نزدیک تر نسبت به پیچ مجاورش قرار می دهند. این مسئله در شکل زیر نمایان است.

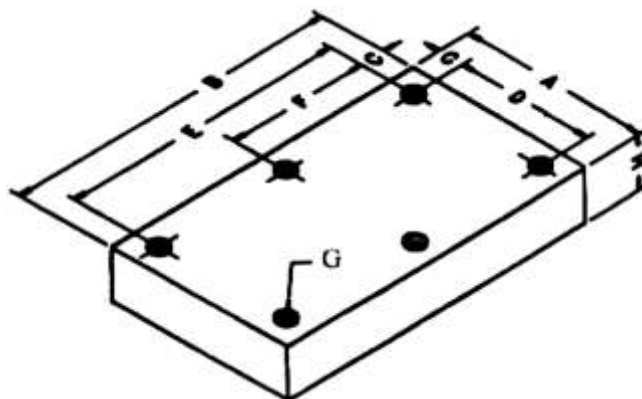


در جایی که انواع زیادی قطعه کار مورد نیاز باشد برای صرفه جویی در وقت و هزینه از اندازه های استاندارد ماتریس استفاده می کنیم. برای سرعت کار می توان از فیکسچرهای سوراخ کاری استفاده کرد در این صورت کار به راحتی بروی ماشین مته انجام خواهد شد. اندازه استاندارد ماتریسهای کوچک و متوسط در جدول زیر آمده است.

A	B	C	D	E	F	G
۷۶	۸۹	۱۶	۲۴	۵۷	۲۴	رزوه $M 8 \times 1$ مته $\phi 7$
۷۶	۱۲۷	۱۶	۲۴	۹۵	۲۴	رزوه $M 8 \times 1$ مته $\phi 7$
۱۰۲	۱۰۲	۱۶	۷۰	۷۰	۲۴	رزوه $M 8 \times 1$ مته $\phi 7$
۱۰۲	۱۲۷	۱۶	۷۰	۹۵	۲۴	رزوه $M 8 \times 1$ مته $\phi 7$
۱۰۲	۱۵۳	۱۶	۷۰	۱۲۱	۲۴	رزوه $M 8 \times 1$ مته $\phi 7$
۱۲۷	۱۲۷	۱۹	۸۹	۸۹	۲۴	رزوه $M 8 \times 1$ مته $\phi 7$
۱۲۷	۱۵۳	۱۹	۸۹	۱۱۴	۲۴	رزوه $M 8 \times 1$ مته $\phi 7$

• ابعاد به میلی متر





A	B	C	D	E	F	G	H
۱۰۲	۱۷۸	۱۹	۶۴	۱۲۰	۷۰	رزوه: $M 10 \times 1$ منه: $\phi 8.5$	۲۸/۶
۱۰۲	۲۰۳	۱۹	۶۴	۱۶۵	۸۲/۵	رزوه: $M 10 \times 1$ منه: $\phi 8.5$	۲۸/۶
۱۲۷	۲۰۳	۱۹	۸۹	۱۶۵	۸۲/۵	رزوه: $M 10 \times 1$ منه: $\phi 8.5$	۲۸/۶
۱۲۷	۲۵۲	۱۹	۸۹	۲۱۶	۱۰۸	رزوه: $M 10 \times 1$ منه: $\phi 8.5$	۲۸/۶
۱۵۳	۲۰۳	۱۹	۱۱۵	۱۶۵	۸۲/۵	رزوه: $M 10 \times 1$ منه: $\phi 8.5$	۲۸/۶
۱۵۳	۲۵۲	۱۹	۱۱۵	۲۱۶	۱۰۸	رزوه: $M 10 \times 1$ منه: $\phi 8.5$	۲۸/۶
۱۷۸	۲۷۹	۱۹	۱۴۰	۲۲۱	۱۲۰/۵	رزوه: $M 10 \times 1$ منه: $\phi 8.5$	۲۸/۶

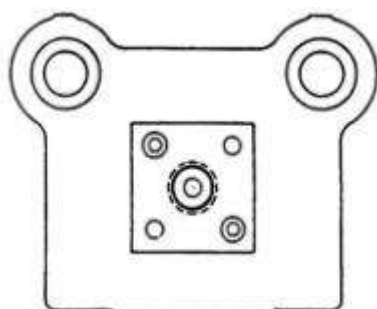
• ابعاد به میلی متر

نکته: در فولادهای سردکار قالب سازی می توان کمترین ضخامت ماتریس را از رابطه زیر محاسبه نمود:

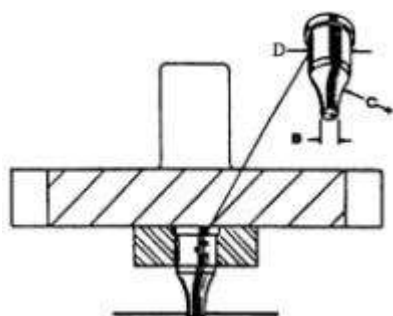
$$t_{\min} = \sqrt[3]{F}$$

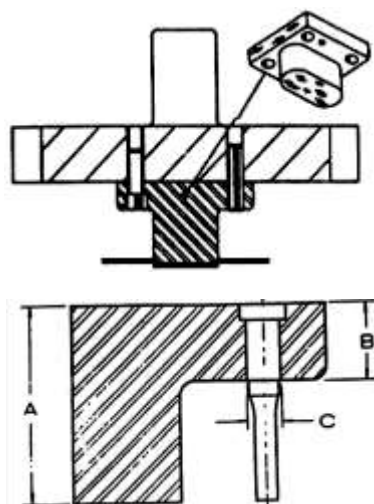
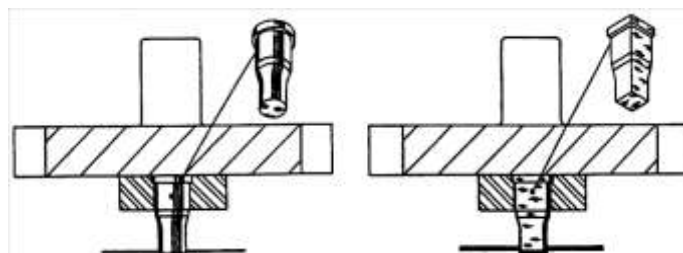
(F نیروی برش و $t_{\min}$ ضخامت به میلی متر) می توان به $t_{\min}$ یک ضریب اطمینان مناسب اعمال کرد.

۲-۲-۲- طراحی سنبه



در شکل روبرو روش کلی نشان دادن سنبه برای یک سوراخ دیده می شود. قطر D به مراتب از قطر سوراخ B بزرگتر است و قوس مخروطی C به منظور جلوگیری از خمش یا شکستن سنبه بر اثر ضربه ی پرس در نظر گرفته شده است. در این شکل، سنبه همراه سنبه گیر و کفشک بالا مشاهده می گردد. در برخی از سنبه های با مقطع غیر مدور، برای جلوگیری از چرخش سنبه می توان از خار استفاده کرد و یا می توان بدنه ی سنبه را غیر استوانه ای و چهار گوش یا راست گوشه ساخت (شکل زیر).





به منظور متصل ساختن سنبه به کفشک بالا می توان آن را به شکل روبرو ساخت که با پیچ و پین به کفشک بالا وصل می شود. لازم به تذکر است که فقط قسمت برنده ی سنبه را عملیات حرارتی و سخت کاری می کنند و صفحه ی بالایی آن باید حالت نرمی خویش را برای تنظیم دقیق سنبه با پیچ و پین کفشک دارا باشد. ابعادی که معمولاً در سنبه های سوراخ زنی متوسط به کار می رود عبارتند از: ارتفاع سنبه (A) ۴۰ میلی متر و ارتفاع فلانچ (B) ۱۶ میلی متر است. اندازه B نباید کمتر از ۱/۵ برابر قطر سنبه (C) باشد در غیر این صورت سنبه در محل خود استقرار خوبی نخواهد داشت.

طول سنبه باید طوری انتخاب شود که هنگام کار در قالب دچار خمش و کمانش نگردد. مبحث خمش و کمانش در درس مقاومت مصالح تشریح و در آن جا اثبات می گردد که رابطه بیشترین مقدار خمش برای تیر یک سر گیردار عبارت است از:

$$\delta = \frac{F \times L^3}{3 \times E \times I}$$

E مدول الاستیسیته جنس سنبه (جدول صفحه بعد) بر حسب گیگا پاسکال (گیگا نیوتن بر متر مربع)، I ممان سطحی (جدول صفحه ۸۲)، δ خمش مجاز که برای سنبه حدود ۳ درصد لقی قالب بر حسب میلی متر است و F نیرویی برش بر حسب نیوتن فرض می شود. L در حقیقت بیشترین مقدار مجاز طول سنبه بر حسب میلی متر است که در اثر اعمال نیرو دچار خمش نخواهد گردید.

توجه: نیروهای جانبی قالب مدنظر قرار نگرفته است.

مقدار تقریبی مدول الاستیسیته مواد جامد گوناگون بر حسب GPa

نوع ماده	مدول الاستیسیته (E) GPa
Rubber (small strain) لاستیک با کرنش کم	۰/۱ - ۰/۱۰
Low density polyethylene پلی اتیلن با چگالی کم	۰/۲
Magnesium metal (Mg) منیزیم	۴۵

Aluminum alloy آلیاژ آلومینیم	۶۹
Glass (all types) همه نوع شیشه	۷۲
Brass and bronze برنج و برنز	۱۰۳-۱۲۴
Wrought iron and steel آهن و فولاد نرم	۱۹۰-۲۱۰
Tungsten (W) تنگستن	۴۰۰-۴۱۰
Silicon carbide (SiC) کاربید سیلیسیم	۴۵۰
Tungsten carbide (WC) کاربید تنگستن	۴۵۰-۶۵۰
Diamond (C) الماس	۱۰۵۰-۱۲۰۰

همچنین در قالب های برش برای اطمینان از عدم کمانش سنبه، بیشترین طول مجاز سنبه ($h_{\max}$) از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$h_{\max} = 57.5 \times \sqrt{\frac{d^3}{s \times \tau_{\max}}}$$

d قطر سنبه و s ضخامت ورق به میلی متر و $T_{\max}$ حداکثر استحکام برشی ورق بر حسب پاسکال است. توجه: روابط گفته شده تنها برای بررسی امکان خمش و کمانش در سنبه است. یعنی ابتدا کمترین طول سنبه با توجه به عملکرد قالب توسط طراح تعیین می گردد سپس به کمک روابط گفته شده این طول کنترل می شود.

در جدول زیر ابعاد استاندارد سنبه سوراخ زنی طبق استاندارد DIN 9861 آورده شده است.

سنبه برش پولک فرم D		مقایسه با (11.87) DIN 9861 T 1			
سختی سنبه برش از جنس		برش		1 ± 0.5 0	
HWS ¹⁾	HSS ²⁾	d_{H6} تا ... از	برش		
(62 ± 2) HRC	(64 ± 2) HRC	0.5...0.95	0.05	71	80
(45 ± 5) HRC	(52 ± 2) HRC	1...2.9	0.1	71	80
		3.0...6.4	0.1	71	80
		6.5...20	0.5		100

مشخصه سنبه برش پولک فرم D با $d = 5.6 \text{ mm}$ ، $l = 71 \text{ mm}$ از فولاد ابزار گروه آلیاژی HWS¹⁾:
 HWS¹⁾ فولادهای آلیاژی سرد کار، HSS²⁾ فولادهای تندبر
 DIN 9861 D-5.6×71 HWS سنبه برش

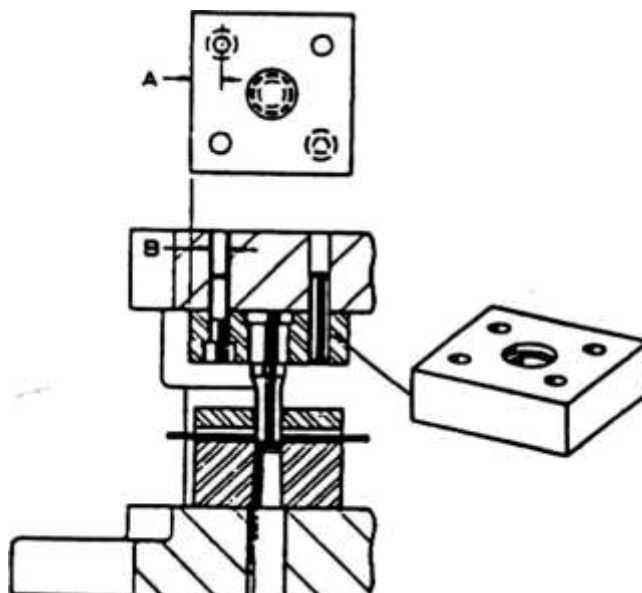
۲-۲-۳- طراحی سنبه گیر

سنبه گیر صفحه ای است که پاشنه یا فلنج سنبه در آن جای می گیرد و توسط پیچ و پین سنبه را ثابت و محکم نگاه می دارد. نکات زیر در طراحی سنبه گیر اهمیت دارد:

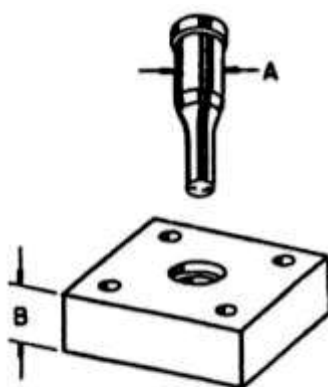
الف- برای حفظ و نگاه داری مناسب سنبه، ضخامت کافی داشته باشد.

ب- برای مقابله با نیروی ایجاد شده هنگام عملکرد قالب تعداد پیچ کافی داشته باشد.

سنبه گیر هایی که فقط یک سنبه را در خود جای می دهند به شکل مربع و با ضخامت کافی ساخته می شوند. دو پیچ و دو پین آنها را به کفشک بالا اتصال می دهد. حداقل فاصله ی لبه صفحه ی سنبه گیر از مرکز پیچ ها (A) $1/5$ برابر قطر مقطع پیچ (B) است.

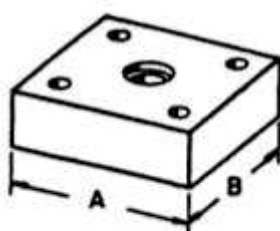


ابعاد پیشنهادی برای سنبه گیر در شکل زیر دیده می شود.



A	B
0 - 7/9	13
7/9 - 11/1	16
11/1 - 13/7	19
13/7 - 15/9	22
15/9 - 17/5	25
17/5 - 19	29
19 - 22/2	32
22/2 - 23/8	35
23/8 - 25/4	38

• ابعاد به میلی متر

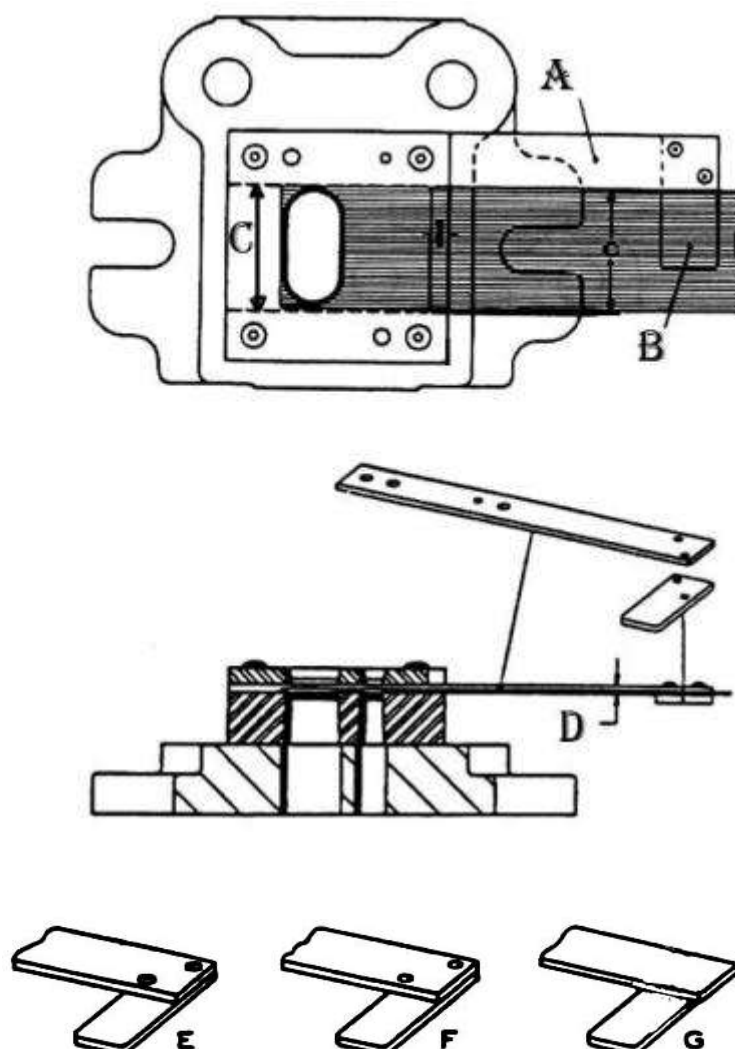


A	B	A	B
127	152	51	51
127	178	51	76
152	152	76	76
152	178	76	102
152	203	76	127
152	252	102	102
178	178	102	127
178	229	102	152
178	279	127	127

• ابعاد به میلی متر

۲-۲-۴- طراحی کانال راهنما

گیج یا کانال راهنما عمل هدایت ورق بروی ماتریس را بر عهده دارد. شکل زیر، نمای بالا، چگونگی قرار گرفتن کانال A را نشان می دهد. صفحه کمکی B سطح نوار ورق و سطح ماتریس را هم سطح می کند. اگر ورق به صورت خودکار تغذیه شود پهنای C به اندازه پهنای ورق به علاوه $0/8$ میلی متر است. زمانی که نوار ورق توسط دست کارگر جلو برده می شود به پهنای ورق $1/5$ تا $4/5$ میلی متر اضافه می گردد. ضخامت D برای ورق های با ضخامت کمتر از $1/5$ میلی متر معمولاً ۳ میلی متر بیشتر از ضخامت ورق و برای ورق ضخیم تر مقدار آن $1/5$ تا ۳ میلی متر بیشتر از ضخامت ورق خواهد بود. در شکل های E و F و G سه طریقۀ وصل کردن صفحه کمکی به کانال نشان داده شده است. در شکل E دو صفحه به هم پیچ شده اند اما در شکل F با پین و در G با جوش اتصال داده شده اند. در مواردی که نوار ورق پهن و نازک باشد و احتمال دارد روی کانال خم شود از صفحه ی کمکی پهن تری استفاده می شود. کافی است که کانال و صفحه ی کمکی را با پیچ به هم وصل کنیم و به پین نیازی نخواهد بود.



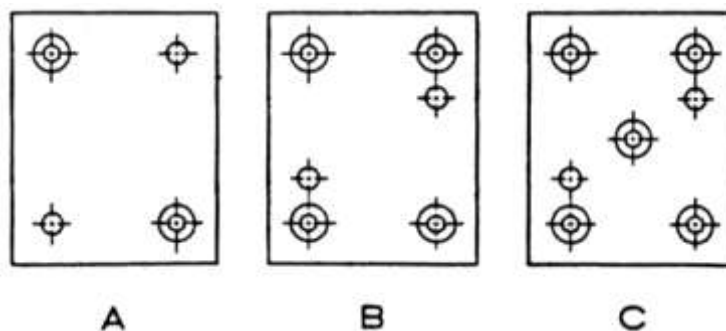
۲-۲-۵- پیچ ها و پین های قرار



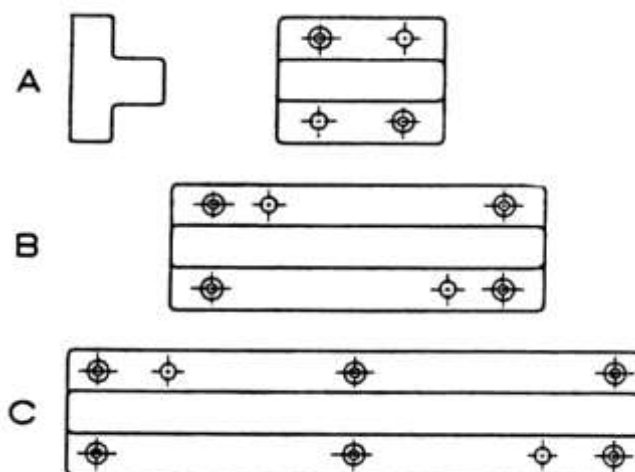
یکی از قسمت های مهم که در هر قالب وجود دارد بست هایی است که برای اتصال اجزای قالب به کار می رود. در جایی که اجزای یک وسیله مکانیکی باید به طور دقیق متصل شوند و ضمناً برای تعمیر لازم باشد تا براحتی از یکدیگر جدا شوند، پیچ ها به همراه پین ها بهترین وسیله بست هستند. پیچ ها برای اتصال بکار می روند و نمی توانند انطباق دقیق را ضمانت کنند. لقی ای که برای سوراخ پیچ در نظر گرفته می شود حدود $0/4$ میلی متر بزرگ تر از قطر پیچ است و جای خزینه سر پیچ نیز حدود $0/8$ میلی متر بزرگ تر از قطر آن می باشد. روشن است که این لقی ها اجازه می دهند تا پیچ حرکت جانبی ناچیزی داشته باشد. برای حذف این حرکت جانبی و برقراری انطباق مناسب از میله های باریک و کوچکی به نام پین استفاده می شود که معمولاً انطباق پرسی دارند و دو قطعه کار را از حرکت جانبی حفظ می کنند. چنانچه قطعات به دلیلی باز شوند، با قرار دادن پین ها باز در جای درست قرار می گیرند.

برای بستن قالب سه طرح زیر وجود دارد:

در طرح A دو پین قرار و دو پیچ در قطره های بلوک قالب قرار گرفته اند که این طرح مخصوص قالب های کوچک و کم نیرو است. اگر قالب، نیروی بیشتری تحمل کند از روش B استفاده می شود و اگر باز هم قالب بزرگتر باشد روش C به کار می رود.



در مورد بستن سنبه هایی که دارای فلنج یا لبه هستند (یا صفحه سنبه گیر) با توجه به اندازه سنبه (یا صفحه سنبه گیر) همین طرح ها اجرا می گردد.

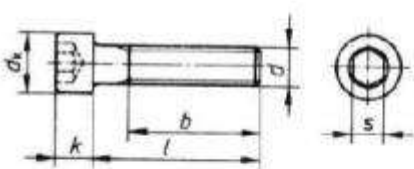


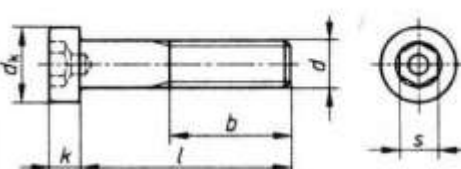
در جداول زیر ابعاد پیچهای آلن داده شده است. این ابعاد مطابق استانداردهای زیر می باشد:

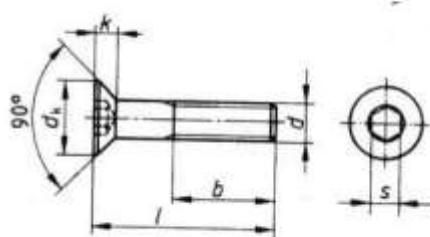
DIN 912-

DIN 6912-

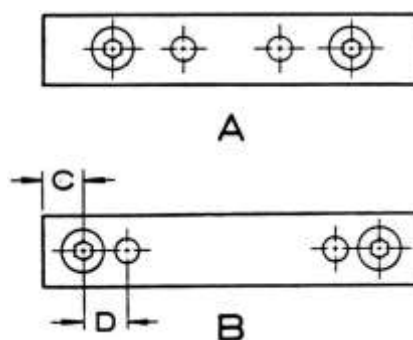
DIN 7991-

مقایسه با (DIN 912)		پیچ سر استوانه ای آلنی								
	d	M4	M5	M6	M8 ×1	M10 ×1,25	M12 ×1,25	M16 ×1,5	M20 ×1,5	M24 ×2
	b	رزوه تقریباً تا سر پیچ								
	از 1 برای	6	8	10	12	16	20	25	30	40
	b	25	25	30	35	40	50	60	70	80
	از 1 برای	20	22	24	28	32	36	44	52	60
d _k	30	30	35	40	45	55	65	80	80	
k	40	50	60	80	100	120	160	200	200	
s	7	8,5	10	13	16	18	24	30	36	
	4	5	6	8	10	12	16	20	24	
	3	4	5	6	8	10	14	17	19	
طول نامی	5 , 6 , 8 , 10 , 12 , 16 , 20 , 25 , 30...65 , 70 , 80 , 90...200mm									

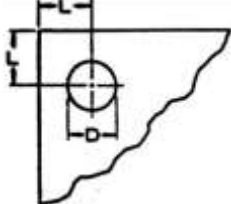
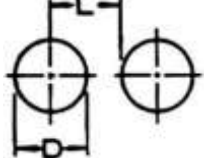
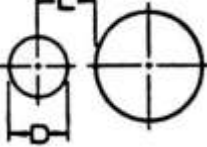
مقایسه با (DIN 6912)		پیچ سر استوانه ای آلنی ، سر کوتاه								
	d	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
	b	14	16	18	22	26	30	38	46	54
	d _k	7	8,5	10	13	16	18	24	30	36
	k	2,8	3,5	4	5	6,5	7,5	10	12	14
	s	3	4	5	6	8	10	14	17	19
از 1 برای	تا 1 برای	10	10	10	12	16	16	20	30	60
	از 1 برای	50	60	70	80	90	100	140	180	200
طول نامی		10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 50...100, 120, 200mm								

مقایسه با (DIN 7991)		پیچی خزینه آلنی								
	d	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
	b	14	16	18	22	26	30	38	46	54
	d _k	8	10	12	16	20	24	30	36	39
	k	2,3	2,8	3,3	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	14
	s	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14
از 1 برای	تا 1 برای	8	8	8	10	12	20	30	35	50
	از 1 برای	40	50	50	60	70	70	90	100	180
طول نامی		8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 50...180mm								

فواصل بین پیچ و پین ها و لبه جسم نکته دیگری است که باید به آن توجه کرد. در شکل A فواصل پیچ ها از هم و از لبه مناسب است. اما پین ها برای جفت شدن دقیق قطعات خیلی به هم نزدیک هستند. لذا باید این فاصله افزایش یابد. اما اگر فاصله پیچ ها و پین ها کم شود این خطر وجود دارد که در عملیات حرارتی قطعه کار دچار شکستگی یا ترک شود. طرح B تقریباً مناسب است.

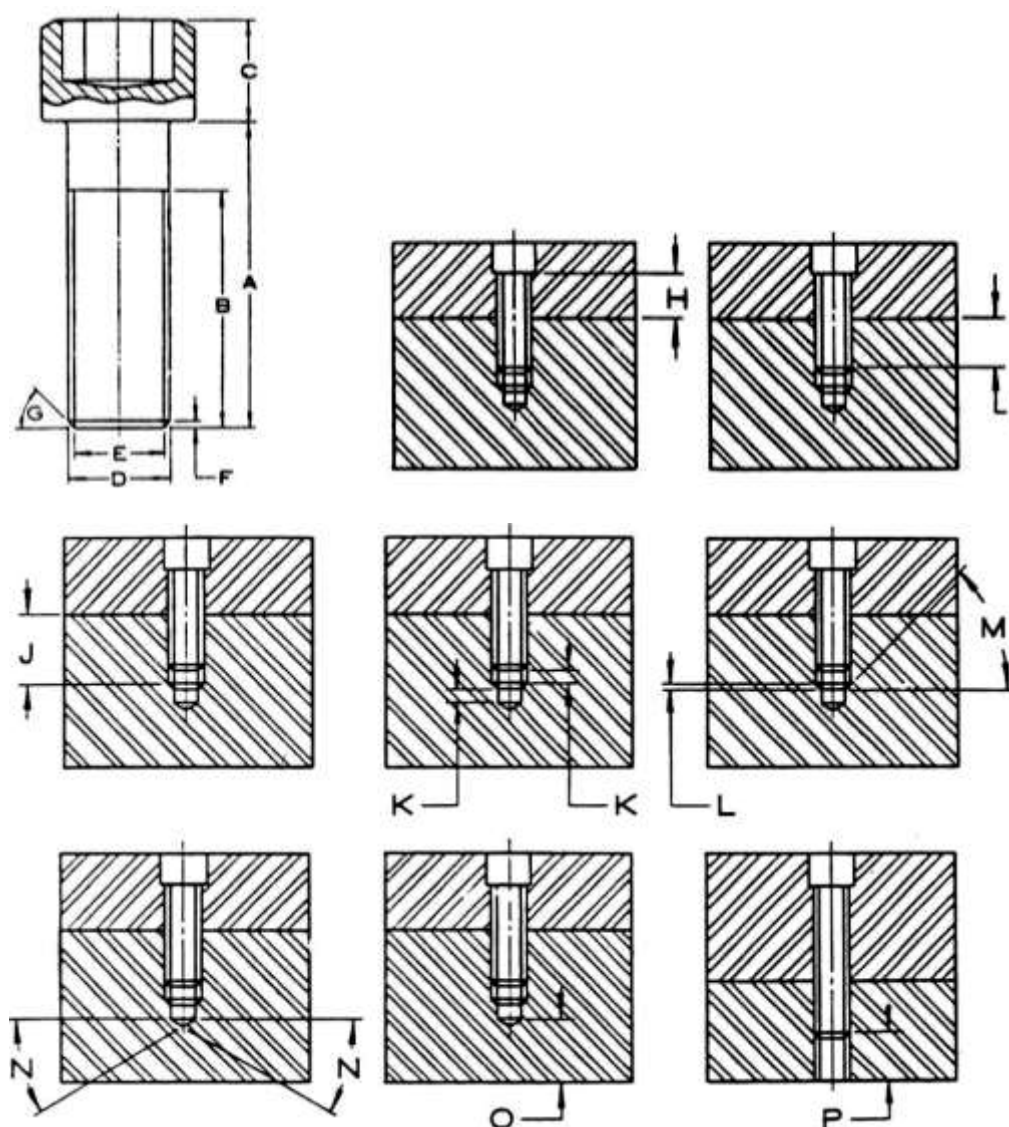


برای محاسبه میزان مجاز فاصله سوراخ تا لبه یا از سوراخ دیگر از جدول زیر استفاده کنید.

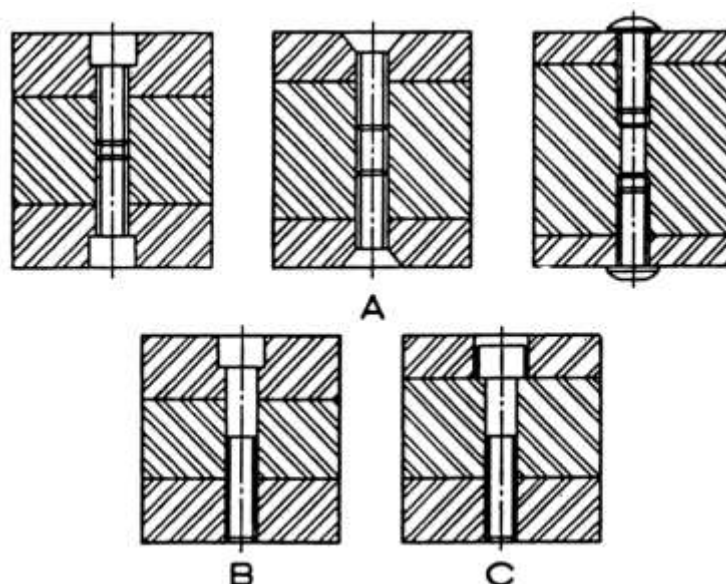
شکل مورد نظر	توضیح	فولاد نرم	فولاد سخت
	فاصله سوراخ از دو لبه برابر است.	$L = 1/125 \times D$	$L = 1/25 \times D$
	فاصله سوراخ از دو لبه برابر نیست.	$L = 1/5 \times D$ $H = 1 \times D$	$L = 1/5 \times D$ $H = 1/125 \times D$
	فاصله بین سوراخ پین و پیچ هم قطر	$L = 1 \times D$	$L = 1/125 \times D$
	فاصله بین سوراخ پین و پیچ غیر هم قطر		

با توجه به جدول روشن است که در فولادهای نرم می توان سوراخ ها را نزدیک تر به لبه یا به یکدیگر انتخاب کرد.

ابعاد مختلف یک پیچ آلن را در شکل مشاهده می کنید. وقتی که قالب از فولاد سخت تولید شده باشد ارتفاع H نباید هیچ گاه از $1/5$ برابر قطر D کمتر باشد. مقدار K معمولاً ۳ میلی متر است. توجه به این نکته مهم است که انتهای قلاویزها معمولاً دارای $1/5$ دنده کامل نشده است. بنابر این با توجه به گام پیچ این مطلب باید در انتخاب فاصله K در نظر گرفته شود. عمق روزه I معمولاً $1/5$ برابر قطر D است که در شرایط خاص برابر D منظور می گردد. عمق روزه برای چدن و مواد دیگر غیر فولادی دو برابر قطر D خواهد بود. زوایای M و N به ترتیب ۴۵ و ۳۰ درجه است. در صورتی که اندازه O از قطر D پیچ بیشتر نباشد سوراخ ها را تا انتها ادامه خواهیم داد چرا که در غیر این صورت به دلیل عملیات حرارتی، قطعه دچار شکستگی خواهد شد.



سه روش بستن صفحه های قالب توسط پیچ های آلن در صفحه بعد نشان داده شده است. توجه کنید که صفحه های بالایی به ترتیب باریک تر شده اند. در صورتی که بیش از دو صفحه داشته باشیم روش A مورد استفاده قرار می گیرد. زمانی که صفحه وسط زیاد ضخیم نیست می توان از یک پیچ بلند مانند شکل B استفاده کرد. شکل C حالتی را نشان می دهد که دو صفحه پایینی به هم بسته می شود ولی همان طور که می بینید ارتباطی با صفحه بالا لا یی ندارند.



همانطور که گفته شد پین باعث انطباق دقیق قطعات شده از حرکت جانبی آنها جلوگیری می کند. علاوه بر این، تسریع در امر باز و بسته کردن قالب نیز از مشخصات دیگر پین است. جنس آن از فولاد آلیاژی سخت کاری شده است. در جدول زیر نیروی مجاز برای قطرهای مختلف پین ارائه شده است.

قطر پین (میلی متر)	مقدار نیروی مجاز وارد شده به پین (نیوتن)
۳	۶۴۸
۵	۱۸۰۰
۶	۲۵۹۲
۷	۳۵۲۸
۸	۴۶۰۸
۱۰	۷۲۰۰
۱۲	۱۰۳۶۸
۱۴	۱۴۱۱۲
۱۶	۱۸۴۳۲
۱۸	۲۳۳۲۸
۲۰	۲۸۸۰۰

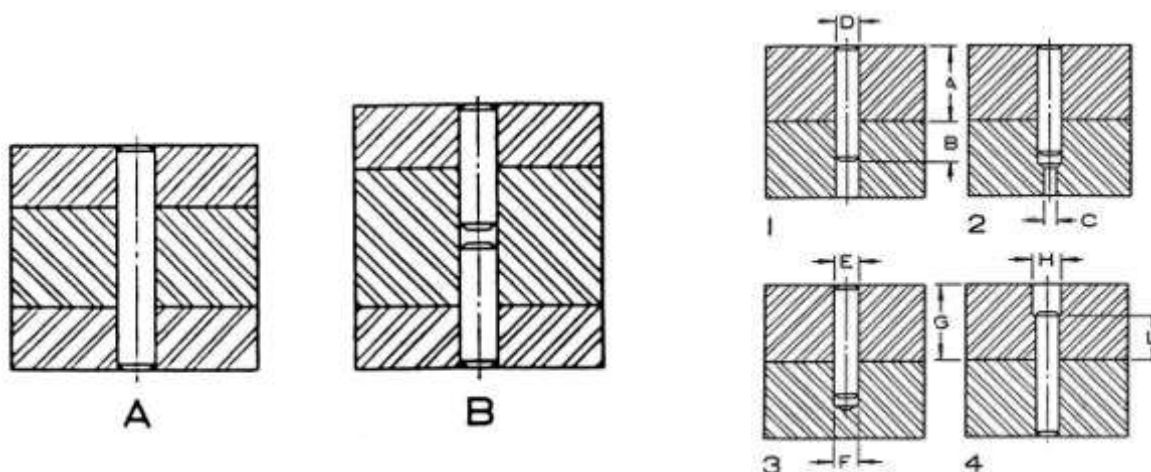
معمولاً قطر پین به اندازه $۰/۰۰۵$ میلی متر بیشتر از قطر سوراخ آن است. اگر قالب تعمیر شده باشد و یا سوراخ، دقیق تراشیده نشده است می توان رقم $۰/۰۲۵$ میلی متر را در نظر گرفت. برای این که پین در ابتدا راحت تر جا برود طبق استاندارد DIN 6325 به سر آن شیب ۱۵ درجه داده می شود و سر دیگر پین گرد می شود (جدول دوم صفحه بعد).

برای جیگ و فیکسچرها بهتر است که قطر پین یک نمره کوچک تر از قطر پیچ انتخاب شود. ولی در قالب ها باید پین هم قطر پیچ باشد و این کار به دلیل سرعت زیاد و نیروی قابل توجهی است که به بستها اعمال می گردد. جدول اول صفحه بعد، اندازه ی پین مناسب برای ابزارها (جیگ و فیکسچرها) و قالب ها را مشخص می کند.

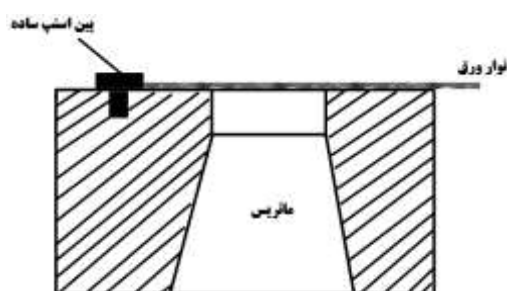
قطر پیچ (میلی متر)	قطر پین (میلی متر)	در قالب در جیگ و فیکسچر
۳	۳	۳
۶	۶	۵
۸	۸	۶
۱۰	۱۰	۸
۱۲	۱۲	۱۱
۱۶	۱۶	۱۲
۲۰	۲۰	۱۶

مقایسه با (DIN 6325 10.71)		پین استوانه ای، سخت شده											
d	1	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20
طول نامی l	4	6	6	8	10	12	14	18	24	28	36	40	50
طول نامی l	10	20	24	32	40	50	60	80	100	100	120	120	120
مشخصه یک پین استوانه ای سخت شده با $d=4\text{ mm}$ ، میدان نترانس $m6$ ، $l=20\text{ mm}$ و جنس فولاد: DIN 6325-4 m6 × 20													

در شکل زیر چهار روش برای استفاده از پین ارائه شده است. شکل ۱ پین با سوراخ سراسری است که از هر دو طرف می توان پین را داخل یا خارج کرد. در این حالت طول A برابر ۵ سانتی متر یا کمتر است و مقدار B حدود ۱/۵ تا ۲ برابر قطر پین D می باشد. شکل ۲ پینی را نشان می دهد که فقط از یک طرف می تواند داخل یا خارج شود. سطح پایین سوراخ پین به اندازه ۳ میلی متر بیشتر از ارتفاع پین، سوراخ می شود و دومین سوراخ تا انتهای صفحه امتداد می یابد. در این حالت $C=D + 1/5$ میلی متر می باشد. این سوراخ، راهی برای ضربه زدن و خارج کردن پین است. در شکل ۳ صفحه ی زیرین مسدود است. از این روش تا حد امکان نباید استفاده کرد زیرا به علت هوای فشرده پین به راحتی جازده نمی شود و خارج کردن پین با مشکلات زیادی همراه خواهد بود. قطر E با پرس جازده می شود و قطر F انطباق لغزشی خواهد داشت. در شکل ۴ پین نمایش داده شده بین دو صفحه انطباق برقرار کرده است و صفحه ی بالایی بیشتر از ۵ سانتی متر ضخامت دارد بنابراین پین تا طول L که ۱/۵ تا ۲ برابر قطر است در نظر گرفته می شود. قطر H حدود ۰/۸ میلی متر بزرگ تر از قطر پین می باشد. هنگامی که بیشتر از دو صفحه به کار رود اگر صفحات نازک باشد از شکل A و اگر ضخیم باشد از شکل B استفاده می کنیم.



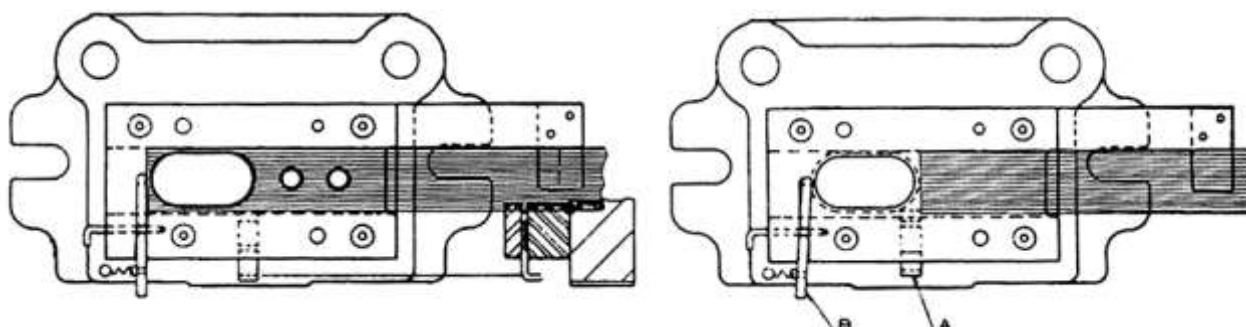
۲-۲-۶- دیگر انواع پین



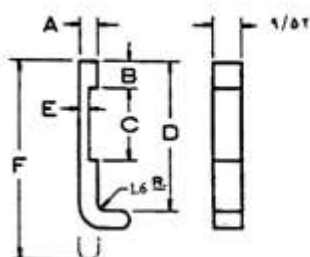
پینها در قالب پرس به انواع پینهای فشاری که در بخش قبل توضیح داده شدند و پینهای موقعیت دهنده یا توقف نوار ورق که در ادامه بررسی می گردد تقسیم می شود. پینهای موقعیت دهنده یا توقف ورق بصورت دستی یا خودکار برای موقعیت دهی به لبه نوار ورق در قالب تعبیه می گردد. پین

توقف ساده که در قالب های ساده پرس مورد استفاده قرار می گیرد از نظر طولی به ورق موقعیت می دهد و آن را در موقعیت خاصی نسبت به ماتریس نگاه می دارد. به این ترتیب مقدار دور ریز طولی ورق در حد معینی باقی می ماند. نوع دیگر از این

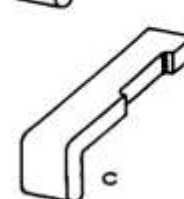
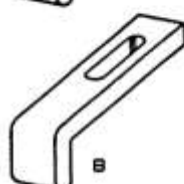
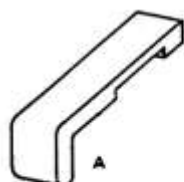
پینها که معمولاً در قالب های دو یا چند مرحله ای به کار می رود پین انگشتی است. این پین نیز نوار ورق را در موقعیت معینی نگاه می دارد تا پس از انجام عملیات، نوار ورق به مرحله بعدی برود. در قالب نشان داده شده شکل زیر پین انگشتی A توسط اپراتور به داخل فشار داده می شود به این ترتیب ورق برای انجام اولین مرحله پرس کاری یعنی سوراخ زنی موقعیت دهی می گردد. سپس اپراتور، انگشتی را بیرون می کشد و نوار ورق را به جلو هدایت می کند. در این مرحله نوار ورق به پین توقف خودکار B می رسد و مجدداً متوقف می شود تا مرحله دوم پرس کاری یعنی پولک زنی انجام گردد ضمن آن که سنبه مرحله اول عمل سوراخ زنی را نیز انجام می دهد. بنابراین پین انگشتی تنها یک بار آن هم در ابتدای ورود نوار ورق، جهت تنظیم اولین موقعیت، استفاده می شود.



انواع پین توقف انگشتی و ابعاد ساخت آن در جدول زیر آورده شده است.



نوع	A	B	C	D	E	F
۱	۳/۲	۶/۴	۱۶/۷	۳۷	۱/۶	۲۶
۲	۲/۸	۸	۲۰/۷	۲۴/۵	۲/۴	۳۷/۵
۳	۶/۴	۹/۶	۲۴/۶	۵۱/۵	۳/۲	۶۷
۴	۸	۱۱/۲	۲۸/۵	۵۹	۴	۷۶/۵
۵	۹/۶	۱۲/۷	۳۲/۵	۶۷	۴/۸	۸۶



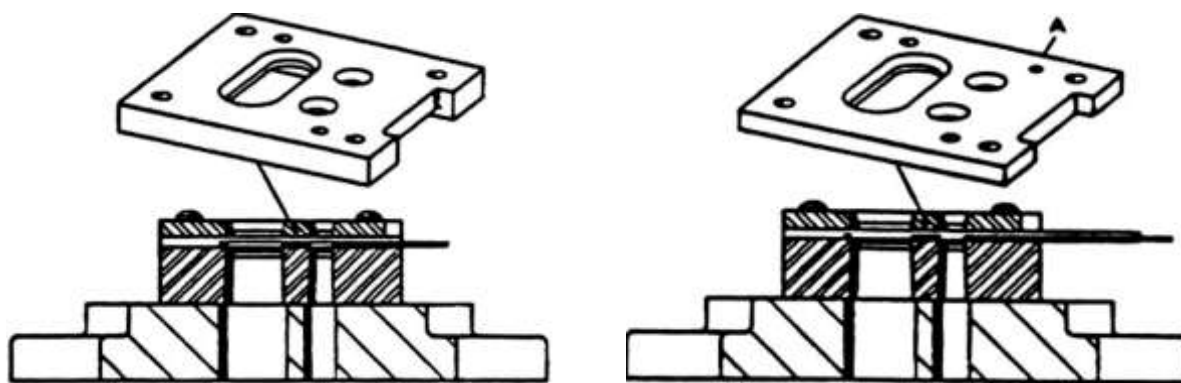
نوع	A	B	C	D	E	F
۶	۳/۲	۹/۵	۳۶/۵	۶۳/۵	۱/۶	۷۲
۷	۲/۸	۱۱/۱	۴۰/۵	۷۰/۶	۲/۴	۸۳/۵
۸	۶/۴	۱۲/۷	۴۴/۵	۷۷/۸	۳/۲	۹۳
۹	۸	۱۴/۳	۴۸/۴	۸۵	۴	۱۰۲/۵
۱۰	۹/۶	۱۵/۹	۵۲/۴	۹۲	۴/۸	۱۱۲/۵

نوع	A	B	C	D	E	F
۱۱	۳/۲	۶/۴	۲۳/۸	۵۱	۱/۶	۶۱
۱۲	۴/۸	۸	۲۷/۸	۵۷/۹	۲/۴	۷۱
۱۳	۶/۴	۹/۶	۳۱/۸	۶۵	۳/۲	۸۱
۱۴	۸	۱۱/۲	۳۵/۷	۷۲	۴	۹۰
۱۵	۹/۶	۱۲/۷	۴۰	۷۹	۴/۸	۹۹/۵

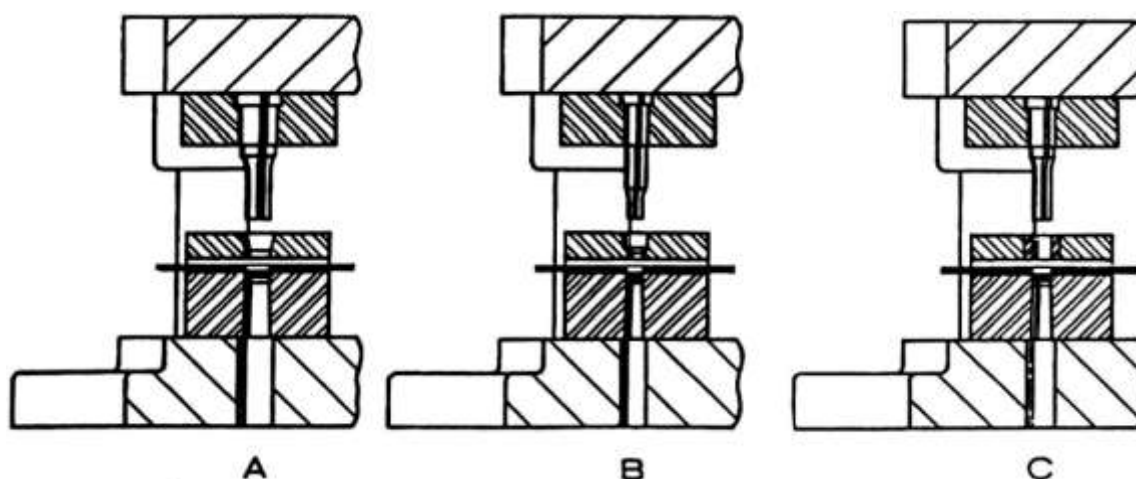
۲-۲-۷- صفحه جدا کننده و بیرون انداز

صفحه جدا کننده یا روبند، نوار ورق را از اطراف سنبه جدا می کند. صفحه جدا کننده به دو گروه ثابت و متحرک تقسیم می گردد. نوع ثابت آن که به روبند معروف است با پین و پیچ به همراه کانال راهنما بروی ماتریس محکم می شود. نوع متحرک یا

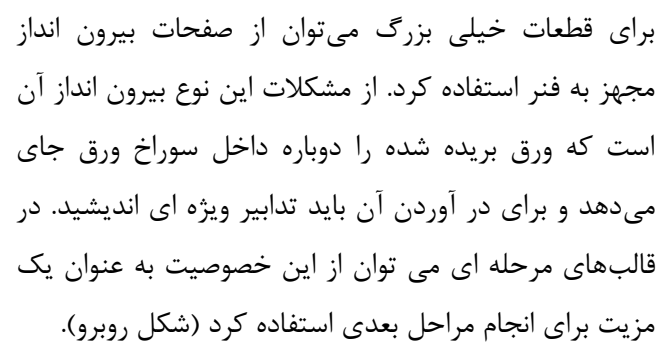
نوع فنی آن به کفشک بالا یا پایین متصل شده است هم زمان با بالا و پایین رفتن سنبه حرکت می کند. شکل زیر سمت راست یک صفحه جدا کننده ثابت را نشان می دهد. این صفحه با چهار پیچ آلن و دو پین به کانال راهنما و ماتریس بسته شده است. یک پین کوچک اضافی نیز دیوار کانال را به صفحه جدا کننده محکم می کند. برای قالب های خیلی کوچک می توان صفحه جدا کننده را ضخیم تر در نظر گرفت و طوری آن را ماشین کاری کرد که یک کانال در زیر آن به وجود آید و ورق در این کانال هدایت گردد (شکل زیر سمت چپ).



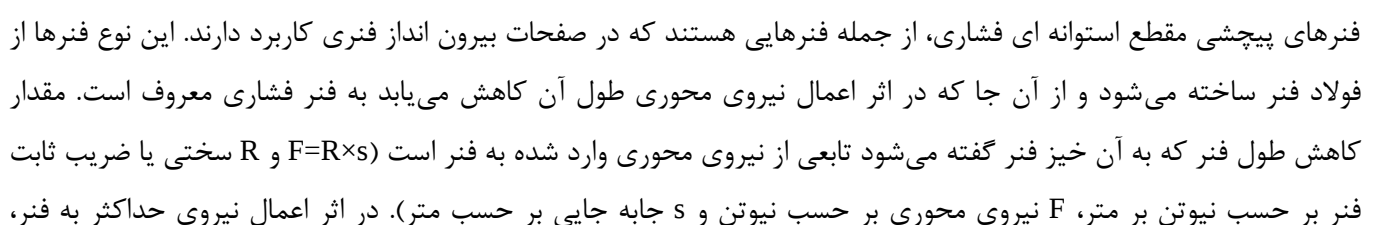
برای ماشین کاری سوراخ سنبه در صفحه جدا کننده سه روش در شکل زیر نمایش داده شده است. در نوع A صفحه جدا کننده پس از ۳ میلی متر دیواره ی صاف، به صورت مخروطی و شیب دار ماشین کاری می گردد. در نوع B که نوک سنبه برای سختی بیشتر، کوتاه شده است پس از ۳ میلی متر باز هم به صورت استوانه ای اما با قطر بیشتر ماشین کاری شده است تا بالای سنبه را نیز تحت پوشش قرار دهد. در نوع C که سنبه کوچک و نسبتاً باریکی دارد بوشی هم قطر با سنبه را (با لقی مناسب) در صفحه جدا کننده جا می زنند.



علاوه بر این که ورق به دور سنبه، گیر می کند گاهی اوقات به کف آن نیز می چسبد که برای جدا کردن قطعه ورق از کف سنبه، از پران یا بیرون انداز استفاده می کنند. در شکل صفحه بعد یک قالب معکوس مجهز به بیرون انداز دیده می شود. در قالب معکوس سنبه به کفشک پایین متصل می گردد. همانطور که می بینید در شکل سمت چپ بیرون انداز باعث جدا شدن قطعه از کف سنبه شده است. در برخی قطعات غیر متقارن بیرون انداز باید در گرانیگاه قطعه اثر کند در غیر این صورت احتمالاً باعث خمیدگی در قطعه چسبیده به کف سنبه و یا حتی محور بیرون انداز خواهد شد. مثالی از محاسبه گرانیگاه در صفحه های ۴۸ و ۴۹ آورده شده است.



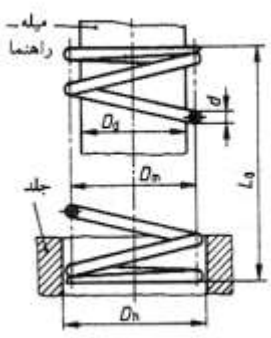
در تصویر زیر انواع فنر و تقسیم بندی آنها دیده می شود.



حلقه های آن به یکدیگر می رسند و گام فنر به کمترین مقدار ممکن کاهش می یابد. گام فنر، فاصله محوری دو حلقه مجاور است. در جدول زیر اندازه این فنرها مطابق DIN 2098 داده شده است.

فهرست استاندارد از مقنن گرد

مقایسه با DIN 2098 T1 (10.68), T2 (8.70)



d	Dm	Da max.	Dn min.	F N	i _f = 5,5			i _f = 8,5		
					L ₀	f	R	L ₀	f	R
0,2	2,5	2,0	3,1	1,02	8,2	6,0	0,17	12,4	9,3	0,11
	2	1,5	2,6	1,26	5,9	3,8	0,33	8,7	5,9	0,21
	1,6	1,1	2,1	1,53	4,4	2,4	0,65	6,4	3,6	0,42
	1,2	0,8	1,7	1,93	3,2	1,3	1,54	4,6	1,9	0,99
	1	0,6	1,4	2,18	2,7	0,8	2,65	3,9	1,3	1,72
0,5	6,3	5,3	7,5	6,7	20 ⁽¹⁾	14,0	0,47	30 ⁽¹⁾	21,3	0,31
	5	4,0	6,2	8,2	14	8,6	0,95	20,5 ⁽¹⁾	12,9	0,62
	4	3,1	5,0	9,5	10	4,9	1,85	15	7,9	1,19
	3,2	2,4	4,1	10,2	7,9	2,8	3,60	11,5	4,4	2,33
	2,5	1,7	3,4	10,6	6,1	1,4	7,57	8,7	2,2	4,89
1	12,5	10,8	14,4	22,4	36,5	23,1	0,97	55,5 ⁽¹⁾	36,1	0,62
	10	8,4	11,8	27,9	26	14,8	1,89	39	23,0	1,22
	8	6,5	9,6	33,8	19	8,9	3,68	28,5	14,2	2,38
	6,3	4,9	7,8	34,8	14,5	4,4	7,54	21,5	7,2	4,88
	5	3,6	6,5	44,6	12	3,0	15,1	17	4,4	9,76
1,6	20	17,5	22,6	86,5	73,5 ⁽¹⁾	55,9	1,55	110 ⁽¹⁾	84,5	1,01
	16	13,7	18,5	108	51,5 ⁽¹⁾	36,0	3,02	77,5 ⁽¹⁾	55,3	1,96
	12,5	10,3	14,7	138	36	21,9	6,35	53,5 ⁽¹⁾	33,4	4,12
	10	7,9	12,1	173	27	13,8	12,4	40,5	21,6	8,03
	8	5,9	10,1	216	21,5	8,9	24,2	31,5	13,6	15,7
2	25	22,0	28,0	130	88,5 ⁽¹⁾	67,1	1,94	135 ⁽¹⁾	104	1,25
	20	17,1	22,9	162	62 ⁽¹⁾	42,8	3,78	94 ⁽¹⁾	66,4	2,44
	16	13,4	18,6	202	45	27,3	7,38	68 ⁽¹⁾	42,5	4,78
	12,5	9,9	15,1	259	33	16,6	15,5	49,5	26,0	10,0
	10	7,5	12,5	324	26,5	10,9	30,3	38,5	16,5	19,6
2,5	32	28,3	36,0	186	110 ⁽¹⁾	82,1	2,26	170 ⁽¹⁾	129	1,46
	25	21,6	28,4	238	74,5 ⁽¹⁾	50,5	4,73	115 ⁽¹⁾	80,2	3,06
	20	16,8	23,2	298	54	32,1	9,23	81,5 ⁽¹⁾	50,0	5,97
	16	12,9	19,1	372	41	20,5	18,0	61	31,7	11,7
	12,5	9,4	15,6	477	32	12,5	37,9	47,5	19,7	24,5
3,2	40	35,6	44,6	294	125 ⁽¹⁾	95,3	3,09	190 ⁽¹⁾	148	2,00
	32	27,6	36,5	368	88,5 ⁽¹⁾	61,1	6,04	135 ⁽¹⁾	96,2	3,90
	25	21,1	28,9	470	63,5	37,2	12,6	94,5 ⁽¹⁾	57,4	8,18
	20	16,1	23,9	588	49,5	23,6	24,7	74	36,9	16,0
4	50	44,0	56,0	435	150 ⁽¹⁾	111	3,86	230 ⁽¹⁾	175	2,5
	40	34,8	45,2	543	105 ⁽¹⁾	69,9	7,55	160 ⁽¹⁾	110	4,88
	32	27,0	37,0	679	79,5	46,2	14,7	120	72,8	9,53
	25	20,3	29,7	869	60,5	28,3	30,9	89,5	43,5	20,0

D_m قطر متوسط فنر
 d قطر مفتول فنر
 D_a قطر میله
 D_n قطر جلد
 L_0 طول آزاد فنر
 F حداکثر نیروی مجاز اعمالی به فنر
 f حداکثر جابه جایی مجاز فنر
 i_f تعداد حلقه های موثر
 R ضریب ثابت فنر به N/mm
⁽¹⁾ به خاطر خطر کماتش، میله راهنما و جلد لازم است.

مشخصه فنر فشاری با $d = 2\text{mm}$
 $L_0 = 94\text{mm}$ و $D_m = 20\text{mm}$
 فنر فشاری DIN 2098 - 2 x 20 x 94

۲-۲-۹- محاسبه نیروی بیرون انداز

محاسبه دقیق نیروی بیرون انداز ($F_{stripper} = F_{st}$) به کمک یک رابطه ریاضی ممکن نیست چرا که به عوامل گوناگونی بستگی دارد. اما به صورت تجربی F_{st} بین ۵ تا ۲۰ درصد نیروی برش (F) منظور می گردد. هر چه نسبت قطر برش سنبه (d) به ضخامت ورق (s) کمتر شود F_{st} افزایش می یابد:

$$\frac{d}{s} \geq 10 \rightarrow F_{st} = 0.05 \times F$$

$$4 < \frac{d}{s} < 10 \rightarrow F_{st} = 0.1 \times F$$

$$2 < \frac{d}{s} < 4 \rightarrow F_{st} = 0.15 \times F \text{ تا } 0.2 \times F$$

پس از محاسبه نیروی بیرون انداز و تقسیم آن بر تعداد فنرهای بکار رفته در بیرون انداز، مقدار نیروی وارد بر هر فنر حاصل می گردد. سپس به کمک استانداردهای سازندگان مختلف می توان فنر مناسب را انتخاب نمود. در جدول زیر روابط محاسبه فنرهای فشاری مطابق DIN 2095 دیده می شود:

مقایسه با (DIN 2095 (05.73)

محاسبه فنر فشاری - استوانه ای

حلقه آخر روی هم نشسته و سنگ زنی می شود.

حلقه آخر روی هم می نشینند.

نیروها و طول فنر

ضریب فاصله x در ارتباط با نسبت پیچش w

ضریب تعداد حلقه k_i

نوع فنر

سطح نشیمن

فنر پیچی سرد

فنر پیچی گرم

سنگ خورده

i_g

$i_g - 0,3$

سنگ نخورده

$i_g + 1$

$i_g + 1,1$

d	قطر مفتول فنر
d_{max}	اندازه حداکثر قطر مفتول
D_m	قطر متوسط فنر
$F_2 > F_1$	نیروهای اعمالی به فنر
F_n	حداکثر نیروی فنر
G	مدول برشی (مدول یانگ)
h	بازی فنر
i_f	تعداد حلقه های موثر
i_g	تعداد کل حلقه ها
k_i	ضریب تعداد حلقه
L_{B1}	طول فنر فشرده
L_n	حداقل طول مجاز تحت F_n
L_o	طول آزاد فنر
$L_1 \dots L_n$	طول فنر تحت نیروهای F_1 تا F_n
p	ضریب فشار فنر
R	ضریب ثابت فنر
S_s	طول ایمنی
$S_1 \dots S_n$	جابه جایی فنر تحت نیروهای $F_1 \dots F_n$
w	نسبت پیچش
x	ضریب فاصله

تعداد کل حلقه ها

$$i_g = i_f + 2$$

نسبت پیچش

$$w = \frac{D_m}{d}$$

ضریب فشار فنر

$$p = \frac{R}{D_m}$$

طول ایمنی (مجموع کمترین فاصله های بین حلقه های موثر تحت بیشترین بار)

$$S_s = x \cdot d \cdot i_f$$

طول فنر فشرده

$$L_{B1} \leq k_i \cdot d_{max}$$

حداقل طول مجاز

$$L_n = L_{B1} + S_s$$

ضریب ثابت فنر

$$R = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D_m^3 \cdot i_f}$$

بازی فنر

$$h = \frac{F_2 - F_1}{R}$$

α هرگاه ضریب فشار فنر $p > 0,03 \text{ N/mm}^2$ باشد می توان انتهای

فنر را سنگ زنی کرد.

مثال: در فنر فشاری با فرآیند تولید تغییر شکل سرد با مشخصه DIN 2098 - 2 x 20 x 94 ($L_o = 94 \text{ mm}$; $D_m = 20 \text{ mm}$; $d = 2 \text{ mm}$)

$d_{max} = 2,05 \text{ mm}$; مقادیر مجهول $R = ?$; $i_g = ?$; $i_f = ?$; $p = ?$; $w = ?$; $S_s = ?$; $L_{B1} = ?$; $L_n = ?$ را مشخص کنید .

حل: $i_f = 8,5$; $R = 2,44 \text{ N/mm}^2$; $i_g = i_f + 2 = 8,5 + 2 = 10,5$

$p = \frac{R}{D_m} = \frac{2,44 \text{ N}}{20 \text{ mm}^2} = 0,122 \text{ N/mm}^2 > 0,03 \text{ N/mm}^2$ (یعنی می توان انتهای فنر را سنگ زنی کرد)

$x = 0,25$; $S_s = x \cdot d \cdot i_f = 0,25 \cdot 2 \text{ mm} \cdot 8,5 = 4,25 \text{ mm}$ برای $w = \frac{D_m}{d} = \frac{20 \text{ mm}}{2 \text{ mm}} = 10$ از دیاگرام نتیجه می شود :

$k_i = i_g = 10,5$; $L_{B1} \leq k_i \cdot d_{max} = 10,5 \cdot 2,05 \text{ mm} = 21,525 \text{ mm}$

$L_n = L_{B1} + S_s = 21,525 \text{ mm} + 4,25 \text{ mm} = 25,775 \text{ mm}$

✓ نکته ۱:

تغییر نیروی بیرون انداز با تغییر عوامل مختلف در جدول زیر آورده شده است:

نیروی بیرون انداز	عامل مورد بررسی	نیروی بیرون انداز	عامل مورد بررسی
کاهش	روغن کاری مناسب	افزایش	ورق نرمتر
افزایش	کاهش تیزی سنبه و ماتریس	افزایش	لقی کمتر
افزایش	افزایش فاصله لبه برش از لبه ورق	افزایش	کاهش نسبت قطر برش سنبه به ضخامت ورق
-	-	افزایش	افزایش سرعت پرس

✓ نکته ۲:

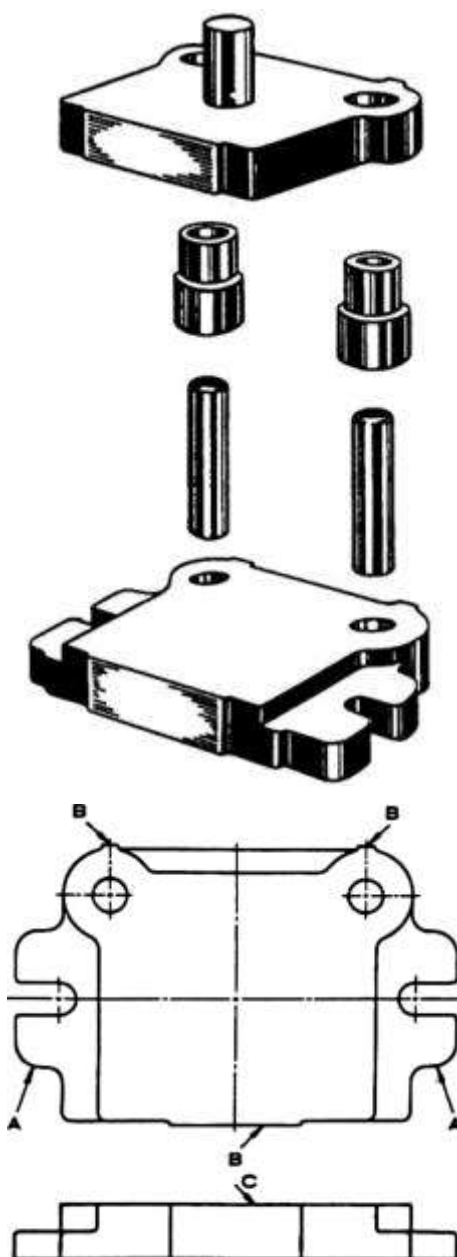
از نشانه های کُند شدن قالب، تشکیل پلیسه زیاد و افزایش نیروی بیرون انداز است.

۲-۳- چگونگی انتخاب کفشکها

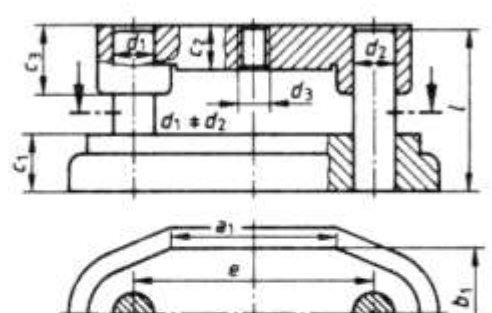
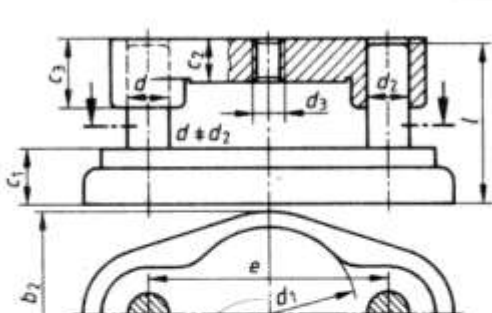
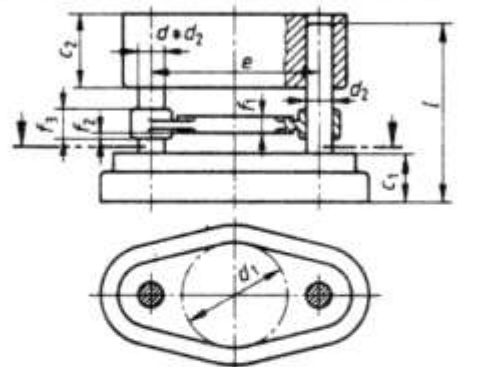
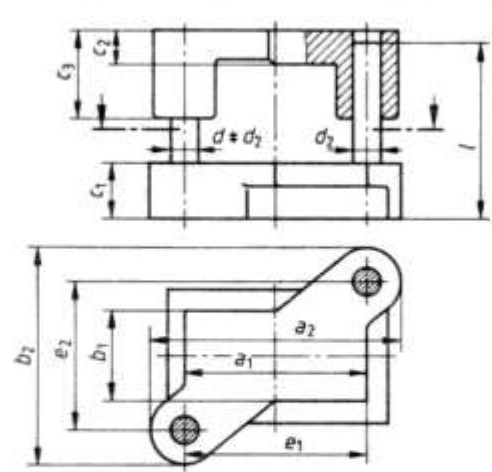
پس از طراحی همه قسمتها نوبت به انتخاب کفشک مناسب می رسد که ماتریس و صفحات سنبه گیر به آن بسته می شود. برای این که سنبه هنگام بالا و پایین رفتن مداوم، تغییر مکان نداشته باشد و در نتیجه به قالب خسارتی وارد نگردد، از بوش و میل راهنما استفاده می شود که لقی بین آنها $0/05$ تا $0/1$ میلی متر می باشد. این تolerانس دقیق باعث می شود سنبه دقیقاً در جای خود قرار گیرد. اگر عملیات دیگری غیر از برش مانند فرم و خم مورد نظر است این لقی بین $0/1$ تا $0/2$ میلی متر باشد.

جنس کفشکها اصطلاحاً می تواند تمام فولاد، نیم فولاد یا مرکب باشد. در نوع مرکب کفشک بالا نیم فولاد یا چدنی و کفشک پایین تمام فولاد است. کفشک های نیم فولاد شامل 7% فولاد در ساختار خود هستند. در بعضی موارد نیز می توان از نوع چدنی استفاده نمود. در انتخاب یک کفشک باید به نکات زیر توجه نمود:

نوع کفشک، اندازه و جنس، ضخامت، نوع و طول میل و بوش راهنما، قطر دنباله (شَنک، گلولی یا توپی) کفشک پایین (شکل زیر) نیز تقریباً شبیه کفشک بالا است با این فرق که برای تحمل ضربه، کمی ضخیم تر است و دارای فلنج های اتصال (A) نیز می باشد. سطوح B برای تماس بهتر با اجزای احتمالی دیگر صاف می گردد. سطح زیری C به میز پرس و سطح بالایی آن به ماتریس بسته می شود. به کمک فلنجهای A قالب توسط پیچ به میز پرس متصل می گردد. در جدول صفحه بعد ابعاد کفشک طبق استانداردهای DIN 9812,9816,9819 دیده می شود.



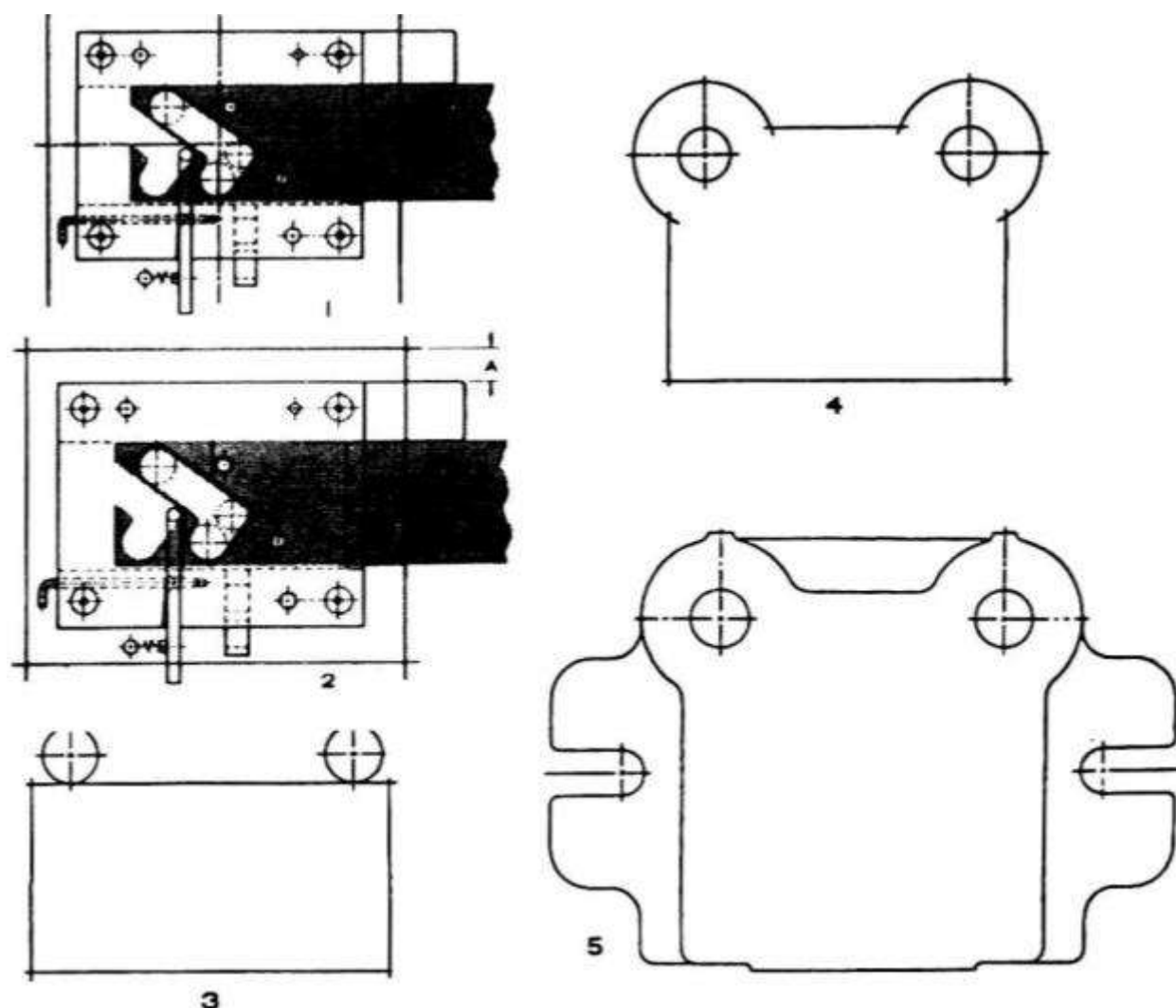
اجزاء استاندارد قالب های برش

کفشک میل راهنما دار با سطح کاری ، فرم C و CG مقایسه با DIN 9812 (12.81)										کفشک میل راهنما دار با سطح کاری گرد ، فرم D و DG مقایسه با DIN 9812 (12.81)									
																			
مشخصه کفشک میل راهنما دار فرم C با سطح کاری : $a_1 = b_1 = 100\text{mm} \times 80\text{mm}$ DIN 9812 - C 100 × 80										مشخصه کفشک میل راهنما دار فرم D با سطح کاری $d = 16\text{mm}$ DIN 9812 - D 160									
$a_1 \times b_1$	c_1	c_2	c_3	d_2	d_3	e	l	d_1	c_1	c_2	c_3	d_2	d_3	e	l				
80 × 60	50	30	80	19	M 20 × 1,5	125	160	50	40	25	65	16	M 16 × 1,5	80	125				
100 × 63						145		63						95	140				
100 × 80	50	30	80	25	M 20 × 1,5	155	160	80	50	30	80	19	M 20 × 1,5	125	160				
160 × 80						215		100				25		155					
125 × 100	50	40	90	25	M 24 × 1,5	180	170	125						180					
250 × 100	56			32		315	180												
160 × 125	56	40	90	32	M 24 × 1,5	225	180	160	56	40	90	32	M 24 × 1,5	225	180				
315 × 125						380		180						145					
200 × 160	56	50	100	32	M 30 × 2	265	200	200						265					
315 × 160	63			40		395	220												
250 × 200	63	50	100	40	M 30 × 2	330	220	250	56	50	100	40	M 30 × 2	330	200				
315 × 250						395		315	63					395	220				
کفشک میل راهنما دار با صفحه راهنمای فرم DF مقایسه با DIN 9816 (12.81)										کفشک میل راهنما دار نصب شده در گوشه ، فرم C و CG مقایسه با DIN 9819 (12.81)									
																			
مشخصه میانی چدنی (GG) : کفشک میل راهنما دار فرم DF با $d_1 = 100\text{mm}$ و صفحه راهنمای میانی چدنی (GG) : DIN 9819 - DF 100 GG																			
d_1	c_1	c_2 max.	d_2	e min.	f_1	f_2	f_3	l	$a_1 \times b_1$	a_2	b_2	c_1	c_2	c_3	d_2	e_1	e_2	l	
80	50	80	90	125	16	10	36	170	80 × 63	135	180	50	30	80	19	75	103	160	
100	50	85	25	155	18	11	40	180	125 × 80	190	215				25	120	128		
125		90		180				190	125 × 100		235				25		148	170	
160	56	100	32	225	23	11	45	220	250 × 100	325	255	56	40	90	32	245	158		
200		110		265				240	160 × 125	235	280					155	183	180	
									315 × 125	390						310			

۲-۳-۱- رسم یک کفشک

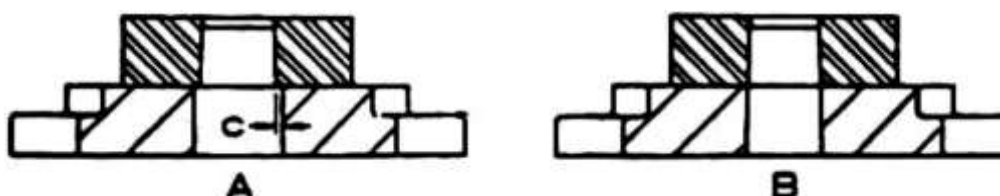
مطابق شکل زیر مراحل رسم کفشک به این شرح است:

- تصویر ۱: خطوطی که نشانگر خطوط جانبی کفشک هستند را رسم کنید.
- تصویر ۲: خطوط زیر میله راهنماها را که لبه های دیگر کفشک است رسم کنید. برای سهولت عملیات ماشین کاری بعدی فاصله ی A را حداقل ۱۶ میلی متر در نظر بگیرید.
- تصویر ۳: مرکز میل راهنماها را تعیین و دوایری به قطر میل راهنما رسم نمایید.
- تصویر ۴: دوایری به قطر بوش راهنما رسم و خطوط اضافی را پاک کنید.
- تصویر ۵: فلانچ های اتصال به میز پرس را نیز رسم کنید.



۲-۳-۲- ماشین کاری کفشک

جهت بیرون افتادن قطعه کار، لازم است که در کفشک پایین حفره ای ایجاد کنیم. برای این کار دو روش وجود دارد. در تصویر A دیوار حفره مستقیم، و در تصویر B شیب دار ساخته شده است. مقدار C حداقل ۱/۵ میلی متر است که البته برای ورق های ضخیم تر مقدار بیشتری انتخاب خواهد شد. برای ورق های نرم روش B ترجیح داده می شود. شیب ماشین کاری دیوار حفره، ادامه ی شیب موجود در حفره ی ماتریس است.



۲-۳-۳- شنگ یا دنباله قالب

شنگ (Shank)، دنباله، گلوپی یا توپی، محوری است که کفشک را به پرس وصل می کند تا به وسیله آن حرکت عمودی سنبه تأمین گردد. برای قالب های چدنی، دنباله قالب را با صفحه کفشک یک جا ریخته گری و سپس ماشین کاری می کنند ولی در قالب های فولادی آن را جداگانه توسط جوش برق یا پیچ کردن به کفشک متصل می نمایند. قطر دنباله قالب به پرس مورد استفاده بستگی دارد که پس از انتخاب پرس از روی کتابچه آن می توان قطر را تعیین کرد. طول دنباله قالب نیز بسته به قالب مشخص می گردد. در شکل زیر ابعاد دنباله نوع پیچی طبق استاندارد DIN 9859 مشاهده می گردد.

مقایسه با (12.88) DIN 9859 T 3		دنباله پیچی فرم CE				
d_1, d_9	d_2	d_3	l_1	l_2	l_3	SW
20	15	M20 × 1,5	40	12	58	17
25	20	M16 × 1,5 M20 × 1,5	45	16	68	21
32	25	M20 × 1,5 M24 × 1,5	56	16	79	27
40	32	M24 × 1,5 M27 × 2 M30 × 2	70	26	93	36
50	42	M30 × 2	80	26	108	41

مشخصه دنباله فرم CE با $d_1 = 40 \text{ mm}$ و $d_3 = M30 \times 2$

دنباله DIN 9859-CE 40-M30×2

برای قالب های بزرگ دنباله قالب استفاده نمی گردد و در صورت استفاده، تنها برای هم محور کردن قالب به کار گرفته می شود. در این نوع قالب ها کفشک را به صفحه بالای پرس متصل می کنند تا تحمل وزن زیاد قالب و اینرسی حاصل از آن را داشته باشد. برای این کار می توان کفشک را با پیچ های آلن به پرس پیچ کرد.

۲-۳-۴- تعیین محل برآیند نیروهای پرس (موقعیت دنباله قالب)

در تولید قطعات با قالب های برش و شکل دادن آنها غالباً نیروهای بزرگی از پرس به قالب منتقل می شود. در پرس های کوچک و متوسط انتقال نیروی پرس به سینه پرس و قالب در یک نقطه صورت می گیرد. از این رو دنباله قالب باید تا حد ممکن در این نقطه یعنی نقطه برآیند نیروها قرار گیرد. به این ترتیب بروی قالب و سینه پرس گشتاور خشی به وجود نمی آید. گشتاور خشی باعث ساییدگی شدید راهنمای قالب و راهنمای سینه پرس می شود. این سایش خود تغییر لقی قالب های برش را موجب می گردد. تعیین مرکز برآیند نیروها از دو روش عملی و محاسباتی قابل انجام است.

الف) روش عملی تعیین مرکز برآیند نیروها

فرض کنید دور ریز ورق مانند تصویر ۱ باشد. از یک مقوای ضخیم قسمت هایی را که سوراخ شده اند می بریم و برای حفظ ارتباط بین آنها نوارهای باریکی از مقوا باقی می گذاریم (تصویر ۲). سپس صفحه ای از مقوا را بروی یک تکیه گاه قرار می دهیم تا

متعادل گردد (تصویر ۳). بعد مقوای بریده شده را روی آن قرار می دهیم و آن قدر جابجا می کنیم تا دوباره توازن برقرار شود. در این حالت محل تکیه گاه محور برآیند نیروها مشخص می گردد (تصویر ۴).

ب) محاسبه مرکز برآیند نیروها

برای محاسبه مرکز برآیند نیروها که همان موقعیت دنباله است چهار روش وجود دارد:

۱- محاسبه مرکز برآیند نیروها به کمک نیروهای برشی سنبه

۲- محاسبه مرکز برآیند نیروها به کمک نقطه مرکز ثقل سنبه

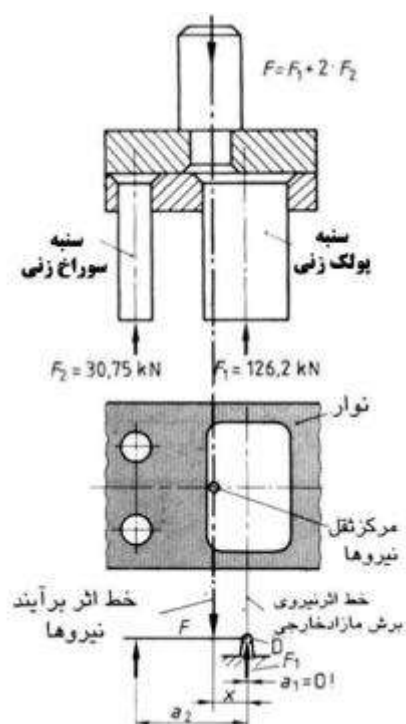
۳- محاسبه مرکز برآیند نیروها به کمک نقطه مرکز خطوط

۴- محاسبه مرکز برآیند نیروها به کمک نقطه مرکز ثقل سطوح

در ادامه تنها دو روش ۱ و ۴ بررسی می گردد.

۱- محاسبه مرکز برآیند نیروها به کمک نیروهای برشی سنبه

مثال: موقعیت دنباله قالب برش مرکب زیر را برای ساخت لچکی با دو سوراخ بدست آورید.



نیروی برشی سنبه پولاک زنی ($F_1 = 126.2 \text{ kN}$)

نیروی برشی یک سنبه سوراخ زنی ($F_2 = 30.75 \text{ kN}$)

فاصله مرکز سنبه پولاک زنی تا مرکز سنبه پولاک زنی ($a_1 = 0$)

فاصله مرکز سنبه سوراخ زنی تا مرکز سنبه پولاک زنی (a_2)

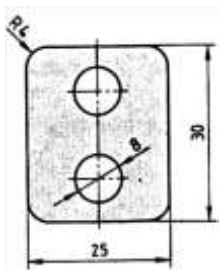
از قانون اهرم ها استفاده می نماییم. برای حل مسئله فرض می شود دوران اهرم تنها روی خط اثر نیروی برشی پولاک قرار دارد.

$$\sum m_{\text{راست}} = \sum m_{\text{چپ}}$$

$$F \times X = F_1 \times a_1 + 2 \times F_2 \times a_2$$

$$X = \frac{F_1 \times a_1 + 2 \times F_2 \times a_2}{F} = \frac{F_1 \times a_1 + 2 \times F_2 \times a_2}{F_1 + 2 \times F_2}$$

$$= \frac{126.2 \times 0 + 2 \times 30.75 \times 28}{126.2 + 2 \times 30.75} = 9.17 \text{ mm}$$



نکته: برای چند سنبه رابطه کلی زیر به کار می رود:

$$X = \frac{F_1 \times a_1 + F_2 \times a_2 + F_3 \times a_3 + \dots}{F_1 + F_2 + F_3 + \dots}$$

در این رابطه x فاصله دنباله قالب از نقطه دوران انتخابی، $F_1, F_2, \dots$ نیروهای برش هر کدام از سنبه ها و $a_1, a_2, \dots$ فاصله نقطه مرکز ثقل سنبه ها از نقطه دوران انتخابی در راستای محور X است. اگر اجزای متقارن نباشند لازم است مختصات Y مرکز برآیند نیروها نیز از رابطه زیر محاسبه گردد (در مثال قبل $b_1=b_2=b_3=\dots=0$).

$$Y = \frac{F_1 \times b_1 + F_2 \times b_2 + F_3 \times b_3 + \dots}{F_1 + F_2 + F_3 + \dots}$$

که $b_1, b_2, \dots$ فاصله نقطه مرکز ثقل سنبه ها از نقطه دوران انتخابی در راستای محور Y است.

۲- محاسبه مرکز برآیند نیروها به کمک نقطه مرکز ثقل سطوح

در کارهای ضرب، نیروی سنبه غالباً عمود بر سطوح قطعه کار عمل می کند. برای محاسبه نقطه مرکز برآیند نیروها، مساحت تک اجزاء ($A_1, A_2, A_3, \dots$) به عنوان نیرو و فاصله عمودی مرکز ثقل این سطوح از محور دوران فرضی در راستای محور X ($a_1, a_2, a_3, \dots$) به عنوان بازوی اهرم در نظر گرفته می شود. در این صورت X یعنی فاصله دنباله قالب از نقطه دوران انتخابی عبارت است از:

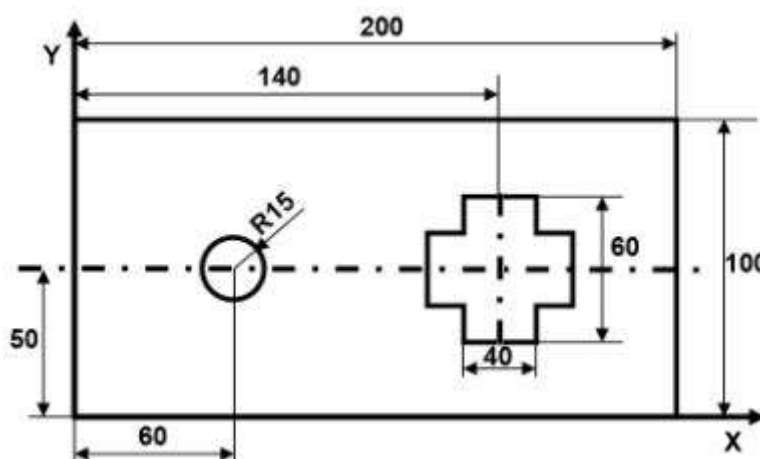
$$X = \frac{A_1 \times a_1 + A_2 \times a_2 + A_3 \times a_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$

اگر اجزاء متقارن نباشند لازم است مختصات Y مرکز برآیند نیروها نیز از رابطه زیر محاسبه گردد.

$$Y = \frac{A_1 \times b_1 + A_2 \times b_2 + A_3 \times b_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots}$$

که $b_1, b_2, \dots$ فاصله مرکز ثقل سطوح از نقطه دوران انتخابی در راستای محور Y است.

مثال: با توجه به شکل زیر (سنبه ها و صفحه سنبه گیر)، موقعیت درست دنباله قالب را محاسبه نمایید.



$$A_1 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 30^2}{4} = 706.5 \text{ mm}^2, \quad A_2 = (40 \times 40) + 4 \times (40 \times 10) = 3200 \text{ mm}^2$$

$$X = \frac{A_1 \times a_1 + A_2 \times a_2}{A_1 + A_2} = \frac{706.5 \times 60 + 3200 \times 140}{706.5 + 3200} = \frac{490390}{3906.5} = 125.53 \text{ mm}$$

با وجود آن که مجموعه در راستای Y متقارن است برای تمرین مختصات Y دنباله نیز محاسبه می شود:

$$Y = \frac{A_1 \times b_1 + A_2 \times b_2}{A_1 + A_2} = \frac{706.5 \times 50 + 3200 \times 50}{706.5 + 3200} = \frac{195325}{3906.5} = 50 \text{ mm}$$

۲-۴- لیست قطعات قالب

آخرین قسمت در طراحی و رسم یک قالب تهیه ی لیست قطعات آن است که معمولاً در قسمت بالا یا پایین و سمت راست نقشه مونتاژی جای می گیرد. این لیست معمولاً پنج ستون دارد که عبارتند از:

ستون اول: شماره قطعه

ستون دوم: تعداد مورد نیاز قطعه

ستون سوم: نام قطعه (در قالب سازی نام قطعه اهمیت دارد پس به اسامی درست قطعات توجه کنید).

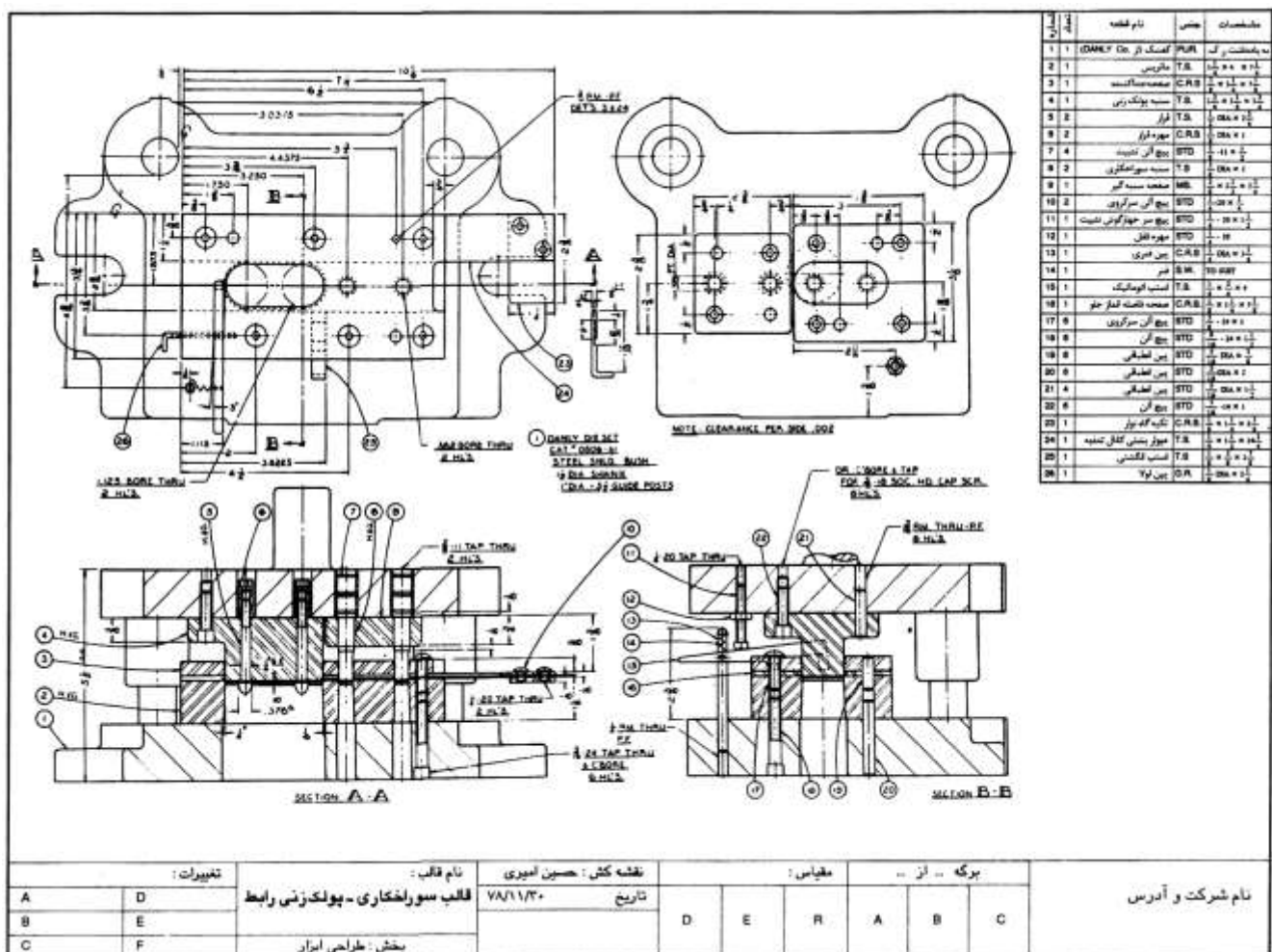
ستون چهارم: جنس قطعه

ستون پنجم: مشخصات قطعه اعم از اندازه، شماره ی استاندارد و غیره

در جدول و شکل زیر نمونه ای از لیست قطعات دیده می شود.

شماره قطعه	تعداد قطعه	نام قطعه	جنس قطعه (استاندارد DIN)	ابعاد
۱	۱	کفشک	GG-25	DIN9812-100×63 mm
۲	۱	ماتریس	1.1545	۱۲۷×۱۵۳ میلی متر
۳	۱	ورق گیر و کانال راهنما	1.0050	۱۲۷×۱۵۳ میلی متر

۴	۱	صفحه سنبه گیر	1.0050	۱۲۷×۱۰۲ میلی متر
۵	۲	سنبه سوراخ زنی	1.2436	DIN9861- Ø 14mm
۶	۱۲	پیچ آلن	1.0050	DIN6912-M8-l=12mm
۷	۶	پین	1.3505	DIN 6325-4×16mm



۲-۵- جنس قطعات قالب پرس

اجزای قالب باید از مواد مناسب ساخته شود. جنس و ماده مورد استفاده در قالب دارای اهمیت زیادی است چرا که عامل تعیین کننده تنش های اعمال شده، ابعاد و شکل اجزای به کار رفته می باشد. طبیعی است که در انتخاب مواد بسته به مواد موجود، محدودیتهایی برای طراح وجود دارد. از این رو طراح قالب باید با اثری که هر یک از روش های ساخت بروی اجزای قالب ایجاد می کند و نیز آثار عملیات حرارتی بر خواص اجزای مختلف آشنا باشد. بنابراین با توجه به اهمیت جنس ماده مورد استفاده در قالب، مشورت با متالورژیست های حرفه ای در این زمینه می تواند شما را در انتخاب بهترین مواد ممکن و نیز نوع عملیات حرارتی مناسب مطمئن سازد. از آنجا که کاربرد انواع فولاد در ساخت قالب های پرس رایج است ابتدا بطور خلاصه به بررسی انواع فولاد و خواص آنها می پردازیم.

۲-۵-۱- انواع فولاد

فولاد، آلیاژی از آهن و کربن یا آهن، کربن و دیگر عناصر آلیاژی است که میزان کربن موجود در آن باید ۰/۵ درصد وزنی آلیاژ را تشکیل دهد تا به عنوان فولاد شناخته شود و از آهن تجاری (Commercial) متمایز گردد. فولادهای آلیاژی و کربنی در میان فلزات دارای بیشترین استفاده هستند و حوضه متنوع کاربردی وسیعی را به خود اختصاص می‌دهند. عناصر متنوعی به منظور پایداری خواصی مانند، سختی پذیری، استحکام، مقاومت سایشی، جوش پذیری و قابلیت ماشین کاری به فولادها اضافه می‌شود. انواع فولاد عبارتند از:

۱- فولادهای ساختمانی (فولاد های پایه)

این فولادها طبق DIN 17 100 فولادهایی هستند که عملیات حرارتی برای آنها پیش بینی نشده است. حداقل استحکام کششی 310N/mm^2 برای فولاد St 33 تا 690N/mm^2 برای فولاد St 70-2 می‌باشد. فولادهای ساختمانی برای قطعاتی استفاده می‌شود که تحت سایش نیستند و نیاز به سخت کاری ندارند، مثلاً دنباله قالب، پشت بندها، دسته ها و مثال: St 37

۲- فولادهای خوش تراش (اتومات)

فولاد خوش تراش، فولاد غیر آلیاژی یا کم آلیاژ است که مقدار گوگرد و فسفر یا منگنز یا افزوده سرب بالایی دارد. این فولادها بیشتر برای سری سازی (تولید انبوه) روی دستگاههای تراش خودکار به کار می‌رود. افزوده آلیاژی گوگرد یا سرب باعث خرد شدن براده ها می‌شود که در نتیجه موجب افزایش سرعت براده برداری می‌گردد. مثال: 9S20 و 9SMnPb28

۳- فولادهای کربوره

فولادهای کربوره برای اجزایی به کار می‌رود که بیشتر تحت سایش و خمش قرار می‌گیرد و باید سطحی سخت و مقاوم به سایش و مغزی نرم و چقرمه با استحکام بالا داشته باشد. فولادهای کربوره به دو گروه تقسیم می‌شوند: الف) فولاد کربوره غیر آلیاژی با مقدار کربن کمتر از ۰/۲ درصد مانند CK 10, CK 15, C15, C10 ب) فولاد کربوره آلیاژی که با منگنز، کرم، مولیبدن یا نیکل، آلیاژ سازی می‌شود مانند 16MnCr 5, 20 CrMo 4, 22CrMoS35 فولاد کربوره آلیاژی استحکام کششی بالایی دارد. به عنوان مثال فولاد 16 MnCr 5 دارای استحکام کششی $780-1080\text{ N/mm}^2$ است در صورتی که این مقدار در فولاد کربوره غیر آلیاژی C 10 برابر $490-630\text{ N/mm}^2$ می‌باشد.

۴- فولادهای به سازی

فولادهای به سازی برای اجزایی به کار می‌رود که تحت بار گذاریهای شدید کششی، خمشی و پیچشی از نوع بارهای ناگهانی است. با عملیات حرارتی ویژه، در این فولادها استحکام کششی بسیار بالا و چقرمگی (قابلیت جذب انرژی) زیادی بدست می‌آید. فولاد به سازی غیر آلیاژی مانند C35, CK 45, C60 برای اجزایی با استحکام پایین و سطح مقطع کوچک و فولادهای به سازی آلیاژی با عناصر آلیاژی کرم، مولیبدن، نیکل یا وانادیم مانند 38Cr2, 42CrMo4, 34CrNiMo6 برای اجزای تحت بار گذاری بالا با سطح مقطع بزرگ به کار می‌رود. استحکام کششی تا حدود 1300 N/mm^2 افزایش می‌یابد.

۵- فولادهای نیتروre

فولادهای نیتروre برای اجزایی که بخصوص تحت بارهای سایشی بالا و متغیر قرار دارد و نیز در عملیات حرارتی نباید تابیدگی یا تغییر ابعادی در آن ایجاد گردد، به کار می رود. با نفوذ نیتروژن به سطح قطعه کار لایه ضد سایش نیتريد آهن به وجود می آید. فولادهای نیتروre از فولادهای کم آلیاژ می باشد که نیتريد ساز آنها عناصر آلومینیم، کرم و وانادیم است. مثال: 34CrAlMo5V یا 12 G 31 CrMo

۶- فولادهای ویژه

این فولادها شامل فولادهای فنر مانند 66SI7 و C75، مقاوم به دمای بالا مانند X4NiCrTi 25 15، فولادهای نسوز مانند X 15 CrNiSi 25 20، فولادهای زنگ زن مانند X 5 CrNi 18 8 و فولادهای نگیر یا غیر مغناطیسی مانند X 40 MnCr 18 می باشد.

۲-۵-۲- فولادهای مورد استفاده در قالب سازی

ابزارها و قالب هایی که هنگام کار سطح آنها تا دمای 200°C گرم می شود مانند قالب های پرس از فولادهای سردکار ساخته می شوند. عناصر آلیاژی Ni, Mo, Mu, W, Cr باعث می گردد که این فولادها حتی در مقاطع بزرگ، سخت کاری مغزی شده و تابیدگی شدید در آنها ایجاد نگردد. فولادهای ابزار و قالب، گونه خاصی از فولادهای آلیاژی هستند که از خصوصیات مانند: استحکام، ضربه پذیری، سفتی و مقاومت سایشی بالایی برخوردار می باشند. این فولادها به طور متداول در زمینه شکل دهی و ماشین کاری فلزات در شرایط دمایی معمولی و بالا به کار می روند. فولاد سرد کار قبل از هر چیز باید مقاومت سایشی بالا و نیز استحکام فشاری و چقرمگی بالا داشته باشد. در حالت باز پخت شده قابلیت ماشین کاری خوبی دارد و هنگام عملیات حرارتی کمتر دچار تغییر ابعادی و تابیدگی می شود. فولادهای سرد کار اغلب برای فرآیندهای کارسرد و فرآیندهای شکل دهی به کار برده می شود. از ویژگیهای آنها می توان به طور کلی به مقاومت بالا در برابر سایش و ترک اشاره کرد. فولادهای سردکار از لحاظ فرآیند سخت کاری به دو نوع سخت شده در هوا (Air-hardening) و سخت شده در روغن (Oil-hardening) موجود می باشد. نمونه هایی از فولاد سردکار و گرم کار در جداول صفحه بعد مطابق استاندارد DIN آورده شده است. (به جدول صفحه ۶۹ نیز توجه نمایید.)

مثال فولادهای گرم کار		
شماره مواد	مشخصه کوتاه طبق DIN 17 006	مثالهای کاربردی و خواص ویژه
1.1730	C45W	فولادهای آهنگری ساده با حفره تخت
1.2323	48 CrMoV 6 7	قالبهای تزئینی و پرس
1.2343	X 38 CrMoV 5 1	قالبهای تزئینی تحت فشار فلزات سبک قالبهای اکستروژن
1.2385	X 32 CrMoV 3 3	قالبهای تزئینی تحت فشار سنبه پرس و سوراخکاری در قالبهای اکستروژن، پایداری بالای برگشت، برای مقاطع باریک که سختکاری مغزی نمی شود
1.2713	55 NiCrMoV 6	قالبهای آهنگری و قالبهای دوره بر که سختکاری مغزی نمی شود

مثال فولادهای سردکار		
شماره مواد	مشخصه کوتاه طبق DIN 17 006	مثالهای کاربردی و خواص ویژه
1.2004	85 Cr 1	ابزارهای اندازه گیری و فراین
1.2083	X 42 Cr 13	قالبهای مواد مصنوعی، ویژه قاپر گلاس، مقاوم به خوردگی، پایداری بالای ابعادی
1.2436	X 210 CrW 12	قالبهای برش تیراز بالا، سنبه کشش
1.2710	45 NiCr 6 V	قالبهای ترمولاستها، چقرمگی خوب، قابل پولیش، قابل نیتروre
1.2721	50 NiCr 13	قالبهای ترمولاستها، مقاوم به فشار و سایش، پایداری بالای ابعادی، قابل پولیش
1.2842	90 MnCrV 8	قالبهای برش تیراز پایین، وسایل اندازه گیری، فراین
1.3247	S 2-10-1-B ¹¹	قالبهای اکستروژن سرد، سنبه برش

فولاد به کار رفته در قالب باید ویژگیهای قالب ساخته شده را از نظر استحکام سایش، چقرمگی و پایداری ابعادی برآورده کند. شرط لازم جهت رسیدن به این خواص عملیات حرارتی مناسب و دقیق است. با عملیات حرارتی، فولاد، ساختار مخصوص، سختی و چقرمگی لازم را بدست می آورد. اشتباه در عملیات حرارتی به ساختار دانه درشت، کربن سوزی، پوسته شدن شدید سطح قطعه کار، ترکهای ناشی از سخت کاری یا تابیدگی شدید منجر می گردد. به این ترتیب مواد گران قیمت، غیر قابل مصرف شده وقت بسیاری به هدر می رود. از این رو هر قالب ساز باید در موقعیتی از دانش فنی باشد که عملیات حرارتی درست را تعیین

و آن را بدون خطا هدایت نماید. چون نوع و خواص لازم فولاد در عملیات حرارتی توسط طراح تعیین می شود نباید جنس قطعات را تحت هیچ شرایطی به هنگام سفارش مواد جهت ماشین کاری و یا تأمین قطعات یدکی قالب تغییر داد زیرا ممکن است باعث خرابی قالب گردد.

در پایان برای آشنایی با انواع فولادهای مورد استفاده در قالب های برش نمونه ای از مواد پر کاربرد در ساخت این قالب ها آورده می شود. برای شناخت کامل این مواد (درصد عناصر و خواص مکانیکی) یا پیدا کردن فولادهای مشابه در کشورها و استانداردهای دیگر می توانید به کتاب کلید فولاد مراجعه نمایید.

نام قطعه	جنس		توضیحات
	شماره	نام کوتاه	
۱. نام قطعه	فولاد	فولاد	
	DIN17007	DIN 17006	
	1.1545	C105W1	برای قطعات برش کوچک، سخت کاری با آب، سختی سطحی بالا، مغز چقرمه، حساس به تابیدگی
۱ ماتریس	1.2436	X210CrW 12	برای قطعات برش پیچیده، سخت کاری با روغن، تابیدگی کمتر، سخت کاری مغزی، سخت کاری ۵۸ تا ۶۲ راکول سی (HRC)، برای تنش های متوسط
	1.3343	S6-5-2	قابلیت برش خوب، چقرمگی بالا، سخت کاری ۵۸ تا ۶۲ راکول سی (HRC)، برای تنش های خیلی بالا
	1.0050	St50-2	-----
۲ ورق گیر	1.1730	C45W	برای تیراژ محصول و سرعت لغزش بالا
	1.2842	90MnCrV 8	سخت کاری ۵۸ تا ۶۲ راکول سی (HRC)،
۳ سنبه	1.2436	X210CrW 12	مطابق استاندارد سنبه های گرد DIN 9861
	1.3343	S6-5-2	
۴ سنبه	1.0050	St50-2	برای محصول با تیراژ بالا سخت کاری می گردد.
گیر	1.1730	C45W	سخت کاری بین ۴۵ تا ۵۵ راکول سی (HRC)
۵ دنباله قالب	1.0050	St50-2	طبق استاندارد DIN 9859

	GG-25	1.6025		
۶	C45W	1.1730	کفشک	طبق استاندارد DIN 9811 , 9812 , 9814
	St52-3	1.0570		
	Ck60	1.1221		سخت کاری ۶۱ تا ۶۲ راکول سی (HRC)
۷	16MnCr5	1.7131	میل راهنما	سخت کاری القایی طبق استاندارد DIN 9825
	CF70	1.1249		سخت کاری ۶۱ تا ۶۵ راکول سی (HRC)
۸	GGG-60	0.7060	بوش	خواص لغزشی و شروع به کار عالی
	100Cr6	1.3505	راهنما	عمر طولانی تحت بارگذاری سنگین و سخت کاری ۶۱ تا ۶۵ راکول سی (HRC)
۹	100Cr6	1.3505	پین	سخت کاری ۵۸ تا ۶۲ راکول سی طبق استاندارد DIN 6325

۲-۶- روش های ساخت قالب

ساخت قالب به عنوان یک ابزار دقیق، نیازمند اطلاعات فراوانی از جمله روش های مختلف ساخت قطعات صنعتی است. اساساً قطعات قالب توسط روش های مختلف سنتی و نوین ماشین کاری، تولید می گردد. عمده اهمیت قالب پرس، طرح سنبه و ماتریس و دقت ساخت قالب است چرا که قالب خود مولد هزاران قطعه کار خواهد بود در نتیجه خطا در ساخت یک قالب منتج به خطا در هزاران قطعه کار خواهد شد. بنابراین دقت ساخت قالب و شکل قطعه کار، اساس انتخاب روش طراحی و ساخت قالب محسوب می گردد. تعدادی از قطعات و قالب های امروزی تنها با روش های سنتی ماشین کاری قابل تولید نیست و تولید آنها به کمک ماشینهای کنترل عددی یا ماشینهای خاص مانند اسپارک و وایر کات امکان پذیر می باشد. از طرفی خدمات این قبیل ماشینها گران قیمت است.

به این ترتیب سازنده باید طرح و دقت قالب را بطور کامل بررسی و متناسب با آن اقتصادی ترین و سریعترین روش تولید اجزای قالب را انتخاب نماید. برای این کار باید نقشه ها به دقت بررسی شود و برگ طراحی فرایند قطعات تهیه گردد. سپس متناسب با شکل، دقت و جنس هر قطعه بهترین مسیر ماشین کاری را تعیین نمود.

تعدادی از قطعات قالب (مانند کفشها، بوشها، میل راهنماها، سنبه های سوراخ زنی و ...) بصورت استاندارد توسط شرکتهای خاص تولید می شود. به همین دلیل بسیاری از قالب سازان جهت کاهش زمان ساخت ترجیح می دهند این اجزاء را آماده تهیه نمایند یا با ابعاد مورد نظر به شرکتهای سازنده این قطعات سفارش دهند.

قطعاتی مانند سنبه و ماتریس پس از ساخت به کمک روش های عملیات حرارتی سخت کاری می شوند. بنابراین اطلاع از جنس این قطعات و میزان سخت کاری مورد نیاز برای آنها الزامی است. سنگ زنی تنها روش ماشین کاری است که به کمک آن حتی قطعات سخت کاری شده را می توان براده برداری کرد. در میان ماشینهای نوین اسپارک و وایر کات نیز می تواند از قطعات سخت کاری شده براده برداری نماید. بنابراین در صورت لزوم می توان پس از سخت کاری نیز قطعات را ماشین کاری نمود. عمده روش های ماشین کاری که برای ساخت قالب های پرس مورد استفاده قرار می گیرد عبارتند از:

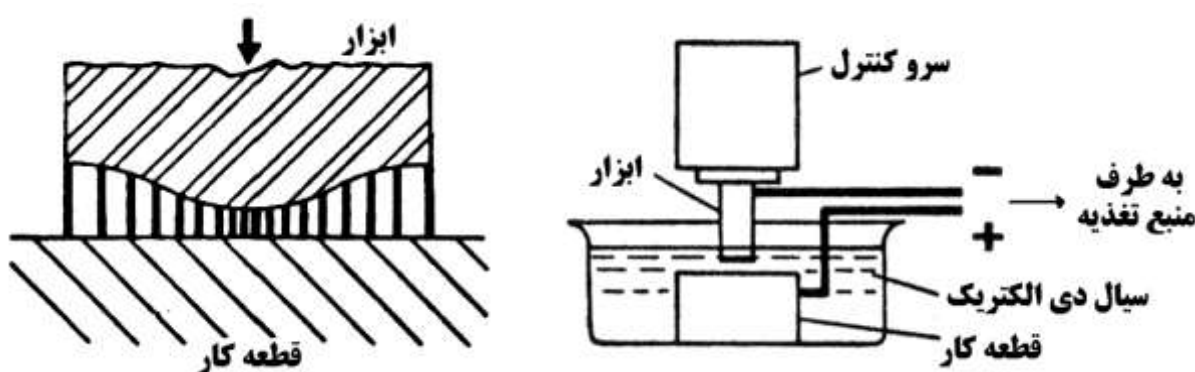
۲-۶-۱- روش های سنتی

تراش کاری و فرز کاری همچنان بعنوان اصلی ترین فرایندهای ساخت قالب در صنایع بکار می روند. بسیاری از قطعات یا بطور کامل توسط این روش ها تولید می گردد یا در بخشی از مسیر ساخت خود تراش کاری و فرز کاری می شود. دقت هایی که ماشینهای امروزی تراش و فرز سنتی ارائه می کنند چند صدم میلی متر است. تخت سایی و گردسایی نیز از جمله دیگر فرآیندهای سنتی هستند که عمدتاً پس از تراش کاری یا فرز کاری، جهت براده برداری ظریف و به تدریس رساندن قطعه کارهای مختلف بکار می رود. سنگ زنی بعنوان فرایندی با ابزار و ساختار براده برداری متفاوت، خود به تنهایی یک تخصص کامل در صنعت محسوب می گردد. استفاده از فرآیند سنگ زنی سنتی جهت ایجاد تدرانسها و انطباقات و تیز کردن سنبه و ماتریس رایج است.

۲-۶-۲- روش های نوین

انواع ماشینهای کنترل عددی بخصوص ماشینهای تراش و فرز کنترل عددی، ماشینهای اسپارک و وایر کات از جمله فرایندهای ماشین کاری نوینی می باشد که در حال حاضر جهت ساخت قالب های پرس بکار می رود. گاهی پیچیدگی قطعات قالب و دقت های بالایی که دارند راهی جز استفاده از روش های نوین ماشین کاری برای قالب ساز باقی نمی گذارد. البته این نکته دارای اهمیت است که روش های ماشین کاری نوین مزایای متنوعی مانند دقت و سرعت تولید بالا و قابلیت تکرار پذیری مطلوبی دارند و این دلایل باعث شده است که کاربرد آنها در قالب سازی افزایش یابد. با توجه به این که در درس ماشینهای کنترل عددی رایانه ای یا CNC این ماشینها بررسی می شود در این قسمت از توضیح آنها چشم پوشی می گردد و تنها مطالب خلاصه ای پیرامون ماشینهای اسپارک و وایر کات آورده می شود.

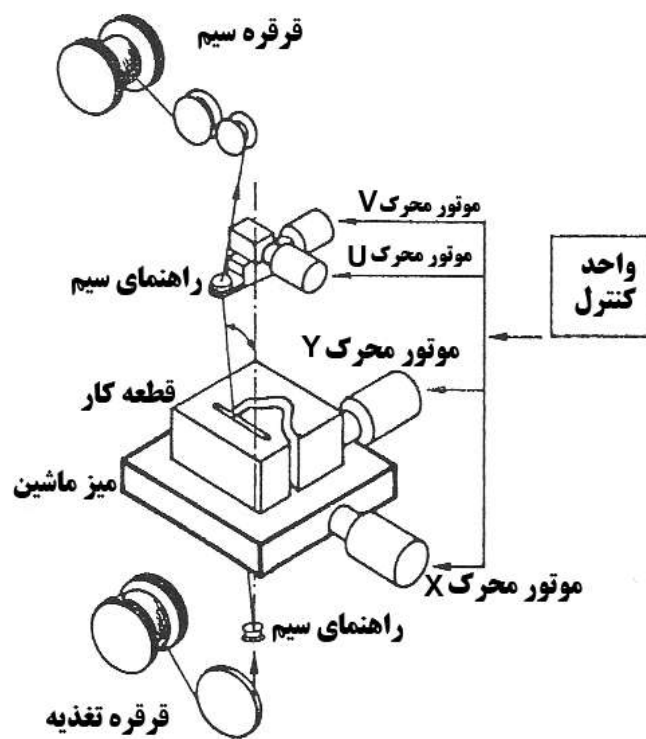
ماشینهای E.D.M (Electro Discharge Machining) بر اساس تخلیه الکتریکی سریع بین دو سطح در یک مایع غیر هادی (دی الکتریک) با فرکانس بالا عمل می کنند. این دو سطح یکی الکترود و دیگری قطعه کار است که در اثر این عملیات از روی سطح کار، براده برداری می شود.



مایع دی الکتریک در عملیات به عنوان مایع خنک کننده، عایق بین ابزار و قطعه کار، کمک نمودن به شروع جرقه زنی و محدود کردن این جرقه ها در یک مسیر خاص عمل می کند. از آنجا که این روش دقت عمل زیادی دارد، از آن برای بازسازی ابزار، سوراخ کاری سوراخهای کم عمق و ماشین کاری حفره قالب ها استفاده می شود. ماشین تخلیه الکتریکی نشان داده شده در شکل بالا به ماشین حفره زنی قالب یا اسپارک (Spark = جرقه) معروف می باشد که انواع CNC آن نیز بسیار رایج است.

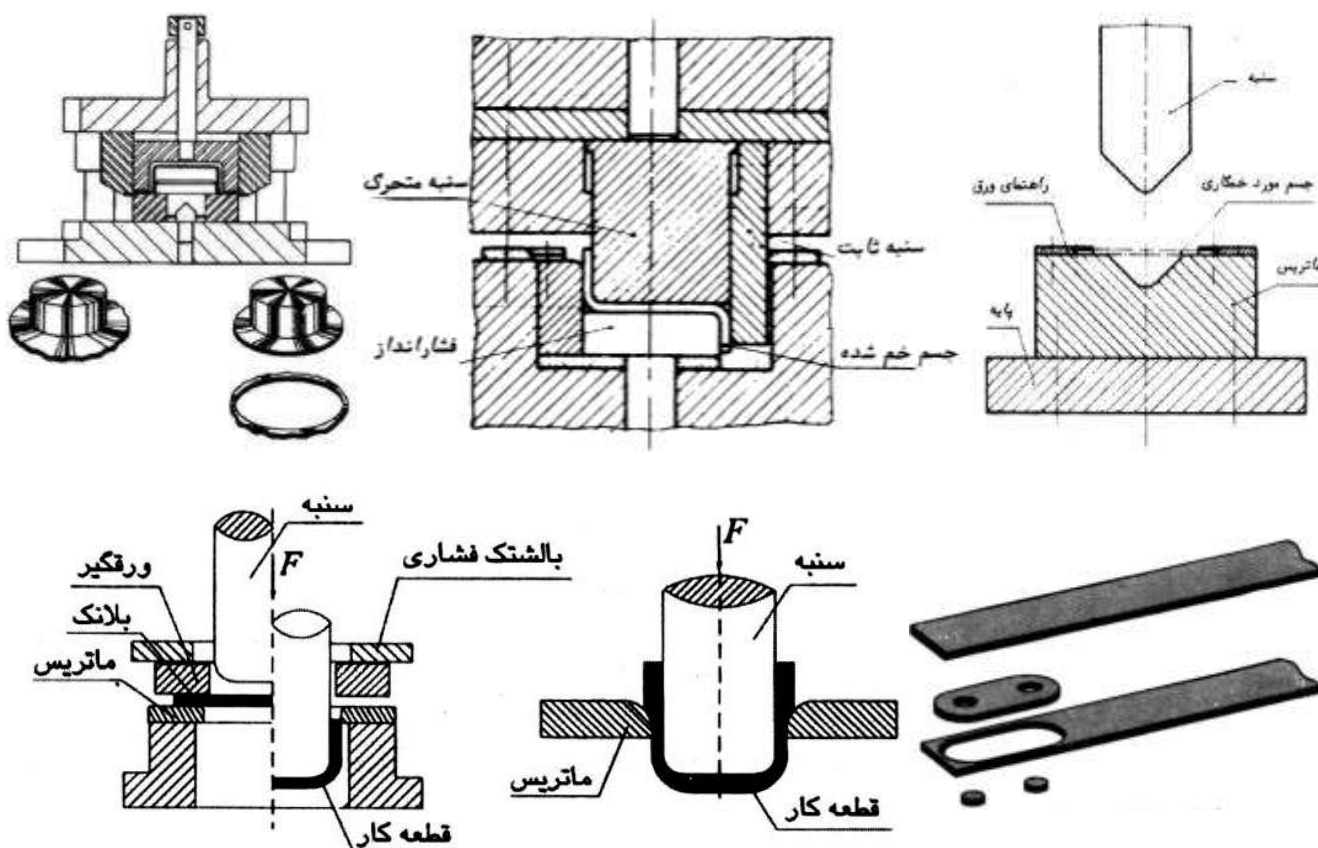
ماشین وایر کات (Wire Cut = برش با سیم) نیز یک ماشین براده برداری E.D.M یا تخلیه الکتریکی است که ابزار آن سیمی با جنس و قطر معین می باشد. ابتدا در قطعه کار سوراخ ریزی ایجاد می گردد سپس سیم از درون آن عبور داده می شود. با زاویه

دادن به سیم عملیات براده برداری از قطعه انجام می گردد. ماشینهای وایر کات دارای سیستم کنترل CNC می باشند و دقت هایی در حد میکرومتر ارائه می دهند. لازم به ذکر است که علاوه بر ماشینهای اسپارک و وایرکات ماشینهای سنگ زنی E.D.M نیز از جمله ماشینهای براده برداری پیشرفته محسوب می گردند که شرایط کار فرایندهای تخلیه الکتریکی در آنها برقرار است.



بخش سوم:

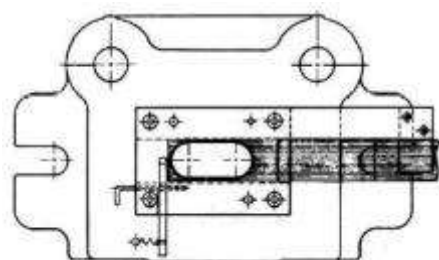
انواع قالب پرس



۱-۶- انواع قالب برش

حدود بیست نوع قالب برش مستقل وجود دارد که در ادامه به بررسی تعدادی از آنها می پردازیم.

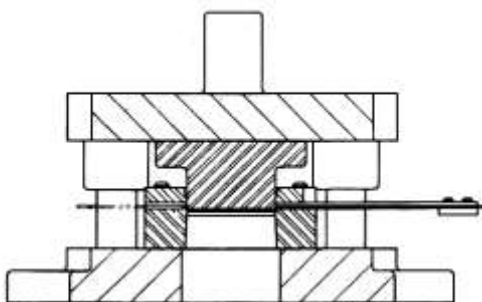
۳-۱-۱- قالب پولک زنی



این قالب با برش هم زمان تمام خطوط محیطی، قطعه‌ای از نوار تغذیه را جدا و یک قطعه پولک ایجاد می کند. این قالب سه مزیت دارد:

دقت: وجوه قطعه‌ی پولک نسبت به یکدیگر دقیق است.

ظاهر: باند براق دور تا دور تمام قطعات یکسان است.

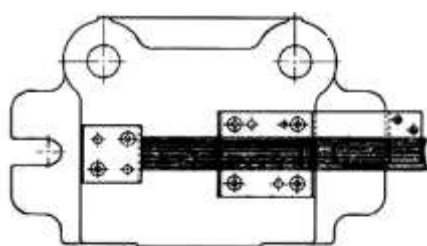


صافی: پولک به دلیل تحت فشار قرار گرفتن بین سنبه و ماتریس صاف است.

در تصویر روبرو ماتریس و همچنین مجموعه قالب در حالت بسته نشان داده شده است. قالب پولک زنی ممکن است قطعات ساده ای تولید کند اما در بیشتر موارد ابتدا و در مرحله اول سوراخ زنی انجام می گردد سپس در مرحله‌ی دوم قطعه از نوار تغذیه جدا می شود. این گونه قالب‌ها، قالب‌های سوراخ زنی-پولک زنی نامیده می شود.

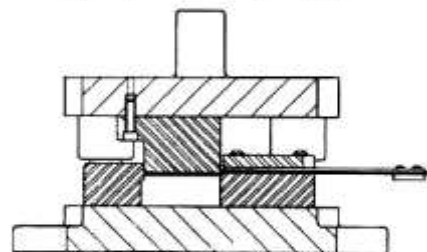


۳-۱-۲- قالب‌های قطع



عملکرد اصلی این گونه قالب‌ها، برش نوار تغذیه در طولهای کوچکتر و ایجاد پولک ساده است. خط برش می تواند مستقیم یا منحنی باشد و در مراحل قبلی می توان سوراخ زنی یا شکاف زنی و یا هر دو را انجام داد. این قالب‌ها عموماً جهت تولید قطعاتی که وجوه موازی دارند به کار می رود زیرا هزینه تهیه‌ی این قالب‌ها از قالب‌های پولک زنی بسیار کمتر است (شکل روبرو).

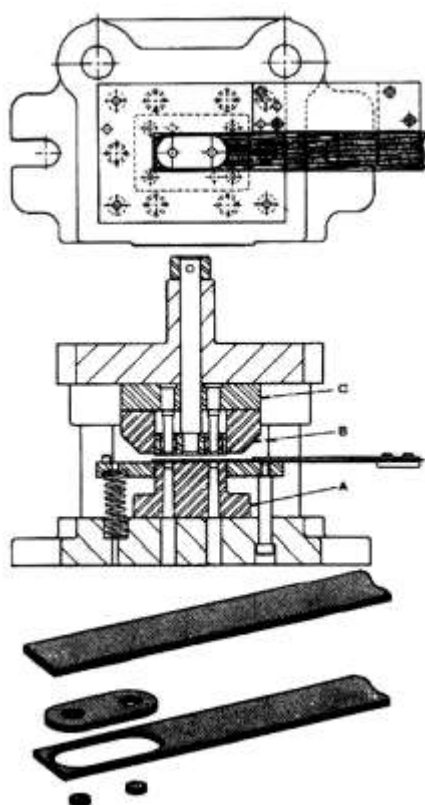
۳-۱-۳- قالب‌های مرکب



در قالب های مرکب عملیات سوراخ زنی و پولک زنی یا برش، هم زمان و در یک ایستگاه انجام می شود. این روش، دقت تولید پولک را افزایش می دهد. البته برای بدست آوردن دقت مشخصی در قطعه کار، باید دقت قالب دو برابر باشد. یعنی قالبی با دقت ۰/۱ mm قطعه کاری با دقت ۰/۲ mm تولید خواهد کرد.

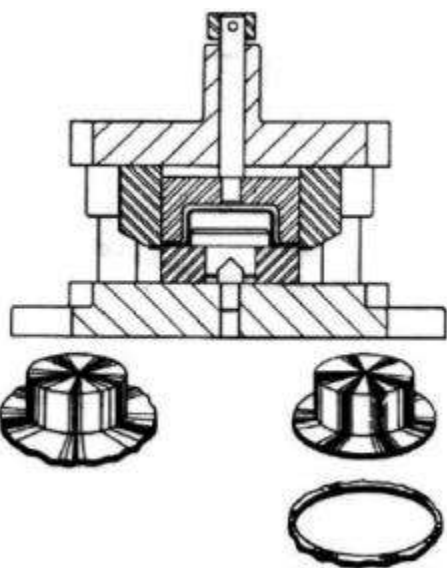


قالب‌های مرکب از گروه قالب‌های معکوس هستند و در آنها برعکس قالب‌های معمول، سنبه پولک زنی در کفشک پایین بسته شده‌است و دارای سوراخهایی جهت خروج مازاد حاصل از سوراخ زنی می‌باشد. ماتریس B به کفشک بالا بسته شده‌است و دارای یک صفحه‌ی فاصله انداز C می‌باشد که سنبه‌های سوراخ زنی را در خود نگاه داشته‌است. اگرچه قالب‌های مرکب بیشتر برای ساخت قطعات صاف و دقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد، با این حال گاهی برای تولید قطعات بزرگ که در چند ایستگاه امکان تولید آنها وجود ندارد نیز بکار می‌رود. از آنجا که تمام عملیات در یک ایستگاه انجام می‌شود، این قالب‌ها بسیار کوچک و فشرده هستند و می‌توان از کفشک‌های کوچکی برای آنها استفاده کرد (شکل روبرو).



۳-۱-۴- قالب‌های دوره بری

این قالب، قسمت‌های اضافی و موج دار قطعات شکل یافته و کشیده شده را جدا می‌کند. به کمک دوره بری می‌توان لبه‌های صاف با خطوط محیطی دقیق ایجاد کرد. قطعه، بروی یک تویی تنظیم قرار می‌گیرد و با پایین آمدن بخش بالایی قالب حلقه اضافی از دور قطعه جدا می‌شود. سپس پوسته دوره بری شده به قسمت فوقانی قالب چسبیده و بالا می‌رود. در انتهای کورس پرس و در حرکت رو به بالا، یک بیرون انداز، قطعه را از قالب بیرون می‌اندازد (شکل روبرو).

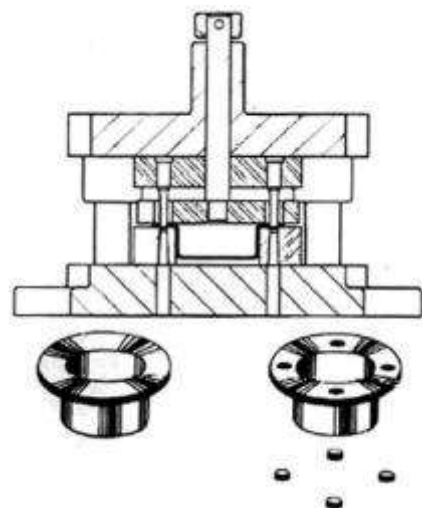


۳-۱-۵- قالب‌های سوراخ زنی

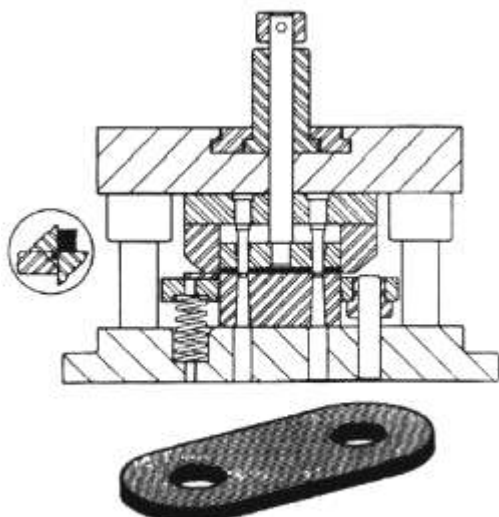
این قالب‌ها برای ایجاد سوراخ در قطعات پرس کاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. به دو دلیل معمولاً عملیات سوراخ زنی، در ایستگاهی جداگانه انجام شود:

الف) هنگامی که عملیاتی ثانوی مانند کشش، خم کاری و شکل دهی، باعث پیچیدگی و اعوجاج سوراخ‌های ایجاد شده می‌شود، سوراخ زنی بعد از این عملیات انجام می‌گردد.

ب) هنگامی که لبه‌های سوراخ ایجاد شده به لبه‌های قطعه بسیار نزدیک باشد به منظور استحکام مقاطع و قسمت‌های مختلف قالب، سوراخ زنی باید در ایستگاهی جداگانه انجام شود.



۳-۱-۶- قالب دوره بری تکمیلی



این قالب جهت برش مازاد اندکی از اطراف قطعه کار و سوراخها به کار می رود تا سطح برش خورده، براق و عمودی شود. یک قطعه ی پولک که دوره بری تکمیلی شده باشد دارای لبه هایی صاف و مستقیم است و از نظر ابعادی دقت بسیار بالایی دارد. بسیاری از قطعات در ابزارهای دقیق و ماشینهای اداری، دوره بری تکمیلی می شود تا عملکرد بهتری داشته و عمر مفید آنها بیشتر شود. قالب نشان داده شده در شکل روبرو یک قالب دوره بری تکمیلی است که از دور قطعه و سوراخ های آن مقدار اندکی جدا می کند.

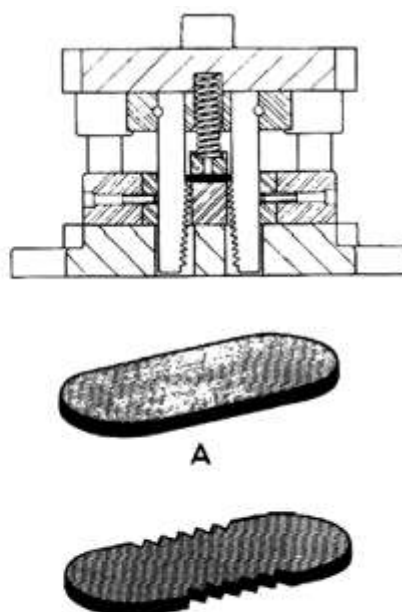
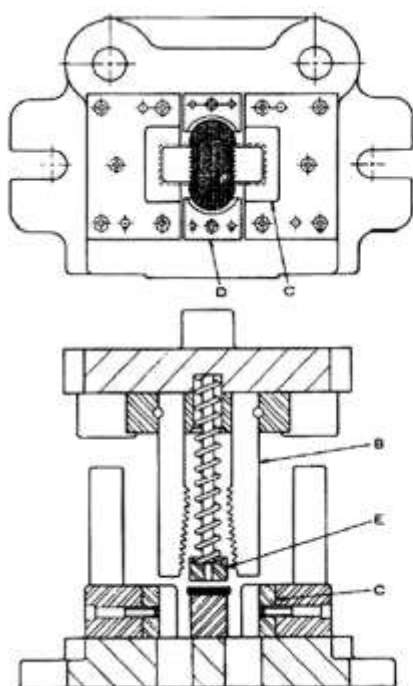
۳-۱-۷- قالب های خان کشی

عمل خان کشی را می توان به صورت یک دوره ی پیاپی از عمل دوره بری تکمیلی در نظر گرفت که به صورت متوالی توسط یک قالب انجام می شود. در دو مورد باید از خان کشی استفاده کرد:

الف) زمانی که ضخامت قطعه برای دوره بری تکمیلی زیاد باشد.

ب) هنگامی که مقدار فلزی که باید جدا شود زیاد باشد.

در شکل زیر در دو طرف قطعه ی A باید یک سری دندانه ایجاد شود. قالب دارای دو تیغه ی خان کشی B می باشد که توسط دو نگاه دارنده ی C سخت کاری شده، هدایت می گردد. قطعه در قرار D جای می گیرد. فشار دهنده ی E که فنری قوی در پشت آن قرار دارد قطعه را قبل از شروع برش محکم در جای خود نگاه می دارد. چند دندانه ی اول تیغه، هیچ برشی انجام نمی دهند مگر زمانی که قطعه کار بزرگتر از معمول باشد. سه یا چهار دندانه ی آخر اندازه صحیح و دقیق شکاف را ایجاد می کند.



۷-۱- قالب‌های خم

از جمله قالب‌های خم کاری ساده عبارت است از:

الف) قالب خم کاری V شکل

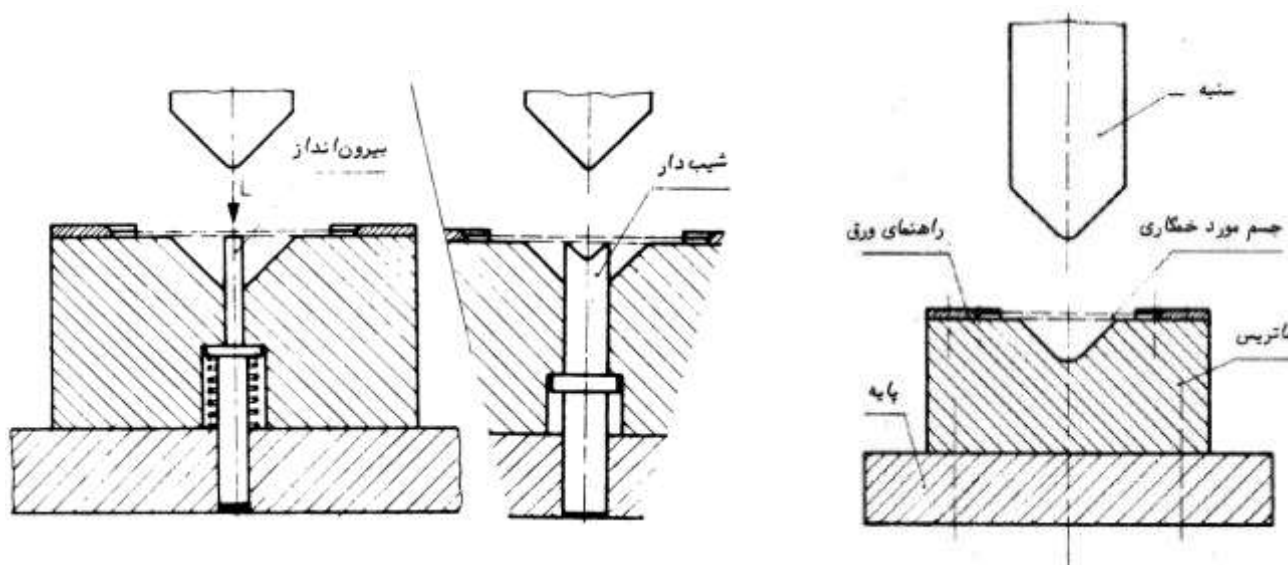
ب) قالب خم کاری گونیایی (نبشی)

ج) قالب خم کاری U شکل (ناودانی)

۳-۲-۱- قالب خم کاری V شکل

این قالب از یک سنبه و یک ماتریس که سر سنبه و فرو رفتگی ماتریس به شکل V می‌باشد تشکیل شده‌است. ماتریس، بروی یک پایه سوار می‌شود و باید دارای ارتفاع کافی باشد تا بتواند در مقابل نیروی خم کاری مقاومت کند. اتصال این دو قطعه (ماتریس و پایه) توسط پین و پیچ انجام می‌پذیرد. در صورت لزوم می‌توان سنبه و ماتریس را بروی کفشک سوار کرد. قالب خم کاری V شکل قالب بسیار ساده ای است و با این قالب می‌توان خم کاریهای با زاویه کمتر از ۹۰ درجه را نیز انجام داد.

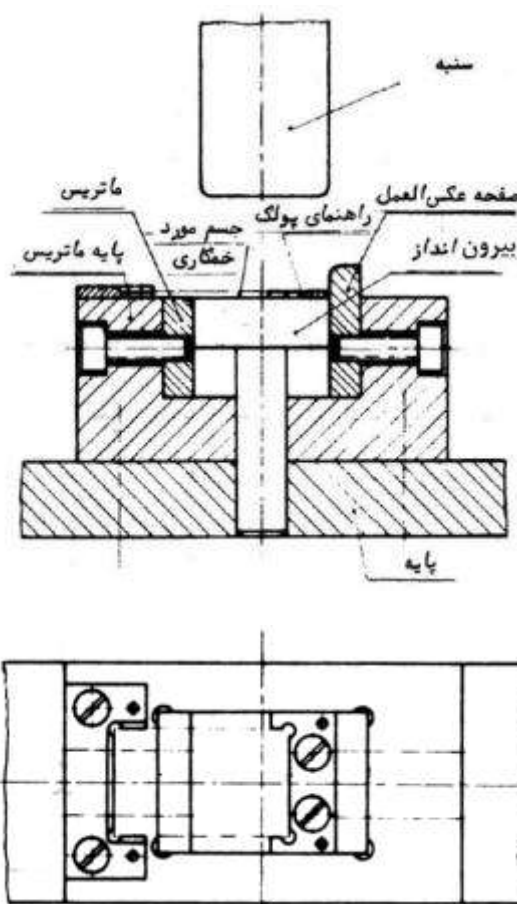
از معایب این قالب‌ها آن است که هنگام پایین آمدن سنبه، امکان لیز خوردن قطعه و در نتیجه بهم خوردن دقت کار وجود دارد. این عیب را می‌توان با قرار دادن یک بیرون انداز از بین برد. این بیرون انداز علاوه بر عمل بیرون انداختن جسم از قالب باعث می‌شود که قطعه، هنگام پایین آمدن سنبه به بیرون انداز تکیه کند و دیگر تغییر مکان ندهد. سر بیرون انداز قالب‌های خم کاری V شکل به دو صورت ساده و شیاردار ساخته می‌شود که تحت نیروی فنر پرس و یا فنر خود قالب عمل می‌کنند.



۳-۲-۲- قالب خم کاری گونیایی

از این قالب برای خم کاری ۹۰ درجه استفاده می‌شود. مانند قالب خم کاری V شکل، ماتریس می‌تواند یک تکه باشد و بروی یک پایه سوار شود. با وجود این برای اجتناب از شکستن ماتریس که از فولاد سخت شده ساخته می‌شود بهتر است که ماتریس

را چند تکه ساخت. از طرف دیگر در چنین مواردی هنگام فرسوده شدن ماتریس می‌توان بخش فرسوده آن را تعویض نمود و هم چنین در مصرف فولاد صرفه جویی کرد. قطعه‌کار در راهنما قرار می‌گیرد. باید توجه داشت که بازوی طویل تر بروی بیرون انداز باشد. سنبه پایین می‌آید و قطعه را به بیرون انداز می‌چسباند و به درون ماتریس فرو می‌برد. ماتریس بازوی کوچکتر جسم را عمود بر بازوی بزرگ آن بر می‌گرداند. در این حالت خم کاری جسم به اتمام رسیده است. هنگام بالا رفتن سنبه، بیرون انداز که تحت نیروی فنر پرس و یا فنر داخل قالب عمل می‌نماید جسم را به بیرون پرتاب می‌کند. برای جبران عکس العمل خم کاری که در ابتدا سنبه را به یک طرف می‌کشد، در نقطه مقابل محل خم کاری یک صفحه که به آن صفحه عکس العمل گفته می‌شود قرار می‌گیرد. این صفحه کمی بلندتر از ماتریس ساخته می‌شود.



۳-۲-۳- قالب خم کاری U شکل (ناودانی)

قالب خم کاری U شکل مانند قالب خم کاری گونیایی ساخته می‌شود با این اختلاف که برای این قالب وجود پاشنه اتکا بروی ماتریس دیگر لزومی ندارد. در این نوع قالب‌ها در حقیقت دو عمل خم کاری گونیایی بروی ورق انجام می‌شود و از هر دو طرف خم، نیرویی برابر و در جهت مخالف سنبه وارد می‌شود که یک دیگر را خنثی می‌کنند. طرز کار این قالب کاملاً شبیه طرز کار قالب خم کاری گونیایی است. به علت خاصیت ارتجاعی فلز، پس از عمل خم کاری دهانه جسم کمی باز خواهد شد. این عیب با در نظر گرفتن بعضی جزئیات ساخت تا اندازه ای بر طرف خواهد شد.

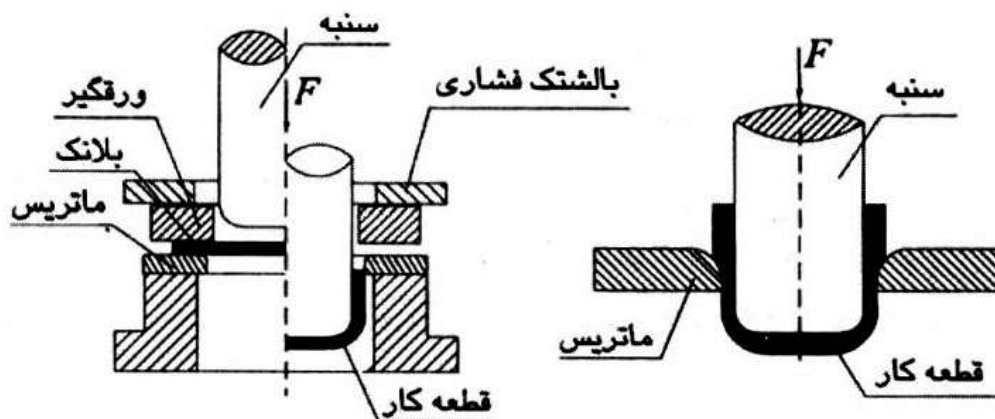
۸-۱- قالب های کشش عمیق

فرآیند کشش فلزات یا کشش عمیق، فرآیندی است که در آن از سنبه برای جاری کردن ورق فلز بین سطوح جانبی سنبه و ماتریس استفاده می شود. در این فرآیند، ورق مسطح، همواره به صورت استوانه ای، مخروطی و جعبه ای شکل تبدیل می شود. در این فرآیند تولید قطعه نهایی با کمترین تعداد فرآیند مورد نیاز و دور ریز ایجاد شده امکان پذیر می باشد. همچنین قطعه نهایی را می توان بدون نیاز به عملیات اضافی مونتاژ کرد. گسترش روش های کشش عمیق، موجب توسعه کاربرد آن در صنایع هواپیماسازی و خودروسازی شده است. محدوده کاربرد فرآیند کشش، از قطعات بسیار کوچک و مورد نیاز صنایع برق و الکترونیک تا قطعات چند متری در شاخه های دیگر صنعت می باشد. از تولیدات متداول کشش عمیق می توان به قابلمه ها، ماهی تابه ها، ظروف با اشکال مختلف، ظرفشوییها، قوطیهای آشامیدنی و قابهای مورد استفاده در صنایع هواپیماسازی و خودروسازی اشاره کرد. علت کاربرد فراوان این فرآیند را می توان در کورس سریع پرس، قابلیت تولید قطعات هندسی با محور متقارن یا قطعات هندسی مشخص نامتقارن با تعداد عملیات محدود و استفاده از نیروی کار غیر ماهر دانست. ویژگی بارز فرآیند کشش عمیق تولید قطعاتی با استحکام بالا و وزن کم است. بطور کلی دو نوع فرآیند کشش عمیق وجود دارد:

۱- فرآیند کشش عمیق بدون کاهش ضخامت قطعه کار (کشش خالص)

۲- فرآیند کشش عمیق با کاهش ضخامت قطعه کار (نازک سازی یا اتوکاری)

در شکل زیر نمایی از فرآیند کشش عمیق و بخشها و اجزای گوناگون یک قالب کشش عمیق به صورت ساده دیده می شود.



در این فرآیند

ورق

تخت به وسیله پرس های مکانیکی یا هیدرولیکی در معرض کشش سرد قرار گرفته به پوسته ای بی درز تبدیل می شود. هنگامی که ماده توسط سنبه به سمت حفره ماتریس هدایت می شود، جریان فلزی به شکل سه بعدی در ورق پدید می آید. با اعمال نیروی مشخص، ورق توسط یک ورقگیر نگاه داشته می شود. در این شرایط تنشهای فشاری بالایی بر ورق فلزی اعمال می گردد. عوامل مهم در فرآیند کشش عمیق عبارتند از:

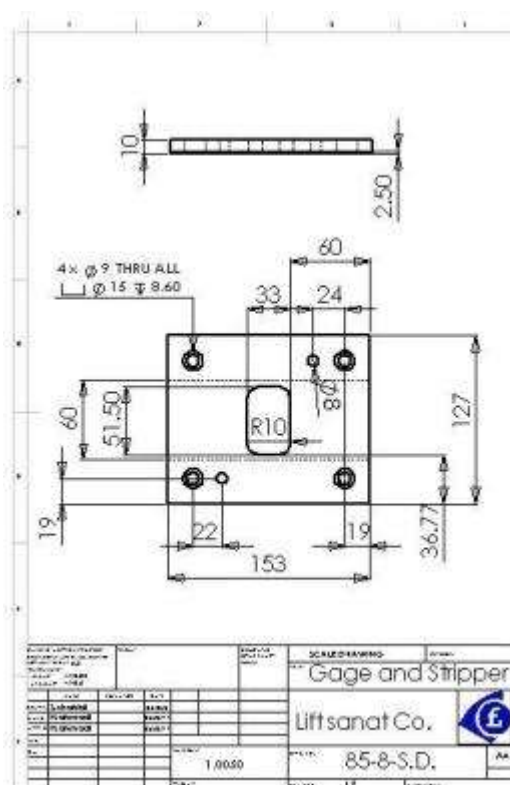
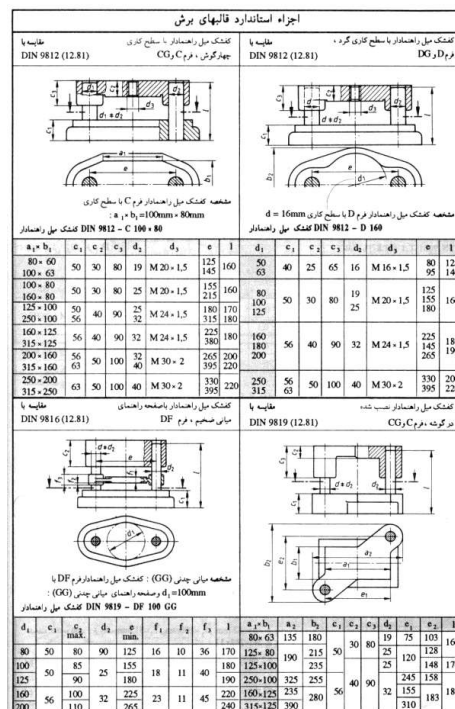
۱- جنس ورق و اصطکاک بین ورق و سنبه و ماتریس

۲- تجهیزات و ابزار آلات مورد استفاده

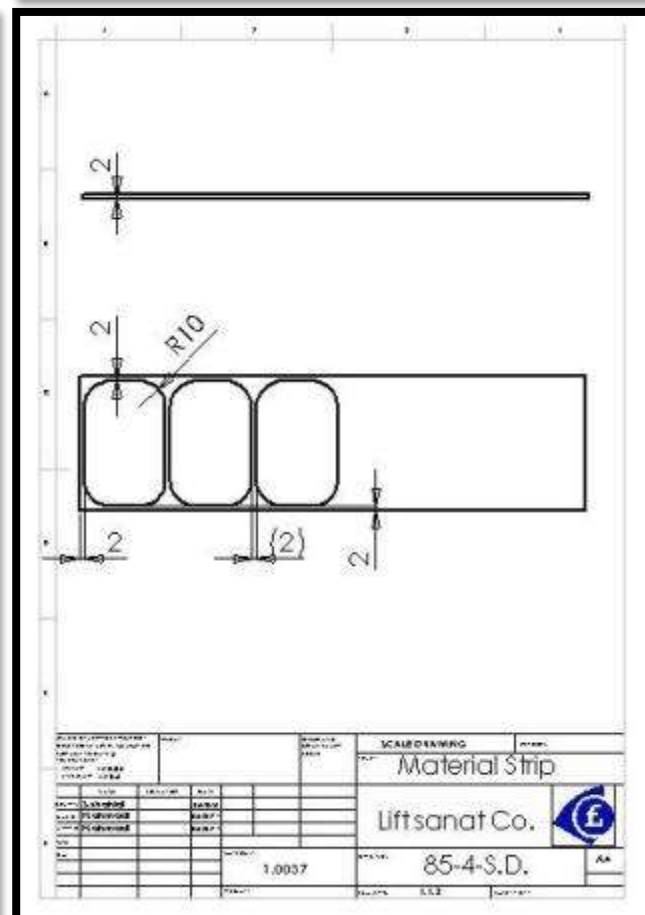
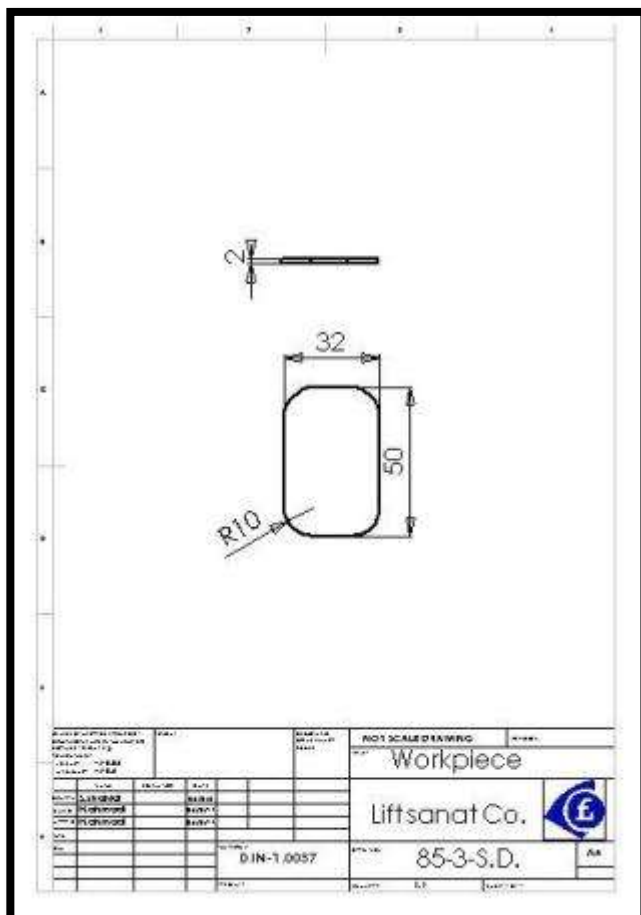
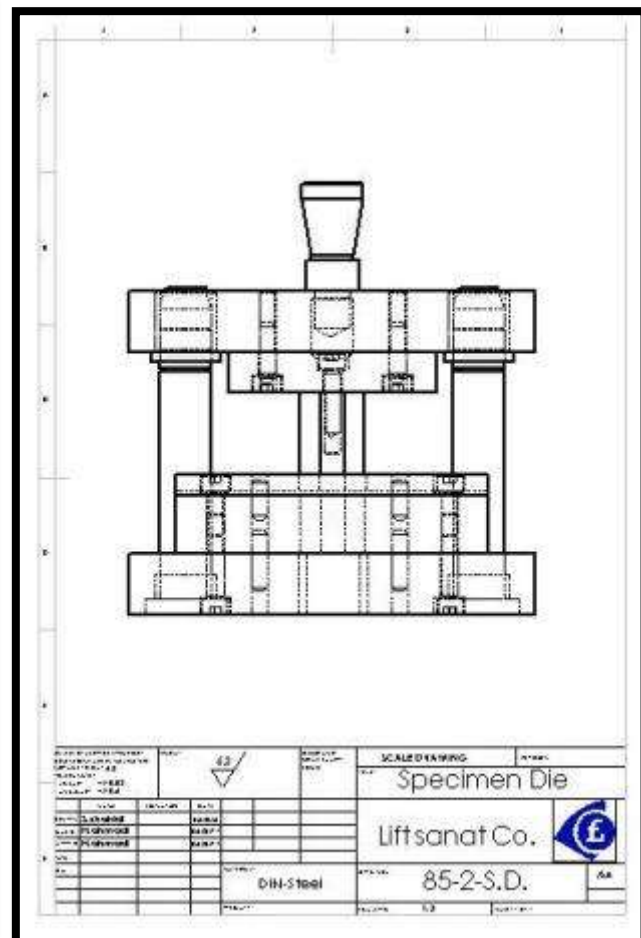
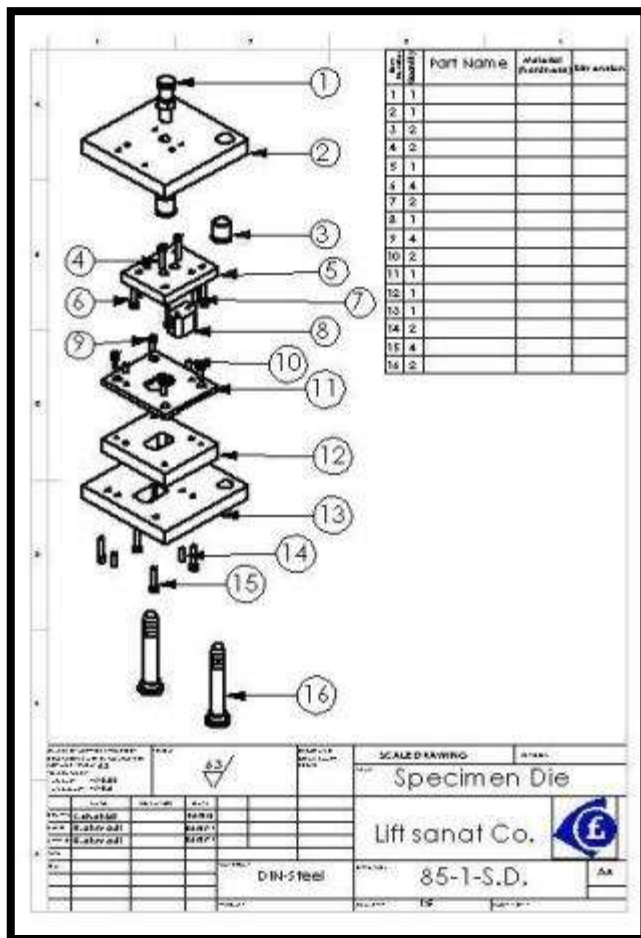
متفاوت با فرآیند خمش که در آن ناحیه نسبتاً کوچکی در معرض تغییر شکل پلاستیک قرار می گیرد، در فرآیند کشش عمیق نواحی بزرگی از ورق دچار تغییر شکل پلاستیک می شود. به علاوه تنش پدیده آمده در نواحی مختلف قطعه متفاوت می باشد.

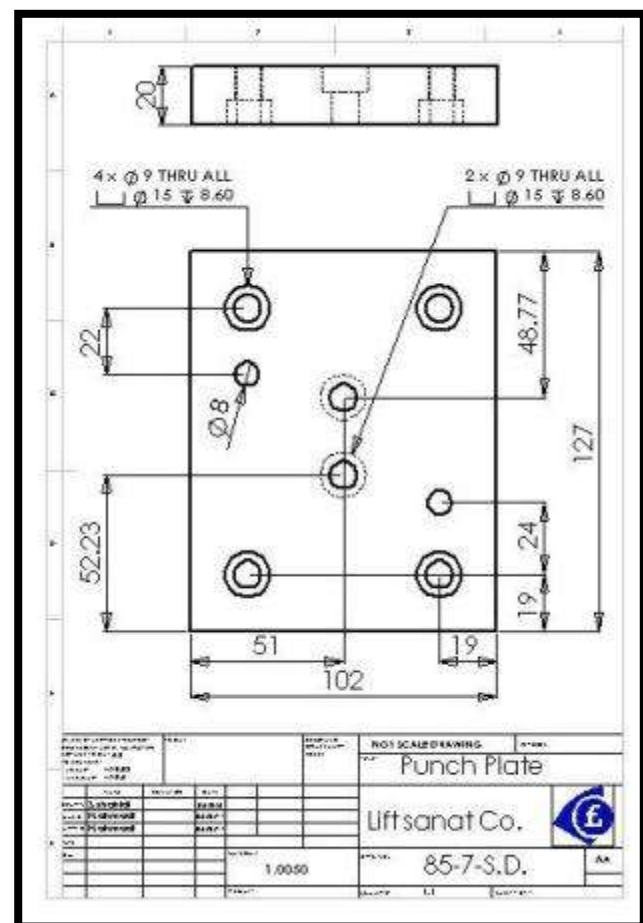
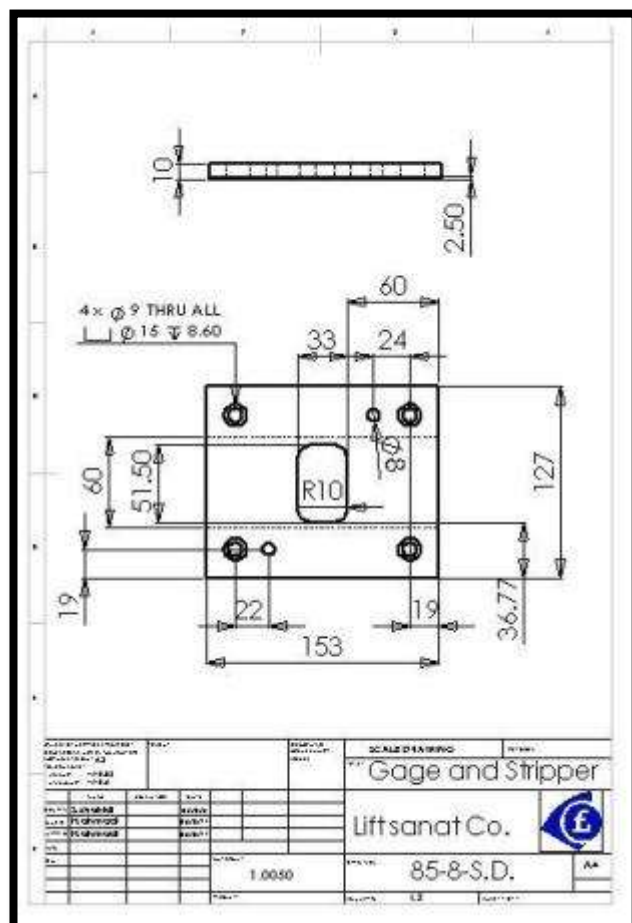
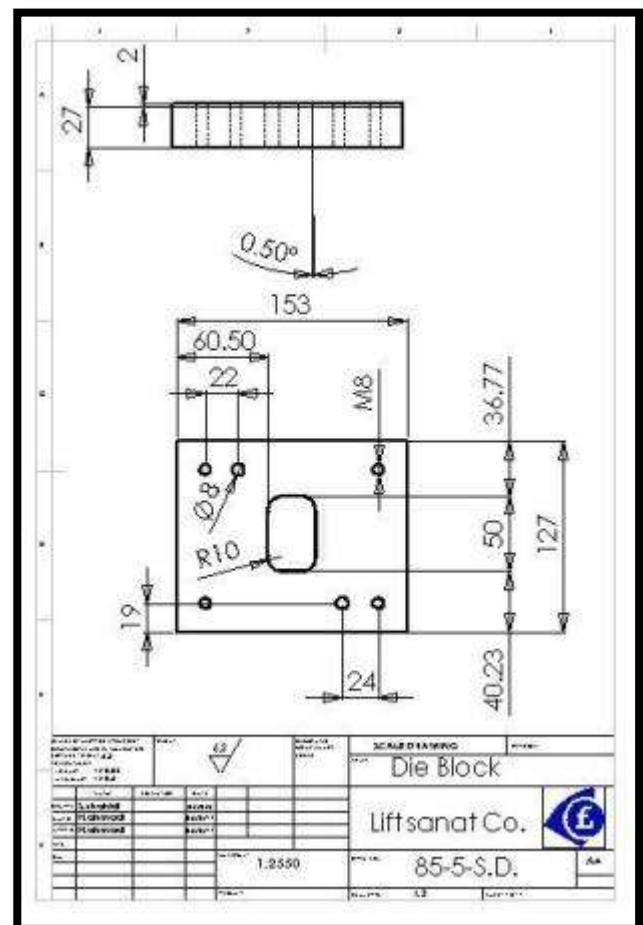
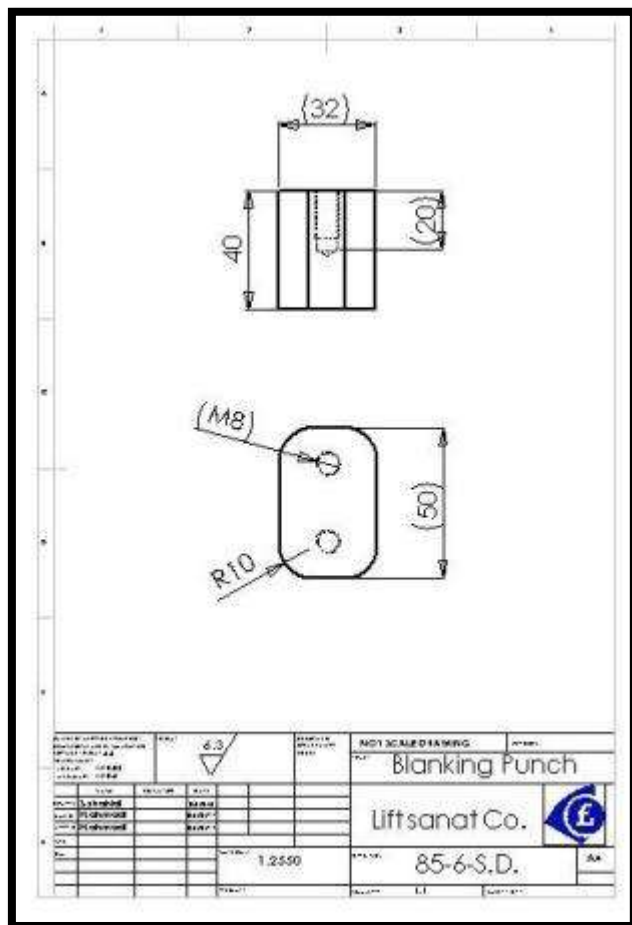
پیوست

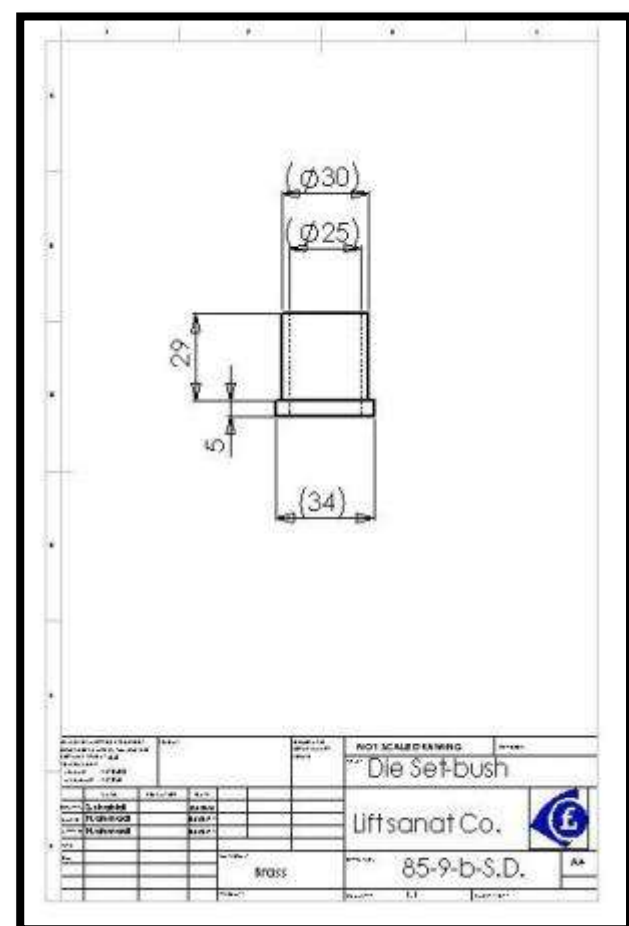
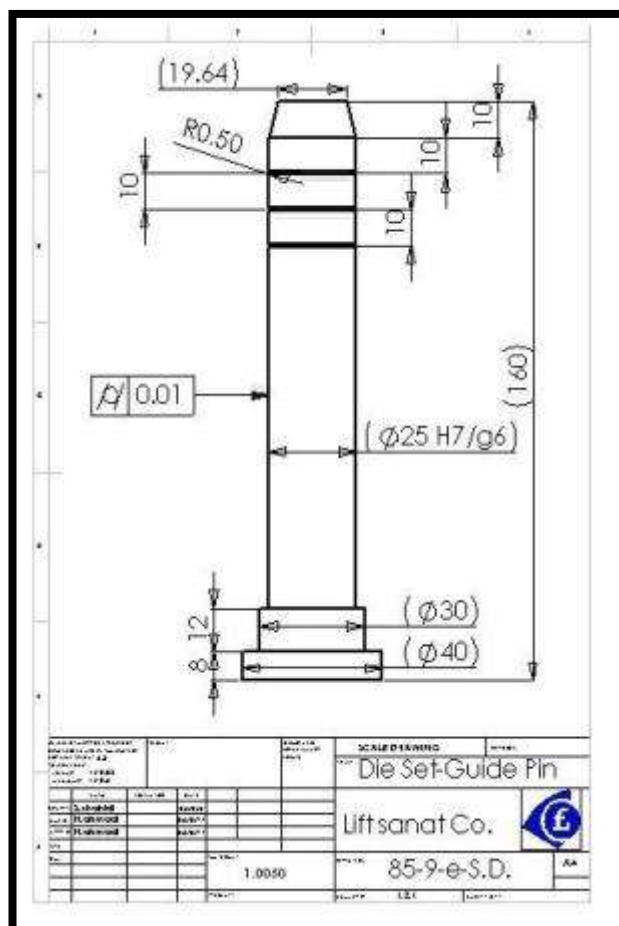
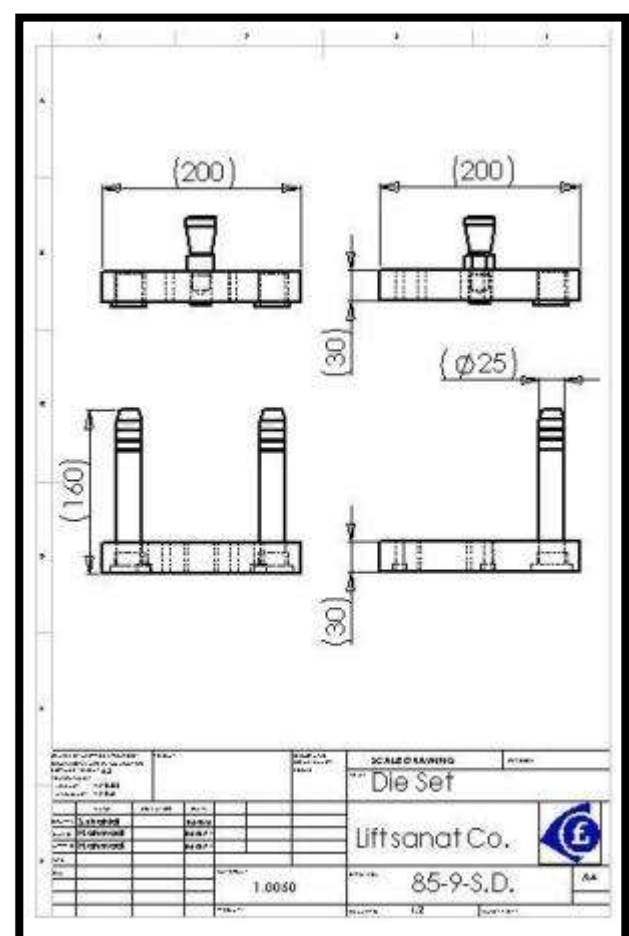
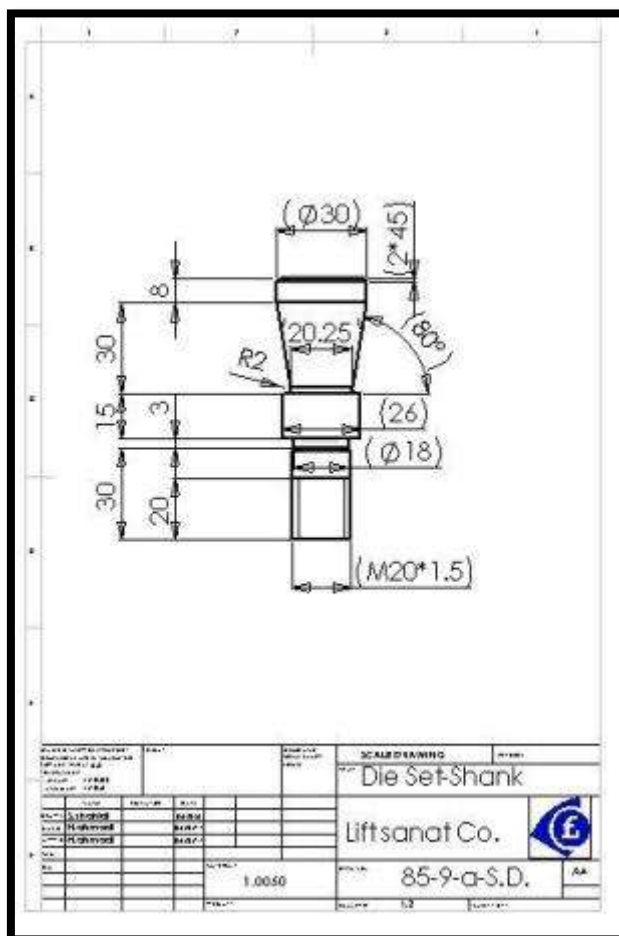
درجہ	0	10	20	30	40	50	60	درجہ
0	0.0000	0.0029	0.0058	0.0087	0.0116	0.0145	0.0175	89
1	0.0175	0.0204	0.0233	0.0262	0.0291	0.0320	0.0349	88
2	0.0349	0.0378	0.0407	0.0436	0.0465	0.0494	0.0523	87
3	0.0523	0.0552	0.0581	0.0610	0.0639	0.0668	0.0697	86
4	0.0697	0.0726	0.0755	0.0784	0.0813	0.0842	0.0871	85
5	0.0871	0.0900	0.0929	0.0958	0.0987	0.1016	0.1045	84
6	0.1045	0.1074	0.1103	0.1132	0.1161	0.1190	0.1219	83
7	0.1219	0.1248	0.1276	0.1305	0.1334	0.1363	0.1392	82
8	0.1392	0.1421	0.1449	0.1478	0.1507	0.1536	0.1564	81
9	0.1564	0.1593	0.1622	0.1650	0.1679	0.1708	0.1736	80
10	0.1736	0.1765	0.1794	0.1822	0.1851	0.1880	0.1908	79
11	0.1908	0.1937	0.1965	0.1994	0.2022	0.2051	0.2079	78
12	0.2079	0.2108	0.2136	0.2164	0.2193	0.2221	0.2250	77
13	0.2250	0.2278	0.2306	0.2334	0.2362	0.2391	0.2419	76
14	0.2419	0.2447	0.2475	0.2503	0.2532	0.2560	0.2588	75
15	0.2588	0.2616	0.2644	0.2672	0.2700	0.2728	0.2756	74
16	0.2756	0.2784	0.2812	0.2840	0.2868	0.2896	0.2924	73
17	0.2924	0.2952	0.2979	0.3007	0.3035	0.3063	0.3090	72
18	0.3090	0.3118	0.3145	0.3173	0.3201	0.3228	0.3256	71
19	0.3256	0.3283	0.3311	0.3338	0.3365	0.3393	0.3420	70
20	0.3420	0.3448	0.3475	0.3502	0.3529	0.3557	0.3584	69
21	0.3584	0.3611	0.3638	0.3665	0.3692	0.3719	0.3746	68
22	0.3746	0.3773	0.3800	0.3827	0.3854	0.3881	0.3907	67
23	0.3907	0.3934	0.3961	0.3987	0.4014	0.4041	0.4067	66
24	0.4067	0.4094	0.4121	0.4147	0.4173	0.4200	0.4226	65
25	0.4226	0.4253	0.4279	0.4305	0.4331	0.4358	0.4384	64
26	0.4384	0.4410	0.4436	0.4462	0.4488	0.4514	0.4540	63
27	0.4540	0.4566	0.4592	0.4617	0.4643	0.4669	0.4695	62
28	0.4695	0.4720	0.4746	0.4772	0.4798	0.4823	0.4848	61
29	0.4848	0.4874	0.4899	0.4924	0.4950	0.4975	0.5000	60
30	0.5000	0.5025	0.5050	0.5075	0.5100	0.5125	0.5150	59
31	0.5150	0.5175	0.5200	0.5225	0.5250	0.5275	0.5299	58
32	0.5299	0.5324	0.5348	0.5373	0.5397	0.5422	0.5446	57
33	0.5446	0.5471	0.5495	0.5519	0.5544	0.5568	0.5592	56
34	0.5592	0.5616	0.5640	0.5664	0.5688	0.5712	0.5736	55
35	0.5736	0.5760	0.5784	0.5808	0.5831	0.5854	0.5878	54
36	0.5878	0.5901	0.5925	0.5948	0.5972	0.5995	0.6018	53
37	0.6018	0.6041	0.6065	0.6088	0.6111	0.6134	0.6157	52
38	0.6157	0.6180	0.6202	0.6225	0.6248	0.6271	0.6293	51
39	0.6293	0.6316	0.6338	0.6361	0.6383	0.6406	0.6428	50
40	0.6428	0.6450	0.6472	0.6494	0.6517	0.6539	0.6561	49
41	0.6561	0.6583	0.6604	0.6626	0.6648	0.6670	0.6691	48
42	0.6691	0.6713	0.6735	0.6757	0.6779	0.6801	0.6823	47
43	0.6823	0.6844	0.6864	0.6884	0.6905	0.6926	0.6947	46
44	0.6947	0.6967	0.6988	0.7009	0.7030	0.7050	0.7071	45
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°
درجہ								45...90°

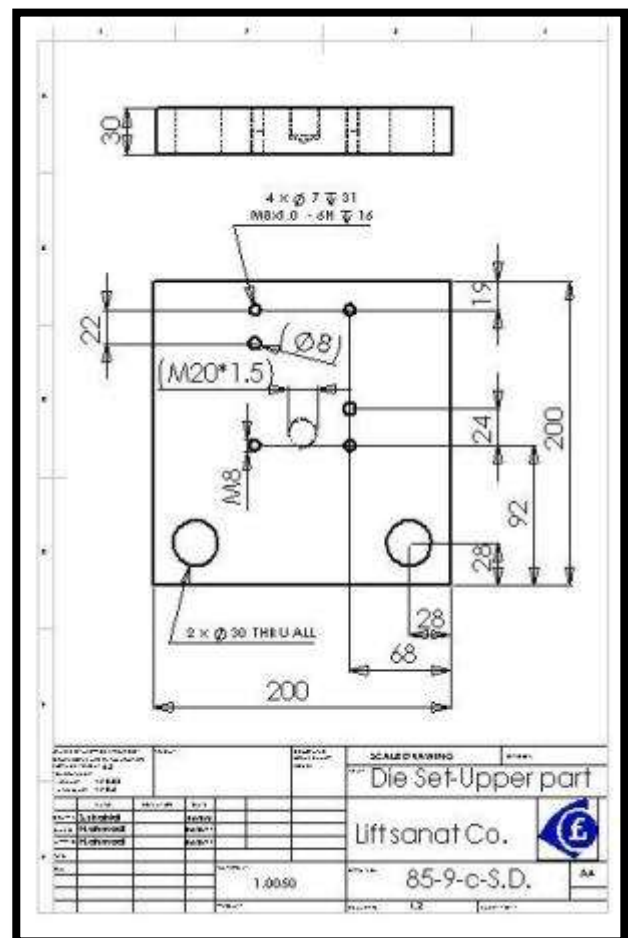


۴-۱- نمونه یک قالب برش ساده









۴-۲- دیگر جداول مورد نیاز طراحی قالب مطابق استاندارد DIN آلمان

[illegible]

برای درک مفهوم شماره گذاری فولادها، استاندارد شماره گذاری DIN در این صفحه آورده شده‌است.

DIN 17007, T 1...4 (4.59, 9.61, 1.71, 7. 3)				شماره مواد	
شماره مواد سیستم ترتیب مواد را نشان می دهد که مشخصات مواد در آن گنجانیده شده است.		مثال : 1. 0116. 07		عده های مشخصه گروه اصلی	
گروه اصلی مواد 1 فولاد، فولاد ریختگی		شماره نوع 01 فولادهای ساختمانی معمولی 16 شماره عددی		0 آهن خام ، آلیاژهای فرور ، چند 1 فولاد ، فولاد ریختگی 2 فلزات سنگین غیر آهنی 3 فلزات سبک 4 تا 8 مواد غیر آهنی 9 آزاد برای کاربرد داخلی	
اعداد 0 نامعین 7 سخت کاری سرد					
سیستم گروه اصلی 1 فولاد					
مکان 2 و 3 : درجه نوع مکان 4 و 5 : شماره عددی شماره عددی هیچ مطلبی درباره ترکیب شیمیایی بیان نمی کند.		معنی عده های مشخصه در گروه اصلی 1 فولاد:			
معنی شماره های نوع مکان 2 و 3					
درجه نوع		شماره نوع		درجه نوع	
فولادهای کم کربن و آلیاژی (کفی)		فولادهای نجیب آلیاژی		فولادهای نجیب آلیاژی	
فولادهای پایه		00		فولادهای ابزار	
فولادهای عمومی ساختمانی ، غیر آلیاژی		01...02		فولادهای تندبر	
فولادهای کفی ، غیر آلیاژی		03...07		فولادهای مقاوم به سایش	
فولادهای کفی ، آلیاژی		08...09		فولاد پاناقانهای غلظتی (پلیسنگها)	
انواع مخصوص ، فولادهای پایه		90		مواد آهنی با خواص فیزیکی خاص	
انواع مخصوص دیگر		91...99		فولادهای زنگ نزن	
فولادهای نجیب غیر آلیاژی				فولادهای مقاوم به حرارت	
فولاد با خواص فیزیکی مخصوص		10		مواد دما بالا	
فولادهای ساختمانی		11...12		فولادهای ساختمانی	
فولادهای ابزار		15...18		فولادهای نیتروور	
				آلیاژهای سخت	
معنی اعداد پیوست مکان 6 و 7					
مکان 6		وضعیت عملیات حرارتی		مکان 7	
فرآیند تهیه فولاد		هیچ نوع عملیات حرارتی یا دلخواه		0	
تعیین نشده یا غیر مهم		آبیل نرمال		1	
فولاد نا آرام توماس		آبیل نرم		2	
فولاد آرام توماس		عملیات حرارتی جهت قابلیت براده برداری		3	
نوع دیگر خوب ، نا آرام		بهسازی چقرمه		4	
نوع دیگر خوب ، آرام		بهسازی		5	
فولاد نا آرام زیمنس - مارتین		بهسازی سخت		6	
فولاد آرام زیمنس - مارتین		سخت کاری سرد		7	
فولاد نا آرام اکسیژن دمش		سخت کاری سرد با سختی فوری		8	
فولاد آرام اکسیژن دمش		عملیات حرارتی طبق داده های خاص		9	
فولاد الکترود					
مثال شماره کامل جنس برای 2-St 37 ، فولاد آرام - SM ، آبیل نرمال: 1.0037.61					
سیستم گروههای اصلی 2 فلزات سنگین - غیر آهنی و 3 فلزات سبک					
شماره نوع چهار مکانی ، ترکیبات ، که بر حسب فلزات اصلی تقسیم بندی می شود ، نوع و مقدار افزوده آلیاژها را بیان می کند . اولین عدد پیوست (مکان 6) گروه وضعیت را مشخص می کند . دومین عدد پیوست (مکان 7) مراحل کاری را مشخص می کند که به وسیله عملیات حرارتی به دست آمده و اهمیت آن بستگی به مواد مختلف دارد .					
مکان 6		گروه عملیات حرارتی		شماره نوع	
بدون عملیات حرارتی		0		2.0000 ... 2.1799	
نرم		1		2.2000 ... 2.2499	
سخت کاری سرد نرم (سخت کاری میانی)		2		2.3000 ... 2.3499	
سخت کاری سرد (سخت و بالای آن)		3		2.3500 ... 2.3999	
آبیل محلول سازی ، بدون عملیات مکانیکی بعدی		4		2.4000 ... 2.4999	
آبیل محلول سازی ، ماشینکاری سرد بعدی		5		2.5000 ... 2.5999	
سخت کاری رسوبی گرم ، بدون عملیات مکانیکی بعدی		6		2.6000 ... 2.6999	
سخت کاری رسوبی گرم ، ماشینکاری سرد بعدی		7		3.0000 ... 3.4999	
تنش زدایی ، بدون سخت کاری سرد قبلی		8		3.5000 ... 3.5999	
عملیات حرارتی خاص (مثلا آبیل پایداری)		9		3.7000 ... 3.7999	
مثال شماره کامل مواد برای NiCr 60 15 ، سخت کاری سرد بانورد و تنش زدایی شده: 2.4867.21					

فولاد					
فولادهای ابزاری					DIN 17350 (10.80) مقایسه با
مثالهای کاربردی	A ⁽²⁾	دمای سخت کاری °C	سختی HB ⁽¹⁾	شماره مواد	نام کوتاه
فولادهای سرد کار غیرآلیاژی					
اجزاء قالب ، شافت قالبهای تند بر و فلزات سخت	Ö	830... 800	231	1.1740	C 60 W
بزار هوای فشرده در صنایع معدن و جاده سازی	W	820... 790	183	1.1620	C 70 W2
قالب با حفره تخت ، قلم دستی ، ماتریس ضربه سرد کار ، چاقو	W	810... 780	192	1.1525	C 80 W1
تیغه اره نواری و دیسکی برای ماشینکاری چوب ، تیغه ماشینهای درو	Ö	830... 800	222	1.1830	C 85 W
ابزار پیچ بری ، قالب اکستروژن ، قالب حکاکی ، فرامین	W	800... 770	213	1.1545	C 105 W1
فولادهای سردکار آلیاژی					
ابزار براده برداری مواد مصنوعی ، که ماشینکاری شده و سخت کاری سطحی (سمانتاسیون) می شود	Ö	840... 810	212	1.2162	21 MnCr 5
برش ورق فولادی 15mm... 6، ماتریس آرایشی،بیرون انداز ، سنبه سوراخکاری سرد کار	Ö	900... 870	229	1.2550	60 WCrV 7
شکل دادن مواد مصنوعی ، تکه های براده برداری و سنبه ها، قالبهای کشش عمیق ، ابزار اندازه گیری	Ö	820... 790	229	1.2842	90 MnCrV 8
فرامین ، سنبه های کشش ، ابزار براده برداری چوب، قرقره لبه دار کردن سرلوله ، سنبه	Ö	820... 790	223	1.2067	100 Cr 6
قلاویز ، بیرون انداز، سنبه ، خزینه زن ، قلم (فولاد نقره)	W	810... 760	223	1.2210	115 CrV 3
حدیده ، تیغه فرز ، برقو ، فرامین ابزار اندازه گیری ، ابزار پیچ زنی ، سنبه	Ö	830... 800	229	1.2419	105 WCr 6
فولاد سخت کاری سطحی هوا سخت ، شکل دادن مواد مصنوعی	L	810... 780	255	1.2767	X 19 NiCrMo 4
ابزار کار روی مواد ترمو پلاستی که خواص خوردندگی شیمیایی دارند	Ö	1040... 1000	285	1.2316	X 36 CrMo 17
ابزار برش ، تیغه های خان کشی ، ابزار پیچ زنی غلتکی ، قالبهای پرس، نازل سند پلاست	L	980... 950	255	1.2436	X 210 CrW 12
فولادهای گرم کار					
سنبه اکستروژن ، قالب چکشی	L	900... 860	248	1.2714	56 NiCrMoV 7
قالب ، قالب ریخته گری تحت فشار فلزات سبک	L	1040... 1000	229	1.2343	X 38 CrMoV 5 1
تویی قالب آهنگری بسته ، قالب آهنگری ، قالب ریخته گری تحت فشار فلزات - سبک و - سنگین	Ö	1050... 1010	229	1.2365	X 32 CrMoV 3 3
فولادهای تندبر					
تیغه های خان کشی ، مته مارپیچ ، تیغه فرز ، برقو ، قلاویز ، خزینه زن، قالب برش ظریف	Ö, L	1230... 1190	240 تا 300	1.3343	S 6-5-2
تیغه فرز ، مته مارپیچ ، قلاویز	Ö, L	1240... 1200		1.3243	S 6-5-2-5
رنده تراشکاری و فولادهای قالب	Ö, L	1250... 1210		1.3207	S 10-4-3-10
رنده تراشکاری ، رنده صفحه تراش ، تیغه فرز	Ö, L	1300... 1260		1.3255	S 18-1-2-5
⁽¹⁾ وضعیت تحویل ⁽²⁾ وسیله سخت کردن (ترساندن) : آب W ، روغن Ö ، هوا L عملیات حرارتی فولادهای ابزاری در صفحه ۱۴۹					

فولاد														
نوع فولاد		آئیل نرم سختی HB	B ⁽¹⁾	استحکام کششی	تنش تسلیم	درصد تغییر طول نسبی شکست	خواص ، کاربرد							
نام کوتاه	شماره مواد			R _m N/mm ²	R _{p0.2} N/mm ²	A %								
فولادهای بهسازی														
مقایسه با (3.87) DIN 17 200														
C 25	1.0406	156	V	500...650	320	21	قطعات با تنش اعمالی پایین و قطر بهسازی کوچک ؛ پیچها ، پینها ، محور ثابت و گردان ، چرخنده ها							
C 35	1.0501	183	N	490...640	275	21								
			V	600...750	370	19								
C 45	1.0503	207	N	590...740	335	17								
			V	650...800	430	16								
C 55	1.0535	229	N	660...830	360	15	قطعات با تنش اعمالی بالا و قطر بهسازی بزرگ ؛ محور جمیع دنده ، حلزون ، چرخنده ها							
			V	750...900	500	14								
C 60	1.0601	241	N	660...880	380	14								
			V	800...950	520	13								
28 Mn 6	1.1170	223	N	690...870	490	15								
38 Cr 2	1.7003	207	V	700...850	450	15	قطعات با تنش اعمالی خیلی بالا و قطر بهسازی بزرگ ؛ قطعات آهنگری بزرگ ، چرخنده ها ، محورهای گردان							
46 Cr 2	1.7006	223	V	800...950	550	14								
34 Cr 4	1.7033	223	V	800...950	590	14								
37 Cr 4	1.7034	235	V	850...1000	630	13								
41 Cr 4	1.7035	241	V	900...1100	660	12								
25 CrMo 4	1.7218	212	V	800...950	600	14	قطعات با تنش اعمالی خیلی بالا و قطر بهسازی بزرگ ؛ محورها ، شاتون ، محورها							
34 CrMo 4	1.7220	223	V	900...1100	650	12								
42 CrMo 4	1.7225	241	V	1000...1200	750	11								
50 CrMo 4	1.7228	248	V	1000...1200	780	10								
50 CrV 4	1.8159	248	V	1000...1200	800	10								
36 CrNiMo 4	1.6511	248	V	1000...1200	800	11	میل لنگ							
34 CrNiMo 4	1.6582	248	V	1100...1300	900	10								
30 CrNiMo 8	1.6580	248	V	1250...1450	1050	9								
B ⁽¹⁾ وضعیت عملیات حرارتی : N آئیل نرمال ، V بهسازی شده														
<table><tr><td colspan="2">برای سایر ضخامتها مقادیر حدودی زیر صادق است :</td></tr><tr><td>ضخامت محصول</td><td>استحکام کششی R_m ، تنش تسلیم R_{p0.2}</td></tr><tr><td>تا 16 mm</td><td>1,1 × مقدار جدول</td></tr><tr><td>100 mm تا 40 از</td><td>0,9 × مقدار جدول</td></tr></table>							برای سایر ضخامتها مقادیر حدودی زیر صادق است :		ضخامت محصول	استحکام کششی R _m ، تنش تسلیم R _{p0.2}	تا 16 mm	1,1 × مقدار جدول	100 mm تا 40 از	0,9 × مقدار جدول
برای سایر ضخامتها مقادیر حدودی زیر صادق است :														
ضخامت محصول	استحکام کششی R _m ، تنش تسلیم R _{p0.2}													
تا 16 mm	1,1 × مقدار جدول													
100 mm تا 40 از	0,9 × مقدار جدول													
فولادهای نیتروئید														
مقایسه با (04.87) DIN 17211														
31 CrMo 12	1.8515	248	V	1000...1200	800	11	قطعات تحت سایش تا ضخامت 250 mm							
15 CrMoV 5 9	1.8521	248	V	900...1100	750	10								
31 CrMoV 9	1.8519	248	V	1000...1200	800	11	قطعات تحت سایش مقاوم به حرارت تا ضخامت 100 mm							
34 CrAlMo 5	1.8507	248	V	800...1000	600	14	قطعات تحت سایش مقاوم به حرارت تا 500 °C و ضخامت 80 mm							
34 CrAlNi 7	1.8550	248	V	850...1050	650	12	برای قطعات مخصوص بزرگ ، شاتون ، محورها							

فولادهای کربوره

مقایسه با DIN 17 210 (09.86)

نوع فولاد		وضعیت تحویل ، مقادیر سختی ⁽¹⁾		بعد از سخت کاری کربوره در هسته (مغزی) ⁽²⁾			خواص ، کاربرد
نام کوتاه	شماره مواد	G HB	BF HB	استحکام کششی R _m N/mm ²	تنش تسلیم R _e N/mm ²	درصد تغییر طول نسبی شکست A ₅ %	
C 10	1.0301	131	—	490... 640	295	16	قطعات با تنش اعمالی پایین ؛ آهرمها ، پینها
C 15	1.0401	143	—	590... 780	355	14	
17 Cr 3	1.7016	174	—	690... 880	440	11	قطعات با تنش اعمالی بالا ؛ چرخنده ها ، محورها ، وسایل اندازه گیری ، گزینین
20 Cr 4	1.7027	197	149...197	730... 920	440	10	
16 MnCr 5	1.7131	207	156...207	780...1080	440	10	
20 MnCr 5	1.7147	217	170...217	980...1270	540	8	
20 MoCr 4	1.7321	207	156...207	780...1080	590	10	قطعات با تنش اعمالی خیلی بالا ؛ چرخنده های بشقابی
15 CrNi 6	1.5919	217	170...217	880...1180	540	9	
17 CrNiMo 6	1.6587	229	179...229	1080...1320	785	8	

(1) وضعیت عملیات حرارتی : G:آبیل نرم ، BF: عملیات حرارتی روی استحکام ؛ $R_m \approx 3,5 \cdot HB30 (N/mm^2)$
(2) مقادیر استحکام برای قطعات آزمایشی با قطر 30 mm صادق است .

فولادهای اتومات (خوش تراش)

مقایسه با DIN 1651 (04.88)

نوع فولاد		B ⁽¹⁾	ضخامت محصول قطر 16...40 mm				خواص ، کاربرد
نام کوتاه	شماره مواد		سختی HB	استحکام کششی R _m N/mm ²	تنش تسلیم R _e N/mm ²	درصد تغییر طول نسبی شکست A ₅ %	
9 SMn 28	1.0715	U	159	380...570	—	—	جهت سخت کار نفوذی مشروط است ؛ قطعات کوچک با تنش اعمالی پایین ؛ محور با کشش سرد ، پینها ، پیچها
9 SMnPb 28	1.0718	K	—	460...710	375	8	
9 SMn 36	1.0736	U	163	380...550	—	—	
9 SMnPb 36	1.0737	K	—	490...740	390	8	
15 S 10	1.0710	U	166	400...560	—	—	مخصوص سخت کاری کربوره ؛ قطعات کوچک مقاوم به سایش ؛ محورها ، پینها
		K	—	450...720	360	8	
10 S 20	1.0721	U	149	360...530	—	—	
10 SPb 20	1.0722	K	—	460...710	355	9	
35 S 20	1.0726	U	192	490...660	—	—	مخصوص بهسازی ؛ قطعات بزرگ با تنش اعمالی بالا ؛ محورها ، پیچها
		K	—	540...740	315	8	
35 SPb 20	1.0756	K+V	—	580...730	365	16	
45 S 20	1.0727	U	223	590...770	—	—	
		K	—	640...830	375	7	
45 SPb 20	1.0757	K+V	—	660...800	410	13	
60 S 20	1.0728	U	261	660...870	—	—	
		K	—	740...930	430	7	
60 SPb 20	1.0758	K+V	—	780...930	490	11	

(1) فرآیند و عملیات حرارتی : U تغییر شکل گرم شده ، K کشش سرد ، K+V کشش سرد و بهسازی شده

نوع فولاد		استحکام کششی ⁰ R_m N/mm ²	تنش تسلیم R_e به N/mm ² برای ضخامت محصول به mm			درصد تغییر طول نسبی شکست A %	خواص ، کاربرد
نام کوتاه	شماره مواد		≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 < 80		
St 33	1.0035	290	185	175	—	18	اجزائی مانند توده ها ، پله ها
St 37-2 USt 37-2 RSt 37-2 St 37-3	1.0037 1.0036 1.0038 1.0116	340...370	235	225	210	25	فولاد معمولی برای ماشین سازی و ساختمانهای فولادی ، قابلیت براده برداری خوب ، فولادهای نرم و سمه
St 44-2 St 44-3	1.0044 1.0144	410...540	275	265	250	21	قطعات با تنش اعمالی متعادل ، اکسلها ، محورها ، بازوها
St 50-2	1.0050	470...610	295	285	270	19	قطعات با تنش اعمالی میانگین ، اکسلها ، محورها
St 52-3	1.0570	490...630	355	345	330	21	قطعات با تنش اعمالی بالا در ساختمانهای فولادی ، - جراثیل ، - پلها
St 60-2 St 70-2	1.0060 1.0070	570...710 670...830	325 365	325 355	310 340	15 10	قطعات با تنش اعمالی بالا ، ماشینکاری سخت ، مقاوم به خوردگی

(1) این مقادیر برای ضخامت 3 تا 100 mm صادق است .
 برای ضخامت بالای 100 mm مقادیر استحکام با تولید کننده قابل توافق است .

آلیاژهای خمیری من							
خواص ، کاربرد	درصد تغییر طول نسبی شکست A_5 %	تنش تسلیم $R_{p0.2}$ N/mm^2	استحکام کششی R_m N/mm^2	قطر معقول mm	ضریب استحکام ⁰	شماره مواد	علامت کوتاه
مقایسه با (12.83) DIN 17672							
تغییر شکل سرد خیلی خوب ، جوشکاری و لحیم کاری خوب ، قطعات کشش عمیق	45 27	max. 250 min. 250	min. 290 min. 370	min. 10 تا 40	F29 F37	2.0321	CuZn37
تغییر شکل سرد و گرم خوب ، براده برداری خوب ، قطعات پرسکاری گرم	35 20	max. 250 min. 250	min. 340 min. 410	min. 10 تا 40	F34 F41	2.0360	CuZn40
براده برداری خیلی خوب ، تغییر شکل گرم خوب ، قابل تغییر شکل سرد ، قطعات مکانیکی ظریف ، قطعات اتصال تاسیسات	35 18 12	max. 250 min. 250 min. 350	min. 340 min. 410 min. 470	min. 10 تا 40 تا 12	F34 F41 F47	2.0371	CuZn38Pb 1,5
تغییر شکل گرم خوب ، براده برداری خیلی خوب ، قطعات پرسکاری گرم ، قطعات تراشکاری	32 15 11	max. 250 min. 250 min. 390	min. 360 min. 430 min. 500	min. 10 تا 40 تا 14	F36 F43 F50	2.0401 2.0402	CuZn39Pb3 CuZn40Pb2
استحکام بالا ، مقاوم به سایش ، مقاوم به خوردگی ، پائین لغزشی ، چرخ حلزون	18 14 10	min. 240 min. 270 min. 310	min. 540 min. 590 min. 640	80 تا 40 تا 15	F54 F59 F64	2.0550	CuZn40Al12
آلیاژهای من - قلع							
پایداری شیمیایی بالا ، استحکام خوب ، قزرها ، شلنگ فلزی ، لوله	55 22 5	max. 250 min. 340 min. 590	340...400 470...550 min. 640	10 تا 12 تا 4	F34 F47 F64	2.1020	CuSn6
پایداری شیمیایی بالا ، استحکام بالا ، خواص لغزشی خوب ، پائین لغزشی ، چرخ حلزون	60 23 -	min. 290 min. 420 min. 640	390...540 520...590 min. 690	min. 10 تا 12 تا 4	F39 F52 F69	2.1030	CuSn8

(1) طبق DIN 1700

خواص کاربرد	درصد تغییر طول نسبی شکست A_5 %	تنش تسلیم R_e N/mm ²	استحکام کششی R_m N/mm ²	قطر مفتول یا mm	ضریب استحکام	شماره مواد	علامت کوتاه
آلیاژهای خمیری من-آلومینیم							
مقایسه با DIN 17672 T1 (12.83)							
مقاوم نسبت به اسید سولفوریک و اسید آستیک؛ شیرآلات، تأسیسات چربی زدایی	35	120	370	120	F37	2.0920	CuAl8
	15	270	490	50	F49		
مقاوم به خوردگی، مقاوم در مقابل سایش، استحکام گرمایی بالا، استحکام خستگی بالا، مقاوم نسبت به خوردگی؛ پین‌ها، پیچ‌ها، محورها، چرخ حلزون، چرخ‌دنده، یاتاقان، لقمه کشویی، محل نشیمن شیر	25	200	470	80	F47	2.0932	CuAl8Fe3
	10	270	590	50	F59		
	12	250	590	80	F59	2.0936	CuAl10Fe3Mn2
	7	340	690	50	F69		
استحکام بالا، مقاوم در مقابل سایش؛ شیرآلات، قطعات سایشی	25	200	490	80	F49	2.0960	CuAl9Mn2
	15	250	590	50	F59		
	15	270	640	80	F64	2.0966	CuAl10Ni6Fe5
	10	390	740	50	F74		
آلیاژهای خمیری من-نیکل-روی							
مقایسه با DIN 17663 (12.83)							
تغییر شکل سرد خوب؛ قطعات کشش عمیق، فنرها، بافت مواد مصنوعی، معماری	40	290	340...440	10	F34	2.0730	CuNi12Zn24
	18	290	440...540	40	F44		
	-	540	≥640	4	F64		
تفسیر شکل سرد خوب، خواص دوران اضطراری؛ قطعات کشش عمیق، فنرها	40	290	390...470	10	F39	2.0740	CuNi18Zn20
	22	340	470...540	40	F47		
	-	570	≥640	4	F64		

آلیاژهای ریختگی من							
مقایسه با DIN 1705, DIN 1709, DIN 1714 (11.81 همه)							
لحم کاری نرم و سخت خیلی خوب، مقاوم به آب دریا، فلانچ	45	25	70	170		2.0241.01	G-CuZn15
بردها برداری خوب، مقاوم به آب مصرفی تا 90°C، اتصالات	45	12	70	180		2.0290.01	G-CuZn33Pb
استحکام و سختی خیلی بالا، براده- برداری خوب، یا تاقان لغزشی	180	8	450	750		2.0598.01	G-CuZn25Al5
استحکام سایشی بالا؛ مهرد محور، چرخ حلزون	80	12	140	260		2.1052.01	G-CuSn12
مقاوم به سایش، خواص دوران اضطراری؛ یا تاقان لغزشی	80	10	140	260		2.1061.01	G-CuSn12Pb
پوسته یا تاقان لغزشی، چرخ حلزون تحت تنش پایین	75	15	130	260		2.1086.01	G-CuSn10Zn
قطعات تحت تنش مکانیکی؛ اهرم، پوسته، چرخ‌دنده مخروطی	115	15	180	500		2.0940.01	G-CuAl10Fe
قطعات تحت شرایط خوردگی؛ اتصالات، پروانه	110	20	200	500		2.0970.01	G-CuAl9Ni
قطعات تحت تنش مکانیکی و خوردگی؛ پمپها	140	12	270	600		2.0975.01	G-CuAl10Ni

فلزات غیر آهنی (آلیاژهای خُمیری)

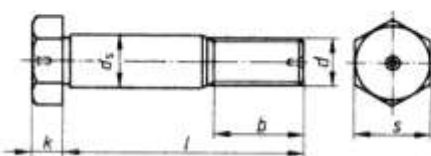
خواص ، کاربرد	سختی HB	درصد تغییر طول نسبی شکست A ₅ %	تشن تسلیم R _{p0.2} N/mm ² min.	استحکام کششی R _m N/mm ² min.	قطر مفتول mm max.	خواص ویژه (1)	شماره مواد	علامت کوتاه
آلومینیم، آلیاژهای آلومینیم ، غیر قابل پیرسختی								
مقایسه با DIN 1747 T1 (02.83)								
با افزایش خلوص استحکام کششی و تشن تسلیم کاهش و درصد تغییر طول نسبی شکست و پایداری خوردگی افزایش می- یابد؛ قابل - پرداخت ، - جوشکاری ، - لحیم کاری	22 32 40	18 5 3	30 80 120	75 110 140	همه 18 10	p z z	F8 F11 F14	Al99
مقاوم به آب و هوا ، تغییر شکل خیلی خوب ؛ پوشش ، اجزاء تجهیزات	18 25 30	25 8 5	20 60 90	60 90 110	همه 18 10	p z z	F6 F9 F11	Al99,8
مقاوم به آب و هوا ، تغییر شکل خیلی خوب ؛ قطعات بدنه خودرو	25 40 45	17 6 4	40 90 130	95 130 160	همه 30 10	p z z	F10 F13 F16	AlMn1
مقاوم به آب و هوا ، تغییر شکل خیلی خوب ، قابل پرداخت ؛ قطعات بدنه خودرو	30 40 55	15 6 4	40 90 155	100 140 185	همه 35 20	p z z	F10 F14 F19	AlMg1
قابلیت تغییر شکل کمتر ؛ قطعات تحت تشن بالا	45 45 75	14 14 4	80 80 180	180 180 250	همه همه 20	w p z	- F18 F25	AlMg3
مقاوم به حرارت ، مقاوم به سرمای پایین ؛ ساختمان خودرو	45 50 75	16 13 4	80 100 180	180 200 250	همه همه 20	w p z	- F20 F25	AlMg2Mn0,8
آلیاژهای آلومینیم، قابل پیرسختی								
مقایسه با DIN 1747 T1 (02.83)								
مقاوم به خوردگی ، قابل پرداخت ، قابل جوشکاری ؛ قطعات تحت تشن متوسط	65 80 95	14 12 10	110 200 260	205 275 310	80 60 60	ka wa wa	F21 F28 F31	AlMgSi1
براده برداری خیلی خوب ؛ آلیاژهای اتومات	90 100	7 7	220 250	340 370	80 50	ka ka	F34 F37	AlCuMgPb
استحکام خوب ؛ تغییر شکل خوب ؛ قطعات تحت تشن بالا	110 110	10 10	260 270	380 400	50 80	ka ka	F38 F40	AlCuMg1
استحکام بالا ، پایداری شیمیایی متوسط	115 120	10 8	310 330	440 470	50 100	ka ka	F44 F47	AlCuMg2
استحکام متوسط ، قابل جوشکاری ؛ ساختمانهای جوشکاری	100 105 100	10 10 7	280 290 270	350 350 350	50 100 250	wa wa wa	F35	AlZn4,5Mg1
استحکام خیلی بالا ، پایداری خوردگی مشروط ؛ قطعات خیلی محکم ماشین	140 140	7 7	440 460	510 520	50 80	wa wa	F51	AlZnMgCu1,5

(1) طبق DIN 1700 ، صفحه ۱۲۲

پیچھا

پیچ انطباقی سر شش گوش با طول رزوه بلند

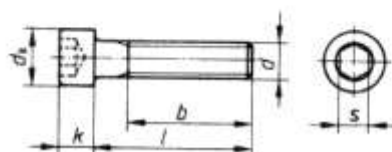
مقایسه با DIN 609 (07.84)

[illegible]

DIN ISO 272 (1) طبع

پیچ سر استوانه ای آلنی

مقایسه با DIN 912 (12.83)

[illegible]

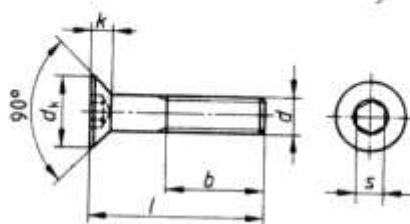
پیچ سر استوانه‌ای آلنی ، سرکوتا،

مقایسه با DIN 6912 (5.85)

[illegible]

پیچی خزینہ الکی

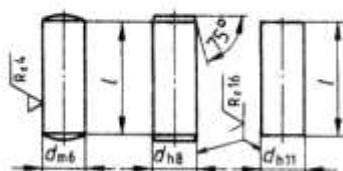
مقایسه با (1.86) DIN 7991

[illegible]

پین‌ها

مقیاسه با DIN 7 (9.81)

پین استوانه‌ای

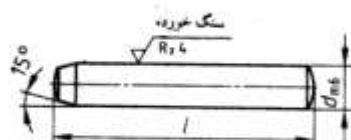


d	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20	25	30
از تا	4 20	4 32	5 40	5 50	6 60	8 80	10 100	10 120	14 160	16 180	20 200	24 200	32 200
طول نامی l	4,5,6,8,10,12,14,16,18,20,24,28,32,36,40,45,50,55,60,65,70,80,90,100,120,140,180,200mm												

مشخصه یک پین استوانه‌ای با $d = 4 \text{ mm}$ ، میدان تیرانس $h8$ ، $l = 20 \text{ mm}$ و جنس فولاد :
DIN 7 - 4 h8 × 20 - St

مقیاسه با DIN 6325 (10.71)

پین استوانه‌ای، سخت شده

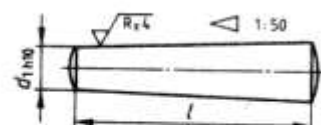


d	1	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20
از تا	4 10	6 20	6 24	8 32	10 40	12 50	14 60	18 80	24 100	28 100	36 120	40 120	50 120
طول نامی l	6,8,10,12,14,16,18,20,24,28,32,36,40,45,50,55,60,70,80,90,100mm												

مشخصه یک پین استوانه‌ای سخت شده با $d = 4 \text{ mm}$ ، میدان تیرانس $m6$ ، $l = 20 \text{ mm}$ و جنس فولاد :
DIN 6325 - 4 m6 × 20

مقیاسه با DIN 1(9.81)

پین مخروطی

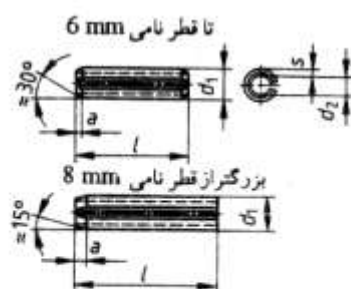


d ₁	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20	25	30
از تا	12 36	14 50	16 60	20 70	24 90	28 120	32 140	36 165	36 165	40 200	50 230	55 260	60 260
طول نامی l	12,14,16,18,20,24,28,32,36,40,45,50,55,60,70...150,165,180,200,230,260mm												

مشخصه یک پین مخروطی با $d_1 = 3 \text{ mm}$ و $l = 25 \text{ mm}$ و جنس فولاد :
DIN 1-3 × 25 - St

مقیاسه با DIN 1481 (11.78)

پین فتری چاکدار



قطر نامی	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	21	
قبل از جاذب	d_1	2,4	3,5	4,6	6,7	8,8	10,8	12,8	14,8	16,8	18,8	21,9
زبد	$d_2 =$	1,5	2,1	2,8	3,9	5,5	6,5	7,5	8,5	10,5	11,5	13,5
از تا	l	4	4	4	10	10	10	10	10	10	10	14
		30	40	50	100	120	160	180	200	200	200	200
برای پیچها		-	-	-	M 3	M 4	M 5	M 6	-	M 8	M 10	M 12
طول نامی l		4,5,6,8,10,12,14...32,36,40,50...100,120,140,160,180,200 mm										

قطر نامی پین فتری چاکدار برابر قطر نامی سوراخ مربوطه است (H12).

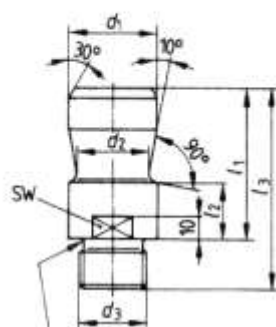
مشخصه یک پین چاکدار با قطر نامی 10 mm و $l = 40 \text{ mm}$:

DIN 1481 - 10 × 40

اجزاء استاندارد قالبهای برش

مقایسه با DIN 9859 T 3 (12.88)

دنباله پیچی فرم CE



گاه آزاد درزوه طبق DIN 76 T 1

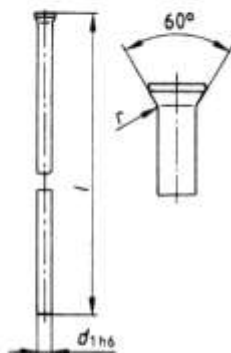
d_1 d ₉	d_2	d_3	l_1	l_2	l_3	SW
20	15	M20 × 1,5	40	12	58	17
25	20	M16 × 1,5 M20 × 1,5	45	16	68	21
32	25	M20 × 1,5 M24 × 1,5	56	16	79	27
40	32	M24 × 1,5 M27 × 2 M30 × 2	70	26	93	36
50	42	M30 × 2	80	26	108	41

مشخصه دنباله فرم CE با $d_1 = 40 \text{ mm}$ و $d_3 = M30 \times 2$

دنباله DIN 9859-CE 40-M30×2

مقایسه با DIN 9861 T 1 (11.87)

سنبه برش پولک فرم D



d_{1h6} تا ... از	برش	$l \begin{smallmatrix} +0,5 \\ 0 \end{smallmatrix}$			سختی سنبه برش از جنس		
					HWS ¹	HSS ²	
0,5...0,95	0,05	71	80	—	بدنه	(62 ± 2) HRC	(64 ± 2) HRC
1...2,9	0,1						
3,0...6,4	0,1	71	80	100	سر	(45 ± 5) HRC	(52 ± 2) HRC
6,5...20	0,5						

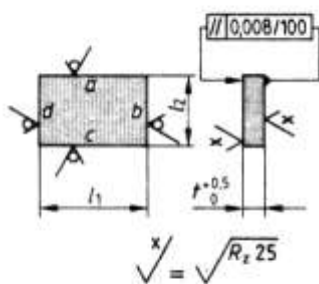
مشخصه سنبه برش پولک فرم D با $d_1 = 5,6 \text{ mm}$ و $l = 71 \text{ mm}$ از فولاد ابزارگری گروه آلیاژی HWS¹

سنبه برش DIN 9861 D-5,6×71 HWS

¹ HWS فولادهای آلیاژی سرد کار؛ ² HSS فولادهای تدبیر

مقایسه با DIN 9873 T 1 (10.87)

صفحه پایه میل راهنما



l_1	ضخامت صفحه t طرح A با طول صفحه l_2									
	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
160	(20,25,32) $\begin{smallmatrix} +0,5 \\ 0 \end{smallmatrix}$									
200		(25,32,40) $\begin{smallmatrix} -0,5 \\ 0 \end{smallmatrix}$								
250			(32,40,50) $\begin{smallmatrix} +0,5 \\ 0 \end{smallmatrix}$							
315				(32,40,50) $\begin{smallmatrix} +0,5 \\ 0 \end{smallmatrix}$						
400					(32,40,50) $\begin{smallmatrix} +0,5 \\ 0 \end{smallmatrix}$					
500						(40,50,63) $\begin{smallmatrix} +0,5 \\ 0 \end{smallmatrix}$				
630							(40,50,63) $\begin{smallmatrix} +0,5 \\ 0 \end{smallmatrix}$			

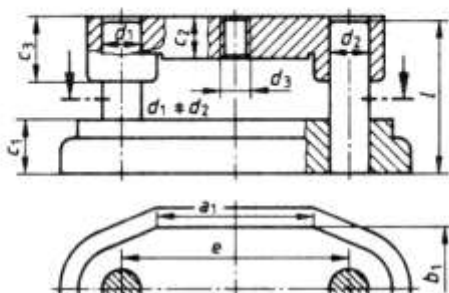
مشخصه صفحه قالب، فرم A، $l_1 = 315 \text{ mm}$ ، $l_2 = 200 \text{ mm}$ و $t = 32 \text{ mm}$

DIN 9873 - A 315×200×32

فرم B: اضلاع b و a ∇ DIN 7168 - sg ابعاد l_1 و l_2 حدود 2 mm کوچکتر از اندازه متناظر فرم Aفرم C: اضلاع d و c، b و a ∇ DIN 7163 - sg ابعاد l_1 و l_2 حدود 2 mm کوچکتر از اندازه متناظر فرم A

اجزاء استاندارد قالبهای برش

مقایسه با
DIN 9812 (12.81)
کفشک میل راهنما دار با سطح کاری
چهار گوش، فرم C و CG

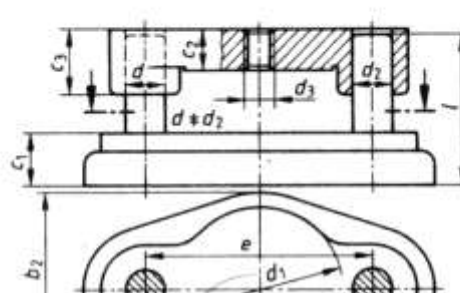


مشخصه کفشک میل راهنما دار فرم C با سطح کاری

$a_1 \times b_1 = 100\text{mm} \times 80\text{mm}$

DIN 9812 - C 100 × 80

مقایسه با
DIN 9812 (12.81)
کفشک میل راهنما دار با سطح کاری گرد،
فرم D و DG

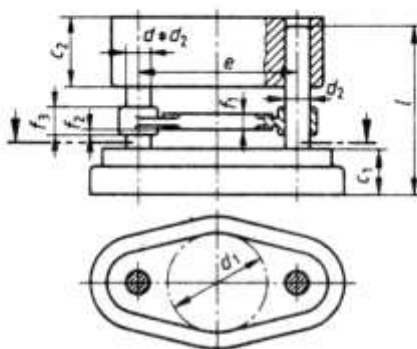


مشخصه کفشک میل راهنما دار فرم D با سطح کاری $d = 16\text{mm}$

DIN 9812 - D 160

$a_1 \times b_1$	c_1	c_2	c_3	d_2	d_3	e	l	d_1	c_1	c_2	c_3	d_2	d_3	e	l
80 × 60	50	30	80	19	M 20 × 1,5	125	160	50	40	25	65	16	M 16 × 1,5	80	125
100 × 63						145		63						95	140
100 × 80	50	30	80	25	M 20 × 1,5	155	160	80	50	30	80	19	M 20 × 1,5	125	160
160 × 80						215		100				25		155	180
125 × 100	50	40	90	25	M 24 × 1,5	180	170	125						180	
250 × 100	56			32		315	180								
160 × 125	56	40	90	32	M 24 × 1,5	225	180	160	56	40	90	32	M 24 × 1,5	225	180
315 × 125						380		180						145	190
200 × 160	56	50	100	32	M 30 × 2	265	200	200						265	
315 × 160	63			40		395	220								
250 × 200	63	50	100	40	M 30 × 2	330	220	250	56	50	100	40	M 30 × 2	330	200
315 × 250						395		315	63					395	220

مقایسه با
DIN 9816 (12.81)
کفشک میل راهنما دار با صفحه راهنمای
میانی ضخیم، فرم DF

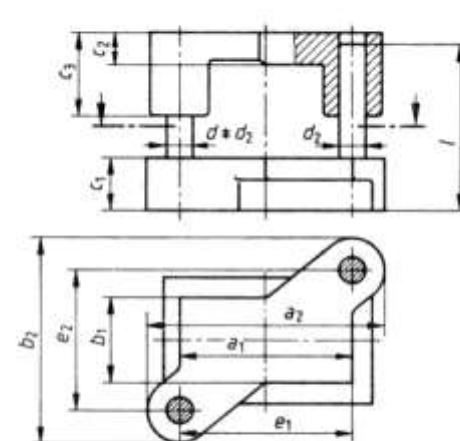


مشخصه میانی چدنی (GG): کفشک میل راهنما دار فرم DF

$d_1 = 100\text{mm}$ و صفحه راهنمای میانی چدنی (GG):

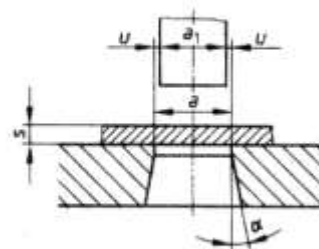
DIN 9819 - DF 100 GG

مقایسه با
DIN 9819 (12.81)
کفشک میل راهنما دار نصب شده
در گوشه، فرم C و CG



d_1	c_1	c_{max}	d_2	e_{min}	f_1	f_2	f_3	l	$a_1 \times b_1$	a_2	b_2	c_1	c_2	c_3	d_2	e_1	e_2	l
									80 × 63	135	180		30	80	19	75	103	160
80	50	80	90	125	16	10	36	170	125 × 80	190	215	50			25	120	128	
100		85		155				180	125 × 100		235				25		148	170
125	50	90	25	180	18	11	40	190	250 × 100	325	255					245	158	
160		100		225				220	160 × 125	235	280	56	40	90	32	155	183	180
200	56	110	32	265	23	11	45	240	315 × 125	390						310		

طراحی قالبهای برش

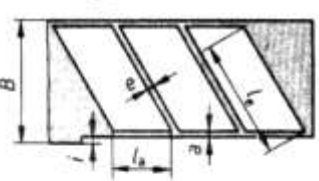
مقایسه با VDI 3368 (5.82)		ابعاد سنبه و ماتریس برش		
	انداز سنبه a_1 اندازه ماتریس a لقی برش u ضخامت ورق s زاویه آزاد α	روش	پولک بری	سوراخکاری
		اندازه باید	a_1 (سنبه)	a (ماتریس)
		اندازه محاسباتی	ماتریس $a = a_1 + 2 \cdot u$	سنبه $a_1 = a - 2 \cdot u$

لقی سنبه در ارتباط با جنس و ضخامت ورق

ضخامت ورق s mm	سوراخ ماتریس با زاویه آزاد α				سوراخ ماتریس بدون زاویه آزاد α			
	لقی برش u برای استحکام برشی $\tau_{\text{ش}}$ به N/mm^2				لقی برش u برای استحکام برشی $\tau_{\text{ش}}$ به N/mm^2			
	تا 250	251...400	401...600	بیش از 600	تا 250	251...400	401...600	بیش از 600
0,4...0,6	0,01	0,015	0,02	0,025	0,015	0,02	0,025	0,03
0,7...0,8	0,015	0,02	0,03	0,04	0,025	0,03	0,04	0,05
0,9...1	0,02	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05	0,05
1,5...2	0,03	0,04...0,05	0,05...0,07	0,07...0,09	0,05	0,06...0,08	0,08...0,10	0,09...0,12
2,5...3	0,04	0,06...0,07	0,09...0,10	0,11...0,13	0,08	0,1...0,12	0,13...0,15	0,15...0,18
3,5...4	0,05...0,06	0,08...0,09	0,11...0,13	0,15...0,17	0,10...0,12	0,14...0,16	0,18...0,20	0,21...0,24

مقایسه با VDI 3367 (7.70)

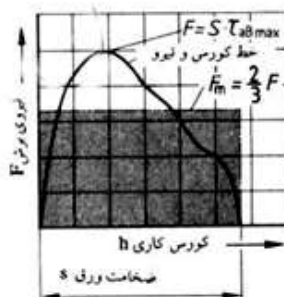
دورریز طولی، دورریز عرضی، دورریز راهنما

قطعه کار چهار گوش		قطعات چهار گوش:	
	a	دورریز عرضی	برای به دست آوردن دورریز طولی و عرضی
	e	دورریز طولی	اندازه های بزرگ مربوط به طول کوچک
	l_1	طول کوچک قطعه کار	و بزرگ قطعه کار استفاده می شود.
	l_2	طول بزرگ قطعه کار	قطعات گرد:
	B	پهنای نواری	مقادیر مربوط به $l_1 = l_2 = 10 \text{ mm}$ برای دورریز طولی و عرضی صادق است.

پهنای نواری B	طول کوچک l_1 طول بزرگ l_2 mm	دورریز عرضی دورریز طولی a	ضخامت قطعه کار s به mm											
			0,1	0,3	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	
تا 100 mm	تا 10	e	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,9	2,1	
	یا قطعات گرد	a	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,9	2,1	
	11...50	e	1,6	1,2	0,9	1,0	1,1	1,4	1,4	1,6	1,7	2,0	2,3	
		a	1,9	1,5	1,0	1,2	1,3	1,6	1,6	1,8	1,9	2,2	2,5	
	51...100	e	1,8	1,4	1,0	1,2	1,3	1,6	1,6	1,8	1,9	2,2	2,5	
		a	2,2	1,7	1,2	1,2	1,3	1,6	1,6	1,8	1,9	2,2	2,5	
از 100 mm تا 200 mm	بیش از 100	e	2,0	1,6	1,2	1,4	1,5	1,8	1,8	2,0	2,1	2,4	2,7	
		a	2,4	1,9	1,5	1,4	1,5	1,8	1,8	2,0	2,1	2,4	2,7	
	دورریز راهنما i		1,5					1,8	2,2	2,5	3,0	3,5	4,5	
	تا 10	e	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	2,0	2,3	
	یا قطعات گرد	a	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	2,0	2,3	
	11...50	e	1,8	1,4	1,0	1,2	1,3	1,6	1,6	1,8	1,9	2,2	2,5	
از 200 mm تا 300 mm		a	2,2	1,7	1,2	1,2	1,3	1,6	1,6	1,8	1,9	2,2	2,5	
	51...100	e	2,0	1,6	1,2	1,4	1,5	1,8	1,8	2,0	2,1	2,4	2,7	
		a	2,4	1,9	1,5	1,4	1,5	1,8	1,8	2,0	2,1	2,4	2,7	
	بیش از 100	e	2,2	1,8	1,4	1,6	1,7	2,0	2,0	2,2	2,3	2,6	2,9	
		a	2,7	2,2	1,7	1,6	1,7	2,0	2,0	2,2	2,3	2,6	2,9	
	دورریز راهنما		1,5					1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0

شکل دادن بدون براده برداری

نیروی برش، کار برش



F نیروی برش
 S سطح برش
 $R_{m \max}$ حداکثر استحکام کششی
 $\tau_{ab \max}$ حداکثر استحکام برشی
 W مقدار کار برش
 s ضخامت ورق

نیروی برش

$$F = s \cdot \tau_{ab \max}$$

حداکثر استحکام برش

$$\tau_{ab \max} \approx 0,8 \cdot R_{m \max}$$

مقدار کار برش

$$W = \frac{2}{3} \cdot F \cdot s$$

مثال: $R_{m \max} = 510 \text{ N/mm}^2$, $S = 236 \text{ mm}^2$; $s = 2,5 \text{ mm}$ $\tau_{ab \max}$; F ; W

مطلوب است:

$$\tau_{ab \max} = 0,8 \cdot R_{m \max}$$

حل:

$$= 0,8 \cdot 510 \text{ N/mm}^2 = 408 \text{ N/mm}^2$$

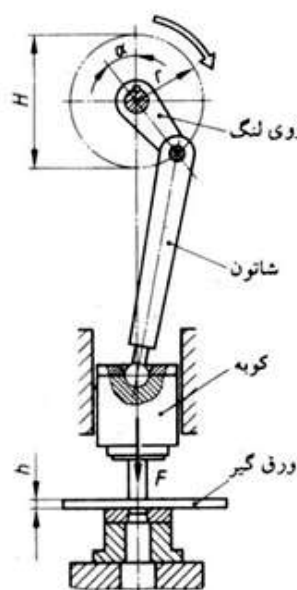
$$F = S \cdot \tau_{ab \max} = 236 \text{ mm}^2 \cdot 408 \text{ N/mm}^2$$

$$= 96288 \text{ N} = 96,288 \text{ kN}$$

$$W = \frac{2}{3} \cdot F \cdot s = \frac{2}{3} \cdot 96,288 \text{ kN} \cdot 2,5 \text{ mm}$$

$$\approx 160 \text{ kN} \cdot \text{mm} = 160 \text{ N} \cdot \text{m}$$

پرسهای مکانیکی لنگ



سیستم محرکه پرسها معمولاً طوری طراحی می شود که نیروی نامی پرس در محدوده زاویه میل لنگ برابر $\alpha = 30^\circ$ به دست آید.

در کار دائم، پرس بدون ایست کار می کند. در کار تک کورسی پرس بعد از هر کورس می ایستد. در پرسهای با کورس قابل تنظیم نیروی مجاز کمتر از نیروی نامی پرس است.

مقدار کار در کار دائم

$$W_D = \frac{F_n \cdot H}{15}$$

مقدار کار در کار تک کورسی

$$W_E = 2 \cdot W_D$$

F نیروی برش، نیروی تغییر شکل
 F_n نیروی نامی پرس
 F_{zul} نیروی مجاز پرس با کورس قابل تنظیم
 H کورس، حداکثر کورس در کورس قابل تنظیم
 H_e کورس تنظیم شده
 h فاصله کار
 α زاویه میل لنگ
 W مقدار کار برش یا تغییر شکل
 W_D توان کاری در کار دائم
 W_E توان کاری در کار تک کورسی

مثال: پرس مکانیکی لنگ با کورس ثابت $s = 4 \text{ mm}$; $F = 207 \text{ kN}$; $H = 30 \text{ mm}$; $F_n = 250 \text{ kN}$;مطلوب است: W ; W_D (هرگاه پرس با کار دائم کار کند)

$$W = \frac{2}{3} \cdot F \cdot s = \frac{2}{3} \cdot 207 \text{ kN} \cdot 4 \text{ mm} = 552 \text{ kN} \cdot \text{mm} = 552 \text{ N} \cdot \text{m}$$

حل:

$$W_D = \frac{F_n \cdot H}{15} = \frac{250 \text{ kN} \cdot 30 \text{ mm}}{15} = 500 \text{ kN} \cdot \text{mm} = 500 \text{ N} \cdot \text{m}$$

اگر $F < F_n$ و $W > W_D$ باشد پرس را نمی توان برای این قطعه کار با کار دائم به کار برد.

شرایط کاربرد

کورس ثابت

$$F \leq F_n$$

$$W \leq W_D \text{ یا } W \leq W_E$$

کورس قابل تنظیم

$$F \leq F_{zul}$$

$$F_{zul} = \frac{F_n \cdot H}{4 \cdot \sqrt{H_e \cdot h - h^2}}$$

$$W \leq W_D \text{ یا } W \leq W_E$$

طراحی قالبهای برش

محاسبه دنیاله قالب در قالبهای با نقطه مرکز ثقل معلوم

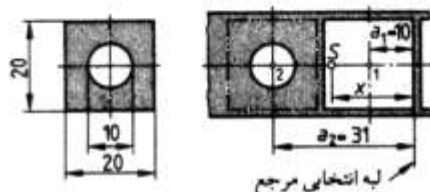
$U_1, U_2, U_3, \dots$ پیرامون سنبه ها
 $a_1, a_2, a_3, \dots$ فواصل نقاط مرکز ثقل از لبه مرجع
 x فاصله نقطه مرکز ثقل نیروها از لبه مرجع

$$x = \frac{U_1 \cdot a_1 + U_2 \cdot a_2 + U_3 \cdot a_3 + \dots}{U_1 + U_2 + U_3 + \dots}$$

مثال: مطلوب است محل دنیاله قالب (فاصله x)

حل: خارجی ترین سطح سنبه برش به عنوان لبه مرجع انتخاب می شود.

ترتیب سنبه ها



$$U_1 = 4 \cdot 20 \text{ mm} = 80 \text{ mm} ; a_1 = 10 \text{ mm}$$

$$U_2 = \pi \cdot 10 \text{ mm} = 31,4 \text{ mm} ; a_2 = 31 \text{ mm}$$

$$x = \frac{U_1 \cdot a_1 + U_2 \cdot a_2}{U_1 + U_2} = \frac{80 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm} + 31,4 \text{ mm} \cdot 31 \text{ mm}}{80 \text{ mm} + 31,4 \text{ mm}} = 16 \text{ mm}$$

محاسبه دنیاله قالب در قالبهای با نقطه مرکز ثقل نامشخص

نقطه مرکز نیروها با نقطه ثقل خطوط ⁽¹⁾ تمام لبه های سنبه مطابقت دارد.

$l_1, l_2, l_3, \dots$ طول لبه های سنبه
 $a_1, a_2, a_3, \dots$ فواصل نقاط مرکز ثقل خطوط از لبه مرجع
 x فاصله نقطه مرکز ثقل نیروها از لبه مرجع

$$x = \frac{l_1 \cdot a_1 + l_2 \cdot a_2 + l_3 \cdot a_3 + \dots}{l_1 + l_2 + l_3 + \dots}$$

مثال: برای قطعه کار نشان داده شده موقعیت دنیاله قالب مربوطه را محاسبه کنید.

حل:

$$l_2 = \frac{\pi \cdot 15 \text{ mm}}{2} = 23,6 \text{ mm};$$

$$a_2 = \frac{2 \cdot r}{\pi} + 5 \text{ mm} = \frac{2 \cdot 7,5 \text{ mm}}{\pi} + 5 \text{ mm} = 9,8 \text{ mm}$$

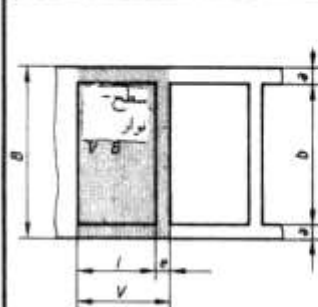
$$x = \frac{l_1 \cdot a_1 + l_2 \cdot a_2 + l_3 \cdot a_3 + 2 \cdot l_4 \cdot a_4 + l_5 \cdot a_5}{l_1 + l_2 + l_3 + 2 \cdot l_4 + l_5}$$

$$= \frac{(15 \cdot 5 + 23,6 \cdot 9,8 + 20 \cdot 2 + 2 \cdot 20 \cdot 31 + 20 \cdot 41) \text{ mm}^2}{(15 + 23,6 + 20 + 40 + 20) \text{ mm}}$$

$$= 23,5 \text{ mm}$$

(1) نقطه ثقل خطوط در صفحه ۳۶

بازدهی برش

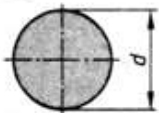
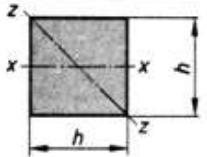
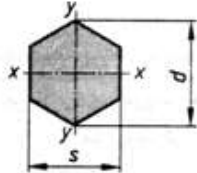
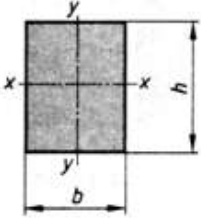
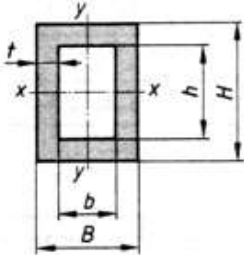
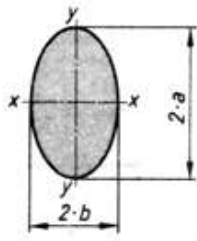


l طول قطعه کار
 b پهنای قطعه کار
 B پهنای نواری
 a دورریز عرضی
 e دورریز طولی
 V پیش روی نواری
 A سطح یک قطعه کار (با پیوست سوراخها)
 R تعداد ردیف تغذیه
 η بازدهی

$$B = b + 2 \cdot a$$

$$V = l + e$$

$$\eta = \frac{R \cdot A}{V \cdot B}$$

مقاومت مصالح			
ممان سطحی و مدول سطحی			
شکل سطح مقطع	خمش، کمانش		پیش مدول سطحی قطبی W_p
	ممان سطحی درجه ۲ I	مدول سطحی محوری W	
	$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$	$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$	$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$
	$I = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64}$	$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32 \cdot D}$	$W_p = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{16 \cdot D}$
	$I_x = I_y = \frac{h^4}{12}$	$W_x = \frac{h^3}{6}$ $W_z = \frac{\sqrt{2} \cdot h^3}{12}$	$W_p = 0,208 \cdot h^3$
	$I_x = I_y = \frac{5 \cdot \sqrt{3} \cdot s^4}{144}$ $I_x = I_y = \frac{5 \cdot \sqrt{3} \cdot d^4}{256}$	$W_x = \frac{5 \cdot s^3}{48} = \frac{5 \cdot \sqrt{3} \cdot d^3}{128}$ $W_y = \frac{5 \cdot s^3}{24 \cdot \sqrt{3}} = \frac{5 \cdot d^3}{64}$	$W_p = 0,188 \cdot s^3$ $W_p = 0,1226 \cdot d^3$
	$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$ $I_y = \frac{h \cdot b^3}{12}$	$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$ $W_y = \frac{h \cdot b^2}{6}$	—
	$I_x = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{12}$ $I_y = \frac{H \cdot B^3 - h \cdot b^3}{12}$	$W_x = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H}$ $W_y = \frac{H \cdot B^3 - h \cdot b^3}{6 \cdot B}$	$W_p = \frac{t \cdot (H + h) \cdot (B + b)}{2}$
	$I_x = \frac{\pi \cdot a^3 \cdot b}{4}$ $I_y = \frac{\pi \cdot b^3 \cdot a}{4}$	$W_x = \frac{\pi \cdot a^2 \cdot b}{4}$ $W_y = \frac{\pi \cdot b^2 \cdot a}{4}$	$W_p = \frac{\pi \cdot a \cdot b^2}{2}$ $a > b$

[illegible]

مقایسه با DIN 7154 T1 (8.66) ISO - انطباقات												
سیستم ثبوت سوراخ												
محدوده تolerانس به (1 μm = 0,001 mm)												
محدوده اندازه نامی تا... بالای mm	سطح داخلی انطباق H8	سطح خارجی انطباق					سطح داخلی انطباق H11	سطح خارجی انطباق				
		محدوده تolerانس						محدوده تolerانس				
		لقی	پرسی	لقی	پرسی	لقی		پرسی	لقی	پرسی	لقی	پرسی
		d9	e8	h9	u8	x8		a11	c11	d9	h11	h9
1...3	+14 0	-20 -45	-14 -28	0 -25	- -	+34 +20	+60 0	-270 -330	-60 -120	-20 -45	0 -60	0 -25
3...6	+18 0	-30 -60	-20 -38	0 -30	- -	+46 +28	+75 0	-270 -345	-70 -145	-30 -60	0 -75	0 -30
6...10	+22 0	-40 -76	-25 -47	0 -36	- -	+56 +34	+90 0	-280 -370	-80 -170	-40 -76	0 -90	0 -36
10...14	+27 0	-50 -93	-32 -59	0 -43	- -	+67 +40	+110 0	-290 -400	-95 -205	-50 -93	0 -110	0 -43
14...18					- -	+72 +45						
18...24	+33 0	-65 -117	-40 -73	0 -52	- -	+87 +54	+130 0	-300 -430	-110 -240	-65 -117	0 -130	0 -52
24...30					+81 +48	+97 +64						
30...40	+39 0	-80 -142	-50 -89	0 -62	+99 +60	+119 +80	+160 0	-310 -470	-120 -280	-80 -142	0 -160	0 -62
40...50					+109 +70	+136 +97		-320 -480	-130 -290			
50...65	+46 0	-100 -174	-60 -106	0 -74	+133 +87	+168 +122	+190 0	-340 -530	-140 -330	-100 -174	0 -190	0 -74
65...80					+148 +102	+192 +146		-360 -550	-150 -340			
80...100	+54 0	120 -207	-72 -126	0 -87	+178 +124	+232 +178	+220 0	-380 -600	-170 -390	-120 -207	0 -220	0 -87
100...120					+198 +144	+264 +210		-410 -630	-180 -400			
120...140	+63 0	-145 -245	-85 -148	0 -100	+233 +170	+311 +248	+250 0	-460 -710	-200 -450	-145 -245	0 -250	0 -100
140...160					+253 +190	+343 +280		-520 -770	-210 -460			
160...180					+273 +210	+373 +310		-580 -830	-230 -480			
180...200	+72 0	-170 -285	-100 -172	0 -115	+308 +236	+422 +350	+290 0	-660 -950	-240 -530	-170 -285	0 -290	0 -115
200...225					+330 +258	+457 +385		-740 -1030	-260 -550			
225...250					+356 +284	+497 +425		-820 -1110	-280 -570			
250...280	+81 0	-190 -320	-110 -191	0 -130	+396 +315	+556 +475	+320 0	-920 -1240	-300 -620	-190 -320	0 -320	0 -130
280...315					+431 +350	+606 +525		-1050 -1370	-330 -650			
315...355	+89 0	-210 -350	-125 -214	0 -140	+479 +390	+679 +590	+360 0	-1200 -1560	-360 -720	-210 -350	0 -360	0 -140
355...400					+524 +435	- -		-1350 -1710	-400 -760			
400...450	+97 0	-230 -385	-135 -232	0 -155	+587 +490	- -	+400 0	-1500 -1900	-440 -840	-230 -385	0 -400	0 -155
450...500					+637 +540	- -		-1650 -2050	-480 -880			

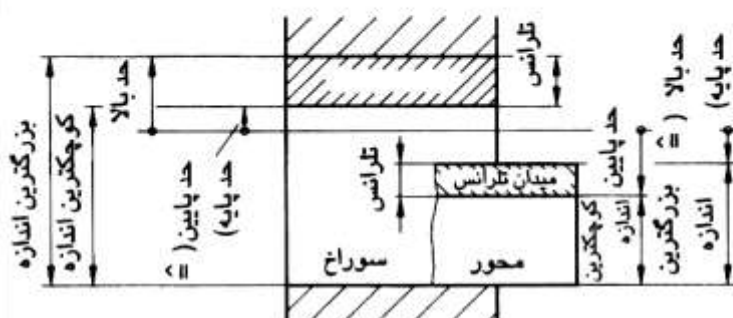
ISO - انطباقات																	
سیستم ثبت میل																	
محدوده تیرانس به μm ($1\mu\text{m} = 0.001\text{mm}$)																	
محدوده اندازه نامی تا... بالایی mm	سطح خارجی انطباق h5	سطح داخلی انطباق محدوده تیرانس					سطح خارجی انطباق H6	سطح داخلی انطباق محدوده تیرانس									
		لثی	عبوری			پرسی		لثی	عبوری			پرسی					
		H 6	J 6	M 6	N 6	P 5		F 7	G 7	H 7	J 7	K 7	M 7	N 7	R 7	S 7	
1...3	0 - 4	+ 6 0	+ 2 - 4	- 2 - 8	- 4 - 10	- 6 - 12	0 - 6	+ 16 + 6	+ 12 + 2	+ 10 0	+ 4 - 6	0 - 10	- 2 - 12	- 4 - 14	- 10 - 20	- 14 - 24	
3...6	0 - 5	+ 8 0	+ 5 - 3	- 1 - 9	- 5 - 13	- 9 - 17	0 - 8	+ 22 + 10	+ 16 + 4	+ 12 0	+ 6 - 6	+ 3 - 9	0 - 12	- 4 - 16	- 11 - 23	- 15 - 27	
6...10	0 - 6	+ 9 0	+ 5 - 4	- 3 - 12	- 7 - 16	- 12 - 21	0 - 9	+ 28 + 13	+ 20 + 5	+ 15 0	+ 8 - 7	+ 5 - 10	0 - 15	- 4 - 19	- 13 - 28	- 17 - 32	
10...18	0 - 8	+ 11 0	+ 6 - 5	- 4 - 15	- 9 - 20	- 15 - 26	0 - 11	+ 34 + 16	+ 24 + 6	+ 18 0	+ 10 - 8	+ 6 - 12	0 - 18	- 5 - 23	- 16 - 34	- 21 - 39	
18...30	0 - 9	+ 13 0	+ 8 - 5	- 4 - 17	- 11 - 24	- 18 - 31	0 - 13	+ 41 + 20	+ 28 + 7	+ 21 0	+ 12 - 9	+ 6 - 15	0 - 21	- 7 - 28	- 20 - 41	- 27 - 48	
30...40	0 - 11	+ 16 0	+ 10 - 6	- 4 - 20	- 12 - 28	- 21 - 37	0 - 16	+ 50 + 25	+ 34 + 9	+ 25 0	+ 14 - 11	+ 7 - 18	0 - 25	- 8 - 33	- 25 - 50	- 34 - 59	
40...50																	
50...65	0 - 13	+ 19 0	+ 13 - 6	- 5 - 24	- 14 - 33	- 26 - 45	0 - 19	+ 60 + 30	+ 40 + 10	+ 30 0	+ 18 - 12	+ 9 - 21	0 - 30	- 9 - 39	- 30 - 62	- 42 - 78	
65...80																	
80...100	0 - 15	+ 22 0	+ 16 - 6	- 6 - 28	- 16 - 38	- 30 - 52	0 - 22	+ 71 + 36	+ 47 + 12	+ 35 0	+ 22 - 13	+ 10 - 25	0 - 35	- 10 - 45	- 38 - 73	- 58 - 93	
100...120																	
120...140	0 - 18	+ 25 0	+ 18 - 7	- 8 - 33	- 20 - 45	- 36 - 61	0 - 25	+ 83 + 43	+ 54 + 14	+ 40 0	+ 26 - 14	+ 12 - 28	0 - 40	- 12 - 52	- 48 - 93	- 77 - 133	
140...160																	
160...180																	
180...200	0 - 20	+ 29 0	+ 22 - 7	- 8 - 37	- 22 - 51	- 41 - 70	0 - 29	+ 96 + 50	+ 61 + 15	+ 46 0	+ 30 - 16	+ 13 - 33	0 - 46	- 14 - 60	- 60 - 113	- 105 - 159	
200...225																	
225...250																	
250...280	0 - 23	+ 32 0	+ 25 - 7	- 9 - 41	- 25 - 57	- 47 - 79	0 - 32	+ 108 + 56	+ 69 + 17	+ 52 0	+ 36 - 16	+ 16 - 36	0 - 52	- 14 - 66	- 74 - 130	- 138 - 202	
280...315																	
315...355	0 - 25	+ 36 0	+ 29 - 7	- 10 - 46	- 26 - 62	- 51 - 87	0 - 36	+ 119 + 62	+ 75 + 18	+ 57 0	+ 39 - 18	+ 17 - 40	0 - 57	- 16 - 73	- 87 - 144	- 169 - 226	
355...400																	
400...450	0 - 27	+ 40 0	+ 33 - 7	- 10 - 50	- 27 - 67	- 55 - 97	0 - 40	+ 131 + 68	+ 83 + 20	+ 63 0	+ 43 - 20	+ 18 - 45	0 - 63	- 17 - 80	- 103 - 166	- 209 - 272	
450...500																	

DIN 7166 T1 (8.66) ISO - انطباقات													
(1µm = 0,001mm) µm محدوده تolerانس به													
محدوده اندازه نامی تا... بالایی mm	سطح خارجی انطباق h9	سطح داخلی انطباق							سطح خارجی انطباق h11	سیستم ثبوت میله			
		محدوده تolerانس								سطح داخلی انطباق			
		لقی								محدوده تolerانس			
		C11	D10	E9	F8	H11	H8	P9		A11	C11	D11	H11
1...3	0 - 25	+ 120 + 60	+ 60 + 20	+ 39 + 14	+ 20 + 6	+ 60 0	+ 14 0	- 6 - 31	0 - 60	+ 330 + 270	+ 120 + 60	+ 80 + 20	+ 60 0
3...6	0 - 30	+ 145 + 70	+ 78 + 30	+ 50 + 20	+ 28 + 10	+ 75 0	+ 18 0	- 12 - 42	0 - 75	+ 345 + 270	+ 145 + 70	+ 105 + 30	+ 75 0
6...10	0 - 36	+ 170 + 80	+ 98 + 40	+ 61 + 25	+ 35 + 13	+ 90 + 0	+ 22 0	- 15 - 51	0 - 90	+ 370 + 280	+ 170 + 80	+ 130 + 40	+ 90 0
10...18	0 - 43	+ 205 + 95	+ 120 + 50	+ 75 + 32	+ 43 + 16	+ 110 0	+ 27 0	- 18 - 61	0 - 110	+ 400 + 290	+ 205 + 95	+ 160 + 50	+ 110 0
18...30	0 - 52	+ 240 + 110	+ 149 + 65	+ 92 + 40	+ 53 + 20	+ 130 0	+ 33 0	- 22 - 74	0 - 130	+ 430 + 300	+ 240 + 110	+ 195 + 65	+ 130 0
30...40	0 - 62	+ 280 + 120	+ 180	+ 112	+ 65	+ 160	+ 39	- 26	0	+ 470 + 310	+ 280 + 120	+ 240	+ 160
40...50		+ 290 + 130	+ 80	+ 50	+ 25	0	0	- 88	- 160	+ 480 + 320	+ 290 + 130	+ 80	0
50...65	0 - 74	+ 330 + 140	+ 220	+ 134	+ 76	+ 190	+ 46	- 32	0	+ 530 + 340	+ 330 + 140	+ 290	+ 190
65...80		+ 340 + 150	+ 100	+ 60	+ 30	0	0	- 106	- 190	+ 550 + 360	+ 340 + 150	+ 100	0
80...100	0 - 87	+ 390 + 170	+ 260	+ 159	+ 90	+ 220	+ 54	- 37	0	+ 600 + 380	+ 390 + 170	+ 340	+ 220
100...120		+ 400 + 180	+ 120	+ 72	+ 36	0	0	- 124	- 220	+ 630 + 410	+ 400 + 180	+ 120	0
120...140	0 - 100	+ 450 + 200	+ 305	+ 185	+ 106	+ 250	+ 63	- 43	0	+ 710 + 460	+ 450 + 200	+ 395	+ 220
140...160		+ 460 + 210	+ 145	+ 85	+ 43	0	0	- 143	- 250	+ 770 + 520	+ 460 + 210	+ 145	0
160...180		+ 480 + 230								+ 820 + 580	+ 480 + 230		
180...200	0 - 115	+ 530 + 240	+ 355	+ 215	+ 122	+ 290	+ 72	- 50	0	+ 950 + 660	+ 530 + 240	+ 460	+ 290
200...225		+ 550 + 560	+ 170	+ 100	+ 50	+ 0	0	- 165	- 290	+ 1030 + 740	+ 550 + 260	+ 170	0
225...250		+ 570 + 280								+ 1110 + 820	+ 570 + 280		
250...280	0 - 130	+ 620 + 300	+ 400	+ 240	+ 137	+ 320	+ 81	- 56	0	+ 1240 + 920	+ 620 + 300	+ 510	+ 320
280...315		+ 650 + 330	+ 190	+ 110	+ 56	0	0	- 186	- 320	+ 1370 + 1050	+ 650 + 330	+ 190	0
315...355	0 - 140	+ 720 + 360	+ 400	+ 265	+ 151	+ 360	+ 89	- 62	0	+ 1560 + 1200	+ 720 + 360	+ 570	+ 360
355...400		+ 760 + 400	+ 210	+ 125	+ 62	0	0	- 202	- 360	+ 1710 + 1350	+ 760 + 400	+ 210	0
400...450	0 - 155	+ 840 + 440	+ 480	+ 290	+ 165	+ 400	+ 97	- 68	0	+ 1900 + 1500	+ 840 + 440	+ 630	+ 400
450...500		+ 880 + 480	+ 230	+ 135	+ 68	0	0	- 223	- 400	+ 2050 + 1650	+ 880 + 480	+ 230	0

سیستم ISO برای اندازه‌های حدی و انطباقات

DIN ISO 286 T1 (11.90)

اصول



اندازه نامی: اندازه‌ای که حد بالا و پایین بدان مربوط می‌شود (در نمایش گرافیکی به عنوان خط صفر مشخص می‌شود).

اندازه است: اندازه اندازه‌گیری شده قطعه نهایی.

اندازه‌های حدی

اندازه بزرگ: بزرگترین اندازه مجاز قطعه کار.

اندازه کوچک: کوچکترین اندازه مجاز قطعه کار.

حدود

حد بالا: اختلاف بزرگترین اندازه با اندازه نامی.

حد پایین: اختلاف کوچکترین اندازه با اندازه نامی.

حد پایه

حدی که موقعیت تolerانس را نسبت به خط صفر تعیین می‌کند. اندازه آن فاصله بین خط صفر و آن حدی که به خط صفر نزدیک است را بیان می‌کند.

تولرانس: اختلاف بین بزرگترین اندازه و کوچکترین اندازه یا حد بالا و پایین می‌باشد.

میدان تولرانس: نمایش گرافیکی محدوده بین بزرگترین و کوچکترین اندازه.

تولرانس پایه: تولرانس مشخص شده با درجه تولرانس پایه مثلاً IT7 و محدوده اندازه نامی مثلاً 30...50.

درجه تولرانس: عدد درجه تولرانس پایه.

کلاس تولرانس: نامگذاری ترکیبی حد پایه با درجه تولرانس، مثلاً H7.

اندازه تولرانس‌گذاری شده: از اندازه نامی با حدود مثلاً 30 ± 0.1 یا از اندازه نامی با کلاس تولرانس مثلاً 20H7.

انطباق: ارتباط اختلاف اندازه است سوراخ و محور بعد از مونتاژ.

اندازه نامی: اندازه‌ای که حد بالا و پایین بدان مربوط می‌شود (در نمایش گرافیکی به عنوان خط صفر مشخص می‌شود).

اندازه است: اندازه اندازه‌گیری شده قطعه نهایی.

اندازه‌های حدی

اندازه بزرگ: بزرگترین اندازه مجاز قطعه کار.

اندازه کوچک: کوچکترین اندازه مجاز قطعه کار.

حدود

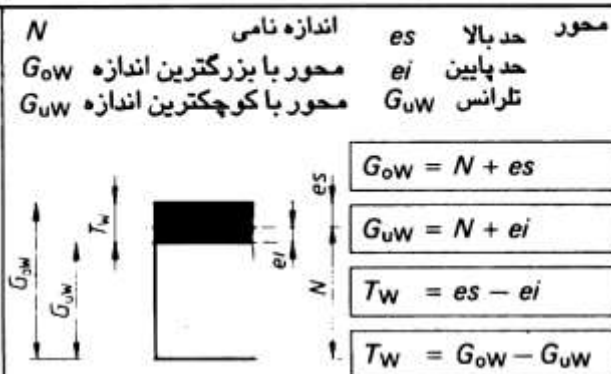
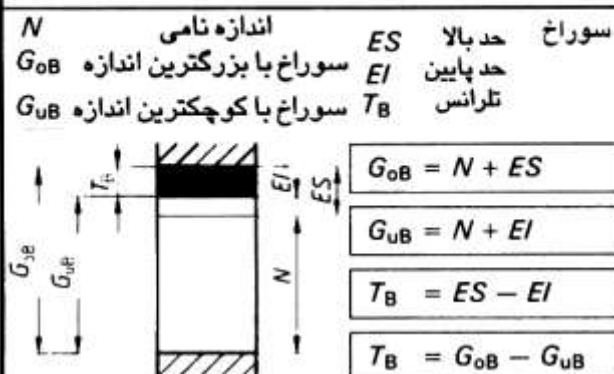
حد بالا: اختلاف بزرگترین اندازه با اندازه نامی.

حد پایین: اختلاف کوچکترین اندازه با اندازه نامی.

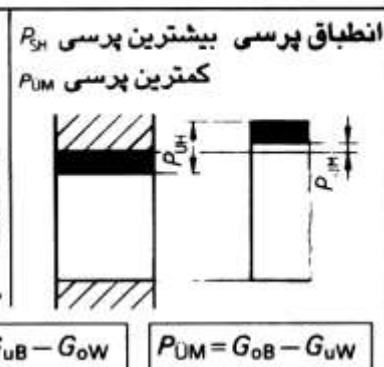
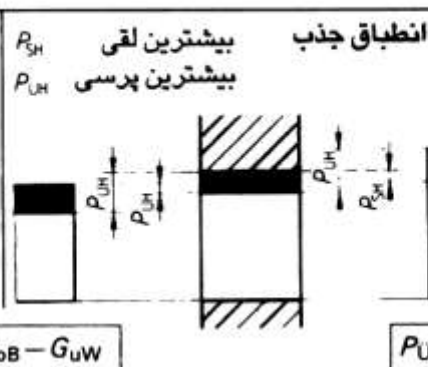
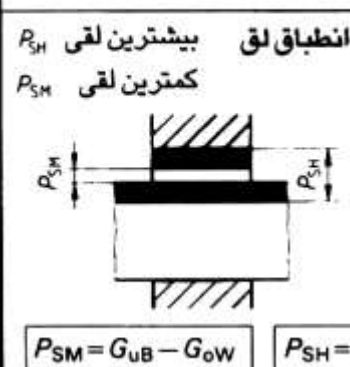
حد پایه

حدی که موقعیت تolerانس را نسبت به خط صفر تعیین می‌کند. اندازه آن فاصله بین خط صفر و آن حدی که به خط صفر نزدیک است را بیان می‌کند.

حدود، تولرانس



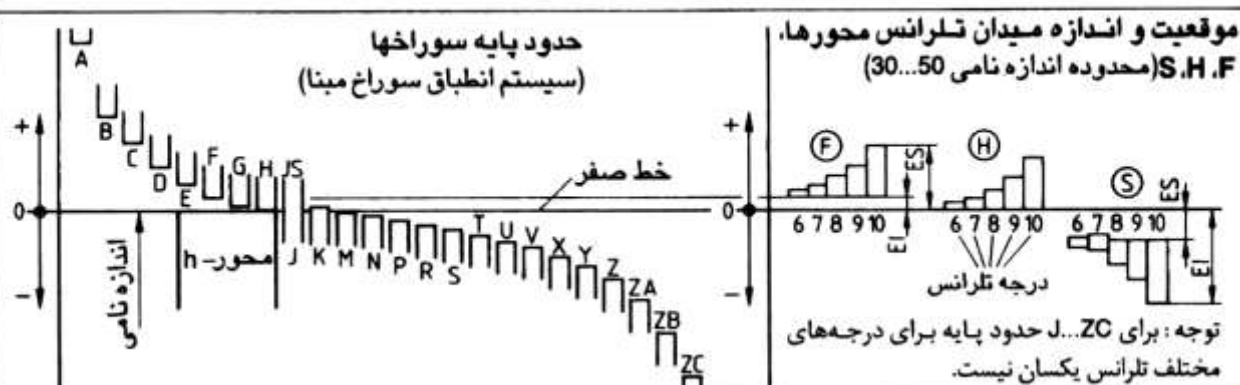
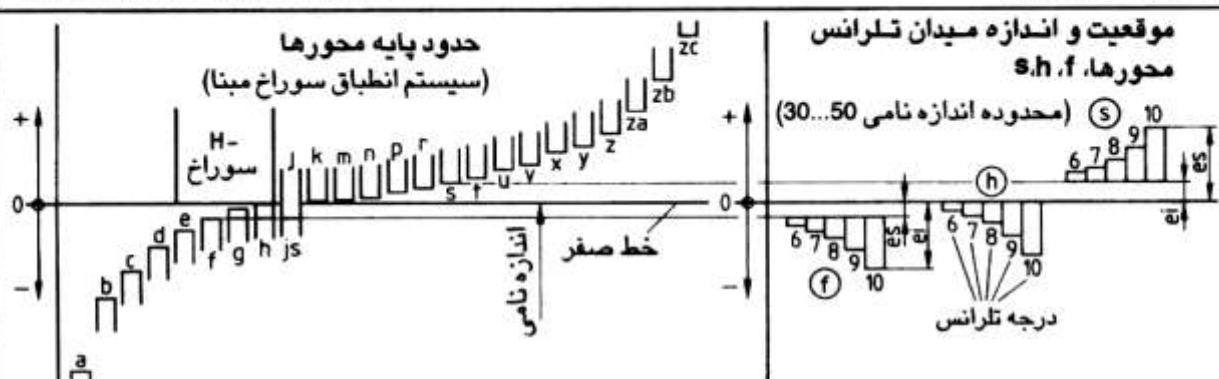
انطباقات



سیستم ISO برای اندازه‌های حدی و انطباقات

مقایسه با DIN ISO 286 T1 (11.90)

موقعیت حدود پایه



مقایسه با DIN ISO 286 T1 (11.90)

تولرانس پایه

محدوده اندازه نامی تا... بالای mm	درجه تولرانس پایه																	
	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	تولرانس پایه μm										mm							
... 3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3... 6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6... 10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10... 18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18... 30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30... 50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50... 80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80... 120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120... 180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180... 250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250... 315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315... 400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400... 500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500... 630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630... 800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800... 1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000... 1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1250... 1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600... 2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000... 2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500... 3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

حدود درجه تولرانس مربوط به حدود پایه JS و H, js, h از تولرانسه‌ای پایه به دست می‌آید:

$$h: es = 0; ei = -IT \quad js: es = +IT/2; ei = -IT/2 \quad H: ES = +IT; EI = 0 \quad JS: ES = +IT/2; EI = -IT/2$$

تولرانسهای هندسی و وضعی

نحوه بیان در نقشه کشی		مقایسه با DIN ISO 1101(3.85)	
اجزاء مورد نظر	مرجع	اصطلاحات عمومی	
حروف کمی (در صورت لزوم) مقدار تولرانس علامت تولرانس خط با پیکان مرجع جزء تولرانس	حرف مرجع خط مرجع مثلث مرجع جزء مرجع	هنگامی از تولرانسهای هندسی و وضعی در نقشه ها استفاده می شود که بنا به دلایل ساخت ، عملکرد یا قابلیت تعویض شدن قطعه کار ، به آن نیاز باشد.	
تولرانس بر اساس سطح و خط مرجع	مرجع یک سطح و یا یک خط است.	ابعاد چار چوب تولرانس	
تولرانس بر اساس سطح وسط شیار و محور قطر مرجع	مرجع ، سطح وسط شیار و محور قطر است.		
تولرانس بر اساس محور یا خط مرکزی مشترک	مرجع ، محور یا خط مرکزی مشترک است.		
منطقه تولرانس	توضیحات	علامت در نقشه فنی	علائم و معانی
تولرانی	محور تولرانس استوانه (استوانه بیرون) باید در داخل استوانه ای به قطر $t = 0,04 \text{ mm}$ قرار گیرد.		راستی
	سطح تولرانسی باید بین دو سطح موازی که فاصله آنها از یکدیگر $t = 0,03 \text{ mm}$ است قرار گیرد.		تختی
	خط پیرامون در هر سطح برش عمود بر محور باید بین دو دایره هم مرکز که فاصله آنها از یکدیگر $t = 0,08 \text{ mm}$ می باشد ، قرار گیرد.		گردی
	سطح پیرامون تولرانسی استوانه باید بین دو استوانه هم-محور که به فاصله $t = 0,2 \text{ mm}$ از یکدیگر می-باشند ، قرار گیرد.		استوانه ای
	پروفیل تولرانسی باید بین دو خط پوش که فاصله آنها توسط دایره ای به قطر $t = 0,06 \text{ mm}$ محدود شده است ، قرار گیرد . مرکز این دایره ها بر روی خط ایده-آل قرار می گیرد.		فرم خطی
	سطح تولرانسی بایستی بین دو سطح پوش که فاصله آنها توسط کره هائی به قطر $t = 0,3 \text{ mm}$ از یکدیگر محدود شده است ، قرار گیرد . مرکز کره ها بر روی سطح ایده آل هندسی قرار دارد.		فرم سطحی

تولرانه‌های هندسی و وضعی				
انواع تولرانس	علامت وضعی	علامت در نقشه فنی	توضیحات	نمونه تولرانس
تولرانس راست	موازی بودن		سطح تولرانی باید بین دو سطح که با محور مرجع A موازی بوده و فاصله آنها از یکدیگر $t = 0,3 \text{ mm}$ می باشد قرار گیرد.	
	عمود بودن		سطح عرضی تولرانی باید بین دو سطح موازی که بر محور مرجع B عمود بوده و فاصله آنها از یکدیگر برابر $t = 0,04 \text{ mm}$ باشد، قرار گیرد.	
	شیب دار بودن		سطح تولرانی شیب دار باید بین دو سطح موازی که نسبت به محور مرجع B شیب دار بوده و فاصله آنها از یکدیگر $t = 0,2 \text{ mm}$ می باشد، قرار گیرد. زاویه ایده آل هندسی 60° است.	
تولرانس مکانی	تولرانس موقعیت		هر خط تولرانی مشخص شده باید بین دو خط موازی با فاصله $t = 0,08 \text{ mm}$ قرار گیرد.	
	هم مرکزی و هم محوری		محور قسمت تولرانس میله باید در داخل استوانه ای هم مرکز نسبت به محور مرجع A-B و به قطر $t = 0,3 \text{ mm}$ قرار گیرد.	
	تولرانس		سطح تولرانس میانی شیار باید بین دو سطح موازی با فاصله $t = 0,05 \text{ mm}$ قرار گیرد، که نسبت به دو سطح خارجی مقارن می باشد.	
تولرانس دورانی	لنگی طولی		به هنگام دوران میله حول محور مرجع A-B انحراف لنگی طولی هر سطح اندازه گیری عمود بر محور نباید از $t = 0,3 \text{ mm}$ تجاوز نماید.	
	لنگی عرضی		به هنگام دوران میله حول محور مرجع F، انحراف لنگی عرضی در هر استوانه اندازه گیری نباید از $t = 0,3 \text{ mm}$ تجاوز نماید.	
تولرانس دورانی کل	لنگی طولی		به هنگام دوران حول محور مرجع C-D و جابه جایی محوری، تمام نقاط سطوح باید در داخل استوانه تو خالی به ضخامت $t = 0,3 \text{ mm}$ قرار گیرد.	
	لنگی عرضی		به هنگام دوران حول محور مرجع F و با جابه جایی در همه شعاعها تمام نقاط سطوح باید در فاصله $t = 0,2 \text{ mm}$ قرار گیرند.	

علائم صافی سطح

مقایسه با DIN ISO 1302(6.80)		بیان صافی سطح
علامت	توضیح	
	علامت اصلی (بدون اطلاعات اضافی قابل توجیه نیست) علامت با اطلاعات اضافی. این علامت برای سطوحی بکار می‌رود که با هر روش تولیدی بتوان مشخصه ذکر شده را بر آورد.	
	علامت صافی سطح سطوحی که باید با یک روش براده برداری حاصل شود به کار می‌رود.	
	علامت صافی سطح سطوحی که باید بدون عملیات براده برداری حاصل شود. این علامت همچنین هنگامی بکار می‌رود که سطح مورد نظر قطعه کار باید بدون انجام هرگونه عملیات بعدی بر روی آن به همان صورت اولیه ساخت باقی بماند.	
	علامت برای درج مشخصات ویژه سطحی	
	شرح هر یک از حروف بر روی علامت: a مقدار زبری R_a بر حسب μm یا درجه زبری N b روش ساخت، انجام هر گونه عملیات سطحی یا پوشش c فاصله مرجع d جهت شیار e اضافه تراش به mm f سایر کمیت‌های اندازه گیری زبری مثلاً R_z	

علائم شناسایی جهت شیار

نمایش جهت شیار						
علامت	=	$\perp$	X	M	C	R
جهت شیار	به موازات سطح تصویر شده	عمود بر سطح تصویر شده	ضربدری در دو جهت مایل	جهت مختلف	هم مرکز با نقطه مرکزی	بطور شعاعی با نقطه مرکزی

اندازه‌ها

	ارتفاع حروف h به mm					
	2,5	3,5	5	7	10	
	d	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0
	H ₁	3,5	5	7	10	14
	H ₂	7	10	14	20	28



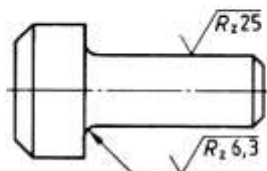
ترتیب علائم در نقشه‌ها

اگر مقدار زبری داده شده باشد علائم را می‌توان بطور دلخواه رسم کرد. مشخصات باید از پایین یا از سمت راست قابل خواندن باشد.	مشخصات باید طوری نوشته شود که از پایین یا از سمت راست قابل خواندن باشد.

مشخصات صافی سطح و سختکاری

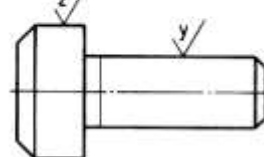
نمونه های چگونگی درج مشخصات در نقشه ها

$$3 \sqrt{R_{t100}} \left(\sqrt{R_{t25}} \sqrt{R_{t6,3}} \right)$$



مقدار زیری چند سطح مختلف را در کنار عدد موقعیت می نویسند.
درجه زیری روی نقشه را در برانتز درج می کنند.

$$5 \sqrt{3,2} (\checkmark)$$



سنگ خورده
y = 0,4
پوشش کرم
z = 0,2

برای سادگی بیان ، مشخصات صافی سطح را با حروف نوشته و سپس آنها را جداگانه توضیح می دهند.

زبری میانگین R_a به μm و درجه زیری N

R_a	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025
N	N 12	N 11	N 10	N 9	N 8	N 7	N 6	N 5	N 4	N 3	N 2	N 1

مقایسه با (منسوخ) DIN 3141

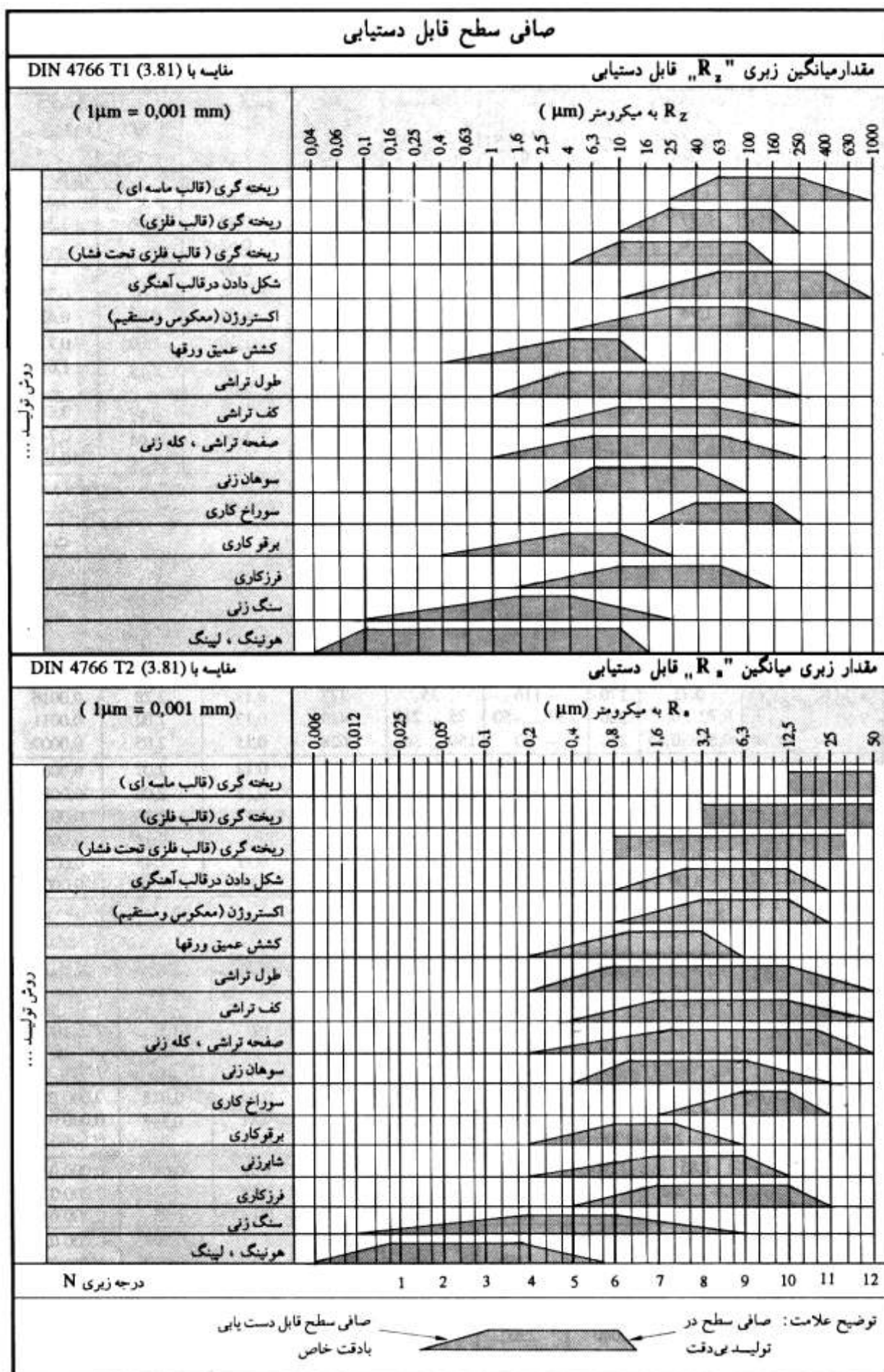
مشخصات صافی سطح

معنی طبق DIN 140	علامت صافی سطح	$R_a(R_t) \mu m$				$R_a \mu m$			
		R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
سطح خام با روش ساخت دقیق بدون براده برداری		دلخواه				نحوه انتخاب: خام یا			
زبر شیارها محسوس بوده و با چشم غیر مسلح دیده می شوند		160	100	63	25	25	12,5	6,3	3,2
پرداخت شیارها با چشم غیر مسلح هم دیده می شوند.		40	25	16	10	6,3	3,2	1,6	1,6
پرداخت ظریف شیارها دیگر با چشم غیر مسلح دیده نمی شوند.		16	6,3	4	2,5	1,6	0,8	0,4	0,2
		-	1	1	0,4	-	0,1	0,1	0,025

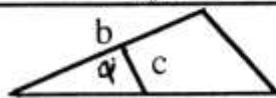
مقایسه با (5.77) T 4 و (11.76) T3 DIN 6773

علامت سختکاری

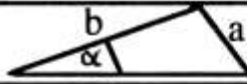
عملیات حرارتی تمام قطعه	سختکاری موضعی	سختکاری سطحی	سختکاری نفوذی
سخت شده 59 + 4 HRC	سخت و آئیل شده تا 58 + 3 HRC	محل اندازه گیری 1 محل اندازه گیری 2 سختکاری سطحی ، تمام قطعه برگشت به 30 HV 120 + 600 محل اندازه گیری 1: Rht 450 = 1,8 + 1,3 محل اندازه گیری 2: Rht 450 = 1,2 + 1,2 عمق نفوذ محل اندازه گیری 1 با سختی 30 HV 450 (سختی ویکرز) باید حداقل 1,8 mm و حداکثر 3,1 mm باشد.	سخت کاری کرپوره بابرگشت به 58 + 5 HRC Eht = 0,8 + 0,2 نفوذ کربن در تمام قطعه مجاز است سختی سطحی باید 58 ... 63 HRC باشد . عمق سختی نفوذی 1,8 mm ... 1,0 mm
بهاری شده 300 + 50 HB 2,5/187,5	علامت مشخصه محل اندازه گیری		



0...45° سینوس		$\sin \varphi = \frac{a}{c}$ $a=c \cdot \sin \varphi$ $c = \frac{a}{\sin \varphi}$						
دقیقه								
درجه	0	10	20	30	40	50	60	
0	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175	89
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349	88
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0436	0,0465	0,0494	0,0523	87
3	0,0523	0,0552	0,0581	0,0610	0,0640	0,0669	0,0698	86
4	0,0698	0,0727	0,0756	0,0785	0,0814	0,0843	0,0872	85
5	0,0872	0,0901	0,0929	0,0958	0,0987	0,1016	0,1045	84
6	0,1045	0,1074	0,1103	0,1132	0,1161	0,1190	0,1219	83
7	0,1219	0,1248	0,1276	0,1305	0,1334	0,1363	0,1392	82
8	0,1392	0,1421	0,1449	0,1478	0,1507	0,1536	0,1564	81
9	0,1564	0,1593	0,1622	0,1650	0,1679	0,1708	0,1736	80
10	0,1736	0,1765	0,1794	0,1822	0,1851	0,1880	0,1908	79
11	0,1908	0,1937	0,1965	0,1994	0,2022	0,2051	0,2079	78
12	0,2079	0,2108	0,2136	0,2164	0,2193	0,2221	0,2250	77
13	0,2250	0,2278	0,2306	0,2334	0,2363	0,2391	0,2419	76
14	0,2419	0,2447	0,2476	0,2504	0,2532	0,2560	0,2588	75
15	0,2588	0,2616	0,2644	0,2672	0,2700	0,2728	0,2756	74
16	0,2756	0,2784	0,2812	0,2840	0,2868	0,2896	0,2924	73
17	0,2924	0,2952	0,2979	0,3007	0,3035	0,3062	0,3090	72
18	0,3090	0,3118	0,3145	0,3173	0,3201	0,3228	0,3256	71
19	0,3256	0,3283	0,3311	0,3338	0,3365	0,3393	0,3420	70
20	0,3420	0,3448	0,3475	0,3502	0,3529	0,3557	0,3584	69
21	0,3584	0,3611	0,3638	0,3665	0,3692	0,3719	0,3746	68
22	0,3746	0,3773	0,3800	0,3827	0,3854	0,3881	0,3907	67
23	0,3907	0,3934	0,3961	0,3987	0,4014	0,4041	0,4067	66
24	0,4067	0,4094	0,4120	0,4147	0,4173	0,4200	0,4226	65
25	0,4226	0,4253	0,4279	0,4305	0,4331	0,4358	0,4384	64
26	0,4384	0,4410	0,4436	0,4462	0,4488	0,4514	0,4540	63
27	0,4540	0,4566	0,4592	0,4617	0,4643	0,4669	0,4695	62
28	0,4695	0,4720	0,4746	0,4772	0,4796	0,4823	0,4848	61
29	0,4848	0,4874	0,4899	0,4924	0,4950	0,4975	0,5000	60
30	0,5000	0,5025	0,5050	0,5075	0,5100	0,5125	0,5150	59
31	0,5150	0,5175	0,5200	0,5225	0,5250	0,5275	0,5299	58
32	0,5299	0,5324	0,5348	0,5373	0,5398	0,5422	0,5446	57
33	0,5446	0,5471	0,5495	0,5519	0,5544	0,5568	0,5592	56
34	0,5592	0,5616	0,5640	0,5664	0,5688	0,5712	0,5736	55
35	0,5736	0,5760	0,5783	0,5807	0,5831	0,5854	0,5878	54
36	0,5878	0,5901	0,5925	0,5948	0,5972	0,5995	0,6018	53
37	0,6018	0,6041	0,6065	0,6088	0,6111	0,6134	0,6157	52
38	0,6157	0,6180	0,6202	0,6225	0,6248	0,6271	0,6293	51
39	0,6293	0,6316	0,6338	0,6361	0,6383	0,6406	0,6428	50
40	0,6428	0,6450	0,6472	0,6494	0,6517	0,6539	0,6561	49
41	0,6561	0,6583	0,6604	0,6626	0,6648	0,6670	0,6691	48
42	0,6691	0,6713	0,6734	0,6756	0,6777	0,6799	0,6820	47
43	0,6820	0,6841	0,6862	0,6884	0,6905	0,6926	0,6947	46
44	0,6947	0,6967	0,6988	0,7009	0,7030	0,7050	0,7071	45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	درجه
دقیقه								
$\cos \varphi = \frac{b}{c}$ $b=c \cdot \cos \varphi$ $c = \frac{b}{\cos \varphi}$		کسینوس 45...90°						

45...90° سینوس								
دقیقه								
درجه	0	10	20	30	40	50	60	
45	0,7071	0,7092	0,7112	0,7133	0,7153	0,7173	0,7193	44
46	0,7193	0,7214	0,7234	0,7254	0,7274	0,7294	0,7314	43
47	0,7314	0,7333	0,7353	0,7373	0,7392	0,7412	0,7431	42
48	0,7431	0,7451	0,7470	0,7490	0,7509	0,7528	0,7547	41
49	0,7547	0,7566	0,7585	0,7604	0,7623	0,7642	0,7660	40
50	0,7660	0,7679	0,7698	0,7716	0,7735	0,7753	0,7771	39
51	0,7771	0,7790	0,7808	0,7826	0,7844	0,7862	0,7886	38
52	0,7880	0,7898	0,7916	0,7934	0,7951	0,7969	0,7986	37
53	0,7986	0,8004	0,8021	0,8039	0,8056	0,8073	0,8090	36
54	0,8090	0,8107	0,8124	0,8141	0,8158	0,8175	0,8192	35
55	0,8192	0,8208	0,8225	0,8241	0,8258	0,8274	0,8290	34
56	0,8290	0,8307	0,8323	0,8339	0,8355	0,8371	0,8387	33
57	0,8387	0,8403	0,8418	0,8434	0,8450	0,8465	0,8480	32
58	0,8480	0,8496	0,8511	0,8526	0,8542	0,8557	0,8572	31
59	0,8572	0,8587	0,8601	0,8616	0,8631	0,8646	0,8660	30
60	0,8660	0,8675	0,8689	0,8704	0,8718	0,8732	0,8746	29
61	0,8746	0,8760	0,8774	0,8788	0,8802	0,8816	0,8829	28
62	0,8829	0,8843	0,8857	0,8870	0,8884	0,8897	0,8910	27
63	0,8910	0,8923	0,8936	0,8949	0,8962	0,8975	0,8988	26
64	0,8988	0,9001	0,9013	0,9026	0,9038	0,9051	0,9063	25
65	0,9063	0,9075	0,9088	0,9100	0,9112	0,9124	0,9135	24
66	0,9135	0,9147	0,9159	0,9171	0,9182	0,9194	0,9205	23
67	0,9205	0,9216	0,9228	0,9239	0,9250	0,9261	0,9272	22
68	0,9272	0,9283	0,9293	0,9304	0,9315	0,9325	0,9336	21
69	0,9336	0,9346	0,9356	0,9367	0,9377	0,9387	0,9397	20
70	0,9397	0,9407	0,9417	0,9426	0,9436	0,9446	0,9455	19
71	0,9455	0,9465	0,9474	0,9483	0,9492	0,9502	0,9511	18
72	0,9511	0,9520	0,9528	0,9537	0,9546	0,9555	0,9563	17
73	0,9563	0,9572	0,9580	0,9588	0,9596	0,9605	0,9613	16
74	0,9613	0,9621	0,9628	0,9636	0,9644	0,9652	0,9659	15
75	0,9659	0,9667	0,9674	0,9681	0,9689	0,9696	0,9703	14
76	0,9703	0,9710	0,9717	0,9724	0,9730	0,9737	0,9744	13
77	0,9744	0,9750	0,9757	0,9763	0,9769	0,9775	0,9781	12
78	0,9781	0,9787	0,9793	0,9799	0,9805	0,9811	0,9816	11
79	0,9816	0,9822	0,9827	0,9833	0,9838	0,9843	0,9848	10
80	0,9848	0,9853	0,9858	0,9863	0,9868	0,9872	0,9877	9
81	0,9877	0,9881	0,9886	0,9890	0,9894	0,9899	0,9903	8
82	0,9903	0,9907	0,9911	0,9914	0,9918	0,9922	0,9925	7
83	0,9925	0,9929	0,9932	0,9936	0,9939	0,9942	0,9945	6
84	0,9945	0,9948	0,9951	0,9954	0,9957	0,9959	0,9962	5
85	0,9962	0,9964	0,9967	0,9969	0,9971	0,9974	0,9976	4
86	0,9976	0,9978	0,9980	0,9981	0,9983	0,9985	0,9986	3
87	0,9986	0,9988	0,9989	0,9990	0,9992	0,9993	0,9994	2
88	0,9994	0,9995	0,9996	0,9997	0,9997	0,9998	0,99985	1
89	0,99985	0,99989	0,99993	0,99996	0,99998	0,99999	1,0000	0
	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°	درجه
دقیقه								
0...45° کسینوس								

0...45°		$\tan \alpha = \frac{a}{c}$		$a = b \cdot \tan \alpha$		$b = \frac{a}{\tan \alpha}$		
دقیقه								
درجه	0	10	20	30	40	50	60	
0	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175	89
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349	88
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0437	0,0466	0,0495	0,0524	87
3	0,0524	0,0553	0,0582	0,0612	0,0641	0,0670	0,0699	86
4	0,0699	0,0729	0,0758	0,0787	0,0816	0,0846	0,0875	85
5	0,0875	0,0904	0,0934	0,0963	0,0992	0,1022	0,1051	84
6	0,1051	0,1080	0,1110	0,1139	0,1169	0,1198	0,1228	83
7	0,1228	0,1257	0,1287	0,1317	0,1346	0,1376	0,1405	82
8	0,1405	0,1435	0,1465	0,1495	0,1524	0,1554	0,1584	81
9	0,1584	0,1614	0,1644	0,1673	0,1703	0,1733	0,1763	80
10	0,1763	0,1793	0,1823	0,1853	0,1883	0,1914	0,1944	79
11	0,1944	0,1974	0,2004	0,2035	0,2065	0,2095	0,2126	78
12	0,2126	0,2156	0,2186	0,2217	0,2247	0,2278	0,2309	77
13	0,2309	0,2339	0,2370	0,2401	0,2432	0,2462	0,2493	76
14	0,2493	0,2524	0,2555	0,2586	0,2617	0,2648	0,2679	75
15	0,2679	0,2711	0,2742	0,2773	0,2805	0,2836	0,2867	74
16	0,2867	0,2899	0,2931	0,2962	0,2994	0,3026	0,3057	73
17	0,3057	0,3089	0,3121	0,3153	0,3185	0,3217	0,3249	72
18	0,3249	0,3281	0,3314	0,3346	0,3378	0,3411	0,3443	71
19	0,3443	0,3476	0,3508	0,3541	0,3574	0,3607	0,3640	70
20	0,3640	0,3673	0,3706	0,3739	0,3772	0,3805	0,3839	69
21	0,3839	0,3872	0,3906	0,3939	0,3973	0,4006	0,4040	68
22	0,4040	0,4074	0,4108	0,4142	0,4176	0,4210	0,4245	67
23	0,4245	0,4279	0,4314	0,4348	0,4383	0,4417	0,4452	66
24	0,4452	0,4487	0,4522	0,4557	0,4592	0,4628	0,4663	65
25	0,4663	0,4699	0,4734	0,4770	0,4806	0,4841	0,4877	64
26	0,4877	0,4913	0,4950	0,4986	0,5022	0,5059	0,5095	63
27	0,5095	0,5132	0,5169	0,5206	0,5243	0,5280	0,5317	62
28	0,5317	0,5354	0,5392	0,5430	0,5467	0,5505	0,5543	61
29	0,5543	0,5581	0,5619	0,5658	0,5696	0,5735	0,5774	60
30	0,5774	0,5812	0,5851	0,5890	0,5930	0,5969	0,6009	59
31	0,6009	0,6048	0,6088	0,6128	0,6168	0,6208	0,6249	58
32	0,6249	0,6289	0,6330	0,6371	0,6412	0,6453	0,6494	57
33	0,6494	0,6536	0,6577	0,6619	0,6661	0,6703	0,6745	56
34	0,6745	0,6787	0,6830	0,6873	0,6916	0,6959	0,7002	55
35	0,7002	0,7046	0,7089	0,7133	0,7177	0,7221	0,7265	54
36	0,7265	0,7310	0,7355	0,7400	0,7445	0,7490	0,7536	53
37	0,7536	0,7581	0,7627	0,7673	0,7720	0,7766	0,7813	52
38	0,7813	0,7860	0,7907	0,7954	0,8002	0,8050	0,8098	51
39	0,8098	0,8146	0,8195	0,8243	0,8292	0,8342	0,8391	50
40	0,8391	0,8441	0,8491	0,8541	0,8591	0,8642	0,8693	49
41	0,8693	0,8744	0,8796	0,8847	0,8899	0,8952	0,9004	48
42	0,9004	0,9057	0,9110	0,9163	0,9217	0,9271	0,9325	47
43	0,9325	0,9380	0,9435	0,9490	0,9545	0,9601	0,9657	46
44	0,9657	0,9713	0,9770	0,9827	0,9884	0,9942	1,0000	45
	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°	درجه
دقیقه								
$\cos \alpha = \frac{b}{c}$		$b = c \cdot \cos \alpha$		$c = \frac{b}{\cos \alpha}$		45...90° کتانرانت		

45...90° تانژانت									
دقیقه									
درجه	0	10	20	30	40	50	60		
45	1,0000	1,0058	1,0117	1,0176	1,0235	1,0295	1,0355	44	
46	1,0355	1,0416	1,0477	1,0538	1,0599	1,0661	1,0724	43	
47	1,0724	1,0786	1,0850	1,0913	1,0977	1,1041	1,1106	42	
48	1,1106	1,1171	1,1237	1,1303	1,1369	1,1436	1,1504	41	
49	1,1504	1,1571	1,1640	1,1708	1,1778	1,1847	1,1918	40	
50	1,1918	1,1988	1,2059	1,2131	1,2203	1,2276	1,2349	39	
51	1,2349	1,2423	1,2497	1,2572	1,2647	1,2723	1,2799	38	
52	1,2799	1,2876	1,2954	1,3032	1,3111	1,3190	1,3270	37	
53	1,3270	1,3351	1,3432	1,3514	1,3597	1,3680	1,3764	36	
54	1,3764	1,3848	1,3934	1,4019	1,4106	1,4193	1,4281	35	
55	1,4281	1,4370	1,4460	1,4550	1,4641	1,4733	1,4826	34	
56	1,4826	1,4919	1,5013	1,5108	1,5204	1,5301	1,5399	33	
57	1,5399	1,5497	1,5597	1,5697	1,5798	1,5900	1,6003	32	
58	1,6003	1,6107	1,6213	1,6318	1,6426	1,6534	1,6643	31	
59	1,6643	1,6753	1,6864	1,6977	1,7090	1,7205	1,7321	30	
60	1,7321	1,7438	1,7556	1,7675	1,7796	1,7917	1,8041	29	
61	1,8041	1,8165	1,8291	1,8418	1,8546	1,8676	1,8807	28	
62	1,8807	1,8940	1,9074	1,9210	1,9347	1,9486	1,9626	27	
63	1,9626	1,9768	1,9912	2,0057	2,0204	2,0353	2,0503	26	
64	2,0503	2,0655	2,0809	2,0965	2,1123	2,1283	2,1445	25	
65	2,1445	2,1609	2,1775	2,1943	2,2113	2,2286	2,2460	24	
66	2,2460	2,2637	2,2817	2,2998	2,3183	2,3369	2,3558	23	
67	2,3559	2,3750	2,3945	2,4142	2,4342	2,4545	2,4751	22	
68	2,4751	2,4960	2,5172	2,5387	2,5605	2,5826	2,6051	21	
69	2,6051	2,6279	2,6511	2,6746	2,6985	2,7228	2,7475	20	
70	2,7475	2,7725	2,7980	2,8239	2,8502	2,8770	2,9042	19	
71	2,9042	2,9319	2,9600	2,9887	3,0178	3,0475	3,0777	18	
72	3,0777	3,1084	3,1397	3,1716	3,2041	3,2371	3,2709	17	
73	3,2709	3,3052	3,3402	3,3759	3,4124	3,4495	3,4874	16	
74	3,4874	3,5261	3,5656	3,6059	3,6470	3,6891	3,7321	15	
75	3,7321	3,7760	3,8208	3,8667	3,9136	3,9617	4,0108	14	
76	4,0108	4,0611	4,1126	4,1653	4,2193	4,2747	4,3315	13	
77	4,3315	4,3897	4,4494	4,5107	4,5736	4,6383	4,7046	12	
78	4,7046	4,7729	4,8430	4,9152	4,9894	5,0658	5,1446	11	
79	5,1446	5,2257	5,3093	5,3955	5,4845	5,5764	5,6713	10	
80	5,6713	5,7694	5,8708	5,9758	6,0844	6,1970	6,3138	9	
81	6,3138	6,4348	6,5605	6,6912	6,8269	6,9682	7,1154	8	
82	7,1154	7,2687	7,4287	7,5958	7,7704	7,9530	8,1444	7	
83	8,1444	8,3450	8,5556	8,7769	9,0098	9,2553	9,5144	6	
84	9,5144	9,7882	10,0780	10,3854	10,7019	11,0594	11,4301	5	
85	11,4301	11,8262	12,2505	12,7062	13,1969	13,7267	14,3007	4	
86	14,3007	14,9244	15,6048	16,3499	17,1693	18,0750	19,0811	3	
87	19,0811	20,2056	21,4704	22,9038	24,5418	26,4316	28,6363	2	
88	28,6363	31,2416	34,3678	38,1885	42,9641	49,1039	57,2900	1	
89	57,2900	68,7501	85,9398	114,5887	171,885	343,774		0	
درجه	60	50	40	30	20	10	0		
دقیقه									
									
								0...45° کتانژانت	

منابع

- ۱- آشنایی با فرایندهای ساخت و تولید- تألیف حجت ا... عالی- انتشارات دانشگاه امام حسین (ع)- چاپ دوم ۱۳۷۹
- ۲- پرسکاری ورق‌ها، فرایندها و قالب‌های برشکاری، خمکاری و کشش- مؤلف Vukota Boljanovic- ترجمه احسان روحانی- ناشر: نشر طراح- چاپ اول- زمستان ۱۳۸۴
- ۳- طراحی و ساخت قالب و قیود (قالب‌های برش، پلاستیک، دایکاست و ...) - مؤلف Keller, Eberhard- ترجمه: عبدا... ولی نژاد با همکاری محمد نصیری نیا- ناشر: نشر طراح- چاپ ششم- تابستان ۱۳۸۳
- ۴- جداول و استانداردهای ماشین سازی- مؤلف: Reutlingen, Ulrich Fisher- ترجمه عبدا... ولی نژاد- ناشر: نشر طراح- چاپ هفدهم- زمستان ۱۳۸۲
- ۵- اصول نقشه کشی و طراحی قالب (از غارها تا کامپیوتر)- ترجمه و تألیف یوسف ستاره شناس- چاپ دوم- تابستان ۱۳۷۵
- ۶- گام به گام طراحی و ساخت قالب‌های برش- مؤلف: J.R. Paquin- ترجمه: عبدا... ولی نژاد و کیان جوادی فخار- ناشر: نشر طراح- چاپ سوم- تابستان ۱۳۸۲
- ۷- جداول و استانداردهای فولاد- ترجمه: عبدا... ولی نژاد- ناشر: نشر طراح- چاپ سوم- پاییز ۱۳۸۱
- ۸- کتاب درسی قالبسازی (برش)- تهیه و تنظیم مسعود مظهری- ناشر: سازمان فنی و حرفه ای کشور- چاپ اول- خرداد ۱۳۷۹
- ۹- اصول قالبسازی طراحی گام به گام قالب‌های خم و برش- مؤلف: جی. آر. پاکوین- ترجمه فرزانه نظریان و حمید امامی خوانساری- نشر پیوند نو و نشر آییژ- چاپ اول- ویرایش دوم- زمستان ۱۳۸۰
- ۱۰- راهنمای ورق کاری، نوشته رن فورنیه، ترجمه عماد حجتی، انتشارات فنی ایران، چاپ اول ۱۳۷۹