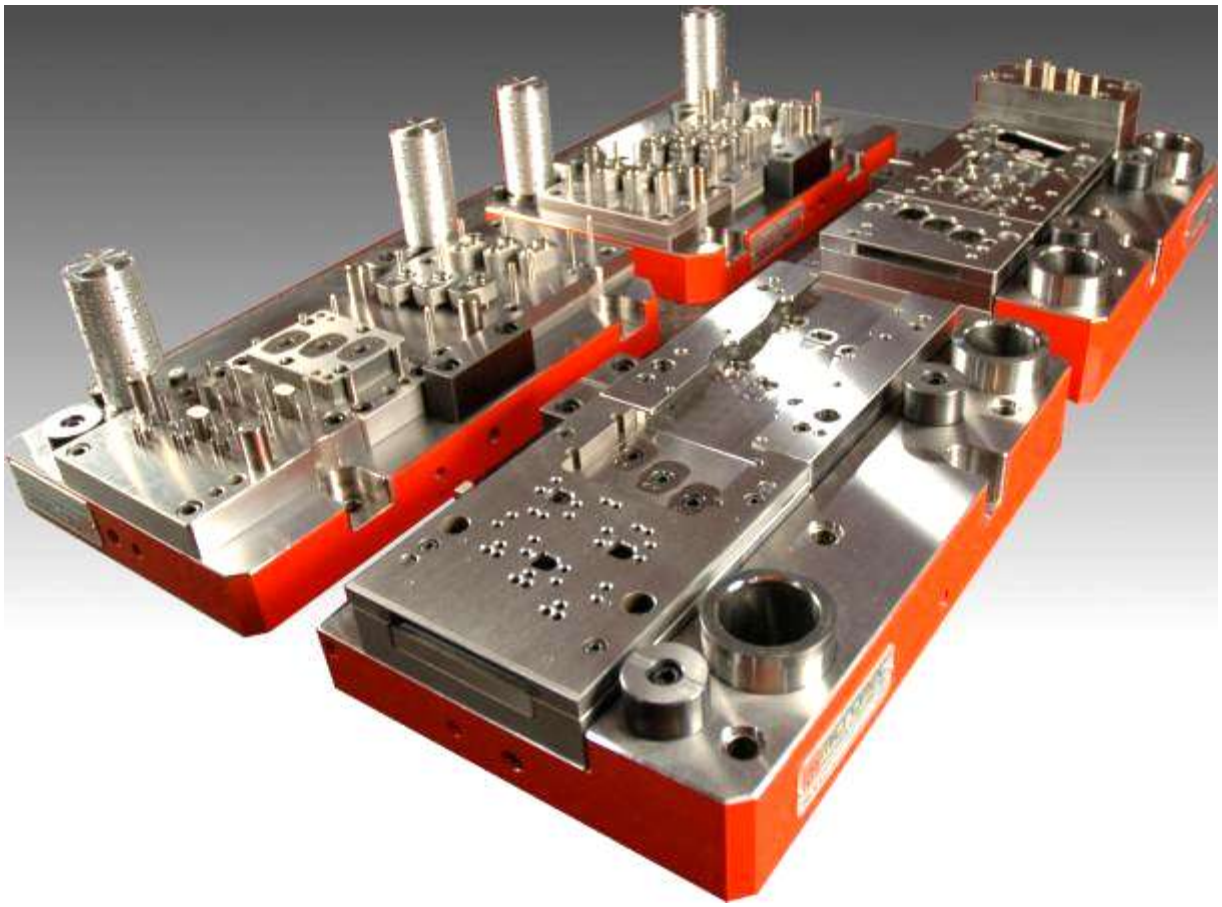
به نام خدا

تکنولوژی قالب سازی



سرفصل مطالب

۱- اصول تولید با قالب پرس
۲- اصول طراحی قالب‌های برش
۳- انواع قالب پرس
۴- پیوست
۵- مراجع

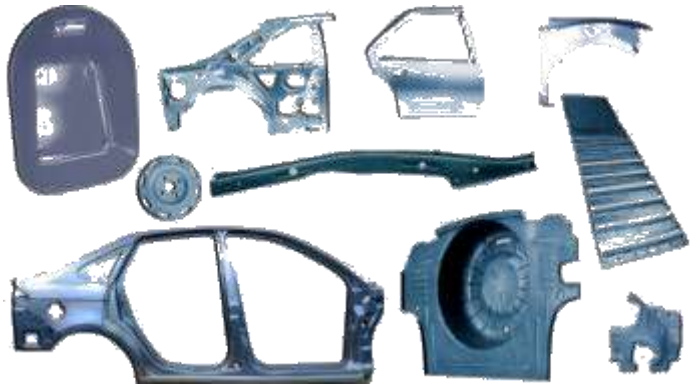
فصل اول

اصول تولید با قالب پرس

به نام خدا

۱-۱- اصول تولید با قالب پرس

فرایندهای ساخت و تولید قطعات صنعتی به دو گروه با 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.

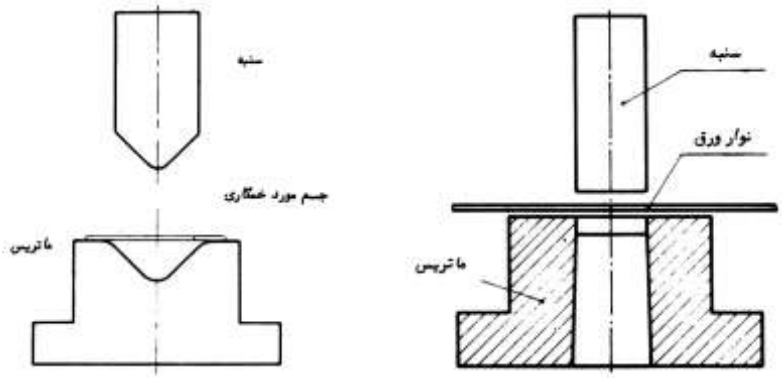
قالب‌های پرس یا سنبه و ماتریس از جمله قالب‌های فلزی هستند که توسط آنها ورق‌های فلزی شکل داده می‌شوند. این قالب‌ها به سه گروه زیر تقسیم می‌شوند:

۱- قالب‌های پرس برش (Cutting Die)

۲- قالب‌های پرس فرم (Forming Die)

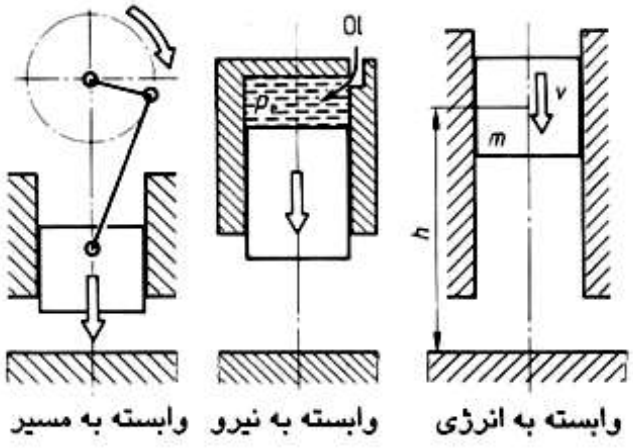
۳- قالب‌های پرس کشش عمیق (Deep Drawing Die)

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، شکل‌دادن 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 تقسم 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.

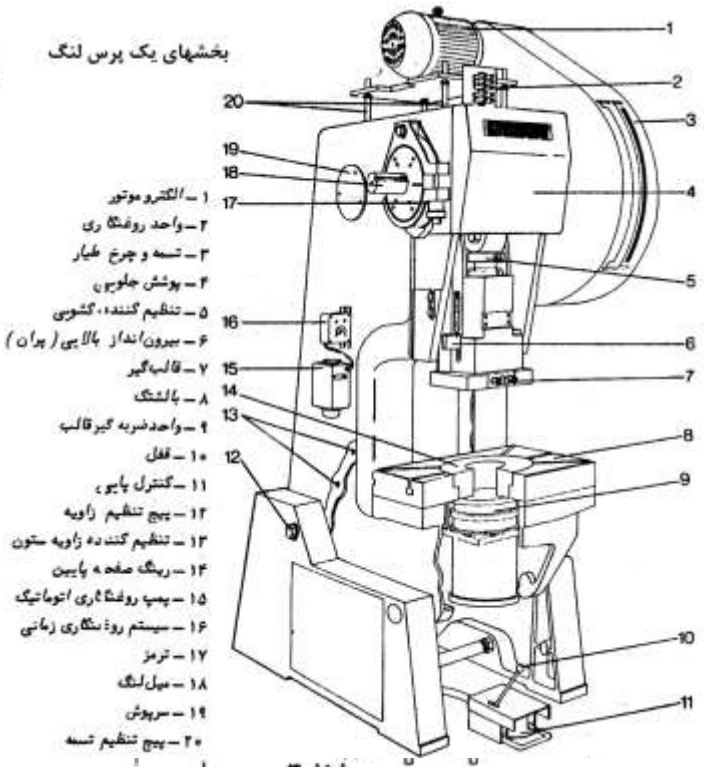
پرس‌های وابسته به نیرو (هیدرولیکی): نیروی خود را از روغن یا هوای فشرده در حال حرکت به دست می آورند و توانایی آنها به توان پمپ و سطح پیستون بستگی دارد.

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 می آورند (پرس‌های نیوماتیکی به علت نیروی پرس کم، کاربرد زیادی ندارند).

۱-۳- انواع پرس‌ها

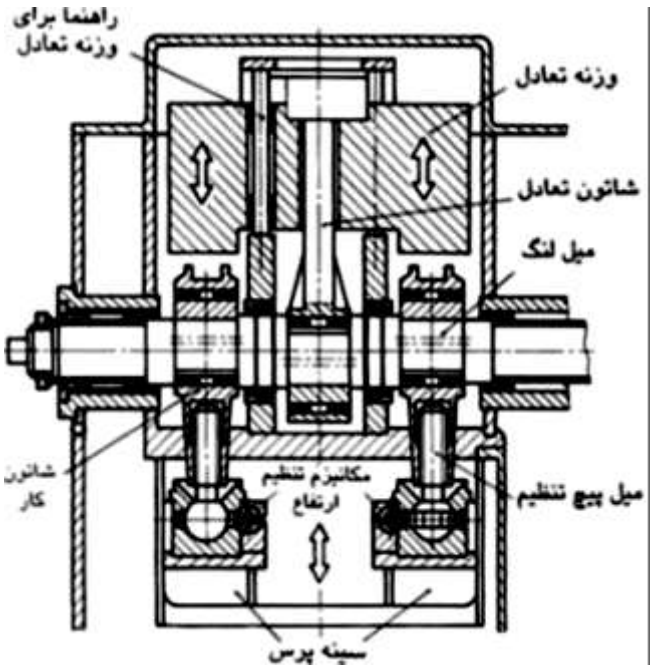
الف) پرس‌های وابسته به مسیر

۱-پرس لنگ



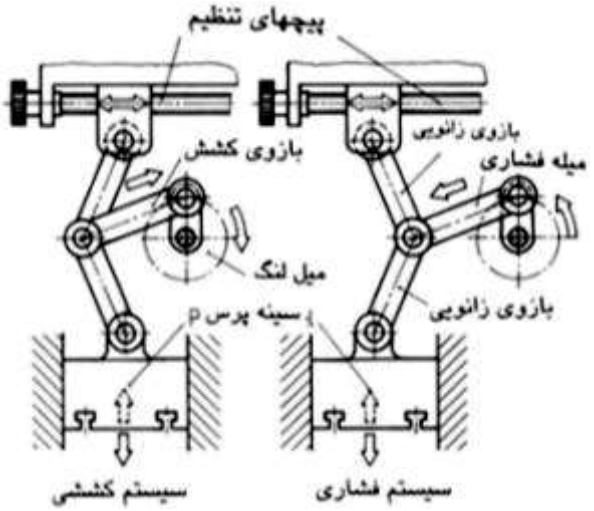
در پرس‌های لنگ، محور محرک توسط موتور و از طریق یک چرخ لنگر توسط کلاچ به حرکت در می‌آید که دارای تجهیزات ترمز است. مقدار کورس پرس لنگ از یک مقدار حداقل تا یک مقدار حداکثر به صورت غیر پله‌ای قابل تنظیم است.

۲-پرس میل لنگی



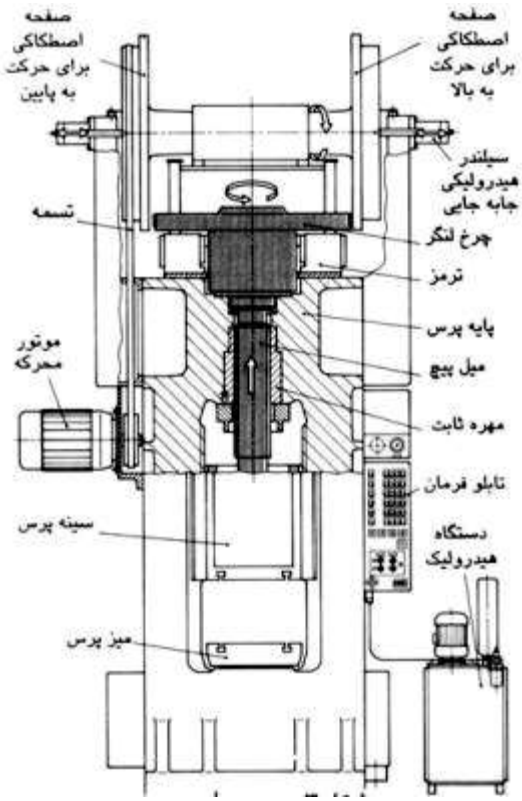
حرکت سینه پرس توسط یک محرک میل لنگی تأمین می‌شود. این حرکت از میل لنگ دوار از طریق یک دسته شاتون قوی به سینه پرس منتقل می‌گردد. مقدار کورس قابل تنظیم نیست اما می توان سینه پرس را توسط یک میل پیچ ساچمه ای تنظیم کرد (شکل زیر).

۳-پرس زانویی



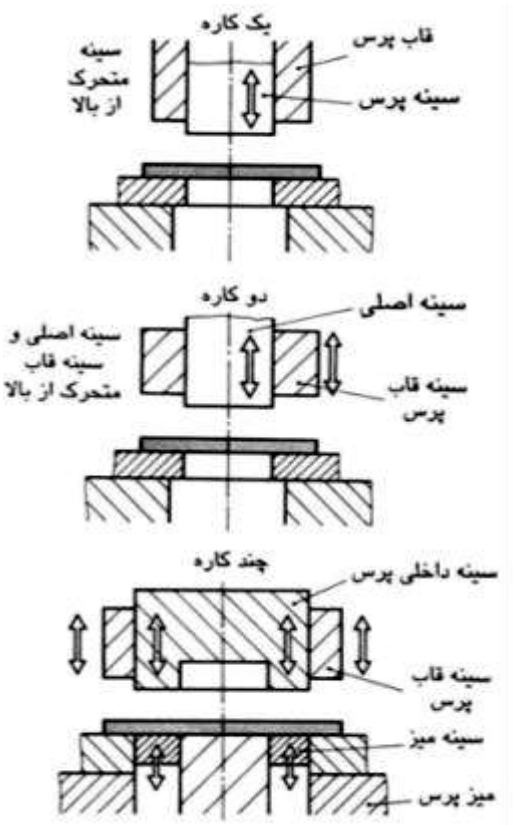
سیستم کار پرس زانویی در شکل زیر دیده می‌شود. این پرس برای کارهای ضرب و ظریف مناسب می‌باشد چرا که نیروی پرس در آنها به طور آهسته تا بیشترین مقدار افزایش می‌یابد.

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 می کند و سینه پرس را به همراه بخش بالایی ابزار، سریع به سمت پایین می راند. 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 می کنند به عنوان پرس‌های آهنگری و همچنین به علت یکسان بودن نیروی پرس در طول کورس، برای کشش عمیق نیز استفاده می‌شوند.

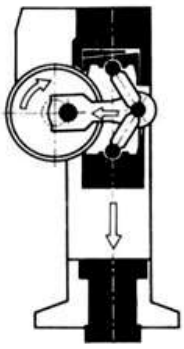
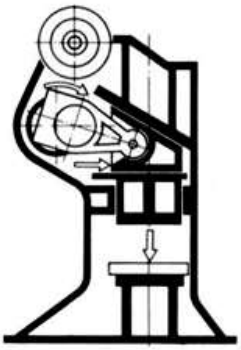
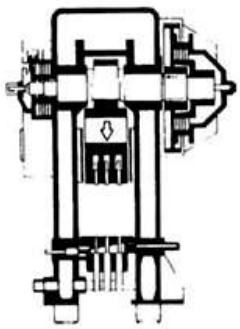
۱-۳-۱- طرز کار پرس‌ها

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

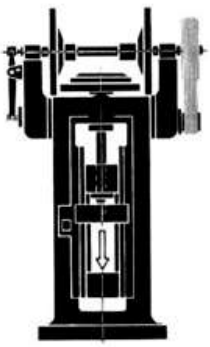
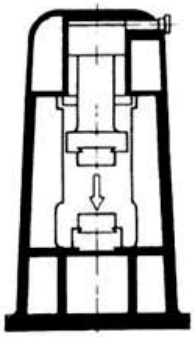
کششی که قبلاً شکل داده شده‌است یا برای یک حرکت کششی متقابل لازم به کار می‌رود. با این روش در زمان و نیروی کار صرفه جویی می‌شود. پرس‌های چند کاره می‌توانند حرکات مختلف سینه پرس را همزمان یا یکی پس از دیگری اجرا کنند این پرس‌ها برای این منظور سیستمهای محرک مختلف یا هم نوعی را به کار می‌برند.

انواع پرسها

پرسهای وابسته به مسیر

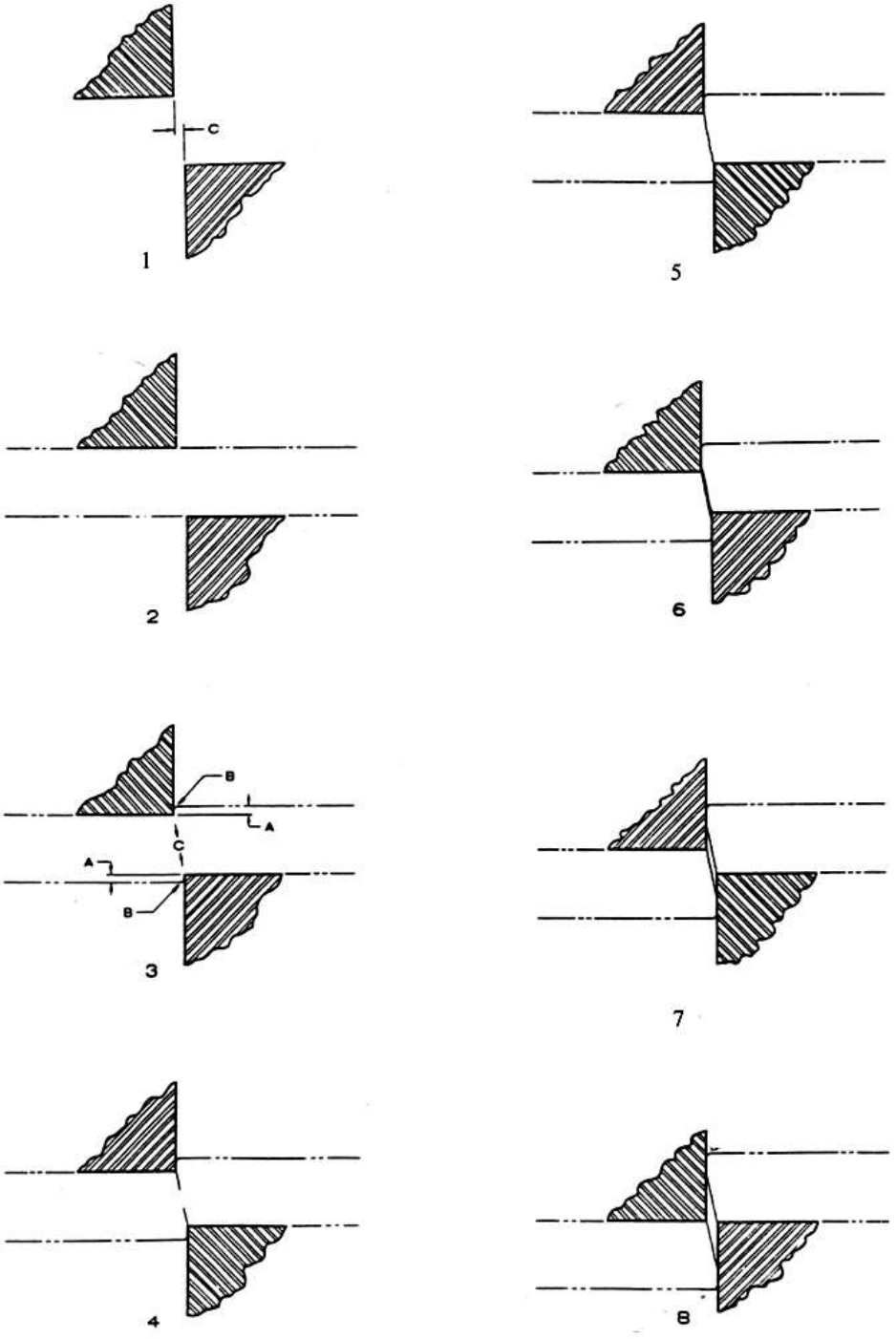
کاربرد	شکل	کاربرد	شکل
برای کارهای ضرب سرد و گرم با دقت زیاد نیروی پرس 250...36000 kN	پرس زانویی 	برای پرسکاریهای سبک و نیمه سنگین، برش، سوراخ کردن، شکل دادن خمشی، پلیسه‌گیری، کارهای کششی سبک ، ضرب نیروی پرس 25...5000 kN	پرس لنگ
برای کارهای وسیع در قالبهای بسته آهنگری	پرس گوه ای 	برای پرسکاریهای نیمه سبک و سنگین با یک یا دو بازوی لنگ، ضرب، برش، کشش با عمق زیاد، پرس اکستروژن قطعه‌کار، پرس تزریقی نیروی پرس 1250...40000 kN	پرس میل لنگی 

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 نیروی پرس 1300...7200 kN	پرس ضربه ای پیچی 	برای کارهای کششی و برشی قطعات سطح بزرگ (قطعات اتاق خودرو) ، فورج نیروی پرس تا 20000 kN	پرس هیدرولیکی 

۱-۴- تئوری برش

برش - اگر آن را به عنوان یک فرایند تولید بدون براده‌برداری در نظر بگیریم- قطع ورق‌های فلزی با اعمال نیروی مکانیکی توسط دو تیغه برنده تعریف می‌گردد. به فرایند برش توسط سنبه و ماتریس برش با قالب (Die Cutting) اطلاق می‌گردد و به قالب سنبه و ماتریسی که عمل برش ورق را به شکلها و طرحهای مختلف انجام می‌دهد قالب برش گفته می‌شود. 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 می‌کند و این نفوذ آن قدر ادامه می‌یابد که ورق از هم گسسته می‌شود. فرایند برش در قالب‌های برش بررسی شده‌است و مراحل آن تحت عنوان مبحث تئوری برش تشریح می‌گردد. به شکل زیر توجه نمایید:



نمای بزرگ شده از فاصلهٔ مجاز بین لبه‌های 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 می‌شود. 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 شده‌است. هنگامی که نوار تغذیه بین دو لبه ی برنده فشرده می‌گردد و مقدار فشار از استحکام نهایی ماده بیشتر شود در نوار شکست ایجاد می‌گردد و به دنبال آن برش انجام می‌شود.

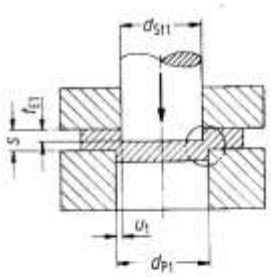
۳- سنبه، حرکت رو به پایین را ادامه می‌دهد و لبه های آن به مقدار A درون ماده نفوذ می‌کند. مقدار عمق نفوذ لازم برای آغاز برش به جنس و ضخامت ورق بستگی دارد که در ورق‌های ترد کمتر از ورق‌های نرم است. ماده در بخش B کشیده می‌شود و کشش تا فراتر از حد الاستیک ماده افزایش می‌یابد در نتیجه تغییر شکل پلاستیک اتفاق 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 می‌شود. صفحات شکست دقیقاً از لبه های برنده آغاز می‌گردد.

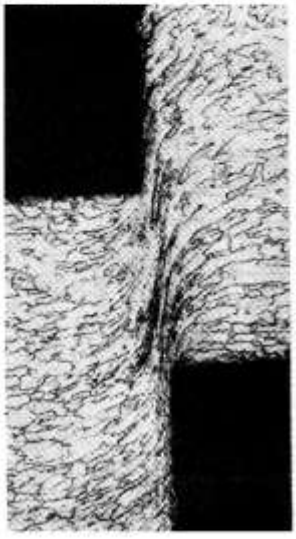
۵- در ادامه حرکت پیوسته ی سنبه، ترکها رشد کرده از دو طرف به هم می رسند. در این جا اهمیت مقدار فاصله ی c مشخص می‌شود چرا که اگر این فاصله مناسب نباشد ترکها به هم نمی رسد و یک دیوار برش نامطلوب در قطعه‌کار ایجاد خواهد شد.

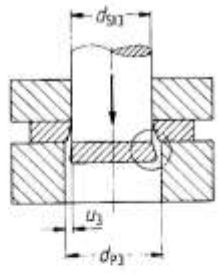
۶- با پیشروی بیشتر سنبه، قطعه‌کار از نوار جدا می‌شود. جدایش زمانی اتفاق می افتد که سنبه به میزان یک سوم ضخامت نوار پیشروی کرده‌باشد.

۷- ادامه ی حرکت سنبه باعث می‌شود قطعه‌کار در حفره ی ماتریس پایین برود. به دلیل تنش‌های فشاری ایجاد شده، قبل از جدایش، قطعه به دیوارهای حفره می‌چسبد. به عبارت دیگر چون ماده در ناحیه C در مرحله ۳ فشرده شده بود اکنون مانند یک فنر فشرده عمل می‌کند. قطعه‌کار که در حفره ماتریس محبوس شده‌است، تمایل به انبساط دارد اما دیواره های حفره قالب مانع از این عمل می‌گردد. در سنبه، وضعیت برعکس است و نوار به دور سنبه جمع می‌شود و به سختی به آن می‌چسبد.

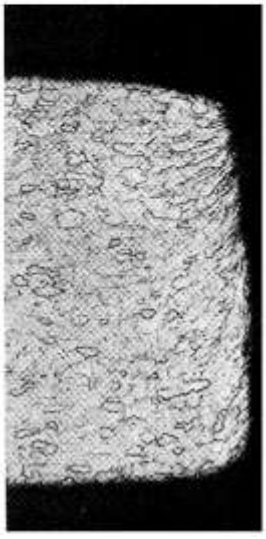


مرحله اول : آغاز پولک زنی





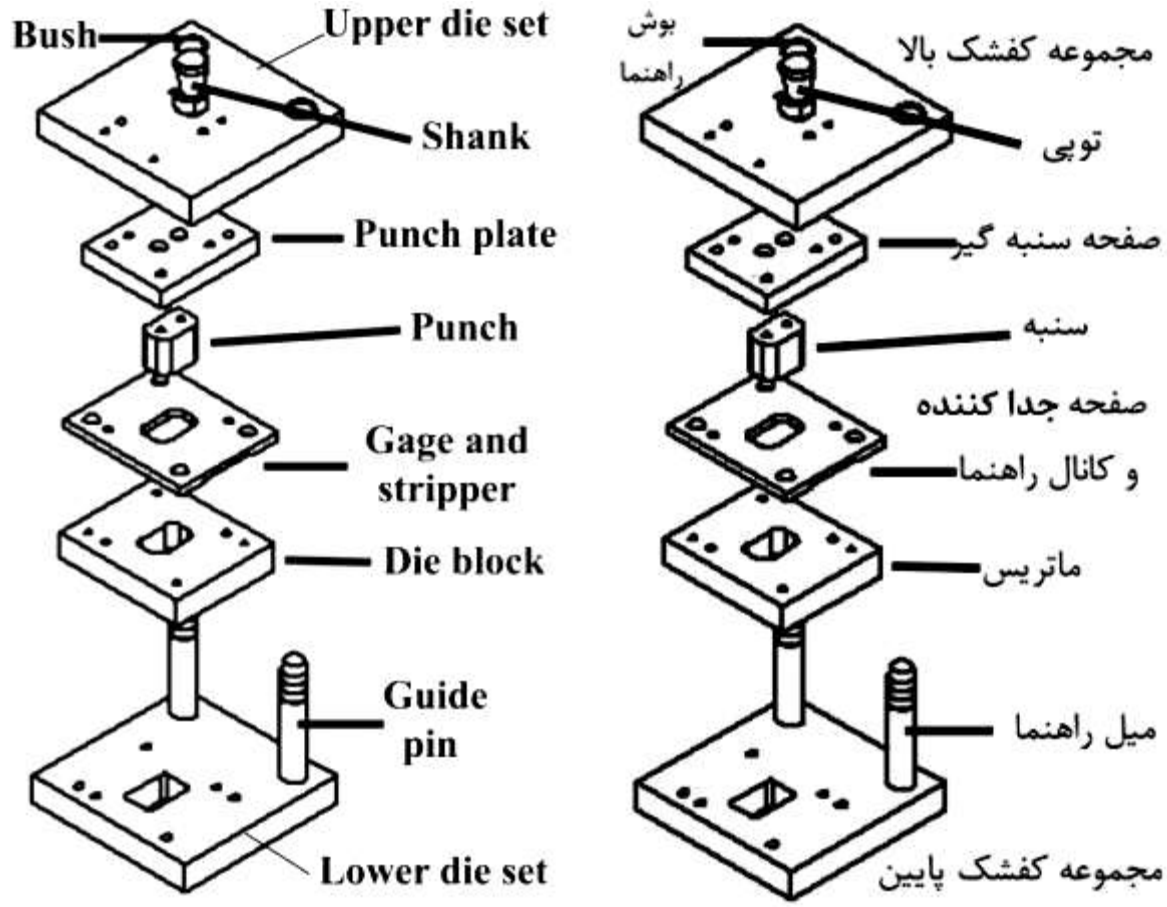
مرحله آخر : پایان پولک زنی



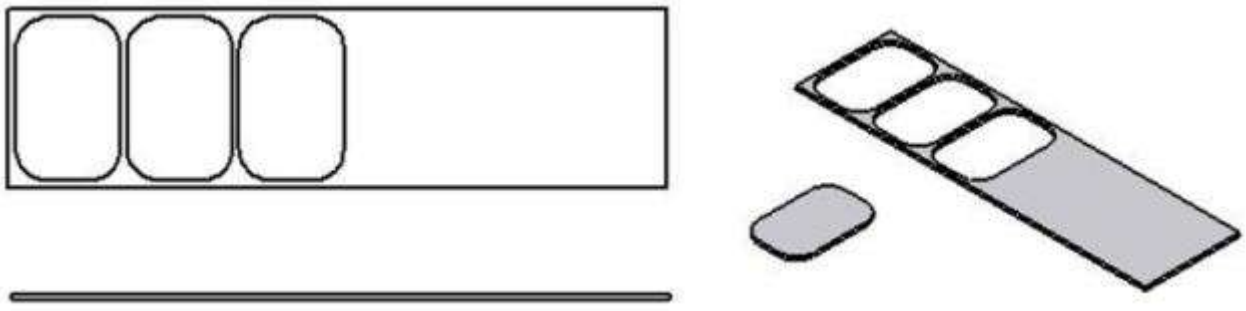
۸- اکنون سنبه کاملاً از میان نوار گذشته است. همچنین قطعه‌کار نیز کاملاً در حفره ماتریس قرار گرفته است. توجه شود که دیواره برش خورده در قطعه‌کار و نوار، دارای سطوح مشابه اما معکوس یکدیگر هستند. نوار تغذیه با فشاری برابر با فشار چسبیدگی قطعه‌کار به دیواره حفره ماتریس، دور سنبه می‌چسبد و برای جدا کردن آن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

۱-۵- معرفی قطعات مختلف یک قالب برش ساده

در شکل صفحه بعد اجزای یک قالب برش ساده نشان داده شده‌است. 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.

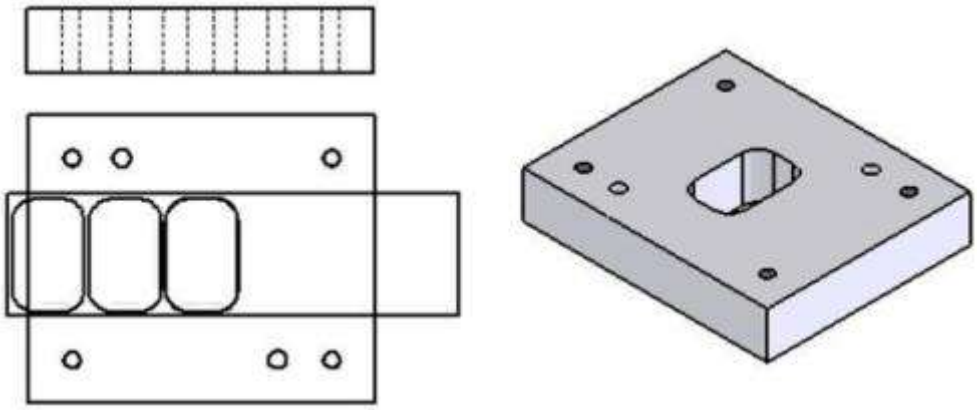


۱-نوار ورق: اولین مرحله در طراحی هر قالب برش، طراحی نوار ورق به شکلی که در انتهای ضربه پرس ظاهر خواهد شد می‌باشد. در نقشه همواره نوار ورق را پر رنگ بکشید تا به راحتی تشخیص داده شود. در نمای بالایی طرح کامل نوار ورق و سوراخ های آن مشخص می‌گردد. در نمای روبرو یا جانبی نیز ضخامت آن نشان داده می‌شود. قطعه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



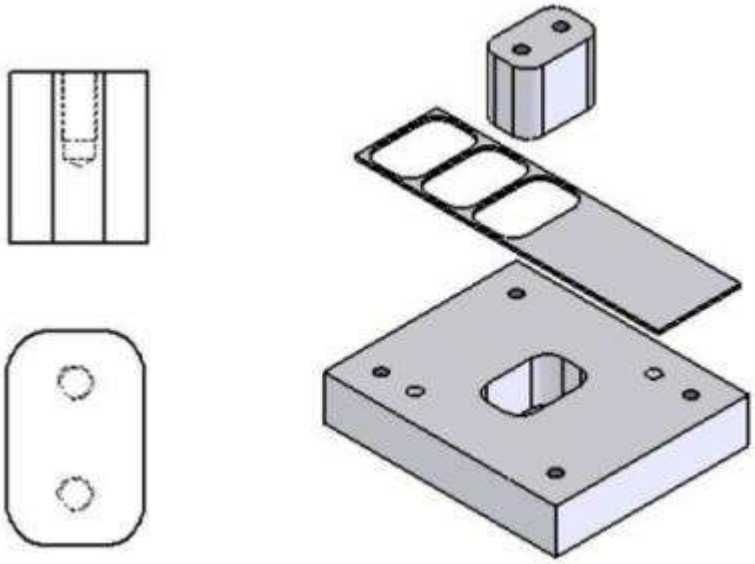
طرح نوار ورق

۲-ماتریس: در شکل صفحه بعد سه نما از ماتریس رسم شده‌است. در نمای بالا، بدنه معمولاً به صورت مستطیل در نظر گرفته می‌شود. دیواره سوراخ حفره برای آسان بیرون افتادن قطعه‌کار شیب دار می‌گردد. همچنین باید برای پیچ‌ها و پین‌هایی که قالب را به کفشک می‌بندد جای کافی در نظر گرفت. نقشه بدنه ی ماتریس زیر نوار مشاهده می‌گردد.



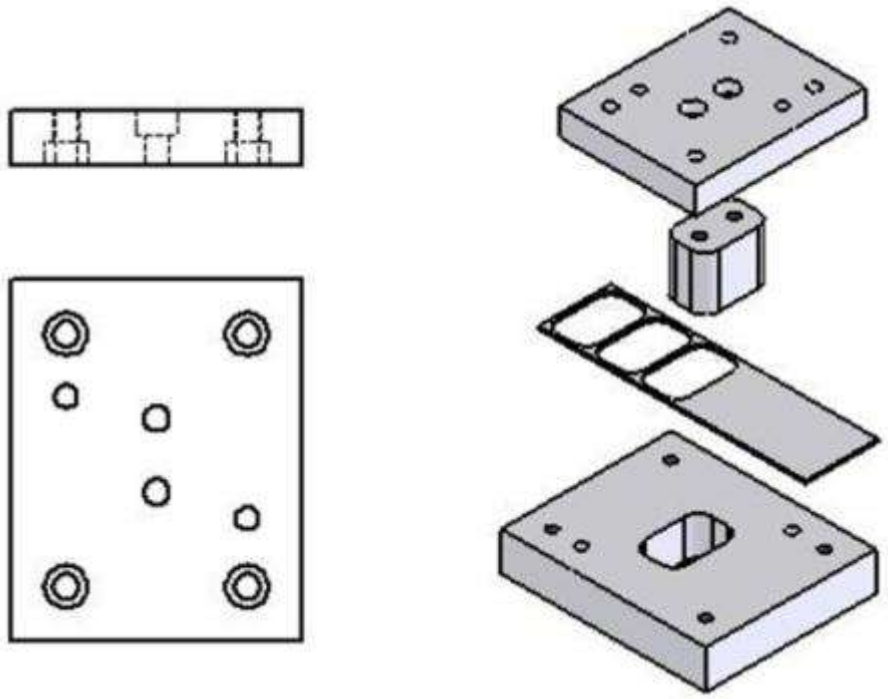
ماتریس

۳-سنبه پولک زنی: سنبه به بخشی از قالب گفته می‌شود که به طرف بالای پرس بسته می‌شود و با پایین آمدن آن، عملیات مختلفی بروی نوار ورق انجام می‌گردد. از سنبه ها برای برش، سوراخ کاری، ایجاد خم یا فرم در قطعه استفاده می‌شود. در شکل زیر سنبه‌ی برش مربوط به قالب در بالای بدنه‌ی ماتریس دیده می‌شود. زمانی که سنبه را طراحی می‌کنیم باید محل پیچ‌ها و پین‌هایی که آن را به مجموعه‌ی قالب می‌بندد نیز در نظر بگیریم.



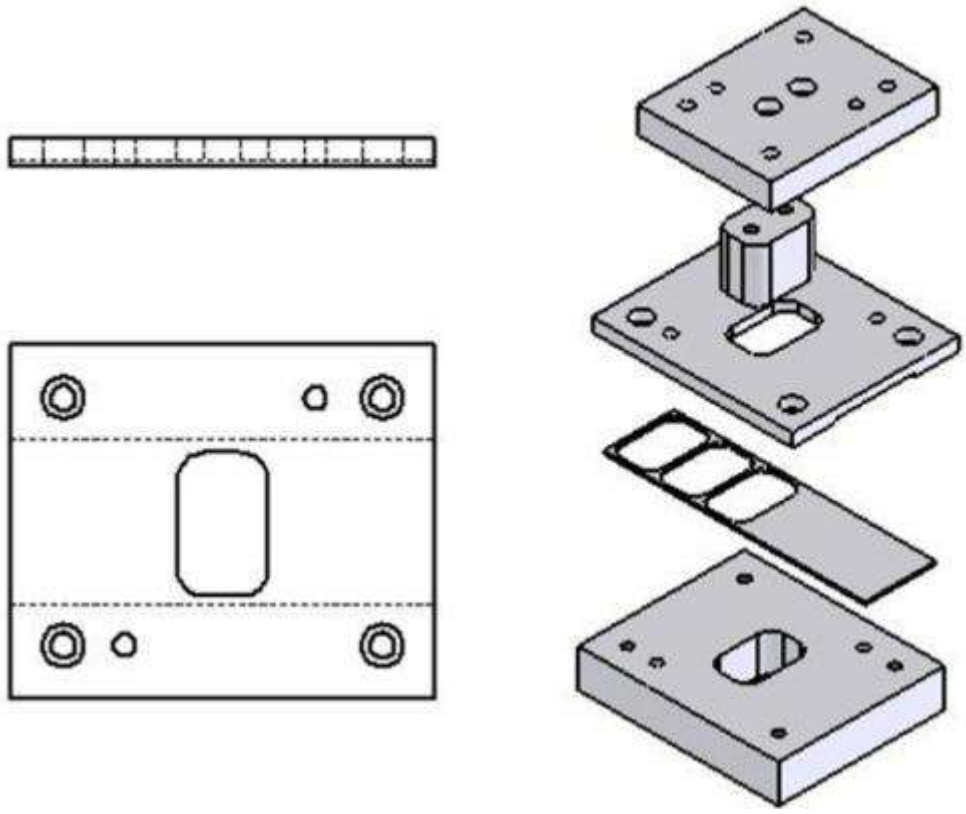
سنبه

۴-صفحه‌ی سنبه‌گیر: در شکل صفحه بعد صفحه‌ای که سنبه را نگاه می‌دارد دیده می‌شود. خاطر نشان می‌گردد که هنگام طراحی سنبه‌گیر باید فضای کافی برای اتصالات پیچ و پین در نظر گرفته شود. گاهی بجای این که صفحه سنبه‌گیر را مستقیماً به کفشک ببندند بین آن و کفشک ورقی از جنس فولاد نرم قرار می‌دهند تا مانع انتقال ضربه های سنبه به کفشک گردد و در نتیجه از خرابی کفشک جلوگیری نماید. به این قطعه، صفحه ضربه‌گیر می‌گویند.



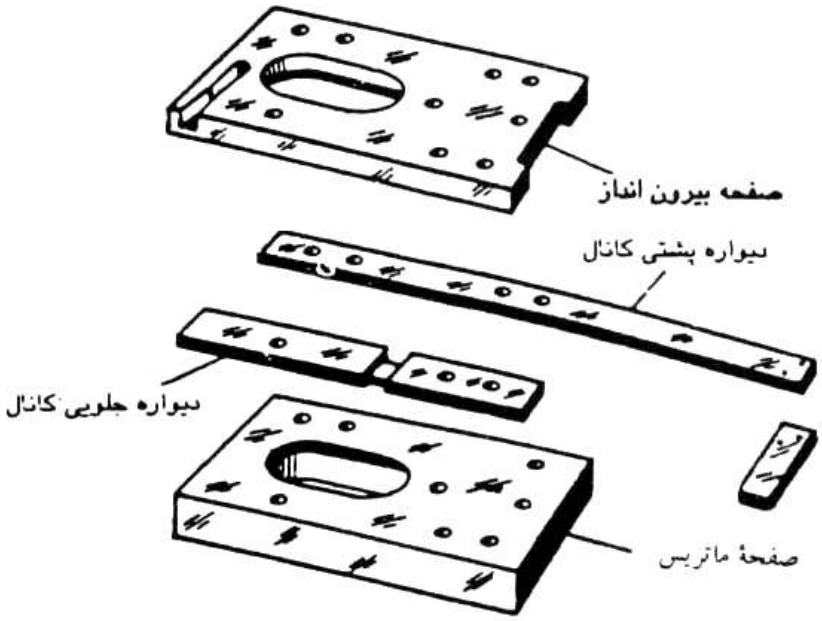
صفحه سنبه‌گیر

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 می نماید.



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.



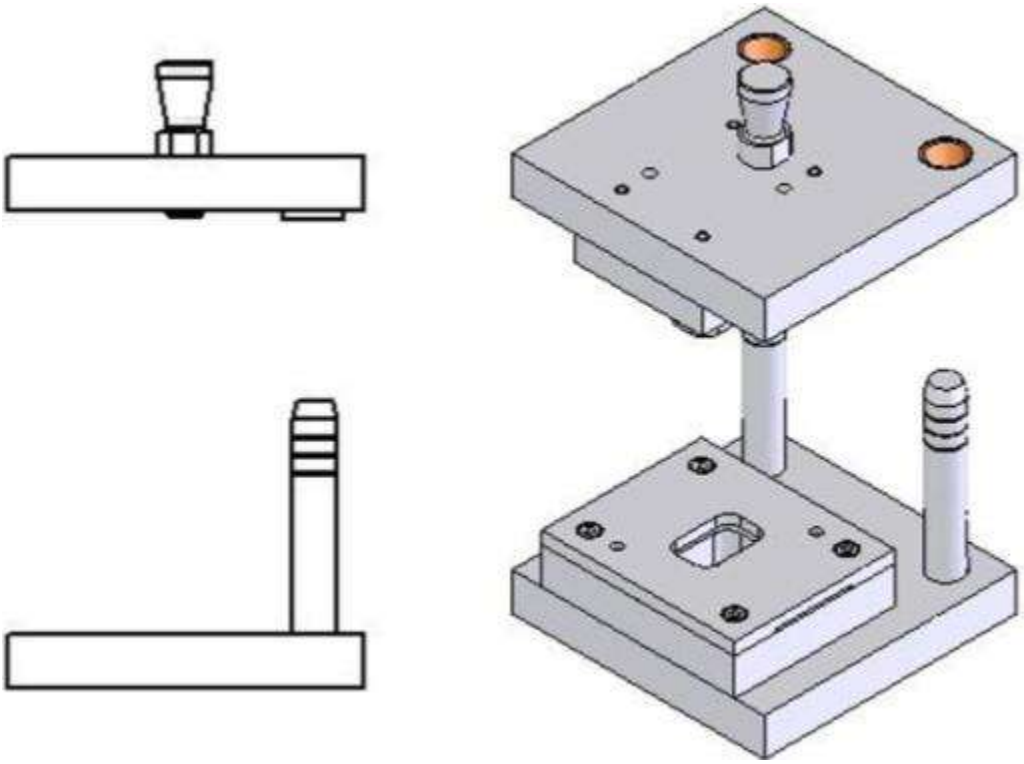
صفحه جدا کننده و کانال راهنما به صورت مجزا

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 می‌شود. در قالب‌های برش ساده می‌توان 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 قالب‌های پرس تمامی پین‌ها و پیچ‌های یک عضو مشخص، هم قطر انتخاب می‌شود. در قالب‌سازی معمولاً از پیچهای آلن استفاده می‌گردد چرا که شکل گرد، ارتفاع کم سر پیچ و مقاومت خوب این نوع پیچ برای اتصال بسیار مناسب است.

۸- **کفشک‌ها**: اجزای قالب از طریق کفشک به پرس متصل می‌گردد. کفشک‌ها در اندازه های مختلف و اشکال متفاوتی وجود دارد و برای انتخاب یک نوع مناسب نکته های خاصی باید در نظر گرفته شود. کفشک‌ها به همراه میلها و بوشهای راهنما بطور آماده در ابعاد مختلف قالب موجود می‌باشد و کمتر پیش می‌آید که این بخشها نیز ساخته شود. ابعاد کفشک‌های استاندارد در بخش پیوست آورده شده‌اند. شکل صفحه بعد مجموعه قالب و کفشک‌های آن را نشان می‌دهد.

توجه: برای اتصال مجموعه کفشک بالا، صفحه سنبه‌گیر و سنبه (بطور کلی کفشک بالای قالب) به سینه پرس از قطعه‌ای به نام توپی استفاده می‌شود که متناسب با اندازه پرس و کفشک انتخاب می‌گردد. ابعاد توپی برای کفشک‌های مختلف در بخش پیوست داده شده‌است.



یک قالب برش و مجموعه کفشک آن

طراحی نوار ورق

↓

طراحی و ساخت ماتریس

↓

طراحی و ساخت سنبه و صفحه سنبه گیر

↓

طراحی و ساخت صفحه جدا کننده ورق

↓

انتخاب پیچها و پینها

↓

انتخاب مجموعه کفشک

↓

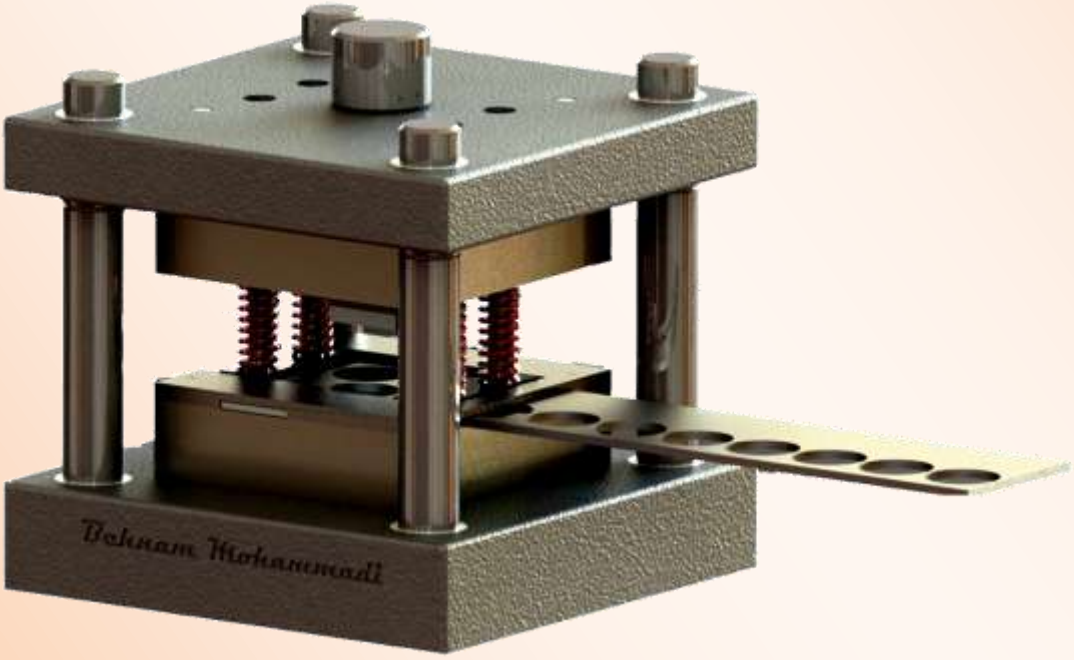
مونتاژ و تست قالب

مراحل طراحی و ساخت یک قالب برش ساده

فصل دوم

اصول

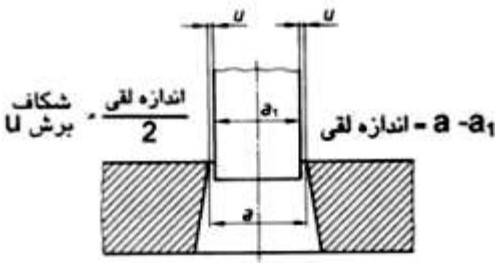
طراحی قالب‌های برش



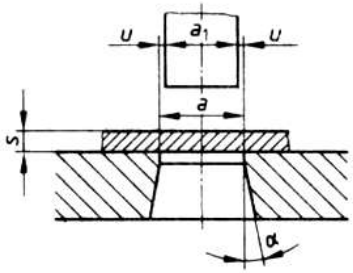
۲-۱- اصول طراحی قالب‌های برش

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

بین لبه برش سنبه و لبه برش ماتریس باید مقداری لقی که به طور عمود بر سطح برش اندازه گیری می‌شود وجود داشته‌باشد. اندازه لقی به ضخامت و استحکام ماده قطعه‌کار، ساختمان قالب برش و میزان پرداخت سطح برش قطعه‌کار 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 می‌گردد. به این ترتیب راهنماهای قالب تحت سایش شدید قرار می‌گیرد و قالب زودتر از موعد کند می‌شود. به علاوه نیروی برش افزایش می‌یابد و بطور غیر یک نواخت بروی قطعه‌کار پلیسه تولید می‌گردد. اندازه سنبه و ماتریس غالبا با لقی بین آنها محاسبه می‌شود. 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 می‌شود. مقدار لقی بر طبق جنس ورق و ضخامت ورق از جدول زیر قابل تعیین است.



ابعاد سنبه و ماتریس برش — مقایسه با VDI 3368 (5.82)



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 $a_1 = a - 2 \cdot u$

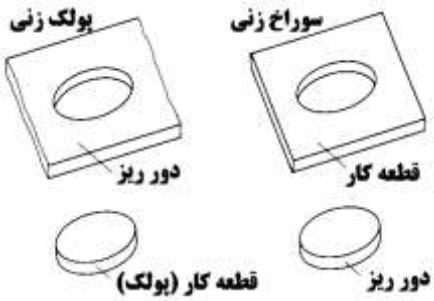
لقی سنبه در ارتباط با جنس و ضخامت ورق

ضخامت ورق s mm	سوراخ ماتریس با زاویه آزاد α — لقی برش u برای استحکام برشی τ_{aB} به N/mm^2				سوراخ ماتریس بدون زاویه آزاد α — لقی برش u برای استحکام برشی τ_{aB} به N/mm^2			
	تا 250	251...400	401...600	بیش از600	تا250	251...400	401...600	بیش از600
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

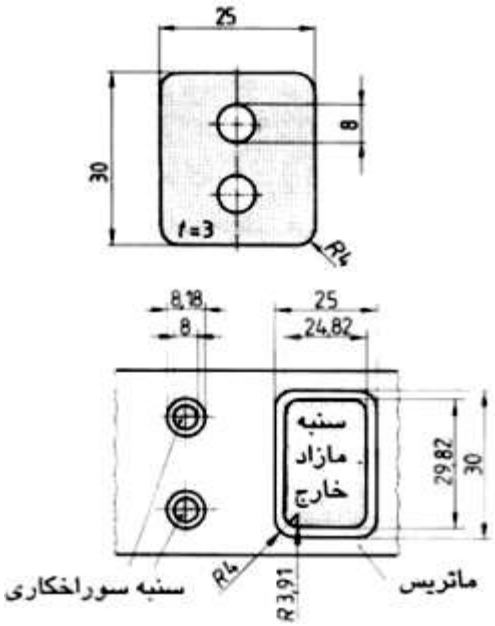
✓ **نکته:**

در برش مازاد خارج (پولک‌زنی blanking) اندازه حفره ماتریس همان اندازه اسمی قطعه‌کار است در حالی که اندازه سنبه برش به اندازه لقی قالب کوچک تر از اندازه اسمی قطعه‌کار در نظر گرفته می‌شود. در برش مازاد داخل (سوراخزنی

piercing) اندازه سنبه همان اندازه اسمی قطعه‌کار است در حالی که اندازه حفره ماتریس به اندازه لقی قالب بزرگتر از اندازه اسمی قطعه‌کار در نظر گرفته می‌شود.



مثال:



قطعه‌کار روبرو باید از ورقی به ضخامت ۳ میلی‌متر با سختی متوسط ساخته شود. اگر لقی قالب ۶ درصد ضخامت ورق باشد اندازه های حفره ماتریس و سنبه سوراخزنی را محاسبه کنید.

الف)در پولک‌زنی اندازه حفره قالب همان اندازه قطعه‌کار است بنابراین: طول حفره ۳۰ میلی‌متر، عرض آن ۲۵ میلی‌متر و شعاع گوشه ۴ میلی‌متر می‌باشد. سنبه پولک‌زنی به اندازه لقی از اندازه اسمی قطعه‌کار 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 می‌گردد:

طول سنبه پولک‌زنی: میلی‌متر ۲۹/۸۲= ۰/۱۸ - ۳۰

عرض سنبه پولک‌زنی: میلی‌متر ۲۴/۸۲= ۰/۱۸ - ۲۵

شعاع گوشه سنبه پولک‌زنی: میلی‌متر ۳/۹۱= (۰/۰۹) - ۴ = (۲: ۰/۱۸) - ۴

ب)در سوراخزنی اندازه سنبه همان اندازه اسمی قطعه‌کار است اما حفره ماتریس به مقدار لقی از اندازه اسمی قطعه‌کار بزرگتر است.

قطر سنبه سوراخزنی: ۸ میلی‌متر

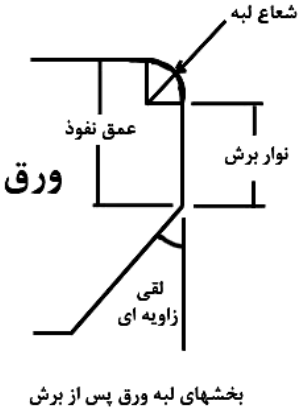
قطر سوراخ ماتریس: میلی‌متر ۸/۱۸ = ۰/۱۸ + ۸

✓ نکته مهم ۱:

در سوراخزنی به واسطه برگشت فنری ورق، قطعه‌کار به اصطلاح باد می کند و باعث می‌شود سوراخ ایجاد شده‌از سنبه کوچکتر گردد. این پدیده به خصوص در ورق‌های ضخیم قابل ملاحظه است. به همین دلیل سنبه سوراخزنی حدود نصف لقی بزرگتر از اندازه اسمی سوراخ قطعه‌کار در نظر گرفته می‌شود. بنابراین در مثال قبل که مقدار لقی ۰/۱۸ میلی‌متر بود اندازه بادکردگی، نصف لقی یعنی ۰/۰۹ میلی‌متر می‌باشد که باید به سنبه سوراخزنی اضافه گردد (قطر سنبه سوراخزنی = ۸/۰۹ میلی‌متر). اندازه بادکردگی را به این صورت هم می‌توان در نظر گرفت که به هنگام ساخت قالب سنبه به اندازه تلرانس 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 تلرانس قطعه‌کار تعیین گردد. برای حصول این منظور باید در پولک‌زنی، حفره ماتریس حداقل اندازه قطعه‌کار (حد پایین تلرانس) و در سوراخزنی سنبه سوراخزنی حداکثر اندازه قطعه‌کار (حد بالای تلرانس) را داشته‌باشد.



بخشهای لبه ورق پس از برش

✓ **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

۲-۱-۲- نیروی برش

هنگام پولک‌زنی یک قطعه‌کار 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 می‌رود. نیروی برش به موازات لبه های برش و طبق معادله زیر محاسبه می‌گردد:

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

در رابطهٔ فوق، F نیروی برش بر حسب نیوتن، S مساحت سطح برش بر حسب میلی‌متر مربع و T_{max} حداکثر استحکام برشی ورق بر حسب نیوتن بر میلی‌متر مربع است.

مقدار τ_{max} تقریباً ۰/۸ حداکثر استحکام کششی است. استحکام کششی انواع فلزات در جداول صفحه ۷۰ تا ۷۵ آورده شده‌است.

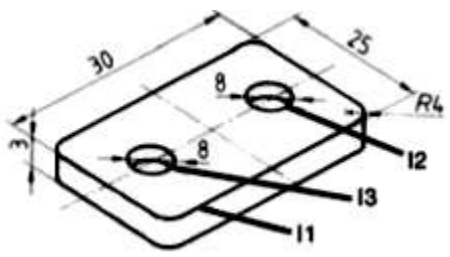
مساحت سطح برش نیز از رابطه روبرو محاسبه می‌گردد:

$$S = l_s \times s$$

در رابطهٔ فوق، S مساحت سطح برش بر حسب میلی‌متر مربع، l_s طول خط برش بر حسب میلی‌متر، s ضخامت ورق بر حسب میلی‌متر است.

مثال:

برای ساخت قطعه‌کار نشان داده شده‌از جنس ST37-2 نیروی پرس را محاسبه کنید.



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

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

$$l_2 = l_3 = 8.\pi = 25.1mm$$

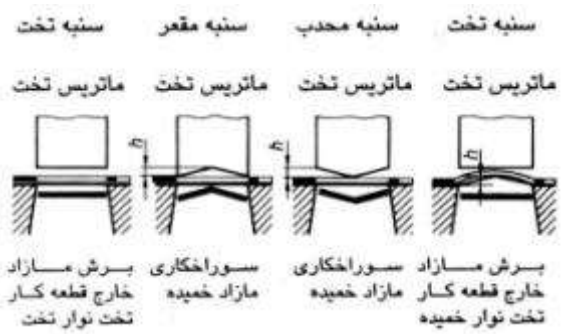
$$R_{mmax} = 510 N/mm^2 \quad , \quad \tau_{max} \approx 0.8.R_{mmax} \Rightarrow \quad \tau_{max} = 0.8 \times 510 = 408\ N/mm^2$$

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

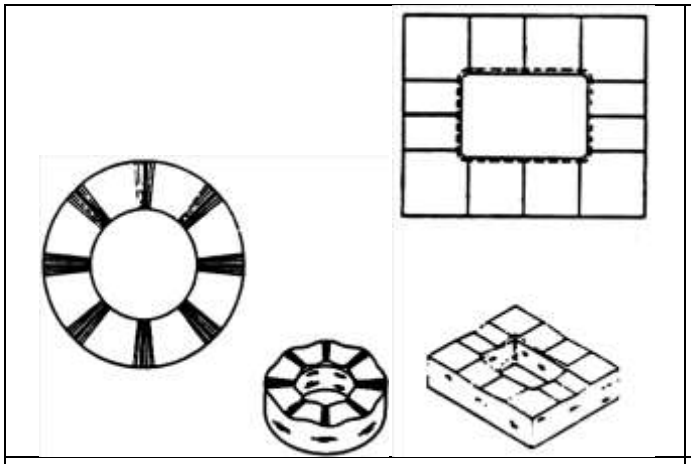
بنابراین پرس به کار رفته باید حداقل نیرویی برابر ۱۸۸ کیلو نیوتن به وجود آورد. برای در نظر گرفتن اصطکاک بین سنبه، ورق گیر و ورق یا کندی لبه های برش و نیز تلرانس ضخامت ورق، نیروی برش را حدود ۲۰ درصد بیشتر از مقدار محاسبه شده در نظر می‌گیرند. به این ترتیب در مثال بالا نیروی پرس باید حداقل حدود ۲۲۶ کیلو نیوتن باشد (کیلو نیوتن ۲۲۶=۱۸۸×۰/۲۰ + ۱۸۸).

۲-۱-۲-۱- کاهش نیروی برش

در قالب‌های برش پر قدرت مانند برش ورق‌های ضخیم، با سنگ زنی، سر سنبه‌یا 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 می‌یابد. قالب باید طوری شیب دار شود که قطعه‌کار پس از خروج از آن همچنان تخت بماند. در پولک‌زنی معمولاً ماتریس شیب دار است اما در سوراخ‌زنی سنبه باید شیب دار باشد. با این روش فقط دور ریز ورق قوس دار می‌شود و قطعه‌کار تخت باقی می ماند. اندازه عمومی شیب h روی سنبه‌یا روی ماتریس حدود ۰/۶ تا ۰/۹ 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 ۵ درجه شود. در غیر این صورت لبه های برش به علت نیروهای جانبی آسیب می بیند.



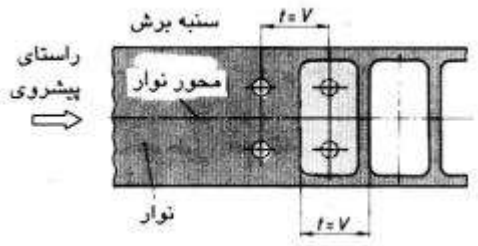
شیب دار کردن قالب



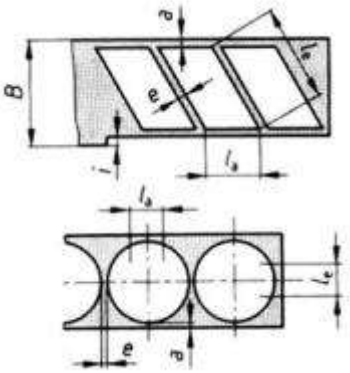
موج دار کردن قالب

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 می‌رود که به آن مقدار پیشروی نوار گفته می‌شود. همچنین فاصله یک خط برش تا خط برش متناظر بعدی گام t نامیده می‌شود.



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



اصطلاحات نوار و شبکه مازاد :

l_e	طول مازاد عرضی	L	طول نوار
l_a	طول مازاد طولی	B	عرض نوار
e	عرض مازاد عرضی	V	پیشروی
a	عرض مازاد طولی	t	گام
R	تعداد ردیفها		
a_R	فاصله ردیفها		
l	طول قطعه کار		
b	عرض قطعه کار		
i	مازاد سنبه کناره بر		

برای تعیین مناسبترین وضعیت قرار گیری قطعه‌کار بروی ورق جهت کاهش دور ریز آن، نسبت سطوح همه قطعا ت برش خورده به سطح نوار ورق محاسبه می‌گردد. به این نسبت، درجه بازده گفته می‌شود. قطعه‌کار به شکلهای مختلف مانند مستقیم، مایل، یک ردیفه، چند ردیفه و ... بروی ورق قرار می‌گیرد و برای هر مورد بازده محاسبه می‌گردد. در نهایت طرحی که بیشترین بازده را داراست انتخاب می‌شود.

مازاد عرضی و طولی — طبق VDI 3367

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	0,8	0,8	1,0	1,3	1,6	1,9	2,1
		a	1	0,9					
	11...50	e	1,6	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3
		a	1,9	1,0					
	51...100	e	1,8	1,0	1 3	1,6	1,9	2,2	2,5
		a	2,2	1,2					
	بیش از ...	e	2,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
		a	2,4	1,5					
	مازاد سنبه کناره برا		1,5			2,2	3,0	3,5	4,5
از 100mm تا 200 mm	تا 10	e	0,9	1,0	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3
		a	1,2	1,1					
	1...50	e	1,8	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
		a	2,2	1,2					
	50....100	e	2,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
		a	2,4	1,5					
	بیش از ...	e	2,2	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9
		a	2,7	1,7					
	مازاد سنبه کناره بر ا		1,5			2,5	3,5	4,0	5,0

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

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

نکته: در پولک‌زنی، شکل یا طرح داخلی قطعه در محاسبه درجه بازده دخالت داده نمی‌شود زیرا وجود یا عدم وجود طرحهای داخلی، فرایند برش را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد. 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 ورق‌های فولادی با جنس و ابعاد استاندارد موجود است. شرکتهای سازنده معمولاً مشخصات ورق‌ها تولیدی خود را تهیه و به مشتریان ارائه می‌دهند. انواع فولادهای آلیاژی و غیر آلیاژی در ساخت ورق‌ها به کمک فرایند نورد سرد یا گرم بکار می

رود. برخی ورق‌ها نیز با فلزات مختلف مانند قلع پوشش داده می‌شود. 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 ورق‌های فولادی است. برای تعیین دقیق ورق باید ابتدا جنس و سپس ضخامت آن تعیین گردد. به مثال جدول زیر توجه نمایید. ضخامت ورق‌های استاندارد و وزن سطحی آنها در جدول زیر مطابق استاندارد DIN 1541 , 1543 داده شده‌است.

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

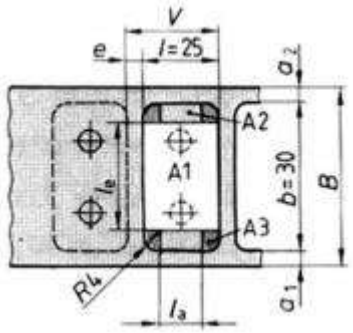
ضخامت ورق mm	وزن سطحی m² kg/m²	ضخامت ورق mm	وزن سطحی m² kg/m²	ضخامت ورق mm	وزن سطحی m² kg/m²	ضخامت ورق mm	وزن سطحی m² kg/m²	ضخامت ورق mm	وزن سطحی m² kg/m²	ضخامت ورق mm	وزن سطحی m² kg/m²
0,35	2,75	0,70	5,50	1,2	9,42	3,0	23,55	4,75	37,3	10,0	78,5
0,40	3,14	0,80	6,28	1,5	11,80	3,5	27,4	5,0	38,25	12,0	94,2
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

نوع تحویل : 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: ورق DIN 1543 - RSt 37 - 2 – 4,5

مثال ۱:

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



ضخامت ورق s = ۱ میلی‌متر و مطابق شکل بالا la و le بین ۱۱ تا ۵۰ میلی‌متر و عرض نوار (B) نیز کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر می‌باشد. به این ترتیب با توجه به جدول صفحه قبل عرض مازاد عرضی e= ۱/۱ میلی‌متر و عرض مازاد طولی نیز a= ۱/۱ میلی‌متر خواهد بود. پس خواهیم داشت:

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

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

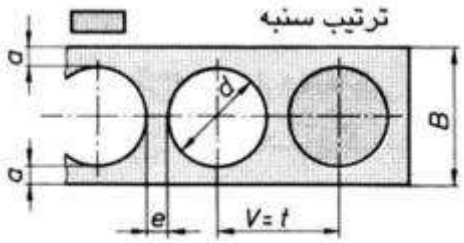
$$V=l+e=25+1.1=26.1\ \text{mm}$$

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

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

مثال ۲:

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



B= d+2×a=20+2×1.6=23.2 mm

V=d+e=20+1.6=21.6 mm

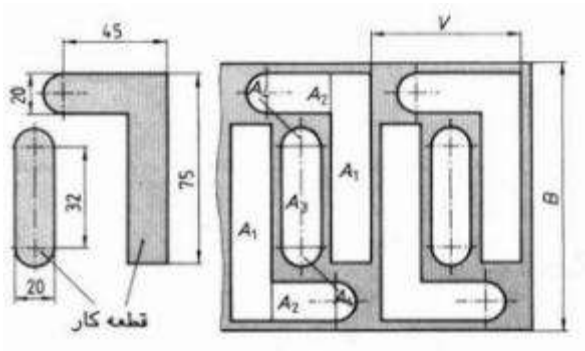
$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times 20^2}{4} = 314mm^2$$

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

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

مثال ۳:

برای برش گونیا و لچکی طبق شکل زیر از ورق فولادی به ضخامت ۲/۵ و طول ۱۰۰۰ mm استفاده می‌شود. عرض نوار و درجه بازده را حساب کنید.مازاد عرضی و طولی طبق جدول۲ mm است.



$B=2+75+2+20+2=75+20+3\times2=101$ mm

$V=2+20+2+20+2+20=3\times20+3\times2=66$ mm

$A_1=75\times20=1500$ mm^2 , $A_2=25\times20=500$ mm^2 , $A_3=32\times20=640$ mm^2

$A_4=\left(\frac{\pi\times20^2}{4}\right):2=157$ mm^2

$A=2\times A_1+2\times A_2+A_3+4\times A_4=2\times1500+2\times500+640+4\times157=5268$ mm^2

$$Z=\frac{L}{V}=\frac{1000}{66}\cong15$$

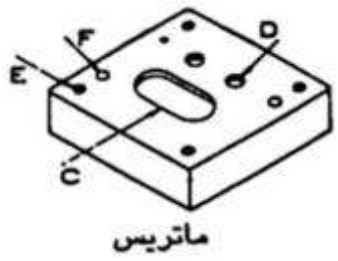
$$\eta=\frac{Z\times A}{L\times B}=\frac{15\times5268}{1000\times101}\cong0.782\quad\rightarrow\ \eta=78.2\%$$

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

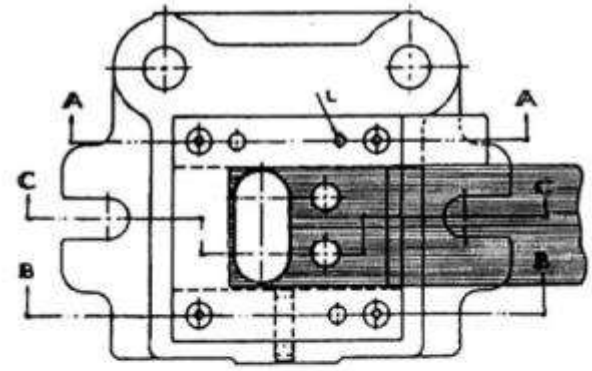
قالب های کوچک که برای تولید قطعات صنعتی کوچک به کار می‌روند معمولا ماتریس یک تکه دارند. فقط برای قطعا ت پیچیده ممکن است که ماتریس را مرکب بسازند تا ماشین کاری آن آسانتر باشد. ماتریس قالب های بزرگ را نیز برای تسهیل در امر ماشین کاری، سخت کاری و سنگ زدن، مرکب می سازند. در این بخش بهترین روش برای انتخاب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



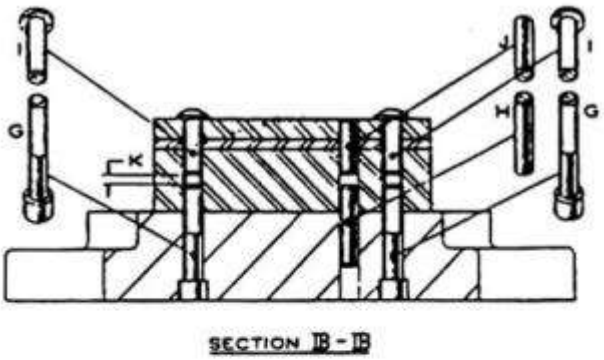
ماتریس

به طور کلی سوراخ هایی که در روی ماتریس مشاهده می‌شوند عبارتند از: سوراخ D محل فرود سنبه‌ی سوراخ کاری، سوراخ C برای قطعه‌کار، 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 نشانگر اتصال اجزای قالب به یک دیگر است. چهار پیچ از نوع آلن (G) کفشک پایین را به ماتریس وصل می‌کند. دو پین H که بین کفشک و ماتریس جازده شده‌است، از هر گونه پیچش و حرکت احتمالی جلوگیری می‌کند. چهار پیچ I مجموعه صفحه‌ی روبند یا ورق گیر را به ماتریس محکم می‌کند. در حالی که دو پین J نیز در محل خود به کار می‌روند. فاصله ی K برای پیش بینی در امر سنگ زدن صفحات و یا ماشین کاری آنها که موجب تقلیل ضخامت خواهد بود می‌باشد. قطر پیچ‌ها و

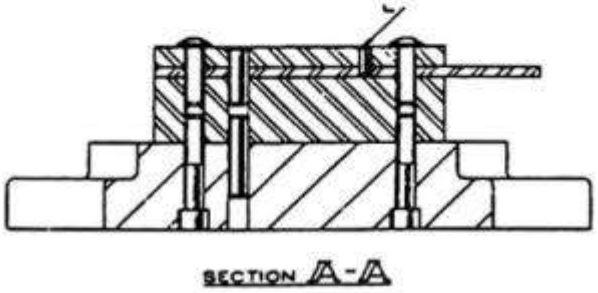
پین‌ها در هیچ قالبی از ۸ میلی متر کمتر نخواهد بود. پین‌های J در روبند، پرسی جازده می‌شود ولی در ماتریس لزومی به انطباق پرسی نیست. مقطع C-C ماتریس را نشان می‌دهد. فاصله مستقیم M را حدود ۳ میلی متر در نظر می گیرند و زاویه ی شیب N را از جدول زیر تعیین می‌کنند. قطر O به اندازه ۳ میلی متر بزرگتر از قطر P خواهد بود تا قطعه‌کار راحت از زیر قالب بیرون بیفتد.



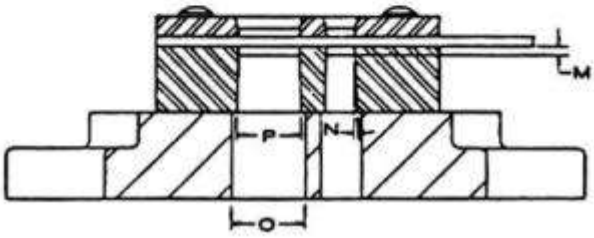
قسمت ماتریس قالب A



SECTION B - B



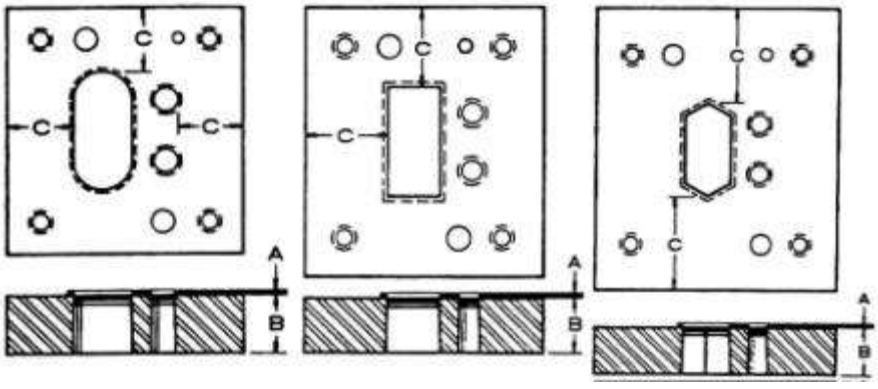
SECTION A-A



SECTION C-C

مقدار زاویهٔ N (برحسب درجه)	ضخامت ورق (برحسب میلی‌متر)
۰/۲۵	۰ - ۱/۶
۰/۵	۱/۶ - ۴/۷۵
۰/۷۵	۴/۷۵ - ۷/۹
۱	بالای ۷/۹

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 شده‌است. حداقل فاصله ی مجاز نیز با توجه به ضخامت بدنه ی ماتریس و ضخامت ورق در جدول دیده می‌شود.

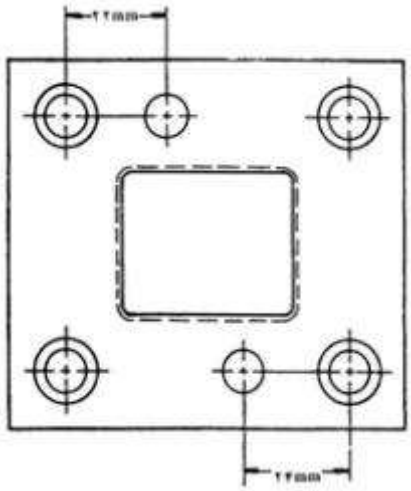


۱ ۲ ۳

A	B	C حداقل فاصله مجاز حفره با دیواره‌های بدنه		
		۱	۲	۳
ضخامت ورق	ضخامت بدنه ماتریس	حفره با لبه‌های منحنی	حفره با گوشه‌های داخلی	حفره با گوشه‌های تیز داخلی
۰ - ۱/۶	۲۴	۲۷	۳۶	۴۸
۱/۶ - ۳/۲	۲۹	۳۳	۴۳	۵۸
۳/۲ - ۴/۷۵	۳۵	۴۰	۵۳	۷۰
۴/۷۵ - ۶/۳۵	۴۲	۴۷	۶۲	۸۳
بزرگتر از ۶/۳۵	۴۸	۵۴	۷۲	۹۶

● اندازه‌ها به میلی‌متر

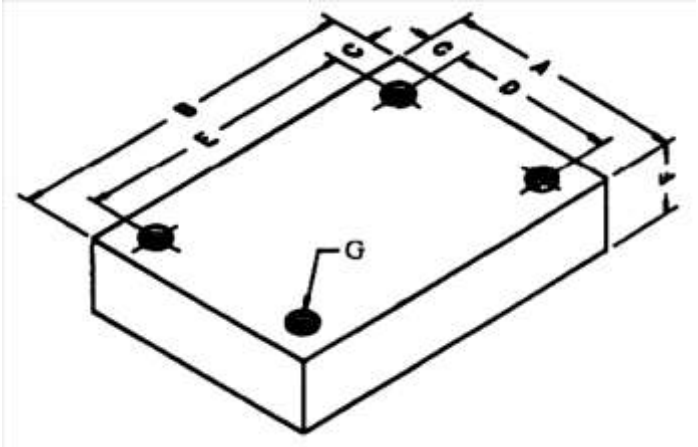
در برخی از قالب ها که حفره ی ماتریس آنها متقارن است ممکن است پس از تعمیر، ماتریس به طور غلط و برعکس حالت اولیه بسته شود. در این صورت به دلیل این که رعایت تقارن به طور کامل ممکن نیست، قالب در هنگام کار دچار مشکل خواهد شد. برای جلوگیری از این امر و نشان گذاری قالب، یکی از پین‌ها را در فاصله ای نزدیک تر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

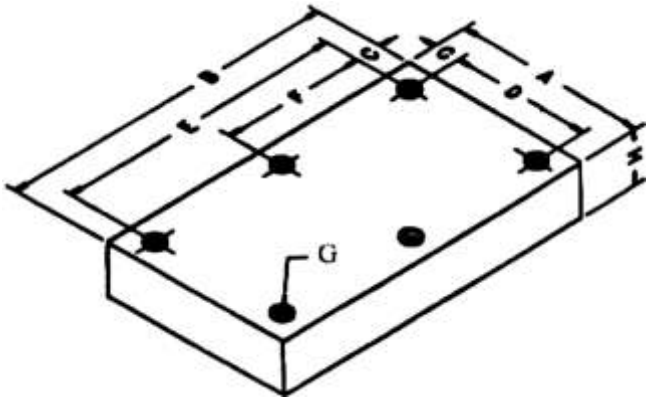


در جایی که انواع زیادی قطعه‌کار مورد نیاز باشد برای صرفه جویی در وقت و هزینه از اندازه های استاندارد ماتریس استفاده می‌کنیم. برای سرعت کار می‌توان از فیکسچرهای سوراخ کاری استفاده کرد در این صورت کار به راحتی بروی ماشین مته انجام خواهد شد. اندازه استاندارد ماتریسهای کوچک و متوسط در جدول زیر آمده است.

A	B	C	D	E	F	G
۷۶	۸۹	۱۶	۴۴	۵۷	۲۲	رزوهٔ M 8×1 متهٔ ϕ 7
۷۶	۱۲۷	۱۶	۴۴	۹۵	۲۲	رزوهٔ M 8×1 متهٔ ϕ 7
۱۰۲	۱۰۲	۱۶	۷۰	۷۰	۲۲	رزوهٔ M 8×1 متهٔ ϕ 7
۱۰۲	۱۲۷	۱۶	۷۰	۹۵	۲۲	رزوهٔ M 8×1 متهٔ ϕ 7
۱۰۲	۱۵۳	۱۶	۷۰	۱۲۱	۲۲	رزوهٔ M 8×1 متهٔ ϕ 7
۱۲۷	۱۲۷	۱۹	۸۹	۸۹	۲۲	رزوهٔ M 8×1 متهٔ ϕ 7
۱۲۷	۱۵۳	۱۹	۸۹	۱۱۴	۲۲	رزوهٔ M 8×1 متهٔ ϕ 7

● ابعاد به میلی‌متر





A	B	C	D	E	F	G	H
۱۰۲	۱۷۸	۱۹	۶۴	۱۴۰	۷۰	رزوهٔ M 10 × 1 متهٔ ϕ 8.5	۲۸/۶
۱۰۲	۲۰۳	۱۹	۶۴	۱۶۵	۸۲/۵	رزوهٔ M 10 × 1 متهٔ ϕ 8.5	۲۸/۶
۱۲۷	۲۰۳	۱۹	۸۹	۱۶۵	۸۲/۵	رزوهٔ M 10 × 1 متهٔ ϕ 8.5	۲۸/۶
۱۲۷	۲۵۴	۱۹	۸۹	۲۱۶	۱۰۸	رزوهٔ M 10 × 1 متهٔ ϕ 8.5	۲۸/۶
۱۵۳	۲۰۳	۱۹	۱۱۵	۱۶۵	۸۲/۵	رزوهٔ M 10 × 1 متهٔ ϕ 8.5	۲۸/۶
۱۵۳	۲۵۴	۱۹	۱۱۵	۲۱۶	۱۰۸	رزوهٔ M 10 × 1 متهٔ ϕ 8.5	۲۸/۶
۱۷۸	۲۷۹	۱۹	۱۴۰	۲۴۱	۱۲۰/۵	رزوهٔ M 10 × 1 متهٔ ϕ 8.5	۲۸/۶

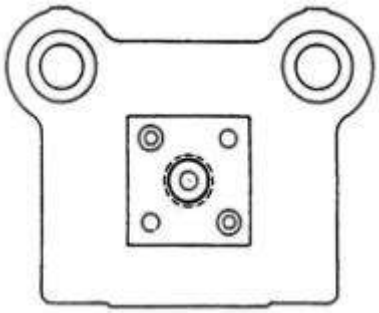
• ابعاد به میلی‌متر

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

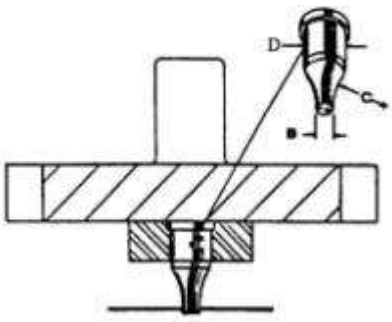
$$t_{min} = \sqrt[3]{F}$$

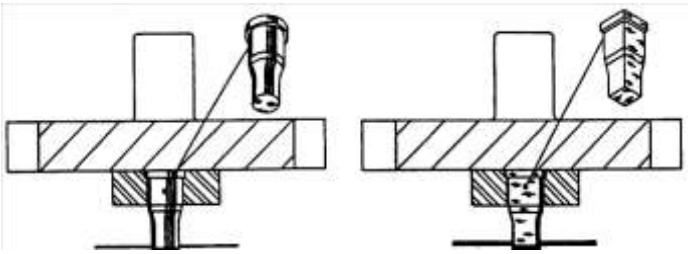
(F نیروی برش و t_{min} ضخامت به میلی‌متر) می توان به t_{min} یک ضریب اطمینان مناسب اعمال کرد.

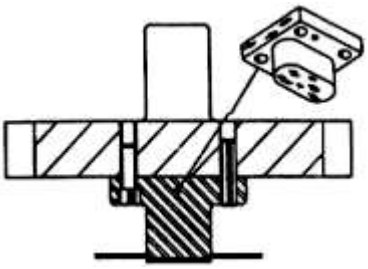
۲-۲-۲- طراحی سنبه

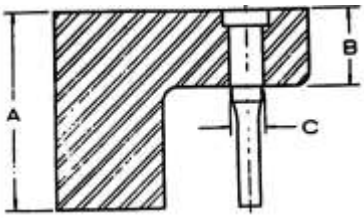


در شکل روبرو روش کلی نشان دادن سنبه برای یک سوراخ دیده می‌شود. قطرD به مراتب از قطر سوراخ B بزرگتر است و قوس مخروطی C به منظور جلوگیری از خمش یا شکستن سنبه بر اثر ضربه ی پرس در نظر گرفته شده‌است. در این شکل، سنبه همراه سنبه‌گیر و کفشک بالا مشاهده می‌گردد. در برخی از سنبه های با مقطع غیر مدور، برای جلوگیری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









به منظور متصل ساختن سنبه به کفشک بالا می‌توان آن را به شکل روبرو ساخت که با پیچ و پین به کفشک بالا وصل می‌شود. لازم به تذکر است که فقط قسمت برنده ی سنبه را عملیات حرارتی و سخت کاری می‌کنند و صفحه‌ی بالایی آن باید حالت نرمی خویش را برای تنظیم دقیق سنبه با پیچ و پین کفشک دارا باشد. ابعادی که معمولاً در سنبه های سوراخزنی متوسط به کار می‌رود عبارتند از: ارتفاع سنبه (A) ۴۰ میلی متر و ارتفاع فلانج (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 می‌گردد 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 میلی‌متر است و F نیرویی برش بر حسب نیوتن فرض می‌شود. L در حقیقت بیشترین مقدار مجاز طول سنبه بر حسب میلی‌متر 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	۰/۰۱-۰/۱
Low density polyethyleneپلی 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 steelآهن و پولاد 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

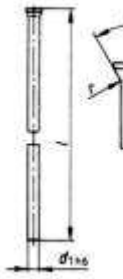
همچنین در قالب های برش برای اطمینان از عدم کمانش سنبه، بیشترین طول مجاز سنبه (h_{max}) از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

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

d قطر سنبه و s ضخامت ورق به میلی‌متر 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 می‌گردد سپس به کمک روابط گفته شده‌این طول کنترل می‌شود.

در جدول زیر ابعاد استاندارد سنبه سوراخزنی طبق استاندارد DIN 9861 آورده شده‌است.

سنبه برش پولک فرم D — مقایسه با DIN 9861 T 1 (11.87)



$d_{1\,h6}$ از ... تا ...	برش	l +0,5 0			سختی سنبه برش از جنس	HWS[a]	HSS[a]
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 mm ، l = 71 mm از فولاد ابزاری گروه آلیاژی HWS[a]:
سنبه برش DIN 9861 D-5,6×71 HWS

[1] HWS فولادهای آلیاژی سرد کار ، [2] HSS فولاد های تندبر

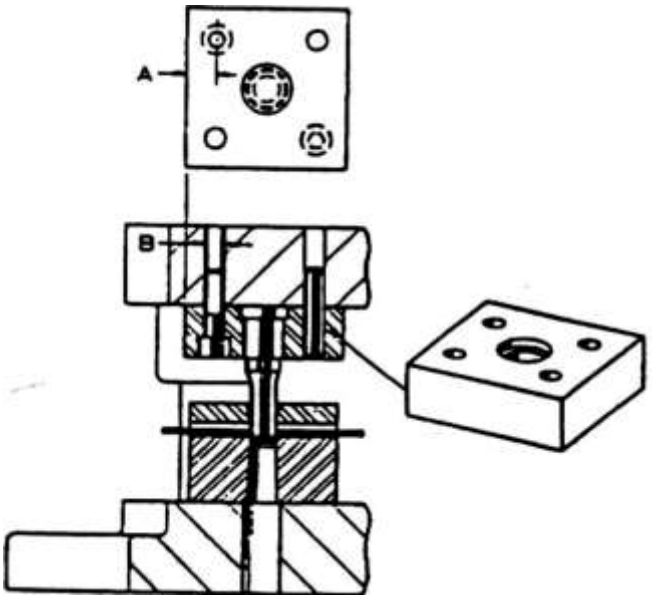
۲-۲-۳- طراحی سنبه‌گیر

سنبه‌گیر صفحه‌ای است که پاشنه یا فِلَنج سنبه در آن جای می‌گیرد و توسط پیچ و پین سنبه را ثابت و محکم نگاه می دارد. نکات زیر در طراحی سنبه گیر اهمیت دارد:

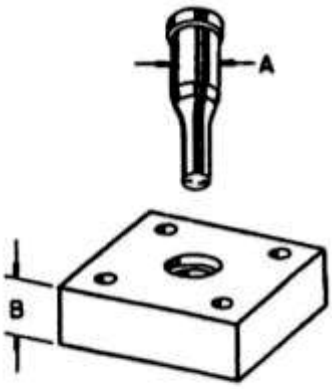
الف-برای حفظ و نگاه داری مناسب سنبه، ضخامت کافی داشته‌باشد.

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

سنبه‌گیر هایی که فقط یک سنبه را در خود جای می‌دهند به شکل مربع و با ضخامت کافی ساخته می‌شوند. دو پیچ و دو پین آنها را به کفشک بالا اتصال می‌دهد. حداقل فاصله ی لبه صفحه‌ی سنبه‌گیر از مرکز پیچ‌ها (A) ۱/۵ برابر قطر مقطع پیچ (B) است.

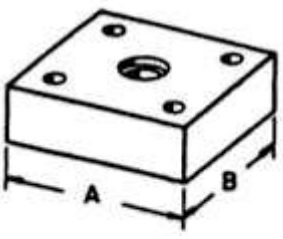


ابعاد پیشنهادی برای سنبه گیر در شکل زیر دیده می‌شود.



A	B
۰ - ۷/۹	۱۳
۷/۹ - ۱۱/۱	۱۶
۱۱/۱ - ۱۲/۷	۱۹
۱۲/۷ - ۱۵/۹	۲۲
۱۵/۹ - ۱۷/۵	۲۵
۱۷/۵ - ۱۹	۲۹
۱۹ - ۲۲/۲	۳۲
۲۲/۲ - ۲۳/۸	۳۵
۲۳/۸ - ۲۵/۴	۳۸

• ابعاد به میلی‌متر

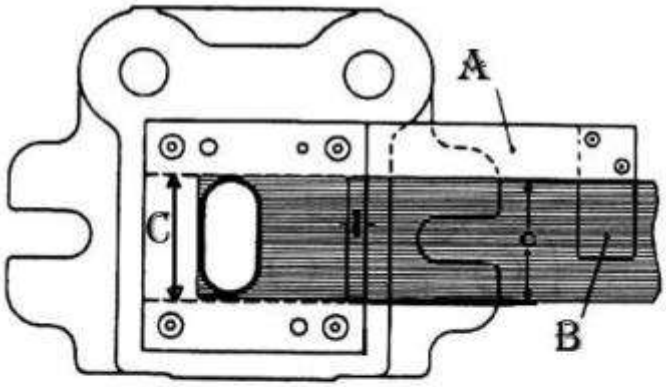


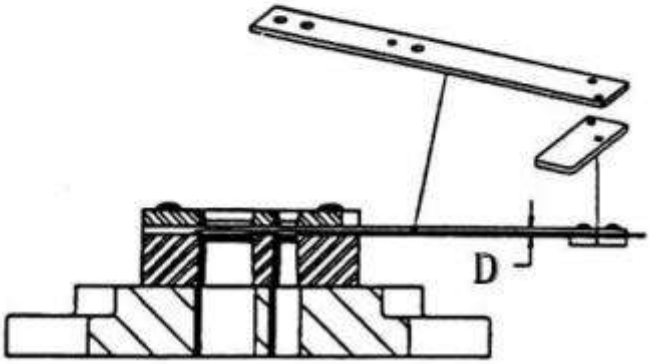
A	B	A	B
۱۲۷	۱۵۲	۵۱	۵۱
۱۲۷	۱۷۸	۵۱	۷۶
۱۵۲	۱۵۲	۷۶	۷۶
۱۵۲	۱۷۸	۷۶	۱۰۲
۱۵۲	۲۰۳	۷۶	۱۲۷
۱۵۲	۲۵۴	۱۰۲	۱۰۲
۱۷۸	۱۷۸	۱۰۲	۱۲۷
۱۷۸	۲۲۹	۱۰۲	۱۵۲
۱۷۸	۲۷۹	۱۲۷	۱۲۷

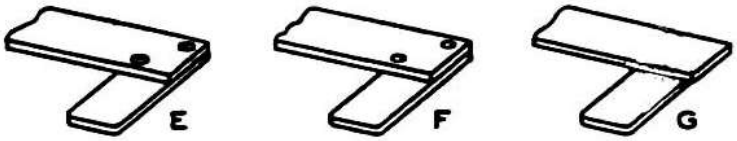
• ابعاد به میلی‌متر

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 می‌دهد. 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 ۰/۸ میلی متر است. زمانی که نوار ورق توسط دست کارگر جلو برده می‌شود به پهنای ورق ۵ /۱ تا ۴/۵ میلی متر اضافه می‌گردد. ضخامت D برای ورق های با ضخامت کمتر از ۱/۵ میلی متر معمولاً ۳ میلی متر بیشتر از ضخامت ورق و برای ورق ضخیم تر مقدار آن ۱/۵ تا ۳ میلی متر بیشتر از ضخامت ورق خواهد بود. در شکل های E وF وG سه طریقه وصل کردن صفحه کمکی به کانال نشان داده شده‌است. در شکل E دو صفحه به هم پیچ شده‌اند اما در شکل F با پین و در G با جوش اتصال داده شده‌اند. در مواردی که نوار ورق پهن و نازک باشد و احتمال دارد روی کانال خم شود از صفحه‌ی کمکی پهن تری استفاده می‌شود . کافی است که کانال و صفحه‌ی کمکی را با پیچ به هم وصل کنیم و به پین نیازی نخواهد بود.





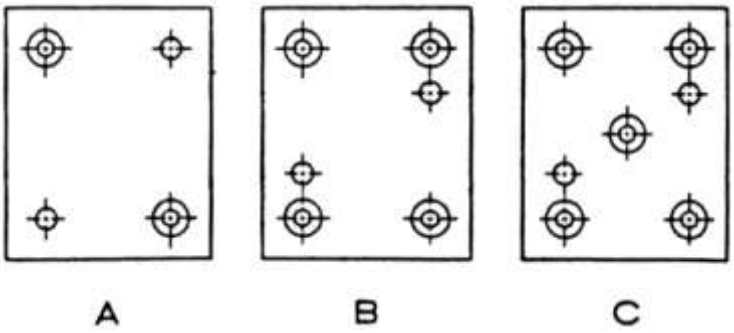


۲-۲-۵- پیچ‌ها و پینهای قرار

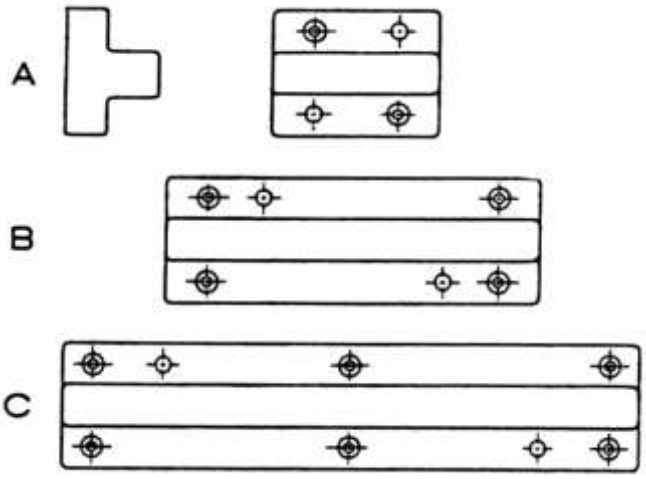
یکی از قسمت های مهم که در هر قالب وجود دارد بست هایی است که برای اتصال اجزای قالب به کار می‌رود. در جایی که اجزای یک وسیله مکانیکی باید به طور دقیق متصل شوند و ضمناً برای تعمیر لازم باشد تا براحتی از یکدیگر جدا شوند، پیچ‌ها به همراه پین‌ها بهترین وسیله بست هستند. پیچ‌ها برای اتصال بکار می روند و نمی توانند انطباق دقیق را ضمانت کنند. لقی ای که برای سوراخ پیچ در نظر گرفته می‌شود حدود ۰/۴ میلی متر بزرگ تر از قطر پیچ است و جای خزینه سر پیچ نیز حدود ۰/۸ میلی متر بزرگ تر از قطر آن می‌باشد. روشن است که این لقی ها اجازه می‌دهند تا پیچ حرکت جانبی ناچیزی داشته‌باشد. برای حذف این حرکت جانبی و برقراری انطباق مناسب از میله های باریک و کوچکی به نام پین استفاده می‌شود که معمولاً انطباق پرسی دارند و دو قطعه‌کار را از حرکت جانبی حفظ می کنند. چنانچه قطعات به دلیلی باز شوند، با قرار دادن پینها باز در جای درست قرار می‌گیرند.

برای بستن قالب سه طرح زیر وجود دارد:

در طرح A دو پین قرار و دو پیچ در قطرهای 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 می‌شود و اگر بازهم قالب بزرگتر باشد روش C به کار می‌رود.



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 می‌گردد.



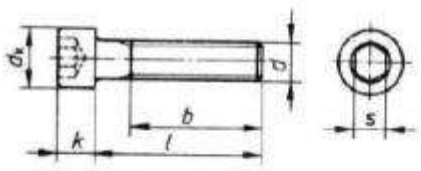
در جداول زیر ابعاد پیچهای آلن داده شده‌است. این ابعاد مطابق استانداردهای زیر می‌باشد:

DIN 912-

DIN 6912-

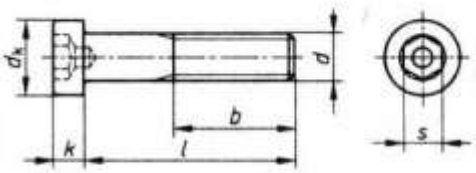
DIN 7991-

پیچ سر استوانه‌ای آلنی — مقایسه با DIN 912 (12.83)



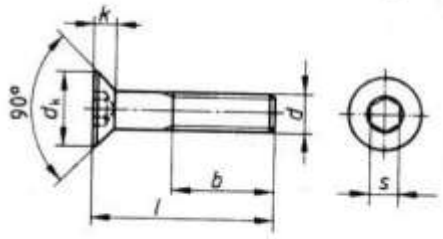
d	M4	M5	M6	M8 M8 ×1	M10 M10 ×1,25	M12 M12 ×1,25	M16 M16 ×1,5	M20 M20 ×1,5	M24 M24 ×2
b	رزوه تقریباً تا سر پیچ								
برای l از	6	8	10	12	16	20	25	30	40
تا	25	25	30	35	40	50	60	70	80
b	20	22	24	28	32	36	44	52	60
برای l از	30	30	35	40	45	55	65	80	80
تا	40	50	60	80	100	120	160	200	200
d_k	7	8,5	10	13	16	18	24	30	36
k	4	5	6	8	10	12	16	20	24
s	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								

پیچ سر استوانه‌ای آلنی ، سرکوتاه — مقایسه با DIN 6912 (5.85)



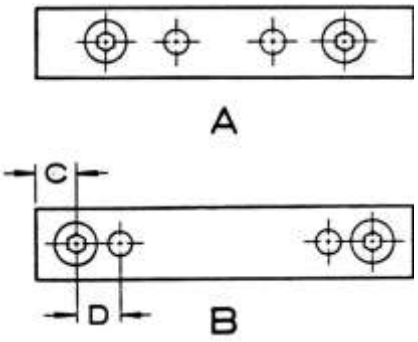
d	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
b	14	16	18	22	26	30	38	46	54
d_k	7	8,5	10	13	16	18	24	30	36
k	2,8	3,5	4	5	6,5	7,5	10	12	14
s	3	4	5	6	8	10	14	17	19
l از	10	10	10	12	16	16	20	30	60
تا	50	60	70	80	90	100	140	180	200
طول نامی	10 , 12 , 16 , 20 , 25 , 30 , 35 , 40 , 50...100 , 120 , 200mm								

پیچی خزینه آلنی — مقایسه با DIN 7991 (1.86)

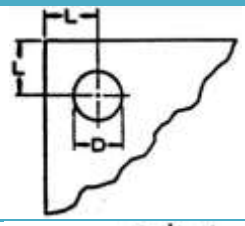
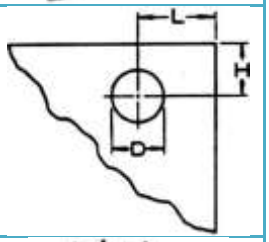
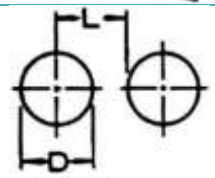
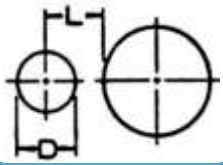


d	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
b	14	16	18	22	26	30	38	46	54
d_k	8	10	12	16	20	24	30	36	39
k	2,3	2,8	3,3	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	14
s	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14
l از	8	8	8	10	12	20	30	35	50
تا	40	50	50	60	70	70	90	100	180
طول نامی	8 , 10 , 12 , 16 , 20 , 25 , 30 , 35 , 40 , 50...180mm								

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

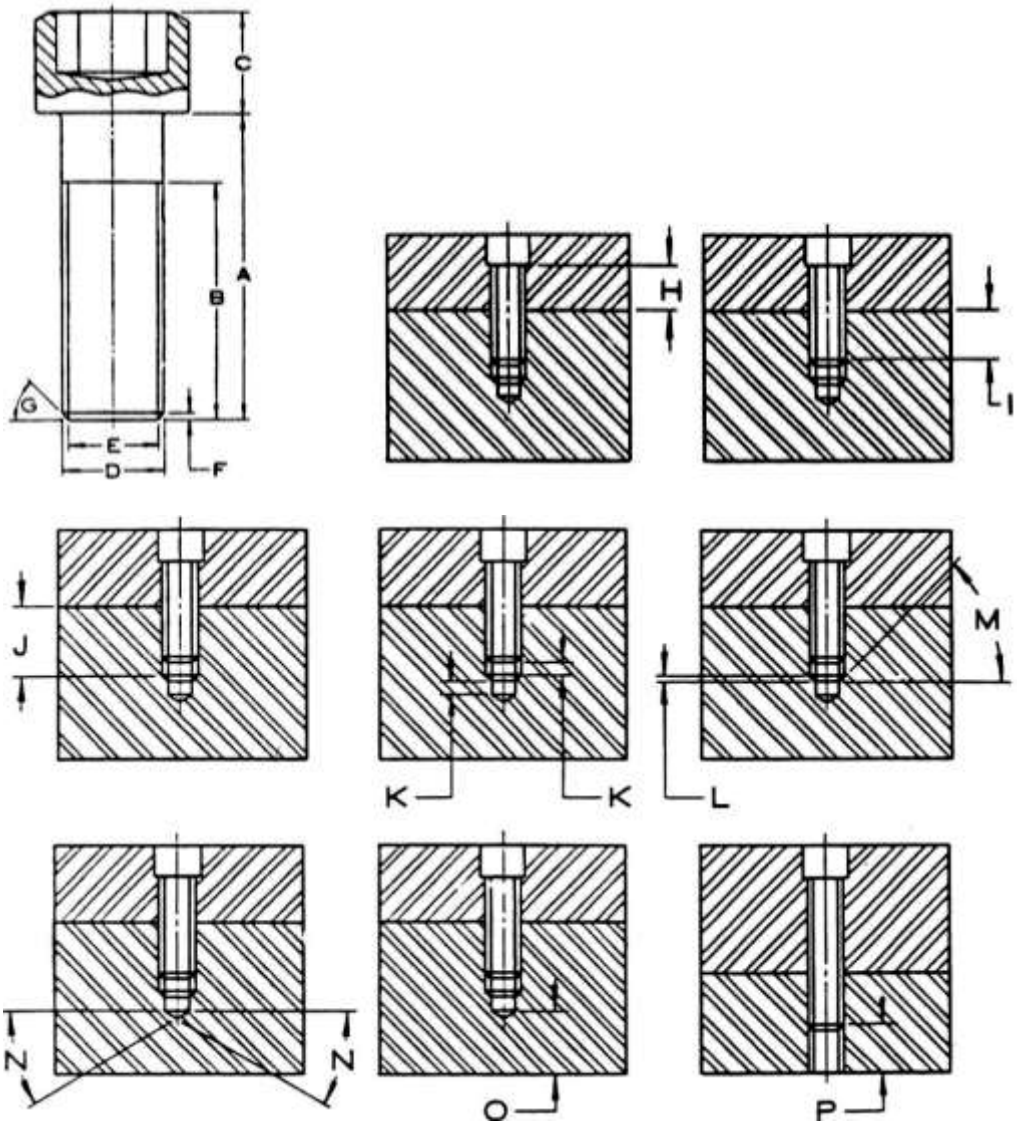


برای محاسبه میزان مجاز فاصله سوراخ تا لبه یا از سوراخ دیگر از جدول زیر استفاده کنید.

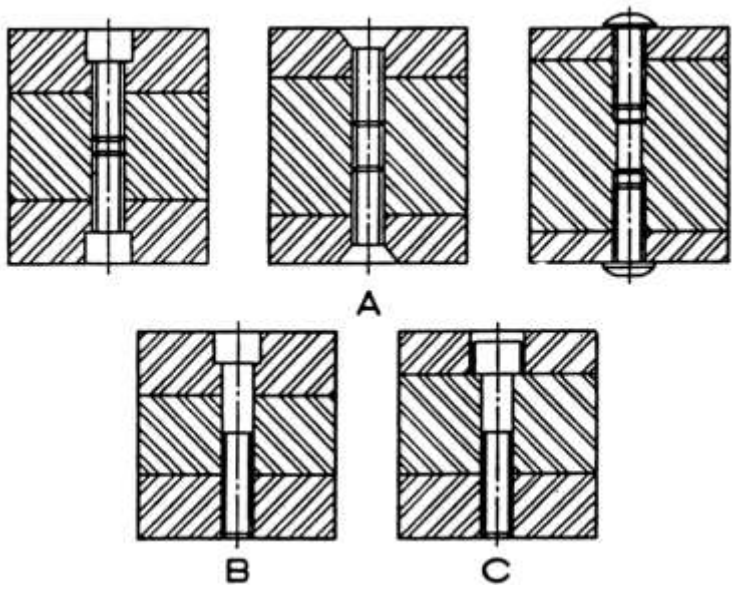
شکل مورد نظر	توضیح	فولاد نرم	فولاد سخت
	فاصله سوراخ از دو لبه برابر است.	L=۱/۱۲۵×D	L=۱/۲۵×D
	فاصله سوراخ از دو لبه برابر نیست.	L=۱/۵×D H=۱×D	L=۱/۵×D H=۱/۱۲۵×D
	فاصله بین سوراخ پین و پیچ هم قطر	L=۱×D	L=۱/۱۲۵×D
	فاصله بین سوراخ پین و پیچ غیر هم قطر		

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

ابعاد مختلف یک پیچ آلن را در شکل مشاهده می‌کنید. وقتی که قالب از فولاد سخت تولید شده‌باشد ارتفاع H نباید هیچ گاه از ۱/۵ برابر قطر D کمتر باشد. مقدار K معمولاً ۳ میلی متر است. توجه به این نکته مهم است که انتهای قلاویزها معمولا دارای ۱/۵ دنده کامل نشده‌است. بنابر این با توجه به گام پیچ این مطلب باید در انتخاب فاصله K در نظر گرفته شود. عمق روزه I معمولا ۱/۵ برابر قطر D است که در شرایط خاص برابر D منظور می‌گردد. عمق روزه برای چدن و مواد دیگر غیر فولادی دو برابر قطر D خواهد بود. زوایای M وN 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 پیچ‌های آلن در صفحه بعد نشان داده شده‌است. توجه کنید که صفحه های بالایی به ترتیب باریک تر شده‌اند. در صورتی که بیش از دو صفحه داشته‌باشیم روش A مورد استفاده قرار می‌گیرد. زمانی که صفحه وسط زیاد ضخیم نیست می‌توان از یک پیچ بلند مانند شکل B استفاده کرد. شکل C حالتی را نشان می‌دهد که دو صفحه پایینی به هم بسته می‌شود ولی همان طور که می بینید ارتباطی با صفحه با لا یی ندارند.



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

قطر پین (میلی‌متر)	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 ی ۰/۰۰۵ میلی متر بیشتر از قطر سوراخ آن است. اگر قالب تعمیر شده‌باشد و یا سوراخ، دقیق تراشیده نشده‌است می‌توان 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 می‌شود و سر دیگر پین گرد می‌شود (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 می‌گردد. جدول اول صفحه بعد، اندازه ی پین مناسب برای ابزارها (جیگ و فیکسچرها) و قالب ها را مشخص می‌کند.

قطر پیچ (میلی‌متر)	قطر پین (میلی‌متر)	
	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

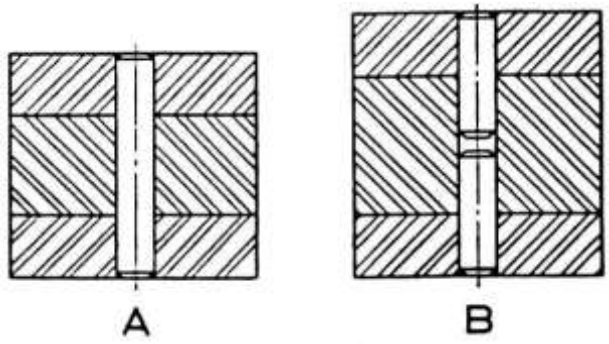
پین استوانه‌ای، سخت شده — مطابق با DIN 6325 (10.71)

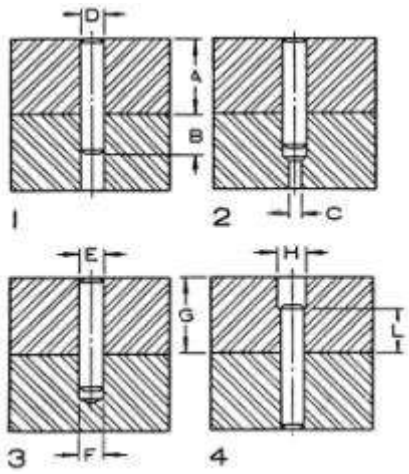
d	1	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20
از l تا	4 10	6 20	6 24	8 32	10 40	12 50	14 60	18 80	24 100	28 100	36 120	40 120	50 120
طول نامی l	6,8,10,12,14,16,18,20,24,28,32,36,40,45,50,55,60,70, 80,90,100mm												

مشخصه یک پین استوانه ای سخت شده با d= 4 mm، میدان تلرانس m6 ,l= 20 mm و

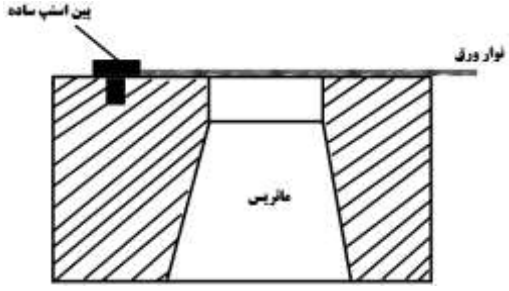
جنس فولاد : پین استوانه ای DIN 6325– 4 m6 × 20

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



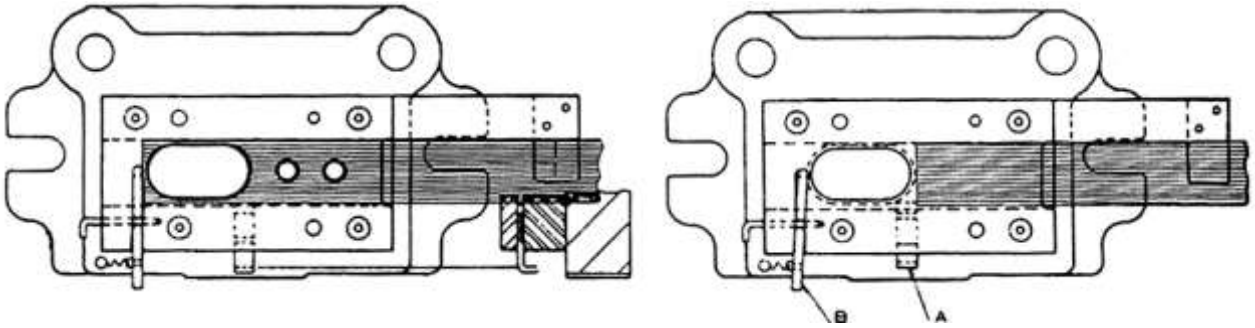


۲-۲-۶- دیگر انواع پین

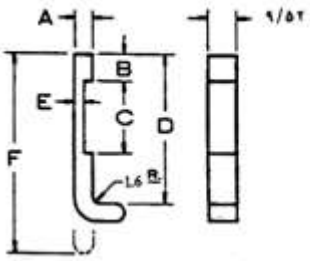


پینها در قالب پرس به انواع پینهای فشاری که در بخش قبل توضیح داده شدند و پینهای موقعیت دهنده یا توقف نوار ورق که در ادامه بررسی می‌گردد تقسیم می‌شود. پینهای موقعیت دهنده یا توقف ورق بصورت دستی یا خودکار برای موقعیت دهی به لبه نوار ورق در قالب تعبیه می‌گردد. پین توقف ساده که در قالب‌های ساده پرس مورد استفاده قرار می‌گیرد از نظر طولی به ورق موقعیت می‌دهد 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 قالب‌های 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 می‌شود به این ترتیب ورق برای انجام اولین مرحله پرس کاری یعنی سوراخزنی موقعیت دهی می‌گردد. 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 می‌شود تا مرحله دوم پرس کاری یعنی پولک‌زنی انجام گردد ضمن آن که سنبه مرحله اول عمل سوراخزنی را نیز انجام می‌دهد. بنابراین پین انگشتی تنها یک بار آن هم در ابتدای ورود نوار ورق، جهت تنظیم اولین موقعیت، استفاده می‌شود.



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



نوع	A	B	C	D	E	F
۱	۳/۲	۶/۴	۱۶/۷	۳۷	۱/۶	۴۶
۲	۴/۸	۸	۲۰/۷	۴۴/۵	۲/۴	۴۷/۵
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

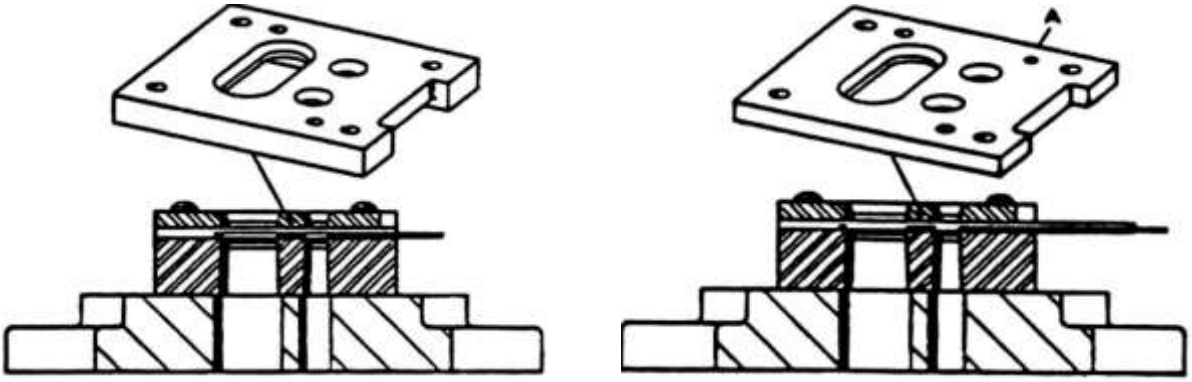
نوع	A	B	C	D	E	F
۶	۳/۲	۹/۵	۳۶/۵	۶۳/۵	۱/۶	۷۴
۷	۴/۸	۱۱/۱	۴۰/۵	۷۰/۶	۲/۴	۸۳/۵
۸	۶/۴	۱۲/۷	۴۴/۵	۷۷/۸	۳/۲	۹۳
۹	۸	۱۴/۳	۴۸/۴	۸۵	۴	۱۰۲/۵
۱۰	۹/۶	۱۵/۹	۵۲/۴	۹۲	۴/۸	۱۱۲/۵

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

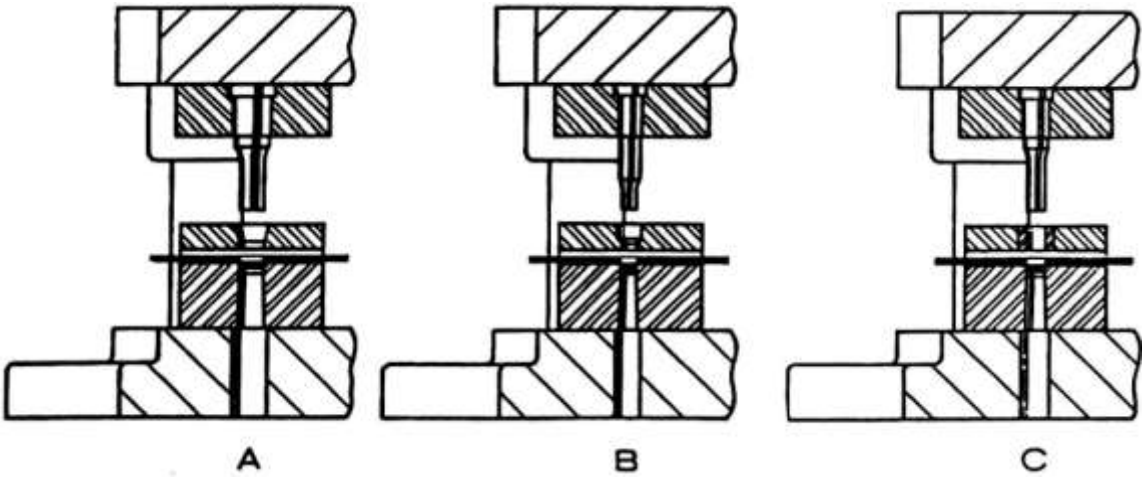
۲-۲-۷- صفحه جدا کننده و بیرون انداز

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

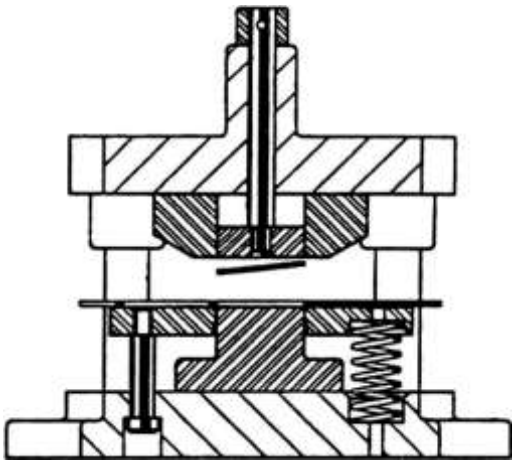
نوع فنری آن به کفشک بالا یا پایین متصل شده‌است هم زمان با بالا و پایین رفتن سنبه حرکت می‌کند. شکل زیر سمت راست یک صفحه جدا کننده ثابت را نشان می‌دهد. این صفحه با چهار پیچ آلن و دو پین به کانال راهنما و ماتریس بسته شده‌است. یک پین کوچک اضافی نیز دیوار کانال را به صفحه جدا کننده محکم می‌کند. برای قالب‌های خیلی کوچک می‌توان 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).

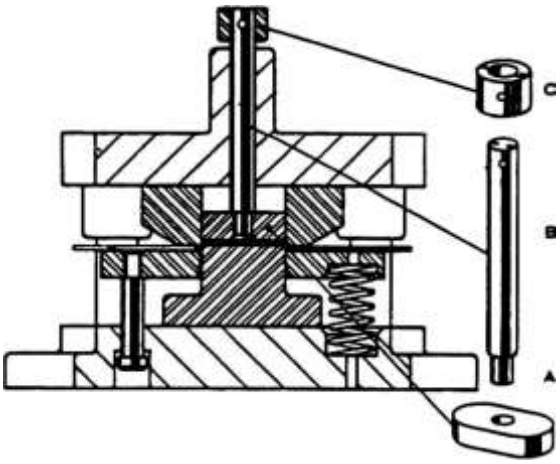


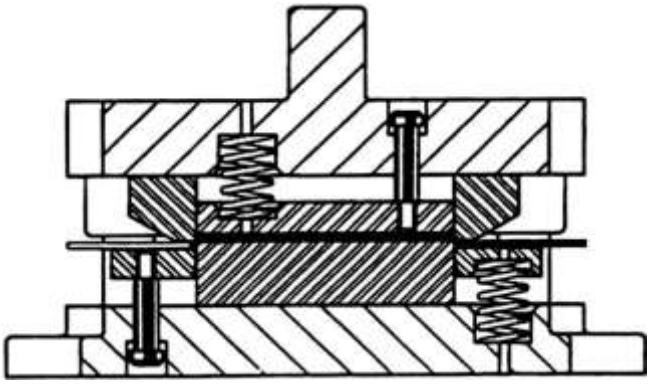
برای ماشین کاری سوراخ سنبه در صفحه‌ی جدا کننده سه روش در شکل زیر نمایش داده شده‌است. در نوع A صفحه جدا کننده پس از ۳ میلی متر دیواره ی صاف، به صورت مخروطی و شیب دار ماشین کاری می‌گردد. در نوع B که نوک سنبه برای سختی بیشتر، کوتاه شده‌است پس از ۳ میلی متر باز هم به صورت استوانه ای اما با قطر بیشتر ماشین کاری شده‌است 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 می‌کند گاهی اوقات به کف آن نیز می‌چسبد که برای جدا کردن قطعه ورق از کف سنبه، از پران یا بیرون انداز استفاده می‌کنند. در شکل صفحه بعد یک قالب معکوس مجهز به بیرون انداز دیده می‌شود. در قالب معکوس سنبه به کفشک پایین متصل می‌گردد. همانطور که می بینید در شکل سمت چپ بیرون انداز باعث جدا شدن قطعه از کف سنبه شده‌است. 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 شده‌است.



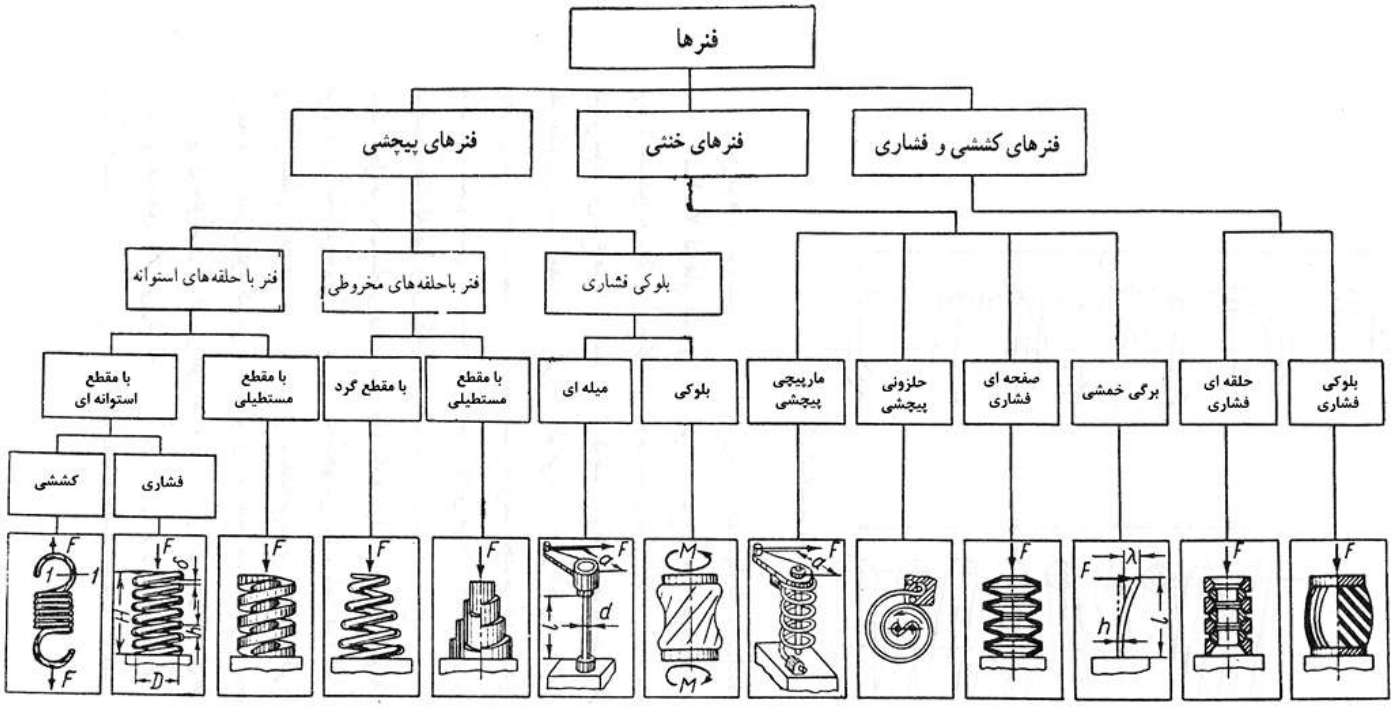




برای قطعات خیلی بزرگ می‌توان از صفحات بیرون انداز مجهز به فنر استفاده کرد. از مشکلات این نوع بیرون انداز آن است که ورق بریده شده را دوباره داخل سوراخ ورق جای می‌دهد و برای در آوردن آن باید تدابیر ویژه ای اندیشید. در قالب‌های مرحله ای می توان از این خصوصیت به عنوان یک مزیت برای انجام مراحل بعدی استفاده کرد (شکل روبرو).

۲-۲-۸- فنر

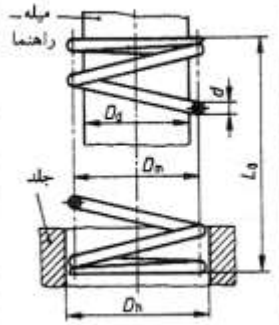
در تصویر زیر انواع فنر و تقسیم بندی آنها دیده می‌شود.



فنرهای پیچشی مقطع استوانه ای فشاری، از جمله فنرهایی هستند که در صفحات بیرون انداز فنری کاربرد دارند. این نوع فنرها از فولاد فنر ساخته می‌شود و از آن جا که در اثر اعمال نیروی محوری طول آن کاهش می‌یابد به فنر فشاری معروف است. مقدار کاهش طول فنر که به آن خیز فنر گفته می‌شود تابعی از نیروی محوری وارد شده به فنر است ($F=R\times s$) و R سختی یا ضریب ثابت فنر بر حسب نیوتن بر متر، F نیروی محوری بر حسب نیوتن و s جابه جایی بر حسب متر). در اثر اعمال نیروی حداکثر به فنر،

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

فنر استوانه ای ازمفتول گرد — مقایسه با DIN 2098 T1 (10.68), T2 (8.70)



D_m قطر متوسط فنر
d قطر مفتول فنر
D_d قطر میله
D_h 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

مشخصه فنرفشاری با d = 2mm، L_0 = 94mm و D_m = 20mm :
فنرفشاری DIN 2098 – 2 × 20 × 94

(1) به خاطر خطر کمانش ، میله راهنما وجلد لازم است .

d	D_m	D_d max.	D_h min.	F N/mm	i_f = 5,5 L_0	f	R	i_f = 8,5 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

۲-۲-۹- محاسبه نیروی بیرون انداز

محاسبه دقیق نیروی بیرون انداز (Fstripper=Fst) به کمک یک رابطه ریاضی ممکن نیست چرا که به عوامل گوناگونی بستگی دارد. اما به صورت تجربی Fst بین ۵ تا ۲۰ درصد نیروی برش (F) منظور می‌گردد. هر چه نسبت قطر برش سنبه (d) به ضخامت ورق (s) کمتر شود Fst افزایش می‌یابد:

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

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

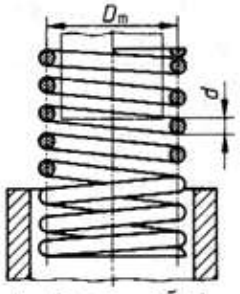
$$2 < \frac{d}{s} < 4 \rightarrow Fst = 0.15 \times F \text{ تا } 0.2 \times F$$

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

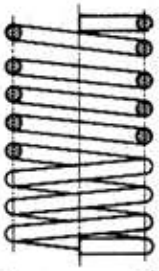
محاسبه فنر فشاری - استوانه ای

مقایسه با DIN 2095 (05.73)

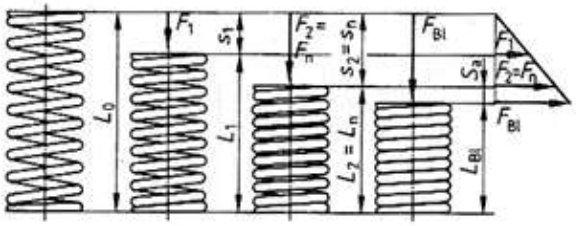
d	قطر مفتول فنر
d_{max}	اندازه حداکثر قطر مفتول
D_m	قطرمتوسط فنر
F_1, F_2	نیروهای اعمالی به فنر $F_2 > F_1$
F_n	حداکثر نیروی فنر
G	مدول برشی (مدول یانگ)
h	بازی فنر
i_f	تعداد حلقه های موثر
i_g	تعداد کل حلقه ها
k_i	ضریب تعداد حلقه
L_{B1}	طول فنر فشرده
L_n	حداقل طول مجاز تحت F_n
L_o	طول آزاد فنر
$L_1 \dots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



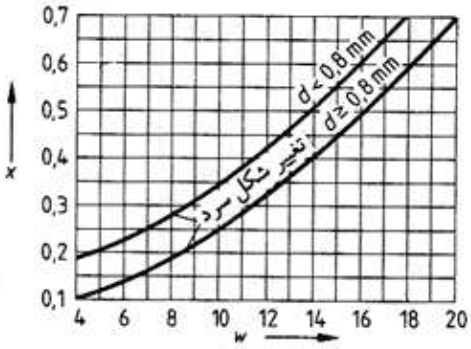
حلقه آخر روی هم نشسته و سنگ زنی می شود .



حلقه آخر روی هم می نشیند



نیروها و طول فنر



ضریب فاصلهx در ارتباط با نسبت پیچش w

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 موثرتحت بیشترین بار)	$S_a = x \cdot d \cdot i_f$
طول فنر فشرده	$L_{b1} \le k_i \cdot d_{max}$
حداقل طول مجاز	$L_n = L_{B1} + S_a$
ضریب ثابت فنر	$R = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D_m^3 \cdot i_f}$
بازیِ فنر	$h = \frac{F_2 - F_1}{R}$

۱) هرگاه ضریب فشار فنر $p > 0{,}03 N/mm^2$ باشد می توان انتهای فنر را سنگ زنی کرد .

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	$i_g + 1$	$i_g + 1{,}1$

مثال : در فنر فشاری با فرآیند تولید تغییر شکل سرد با مشخصه DIN 2098 - 2 × 20 × 94 ; ($L_o = 94$ mm ; $D_m = 20$ mm ; $d = 2$ mm) ; مقادیر مجهول ؟ = R ; $d_{max} = 2{,}05$ mm ; $i_f = ?$; $i_g = ?$; $p = ?$; $w = ?$; $S_a = ?$; $L_{B1} = ?$; $L_n = ?$ را مشخص کنید .

حل :

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

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

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

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

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

✓ نکته ۱:

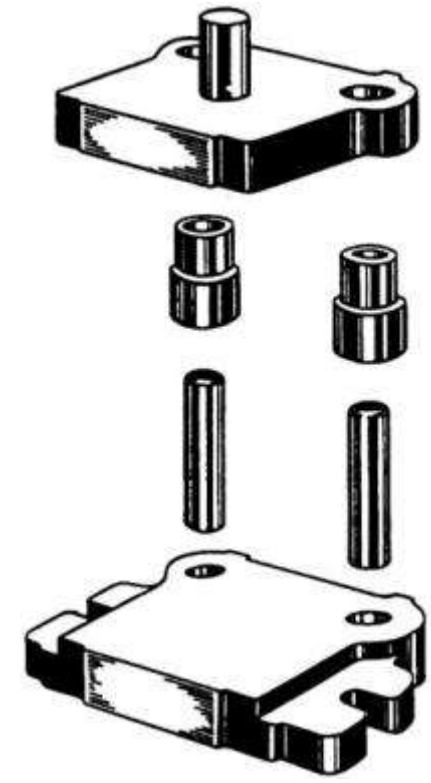
تغییر نیروی بیرون انداز با تغییر عوامل مختلف در جدول زیر آورده شده‌است:

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

✓ نکته ۲:

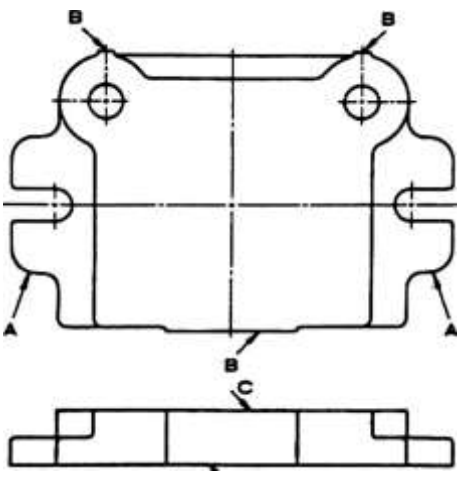
از نشانه های کُند شدن قالب، تشکیل پلیسه زیاد و افزایش نیروی بیرون انداز است.

۲-۳- چگونگی انتخاب کفشکها



پس از طراحی همه قسمتها نوبت به انتخاب کفشک مناسب می‌رسد که ماتریس و صفحات سنبه‌گیر به آن بسته می‌شود. برای این که سنبه هنگام بالا و پایین رفتن مداوم، تغییر مکان نداشته‌باشد و در نتیجه به قالب خسارتی وارد نگردد، از بوش و میل راهنما استفاده می‌شود که لقی بین آنها ۰/۰۰۵ تا ۰/۰۱ میلی متر می‌باشد. این تلرانس دقیق باعث می‌شود سنبه دقیقاً در جای خود قرار گیرد. اگر عملیات دیگری غیر از برش مانند فرم و خم مورد نظر است این لقی بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۲ میلی متر باشد.

جنس کفشک‌ها اصطلاحاً می‌تواند تمام فولاد، نیم فولاد یا مرکب باشد. در نوع مرکب کفشک بالا نیم فولاد یا چدنی و کفشک پایین تمام فولاد است. کفشک‌های نیم فولاد شامل ۷٪ فولاد در ساختار خود هستند. در بعضی موارد نیز می‌توان از نوع چدنی استفاده نمود. در انتخاب یک کفشک باید به نکات زیر توجه نمود:

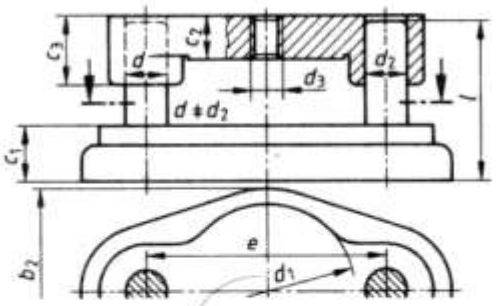


نوع کفشک، اندازه و جنس، ضخامت، نوع و طول میل و بوش راهنما، قطر دنباله (شَنک، گلویی یا توپی) کفشک پایین (شکل زیر) نیز تقریبا شبیه کفشک بالا است با این فرق که برای تحمل ضربه، کمی ضخیم تر است و دارای فلنج های اتصال (A) نیز می‌باشد. سطوح B برای تماس بهتر با اجزای احتمالی دیگر صاف می‌گردد. سطح زیری C به میز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

اجزاء استاندارد قالبهای برش

کفشک میل راهنمادار با سطح کاری گرد ، فرم D و DG

مقایسه با DIN 9812 (12.81)



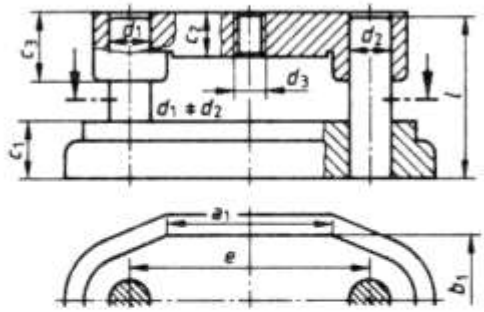
مشخصه کفشک میل راهنمادار فرم D با سطح کاری d = 16mm

کفشک میل راهنمادار DIN 9812 – D 160

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

کفشک میل راهنمادار با سطح کاری چهارگوش ، فرم C و CG

مقایسه با DIN 9812 (12.81)



مشخصه کفشک میل راهنمادار فرم C با سطح کاری

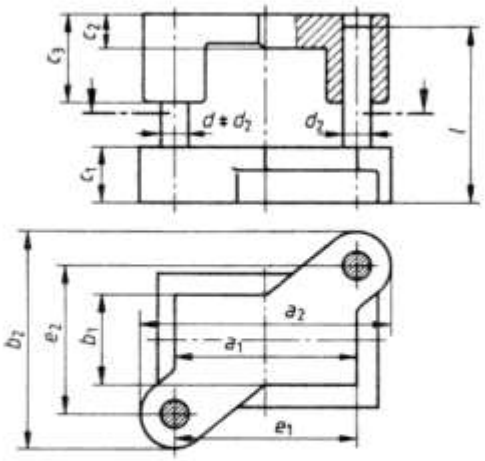
$a_1 \times b_1 = 100mm \times 80mm$:

کفشک میل راهنمادار DIN 9812 – C 100 × 80

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

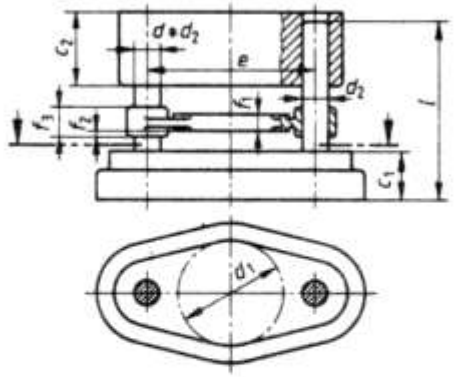
کفشک میل راهنمادار نصب شده در گوشه ، فرم C و CG

مقایسه با DIN 9819 (12.81)



کفشک میل راهنمادار با صفحه راهنمای میانی ضخیم ، فرم DF

مقایسه با DIN 9816 (12.81)



مشخصه میانی چدنی (GG) : کفشک میل راهنمادار فرم DF با

$d_1 = 100mm$ و صفحه راهنمای میانی چدنی (GG) :

کفشک میل راهنمادار DIN 9819 – DF 100 GG

d_1	c_1	c_2 max.	d_2	e min.	f_1	f_2	f_3	l
80	50	80	90	125	16	10	36	170
100	50	85	25	155	18	11	40	180
125		90		180				190
160	56	100	32	225	23	11	45	220
200		110		265				240

$a_1 \times b_1$	a_2	b_2	c_1	c_2	c_3	d_2	e_1	e_2	l
80× 63	135	180	50	30	80	19	75	103	160
125× 80	190	215				25	120	128	
125×100		235		40	90	25		148	170
250×100	325	255	56			32	245	158	180
160×125	235	280					155	183	
315×125	390						310		

۲-۳-۱- رسم یک کفشک

مطابق شکل زیر مراحل رسم کفشک به این شرح است:

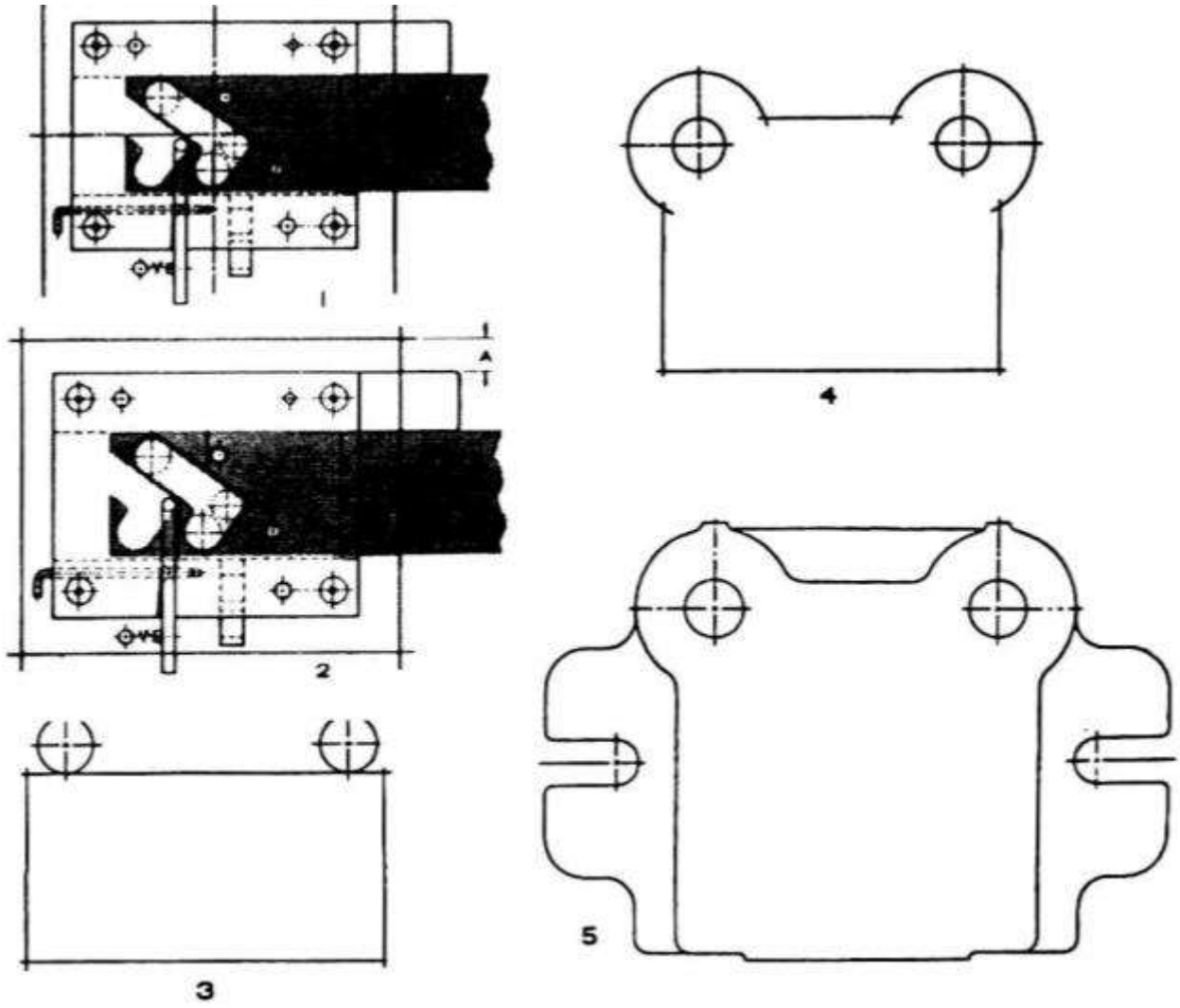
تصویر ۱: خطوطی که نشانگر خطوط جانبی کفشک هستند را رسم کنید.

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.

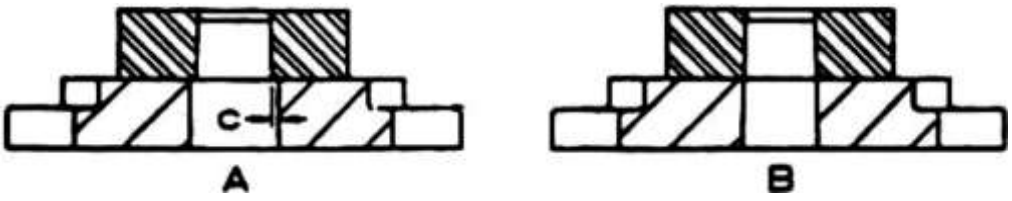
تصویر ۴: دوایری به قطر بوش راهنما رسم و خطوط اضافی را پاک کنید.

تصویر ۵: فلانج های اتصال به میز پرس را نیز رسم کنید.



۲-۳-۲- ماشین کاری کفشک

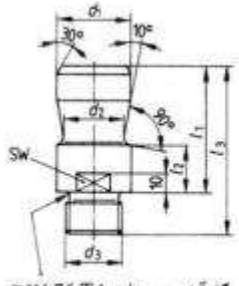
جهت بیرون افتادن قطعه‌کار، لازم است که در کفشک پایین حفره ای ایجاد کنیم. برای این کار دو روش وجود دارد. در تصویر A دیوار حفره مستقیم، و در تصویر B شیب دار ساخته شده‌است. مقدار C حداقل ۱/۵ میلی متر است که البته برای ورق های ضخیم تر مقدار بیشتری انتخاب خواهد شد. برای ورق های نرم روش B ترجیح داده می‌شود.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



۲-۳-۳- شَنک یا دنباله قالب

شَنک (Shank)، دنباله، گلویی یا توپی، محوری است که کفشک را به پرس وصل می‌کند تا به وسیله آن حرکت عمودی سنبه تأمین گردد. برای قالب‌های 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 می‌گردد. در شکل زیر ابعاد دنباله نوع پیچی طبق استاندارد DIN 9859 مشاهده می‌گردد.

دنباله پیچی فرم CE — مقایسه با DIN 9859 T 3 (12.88)



d_1 d9	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 mm و d_3 = M30×2:

دنباله DIN 9859-CE 40-M30×2

برای قالب‌های بزرگ دنباله قالب استفاده نمی‌گردد و در صورت استفاده، تنها برای هم محور کردن قالب به کار گرفته می‌شود. در این نوع قالب‌ها کفشک را به صفحه بالای پرس متصل می‌کنند تا تحمل وزن زیاد قالب و اینرسی حاصل از آن را داشته‌باشد. برای این کار می‌توان کفشک را با پیچ‌های آلن به پرس پیچ کرد.

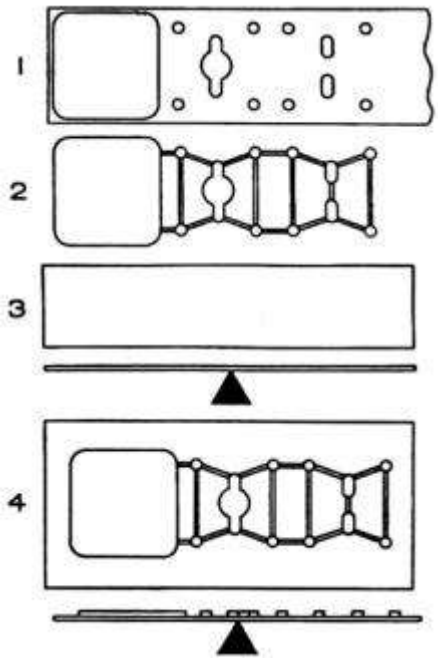
۲-۳-۴- تعیین محل برآیند نیروهای پرس (موقعیت دنباله قالب)

در تولید قطعات با قالب‌های برش و شکل‌دادن آنها غالباً نیروهای بزرگی از پرس به قالب منتقل می‌شود. 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 خشمی به وجود نمی‌آید. گشتاور خشمی باعث ساییدگی شدید راهنمای قالب و راهنمای سینه پرس می‌شود. این سایش خود تغییر لقی قالب‌های برش را موجب می‌گردد. 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 شده‌اند می‌بریم و برای حفظ ارتباط بین آنها نوارهای باریکی از مقوا باقی می گذاریم (تصویر ۲). سپس صفحه‌ای از مقوا را بروی یک تکیه گاه قرار می‌دهیم تا

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

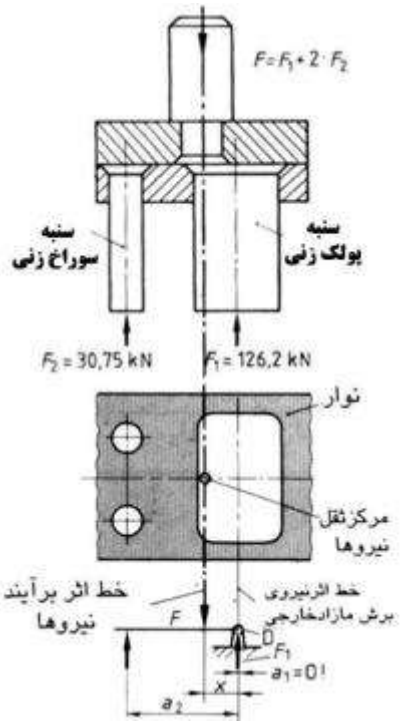
۳-محاسبه مرکز برآیند نیروها به کمک نقطه مرکز خطوط

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

در ادامه تنها دو روش ۱ و ۴ بررسی می‌گردد.

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 پولک‌زنی (F1=126.2 KN)

نیروی برشی یک سنبه سوراخ‌زنی (F2=30.75 KN)

فاصله مرکز سنبه پولک‌زنی تا مرکز سنبه پولک‌زنی (a1=0)

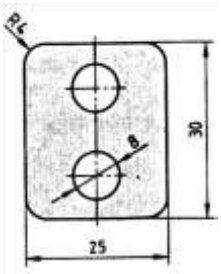
فاصله مرکز سنبه سوراخ‌زنی تا مرکز سنبه پولک‌زنی (a2)

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

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

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

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



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

نکته: برای چند سنبه رابطه کلی زیر به کار می‌رود:

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

در این رابطه x فاصله دنباله قالب از نقطه دوران انتخابی، F1, F2,… نیروهای برش هرکدام از سنبه ها و a1, a2,… 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 b1=b2=b3=…=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 b1, b2,… 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 قطعه‌کار عمل می‌کند. برای محاسبه نقطه مرکز برآیند نیروها، مساحت تک تک اجزاء (A1,A2,A3,…) به عنوان نیرو و فاصله عمودی مرکز ثقل این سطوح از محور دوران فرضی در راستای محور X (a1,a2,a3,…) به عنوان بازوی اهرم در نظر گرفته می‌شود. در این صورت X یعنی فاصله دنباله قالب از نقطه دوران انتخابی عبارت است از:

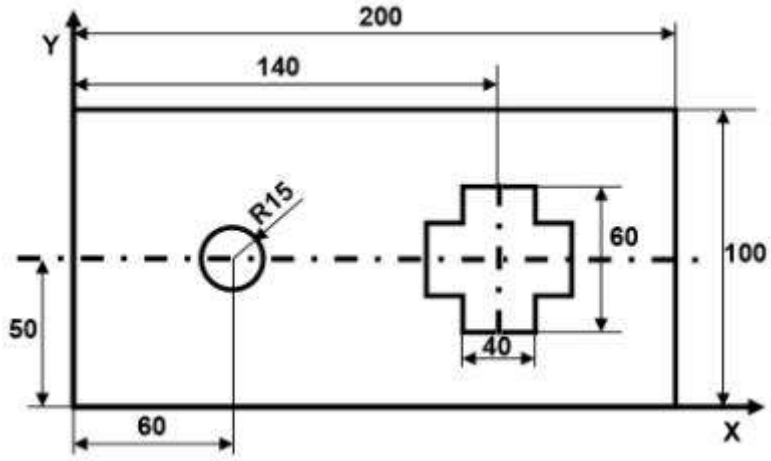
$$X=\frac{A_1\times a_1+A_2\times a_2+A_3\times a_3+\dots}{A_1+A_2+A_3+\dots}$$

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 b1, b2,… فاصله مرکز ثقل سطوح از نقطه دوران انتخابی در راستای محور Y است.

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



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

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

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

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

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 قالب‌سازی نام قطعه اهمیت دارد پس به اسامی درست قطعات توجه کنید.)

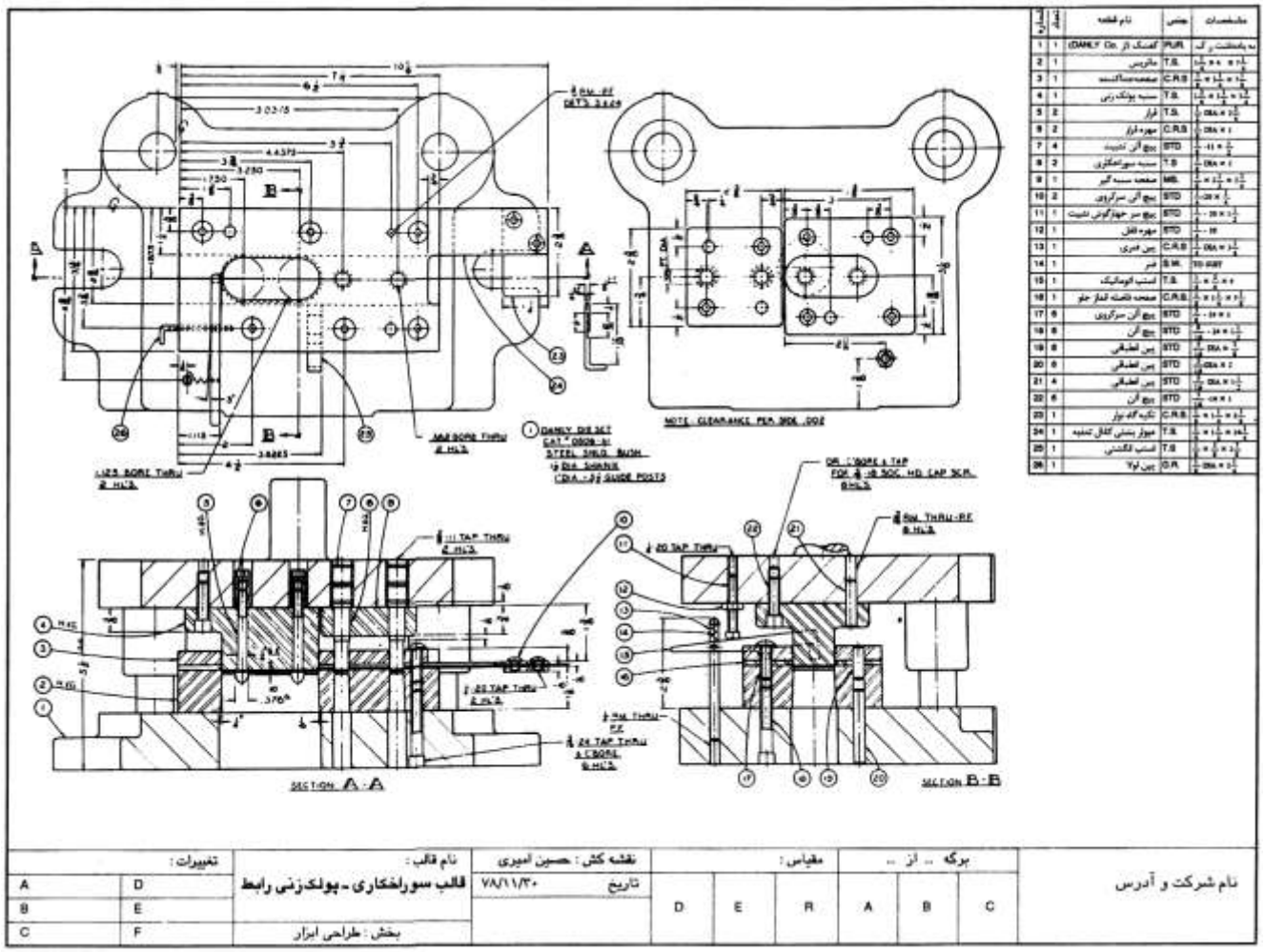
ستون چهارم: جنس قطعه

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

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

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 میلی‌متر
۳	۱	ورق گیر و کانال راهنما	1.0050	۱۲۷×۱۵۳ میلی‌متر

۴	۱	صفحه سنبه گیر	1.0050	۱۰۲×۱۲۷ میلی‌متر
۵	۲	سنبه سوراخزنی	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 تنش‌های اعمال شده، ابعاد و شکل اجزای به کار رفته می‌باشد. 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 روش‌های 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 متالورژیستهای حرفه ای در این زمینه می‌تواند شما را در انتخاب بهترین مواد ممکن و نیز نوع عملیات حرارتی مناسب مطمئن سازد. از آنجا که کاربرد انواع فولاد در ساخت قالب‌های 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 ۰/۰۵ 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 نشده‌است. 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. افزده آلیاژی گوگرد یا سرب باعث خرد شدن براده ها می‌شود که در نتیجه موجب افزایش سرعت براده‌برداری می‌گردد. مثال: 9S20 و 9SMnPb28

۳-فولادهای کربوره

فولادهای کربوره برای اجزایی به کار می‌رود که بیشتر تحت سایش و خمش قرار می گیرد و باید سطحی سخت و مقاوم به سایش و مغزی نرم و چقرمه با استحکام بالا داشته‌باشد. فولادهای کربوره به دو گروه تقسیم می‌شوند: الف)فولاد کربوره غیر آلیاژی با مقدار کربن کمتر از ۰/۲ درصد مانند C10 , C15 , CK 10, CK 15 ب)فولاد کربوره آلیاژی که با منگنز، کُرم، مولیبدن یا نیکل، آلیاژ سازی می‌شود مانند22CrMoS35 20 CrMo 4 , 16MnCr5 فولاد کربوره آلیاژی استحکام کششی بالایی دارد. به عنوان مثال فولاد 16 MnCr 5 دارای استحکام کششی $780\text{-}1080\ N/mm^2$ است در صورتی که این مقدار در فولاد کربوره غیر آلیاژی C 10 برابر $490\text{-}630\ N/mm^2$ 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 می آید. 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 کُرم، 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 می یابد.

۵-فولادهای نیتروره

فولادهای نیتروه 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 می‌رود. با نفوذ نیتروژن به سطح قطعه‌کار لایه ضد سایش نیترید آهن به وجود می‌آید. فولادهای نیتروره از فولادهای کم آلیاژ می‌باشد که نیترید ساز آنها عناصر آلومینیم، کُرم 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 نزن مانند X 5 CrNi 18 8 و فولادهای نگیر یا غیر مغناطیسی مانند X 40 MnCr 18 می‌باشد.

۲-۵-۲- فولادهای مورد استفاده در قالب‌سازی

ابزارها و قالب‌هایی که هنگام کار سطح آنها تا دمای ۲۰۰ Ċ گرم می‌شود مانند قالب‌های پرس از فولادهای سردکار ساخته می‌شوند. عناصر آلیاژی Ni,Mo,Mu,W,Cr باعث می‌گردد 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 خصوصیاتی مانند: استحکام، ضربه پذیری، سفتی و مقاومت سایشی بالایی برخوردار می‌باشند. این فولادها به طور متداول در زمینه شکل دهی و ماشین کاری فلزات در شرایط دمایی معمولی و بالا به کار می‌روند. فولاد سرد کار قبل از هر چیز باید مقاومت سایشی بالا و نیز استحکام فشاری و چقرمگی بالا داشته‌باشد. در حالت باز پخت شده قابلیت ماشین کاری خوبی دارد و هنگام عملیات حرارتی کمتر دچار تغییر ابعادی و تابیدگی می‌شود. فولادهای سرد کار اغلب برای فرآیند های کارسرد و فرآیندهای شکل دهی به کار برده می‌شود. از ویژگیهای آنها می‌توان 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 می‌باشد. نمونه هایی از فولاد سردکار و گرم کار در جداول صفحه بعد مطابق استاندارد DIN آورده شده‌است. (به جدول صفحه ۶۹ نیز توجه نمایید.)

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 قرقره
1.2083	X 42 Cr 13	قالبهای مواد مصنوعی، ویژه فایبرگلاس، مقاوم به خوردگی، پایداری بالای ابعادی
1.2436	X 210 CrW 12	قالبهای برش تیراژ بالا، سنبه کشش
1.2710	45 NiCr 6 V	قالبهای ترمولاستها، چقرمگی خوب، قابل پولیش، قابل نیتروره
1.2721	50 NiCr 13	قالبهای دوریلاستها، مقاوم به فشار و سایش، پایداری بالای ابعادی، قابل پولیش
1.2842	90 MnCrV 8	قالبهای برش تیراژ پایین، وسایل اندازه گیری، قرقره
1.3247	S 2-10-1-8[1]	قالبهای اکستروژن سرد، سنبه برش

مثال فولادهای گرم کار

شماره مواد	مشخصه کوتاه طبق DIN 17 006	مثالهای کاربردی و خواص ویژه
1.1730	C 45 W	فولادهای آهنگری ساده با حفره تخت
1.2323	48 CrMoV 6 7	قالبهای ترزیقی و پرسی
1.2343	X 38 CrMoV 5 1	قالبهای ترزیقی تحت فشار فلزات سبک قالبهای اکستروژن
1.2365	X 32 CrMoV 3 3	قالبهای ترزیقی تحت فشار، سنبه پرسی 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

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 قطعه‌کار، ترکهای ناشی از سخت کاری یا تابیدگی شدید منجر می‌گردد. به این ترتیب مواد گران قیمت، غیر قابل مصرف شده وقت بسیاری به هدر می‌رود. 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 می‌شود 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 قالب‌های برش نمونه ای از مواد پر کاربرد در ساخت این قالب‌ها آورده می‌شود. برای شناخت کامل این مواد (درصد عناصر و خواص مکانیکی) یا پیدا کردن فولادهای مشابه در کشورها و استانداردهای دیگر می‌توانید به کتاب کلید فولاد مراجعه نمایید.

ردیف	نام قطعه	جنس: شماره فولاد	جنس: نام کوتاه فولاد	توضیحات
		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	X210CrW12	برای قطعات برش پیچیده، سخت کاری با روغن، تابیدگی کمتر، سخت کاری مغزی، سخت کاری ۵۸ تا ۶۲ راکول سی (HRC)، برای تنش‌های متوسط
		1.3343	S6-5-2	قابلیت برش خوب، چقرمگی بالا، سخت کاری ۵۸ تا ۶۲ راکول سی (HRC)، برای تنش‌های خیلی بالا
		1.0050	St50-2	------
۲	ورق گیر	1.1730	C45W	برای تیراژ محصول و سرعت لغزش بالا
		1.2842	90MnCrV8	سخت کاری ۵۸ تا ۶۲ راکول سی (HRC)،
۳	سنبه	1.2436	X210CrW12	مطابق استاندارد سنبه های گرد DIN 9861
		1.3343	S6-5-2	
۴	سنبه گیر	1.0050	St50-2	برای محصول با تیراژ بالا سخت کاری می‌گردد.
		1.1730	C45W	سخت کاری بین ۴۵ تا ۵۵ راکول سی(HRC)
۵	دنباله قالب	1.0050	St50-2	طبق استاندارد DIN 9859

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

۲-۶- روش‌های ساخت قالب

ساخت قالب به عنوان یک ابزار دقیق، نیازمند اطلاعات فراوانی از جمله روش‌های مختلف ساخت قطعات صنعتی است. اساساً قطعات قالب توسط روش‌های مختلف سنتی و نوین ماشین کاری، تولید می‌گردد. عمده اهمیت قالب پرس، طرح سنبه و ماتریس و دقت ساخت قالب است چرا که قالب خود مولد هزاران قطعه‌کار خواهد بود در نتیجه خطا در ساخت یک قالب منتج به خطا در هزاران قطعه‌کار خواهد شد. بنابراین دقت ساخت قالب و شکل قطعه‌کار، اساس انتخاب روش طراحی و ساخت قالب محسوب می‌گردد. تعدادی از قطعات و قالب های امروزی تنها با روش‌های سنتی ماشین کاری قابل تولید نیست و تولید آنها به کمک ماشینهای کنترل عددی یا ماشینهای خاص مانند اسپارک و وایر کات امکان پذیر می‌باشد. 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 اقتصادی‌ترین و سریعترین روش تولید اجزای قالب را انتخاب نماید. برای این کار باید نقشه‌ها 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 سوراخزنی و ...) بصورت استاندارد توسط شرکتهای خاص تولید می‌شود. به همین دلیل بسیاری از قالب سازان جهت کاهش زمان ساخت ترجیح می‌دهند 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 روش‌های عملیات حرارتی سخت کاری می‌شوند. 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 می‌توان براده‌برداری کرد. در میان ماشینهای نوین اسپارک و وایر کات نیز می‌تواند از قطعات سخت کاری شده براده‌برداری نماید. بنابراین در صورت لزوم می‌توان پس از سخت کاری نیز قطعات را ماشین کاری نمود. عمده روش‌های ماشین کاری که برای ساخت قالب‌های پرس مورد استفاده قرار می گیرد عبارتند از:

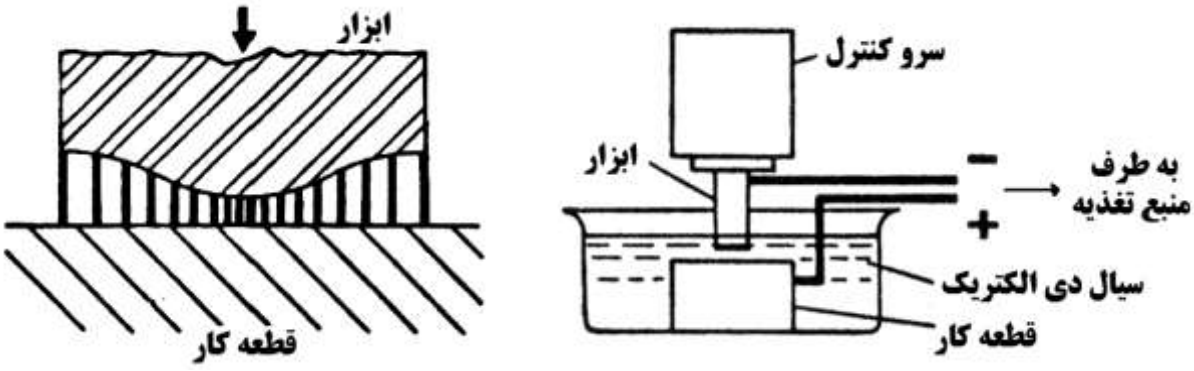
۲-۶-۱- روش‌های سنتی

تراش کاری و فرزکاری همچنان بعنوان اصلی‌ترین فرایندهای ساخت قالب در صنایع بکار می روند. بسیاری از قطعات یا بطور کامل توسط این روش‌ها تولید می‌گردد یا در بخشی از مسیر ساخت خود تراش کاری و فرزکاری می‌شود. دقتهایی که ماشینهای امروزی تراش و فرز سنتی ارائه می‌کنند چند صدم میلی متر است. تخت سایی و گردسایی نیز از جمله دیگر فرآیندهای سنتی هستند که عمدتاً پس از تراش کاری یا فرزکاری، جهت براده‌برداری ظریف و به تلرانس رساندن قطعه‌کارهای مختلف بکار می‌رود. سنگ زنی بعنوان فرایندی با ابزار و ساختار براده‌برداری متفاوت، خود به تنهایی یک تخصص کامل در صنعت محسوب می‌گردد. استفاده از فرآیند سنگ زنی سنتی جهت ایجاد تلرانسها و انطباقات و تیز کردن سنبه و ماتریس رایج است.

۲-۶-۲- روش‌های نوین

انواع ماشینهای کنترل عددی بخصوص ماشینهای تراش و فرز کنترل عددی، ماشینهای اسپارک و وایر کات از جمله فرایندهای ماشین کاری نوینی می‌باشد که در حال حاضر جهت ساخت قالب‌های پرس بکار می‌رود. گاهی پیچیدگی قطعات قالب و دقتهای بالایی که دارند راهی جز استفاده از روش‌های نوین ماشین کاری برای قالب ساز باقی نمی گذارد. البته این نکته دارای اهمیت است که روش‌های ماشین کاری نوین مزایای متنوعی مانند دقت و سرعت تولید بالا و قابلیت تکرار پذیری مطلوبی دارند و این دلایل باعث شده‌است 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 می‌شود در این قسمت از توضیح آنها چشم پوشی می‌گردد و تنها مطالب خلاصه ای پیرامون ماشینهای اسپارک و وایر کات آورده می‌شود.

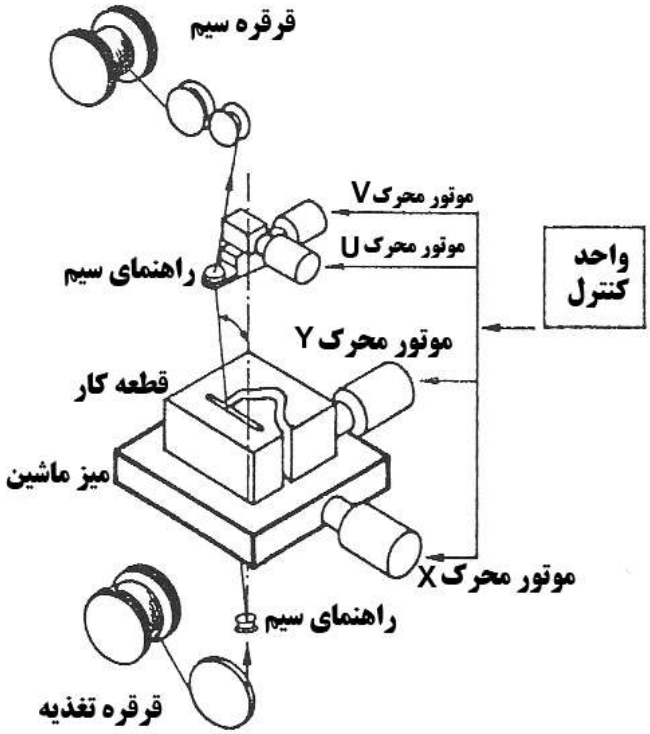
ماشینهای E.D.M (Electro Discharge Machining) بر اساس تخلیه الکتریکی سریع بین دو سطح در یک مایع غیر هادی (دی الکتریک) با فرکانس بالا عمل می‌کنند. این دو سطح یکی الکترود و دیگری قطعه‌کار است که در اثر این عملیات از روی سطح کار، براده‌برداری می‌شود.



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

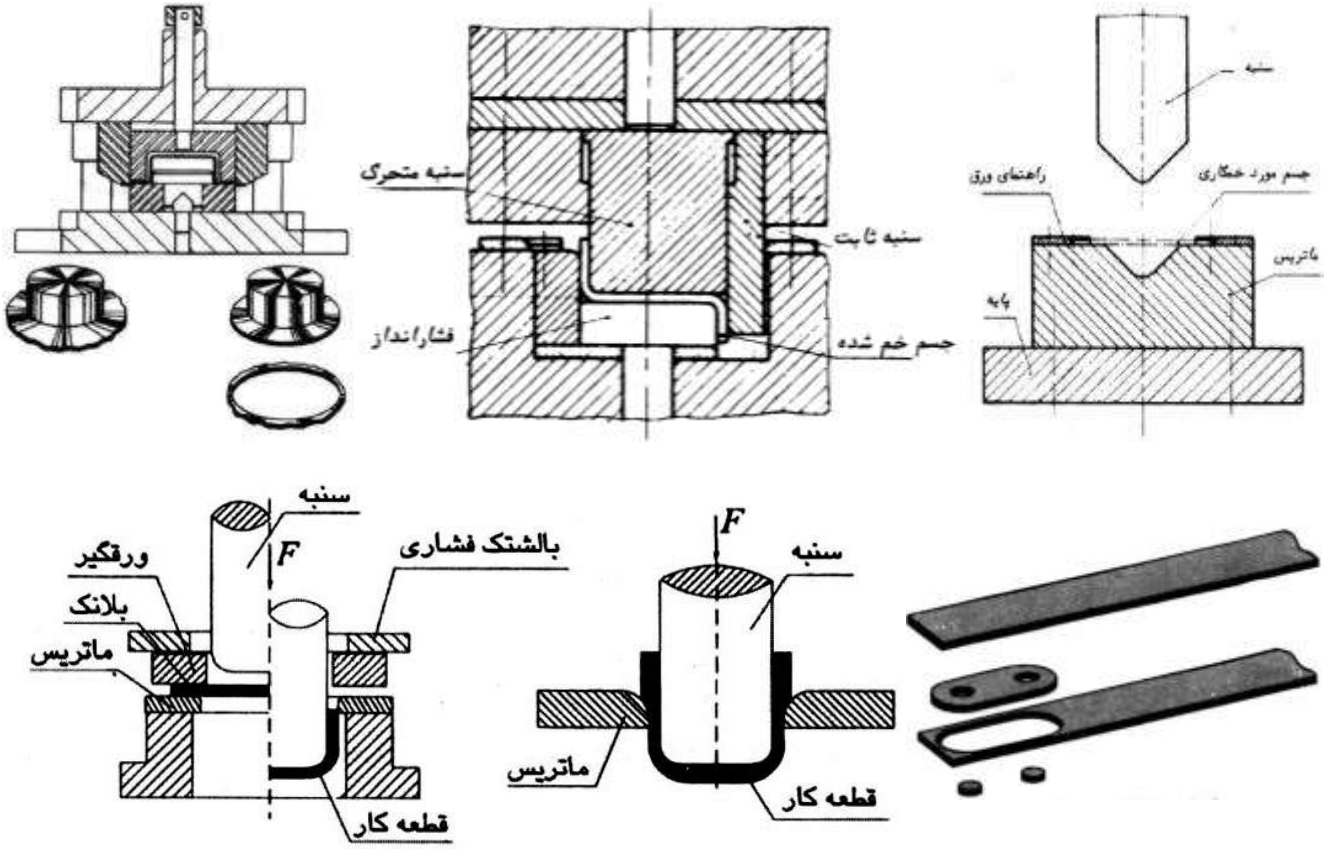
ماشین وایر کات (Wire Cut = برش با سیم) نیز یک ماشین براده‌برداری E.D.M یا تخلیه الکتریکی است که ابزار آن سیمی با جنس و قطر معین می‌باشد. ابتدا در قطعه‌کار سوراخ ریزی ایجاد می‌گردد سپس سیم از درون آن عبور داده می‌شود. با زاویه

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



بخش سوم:

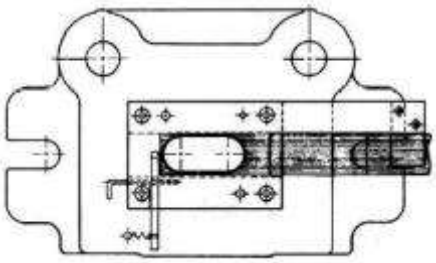
انواع قالب پرس



۱-۶- انواع قالب برش

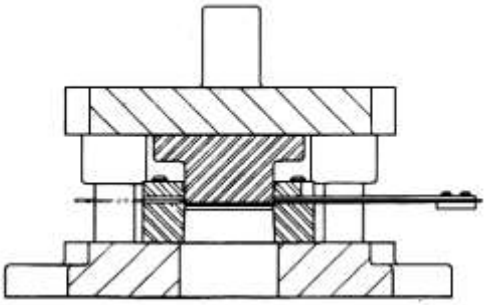
حدود بیست نوع قالب برش مستقل وجود دارد که در ادامه به بررسی تعدادی از آنها می پردازیم.

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 می‌کند . این قالب سه مزیت دارد:

دقت: وجوه قطعه‌ی پولک نسبت به یکدیگر دقیق است.

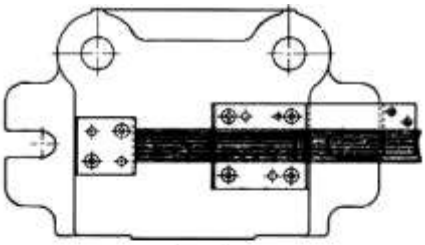


ظاهر: باند براق دور تا دور تمام قطعات یکسان است.

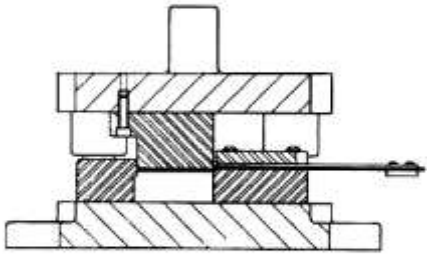
صافی: پولک به دلیل تحت فشار قرار گرفتن بین سنبه و ماتریس صاف است.

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

۳-۱-۲- قالب‌های قطع

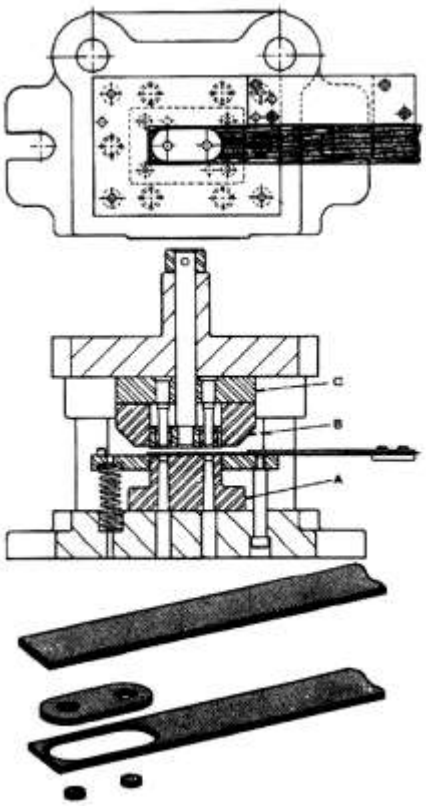


عملکرد اصلی این گونه قالب‌ها، برش نوار تغذیه در طولهای کوچکتر و ایجاد پولک ساده است. خط برش می‌تواند مستقیم یا منحنی باشد و در مراحل قبلی می‌توان سوراخ زنی یا شکاف زنی و یا هر دو را انجام داد. این قالب‌ها عموماً جهت تولید قطعاتی که وجوه موازی دارند به کار می‌رود زیرا هزینه تهیه‌ی این قالب‌ها از قالب‌های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



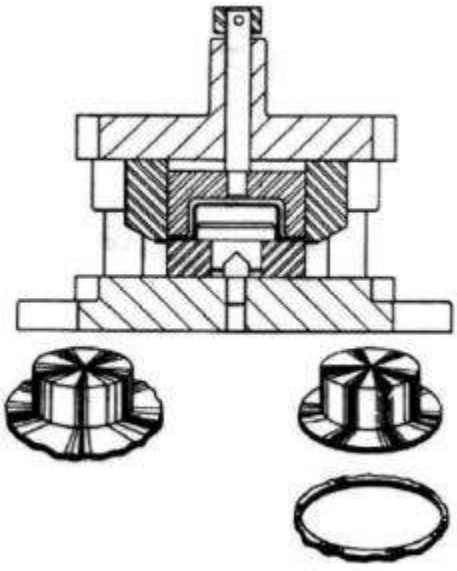
۳-۱-۳- قالب‌های مرکب

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



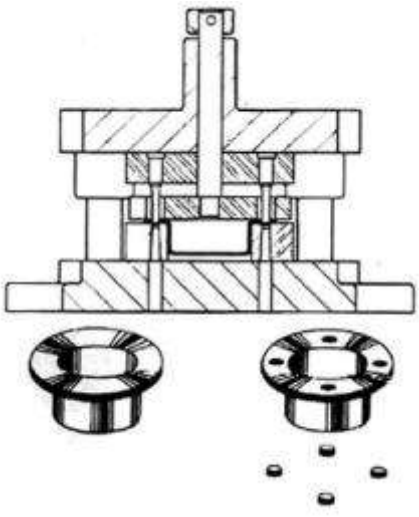
قالب‌های مرکب از گروه قالب‌های معکوس هستند و در آنها برعکس قالب‌های معمول، سنبه پولک زنی در کفشک پایین بسته شده‌است و دارای سوراخهایی جهت خروج مازاد حاصل از سوراخ زنی می‌باشد. ماتریس B به کفشک بالا بسته شده‌است و دارای یک صفحه‌ی فاصله انداز C می‌باشد که سنبه های سوراخ زنی را در خود نگاه داشته است. اگرچه قالب‌های مرکب بیشتر برای ساخت قطعات صاف و دقیق مورد استفاده قرار می گیرد، با این حال گاهی برای تولید قطعات بزرگ که در چند ایستگاه امکان تولید آنها وجود ندارد نیز بکار می رود. 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، قسمت های اضافی و موج دار قطعات شکل یافته و کشیده شده را جدا می‌کند. به کمک دوره بری می‌توان لبه های صاف با خطوط محیطی دقیق ایجاد کرد. قطعه، بروی یک توپی تنظیم قرار می گیرد 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 می اندازد (شکل روبرو).

۳-۱-۵- قالب‌های سوراخ زنی

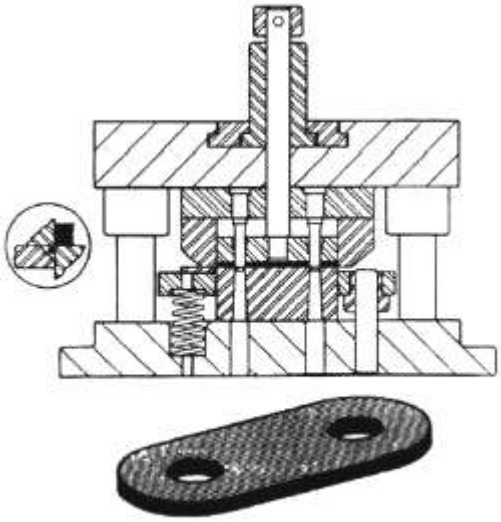


این قالب‌ها برای ایجاد سوراخ در قطعات پرس کاری مورد استفاده قرار می گیرد. به دو دلیل معمولاً عملیات سوراخ زنی، در ایستگاهی جداگانه انجام شود:

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

ب) هنگامی که لبه های سوراخ ایجاد شده به لبه های 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 می‌رود تا سطح برش خورده، براق و عمودی شود. یک قطعه‌ی 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 می‌شود 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.

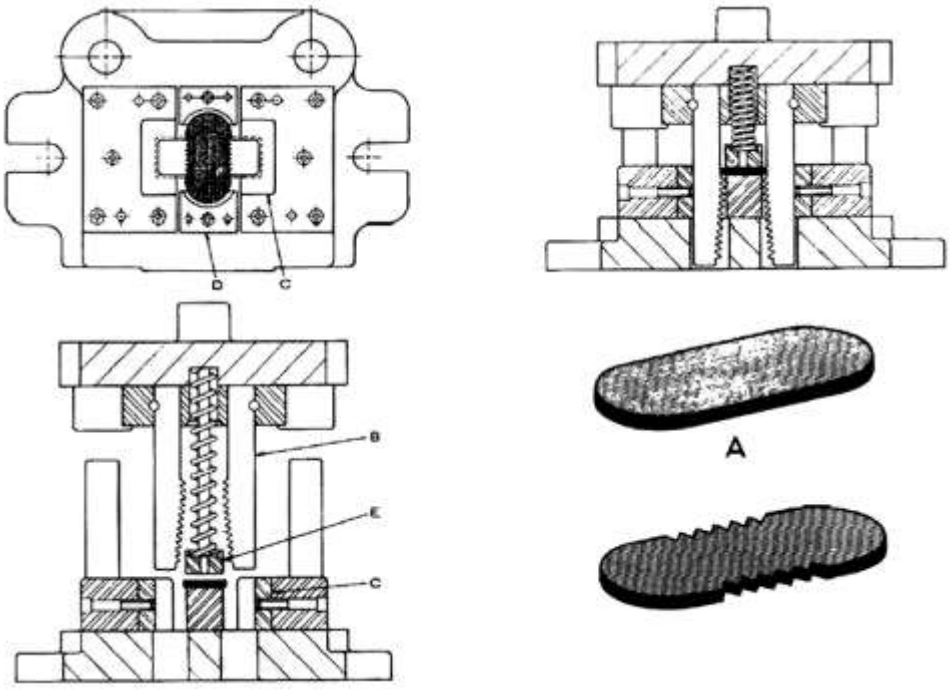
۳-۱-۷- قالب‌های خان کشی

عمل خان کشی را می‌توان به صورت یک دوره‌ی پیاپی از عمل دوره بری تکمیلی در نظر گرفت که به صورت متوالی توسط یک قالب انجام می‌شود. 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 تیغه‌ی خان کشی B می‌باشد که توسط دو نگاه دارنده ی C سخت کاری شده، هدایت می‌گردد. قطعه در قرار D جای می گیرد. فشار دهنده‌ی E که فنری قوی در پشت آن قرار دارد قطعه را قبل از شروع برش محکم در جای خود نگاه می دارد. چند دندانه‌ی اول تیغه، هیچ برشی انجام نمی‌دهند مگر زمانی که قطعه کار بزرگتر از معمول باشد. سه یا چهار دندانه‌ی آخر اندازه صحیح و دقیق شکاف را ایجاد می‌کند.



۱-۷- قالب‌های خم

از جمله قالب‌های خم کاری ساده عبارت است از:

الف)قالب خم کاری V شکل

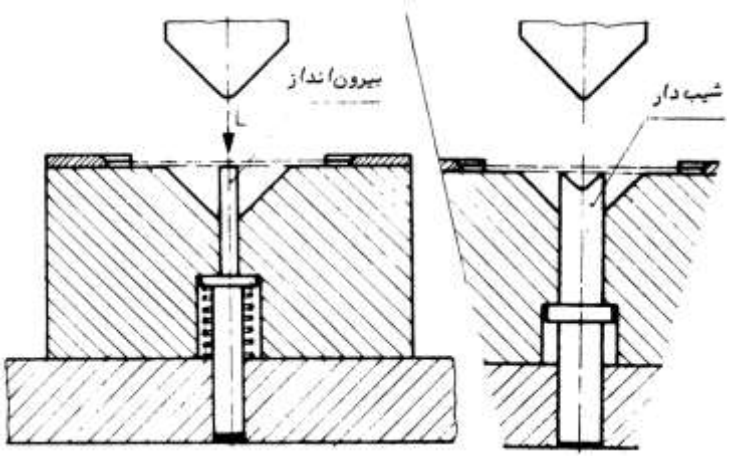
ب)قالب خم کاری گونیایی (نبشی)

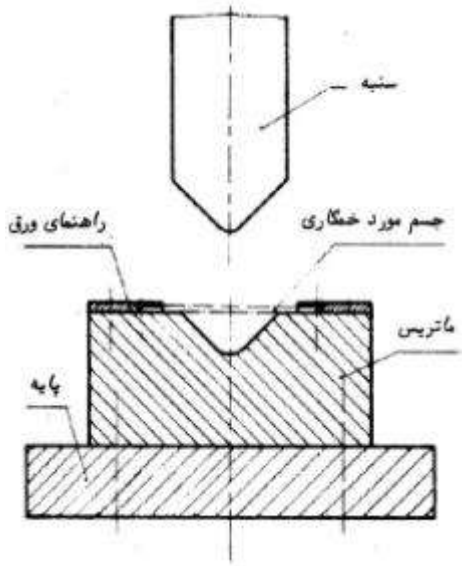
ج)قالب خم کاری U شکل (ناودانی)

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 می پذیرد. در صورت لزوم می توان 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.

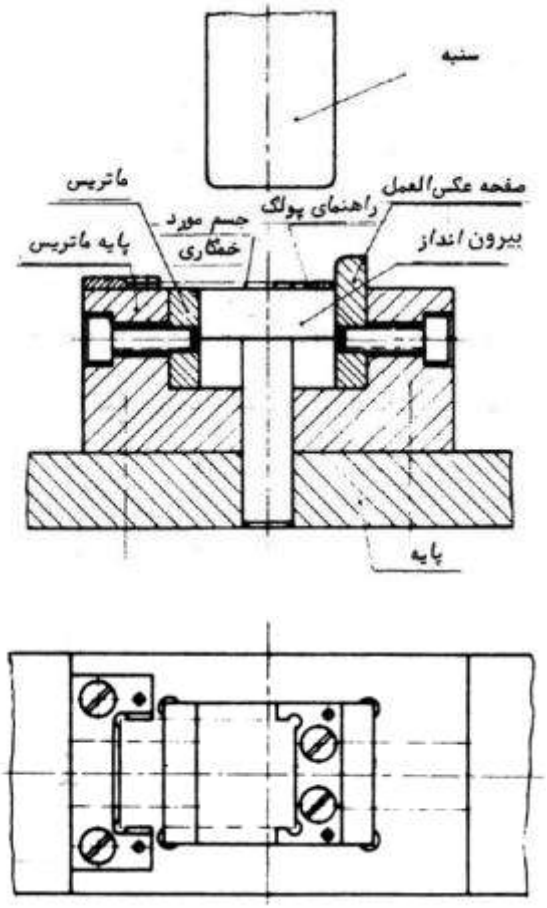




۳-۲-۲- قالب خم کاری گونیایی

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 می گیرد. باید توجه داشت که بازوی طویل تر بروی بیرون انداز باشد. سنبه پایین می‌آید و قطعه را به بیرون انداز می چسباند و به درون ماتریس فرو می‌برد. ماتریس بازوی کوچکتر جسم را عمود بر بازوی بزرگ آن بر می گرداند. 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 می نماید جسم را به بیرون پرتاب می‌کند. برای جبران عکس العمل خم کاری که در ابتدا سنبه را به یک طرف می کشد، در نقطه مقابل محل خم کاری یک صفحه که به آن صفحه عکس العمل گفته می‌شود قرار می گیرد. این صفحه کمی بلندتر از ماتریس ساخته می‌شود.



۳-۲-۳- قالب خم کاری U شکل (ناودانی)

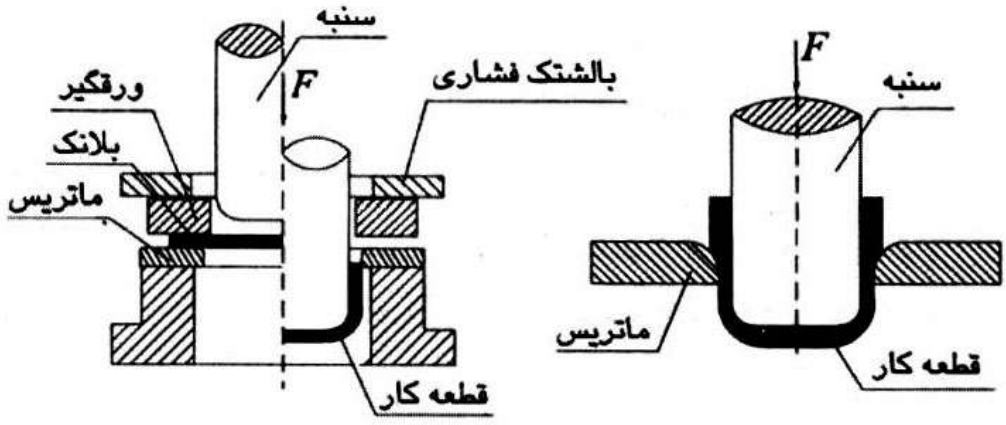
قالب خم کاری U شکل مانند قالب خم کاری گونیایی ساخته می‌شود با این اختلاف که برای این قالب وجود پاشنه اتکا بروی ماتریس دیگر لزومی ندارد. در این نوع قالب‌ها در حقیقت دو عمل خم کاری گونیایی بروی ورق انجام می‌شود و از هر دو طرف خم، نیرویی برابر و در جهت مخالف سنبه وارد می‌شود که یک دیگر را خنثی می‌کنند. 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.

۱-۸- 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 می‌شود. در این فرآیند، ورق مسطح، همواره به صورت استوانه ای، مخروطی و جعبه ای شکل تبدیل می‌شود. در این فرآیند تولید قطعه نهایی با کمترین تعداد فرآیند مورد نیاز و دور ریز ایجاد شده‌امکان پذیر می‌باشد. همچنین قطعه نهایی را می‌توان بدون نیاز به عملیات اضافی مونتاژ کرد. گسترش روش‌های کشش عمیق، موجب توسعه کاربرد آن در صنایع هواپیماسازی و خودروسازی شده‌است. محدوده کاربرد فرایند کشش، از قطعات بسیار کوچک و مورد نیاز صنایع برق و الکترونیک تا قطعات چند متری در شاخه های دیگر صنعت می‌باشد. از تولیدات متداول کشش عمیق می‌توان 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 می‌توان 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-فرایند 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 می‌شود.



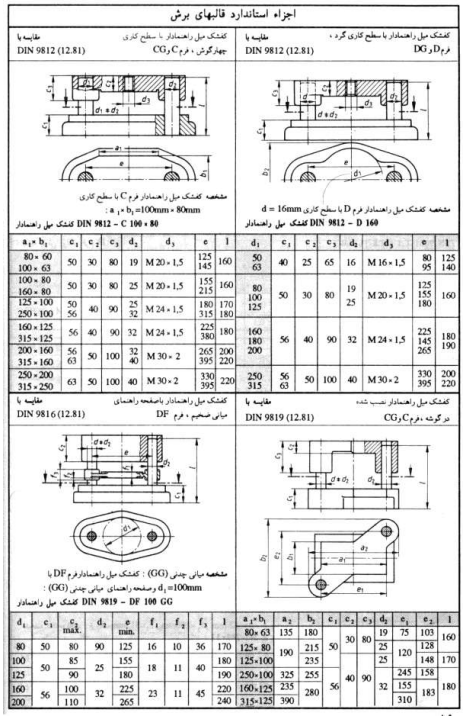
در این فرایند ورق تخت به وسیله پرس‌های مکانیکی یا هیدرولیکی در معرض کشش سرد قرار گرفته به پوسته ای بی درز تبدیل می‌شود. هنگامی که ماده توسط سنبه به سمت حفره ماتریس هدایت می‌شود، جریان فلزی به شکل سه بعدی در ورق پدید می‌آید. با اعمال نیروی مشخص، ورق توسط یک ورقگیر نگاه داشته می‌شود. در این شرایط تنشهای فشاری بالایی بر ورق فلزی اعمال می‌گردد. 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 می‌شود. به علاوه تنش پدیده آمده در نواحی مختلف قطعه متفاوت می باشد.

بخش چهارم:

پیوست


اجزاء استاندارد قالبهای برش

کشنک میل راهنمادار با سطح کاری گرده ، فرم DG و D
مطابق با DIN 9812 (12.81)

کشنک میل راهنمادار با سطح کاری چهارگوش ، فرم CG و C
مطابق با DIN 9812 (12.81)

مشخصه کشنک میل راهنمادار فرم D با سطح کاری d = 16mm
کشنک میل راهنمادار DIN 9812 – D 160

مشخصه کشنک میل راهنمادار فرم C با سطح کاری $a_1 \times b_1$=100mm × 80mm :
کشنک میل راهنمادار DIN 9812 – C 100 × 80

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

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

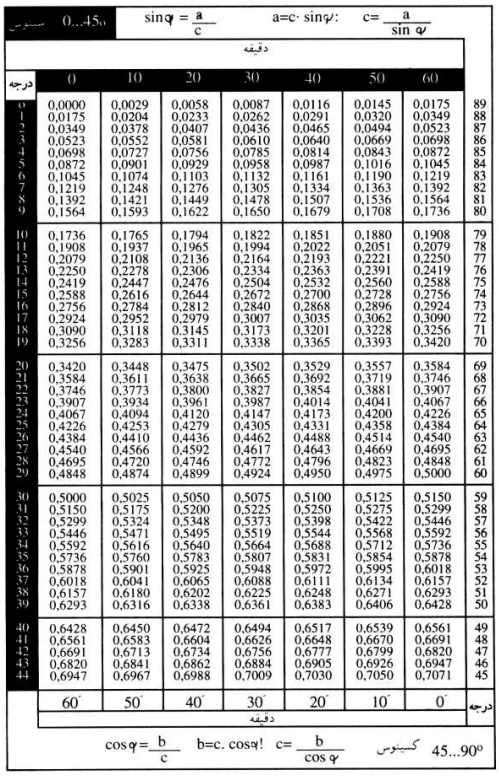
کشنک میل راهنمادار با صفحه راهنمای میانی ضخیم ، فرم DF
مطابق با DIN 9816 (12.81)

کشنک میل راهنمادار نصب شده در گرده ، فرم CG و C
مطابق با DIN 9819 (12.81)

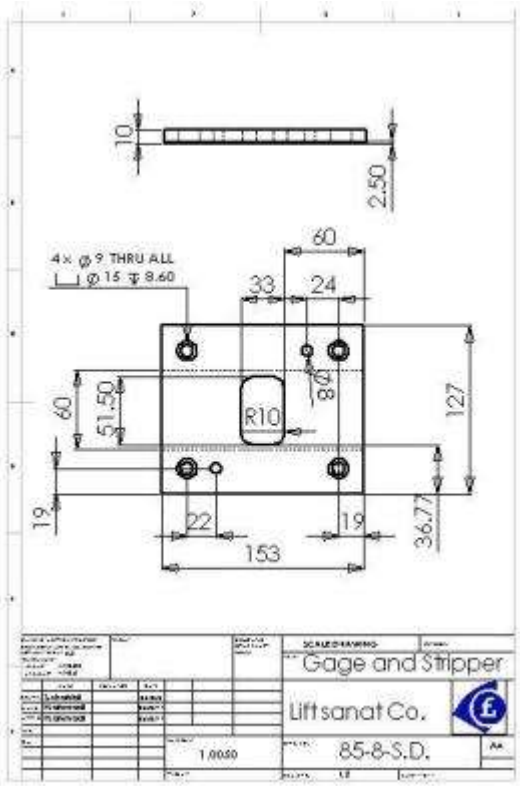
مشخصه میانی چدنی (GG) : کشنک میل راهنمادار فرم DF با d_1=100mm وصفحه راهنمای میانی چدنی (GG) :
کشنک میل راهنمادار DIN 9819 – DF 100 GG

d_1	c_1	c_2 max.	d_2	e min.	f_1	f_2	f_3	l
80	50	80	90	125	16	10	36	170
100	50	85	25	155	18	11	40	180
125		90		180				190
160	56	100	32	225	23	11	45	220
200		110		265				240

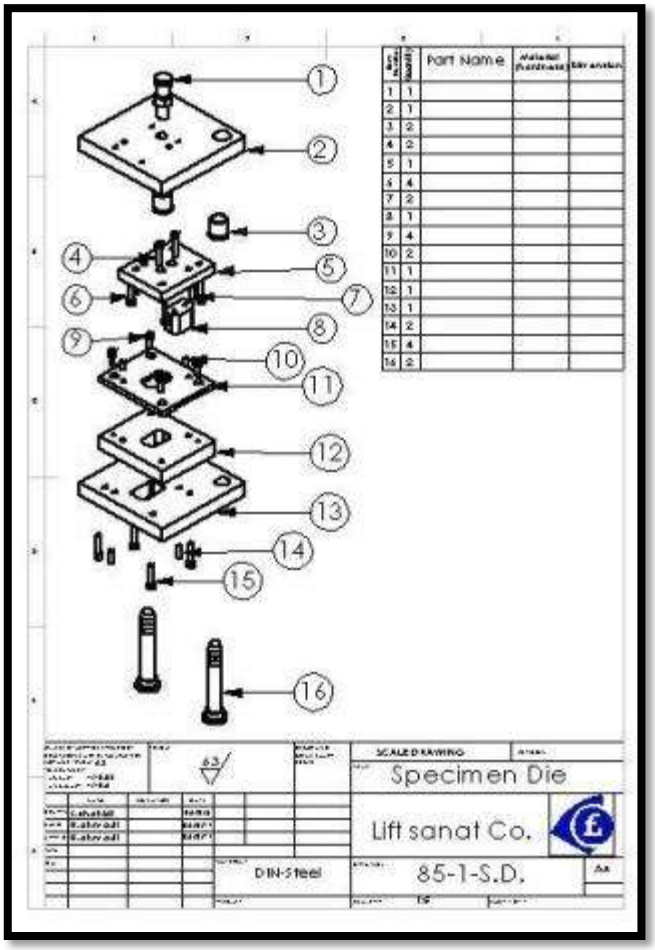
$a_1 \times b_1$	a_2	b_2	c_1	c_2	c_3	d_2	e_1	e_2	l
80× 63	135	180	50	30	80	19	75	103	160
125× 80	190	215				25	120	128	
125×100		235				25		148	170
250×100	325	255	56	40	90	32	245	158	180
160×125	235	280					155	183	
315×125	390						310		

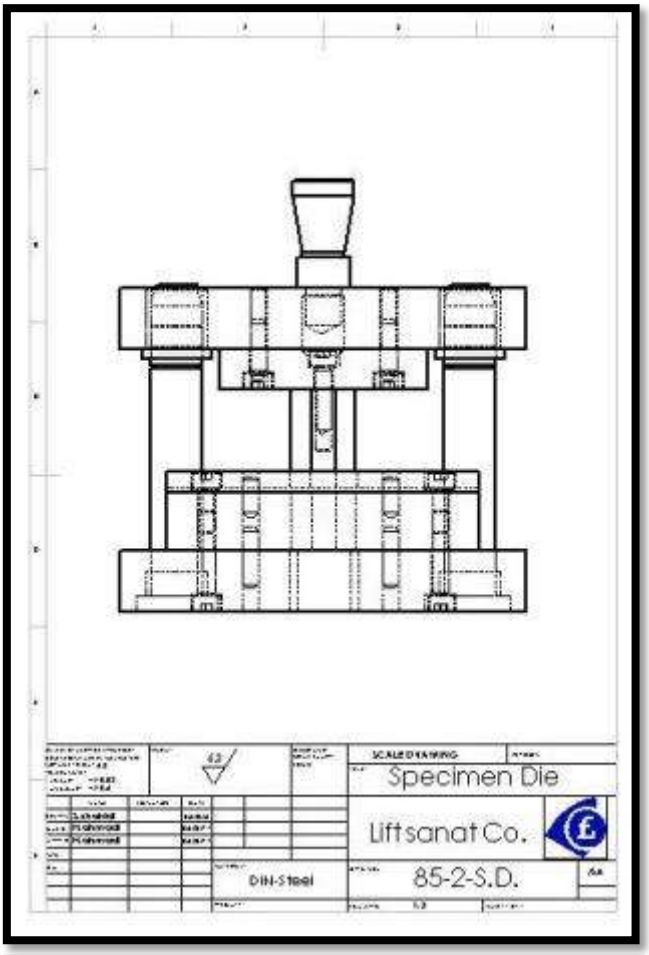


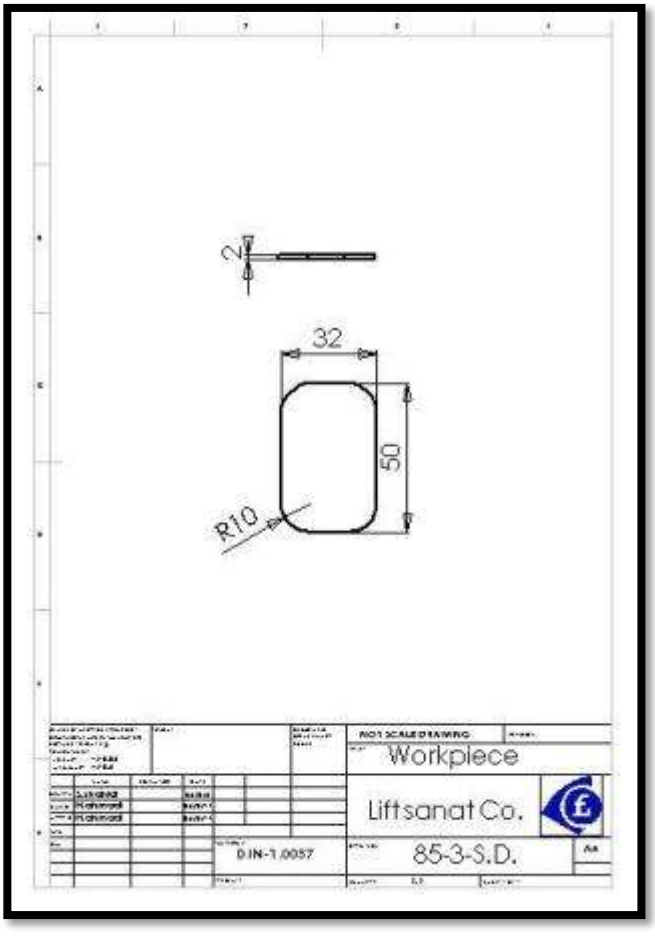
درجه	0′	10′	20′	30′	40′	50′	60′	درجه
0	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175	89
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349	88
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0436	0,0465	0,0494	0,0523	87
3	0,0523	0,0552	0,0581	0,0610	0,0640	0,0669	0,0698	86
4	0,0698	0,0727	0,0756	0,0785	0,0814	0,0843	0,0872	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

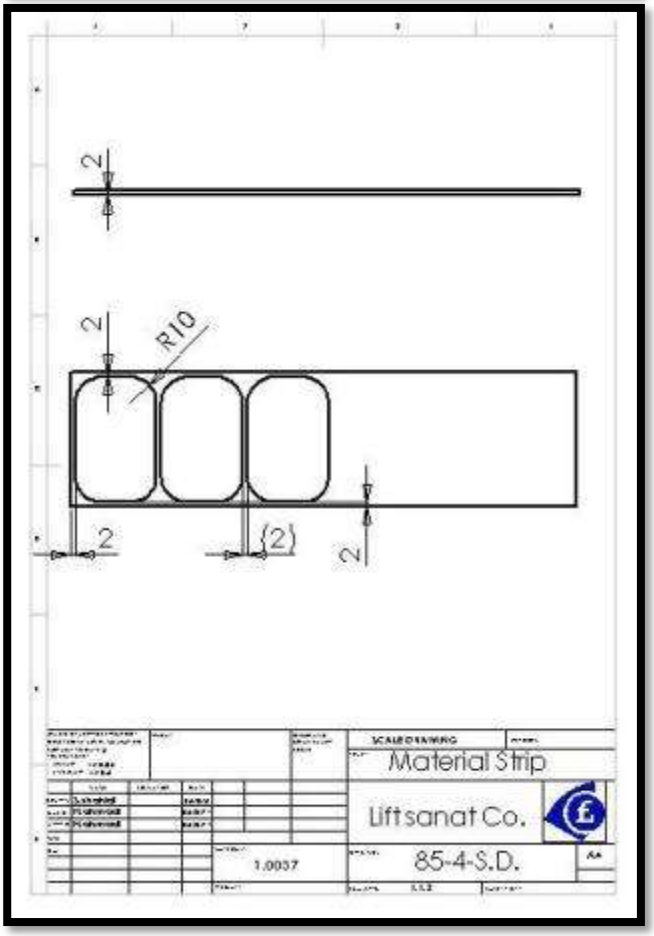


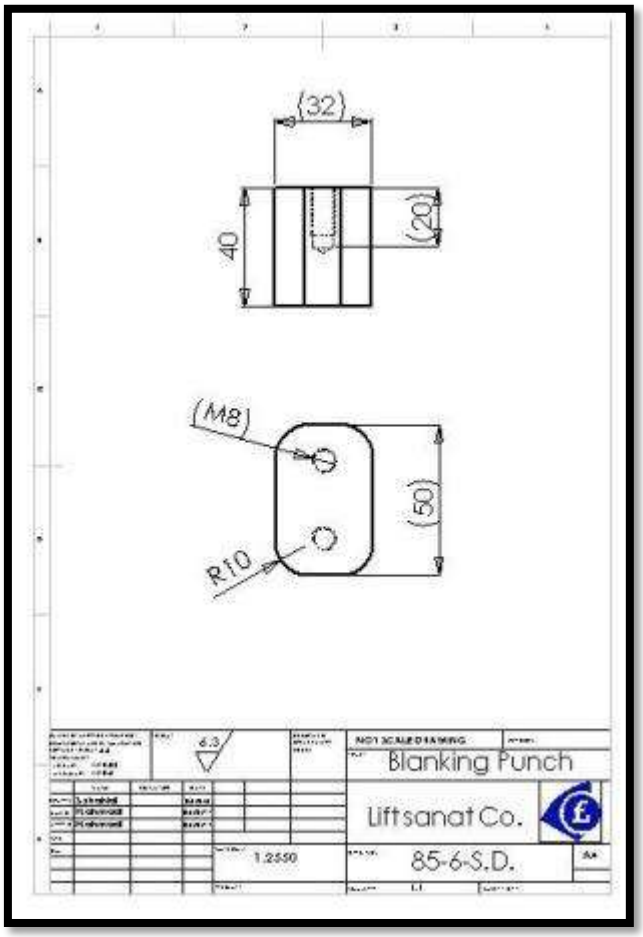
۴-۱- نمونه یک قالب برش ساده

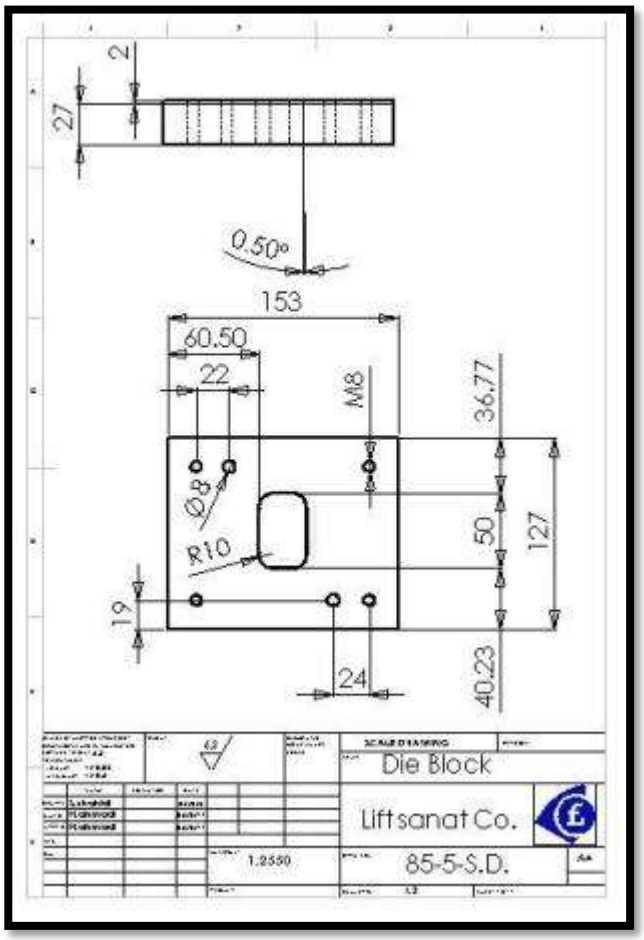


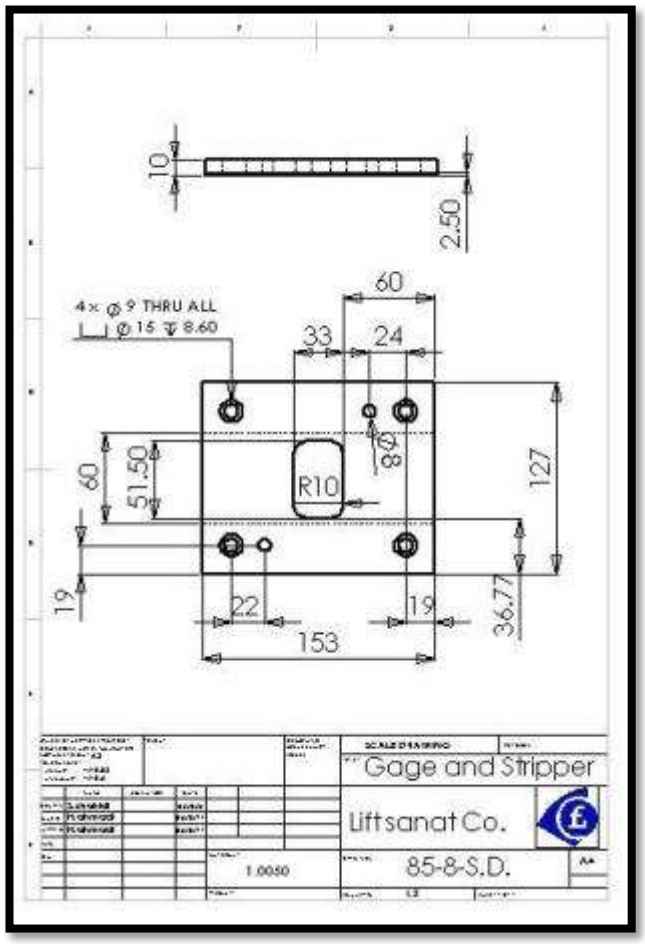


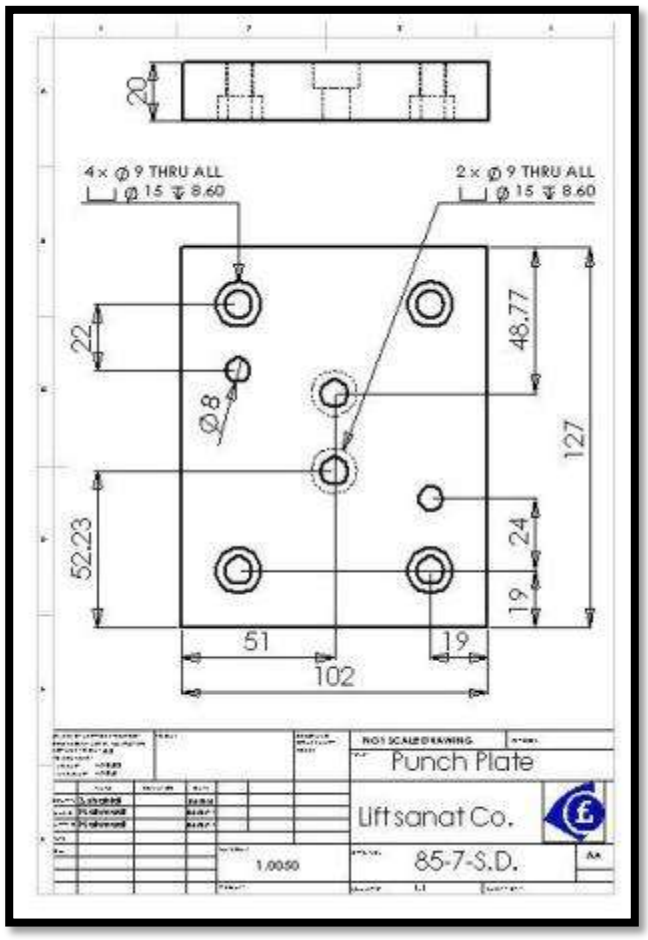


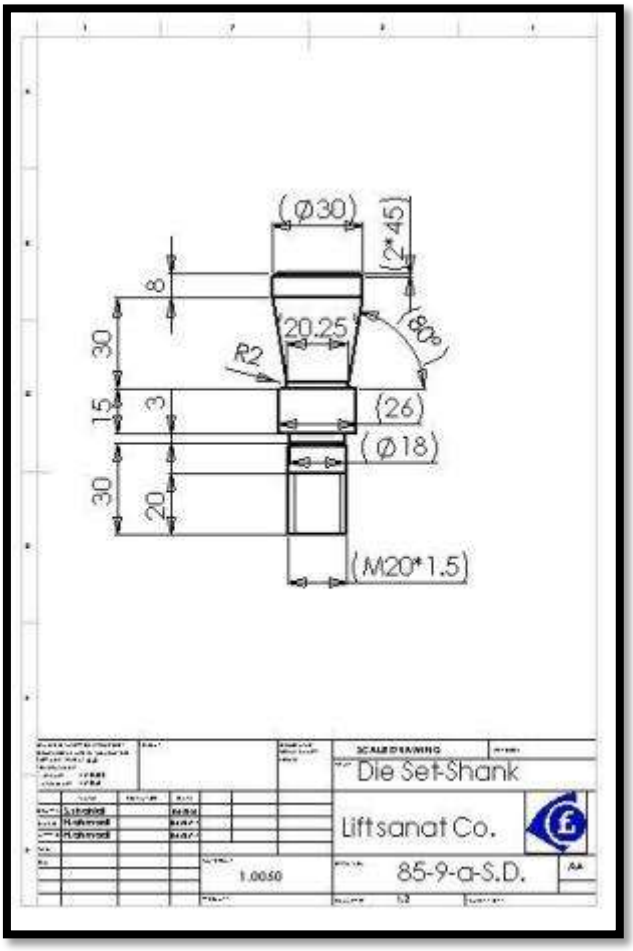


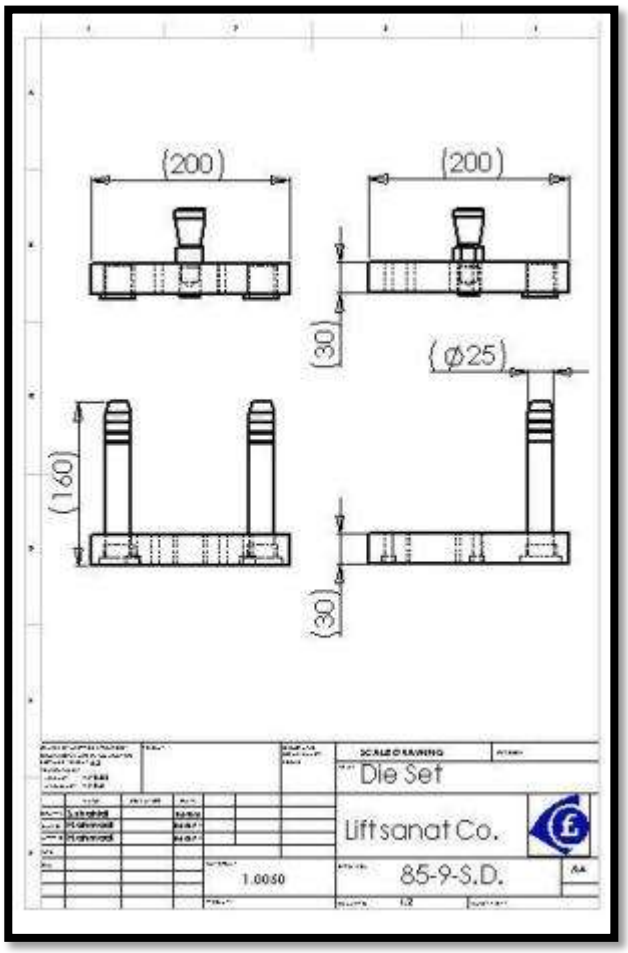

(32)
40
(20)
(M8)
(50)
R10
Blanking Punch
Liftsanat Co.
85-6-S.D.

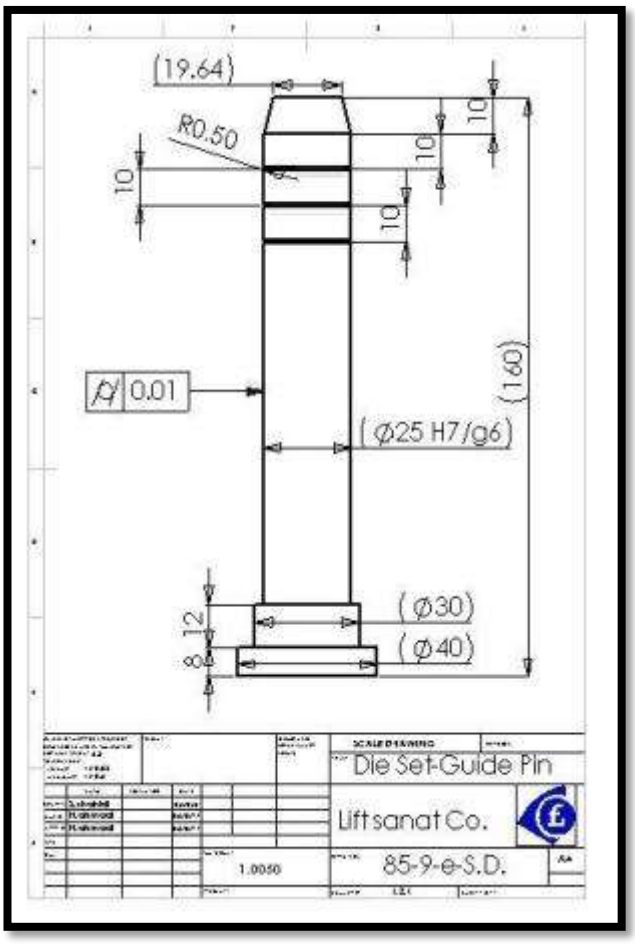

2
27
0.50°
153
60.50
22
M8
36.77
Ø8
R10
50
127
19
24
40.23
Die Block
Liftsanat Co.
85-5-S.D.

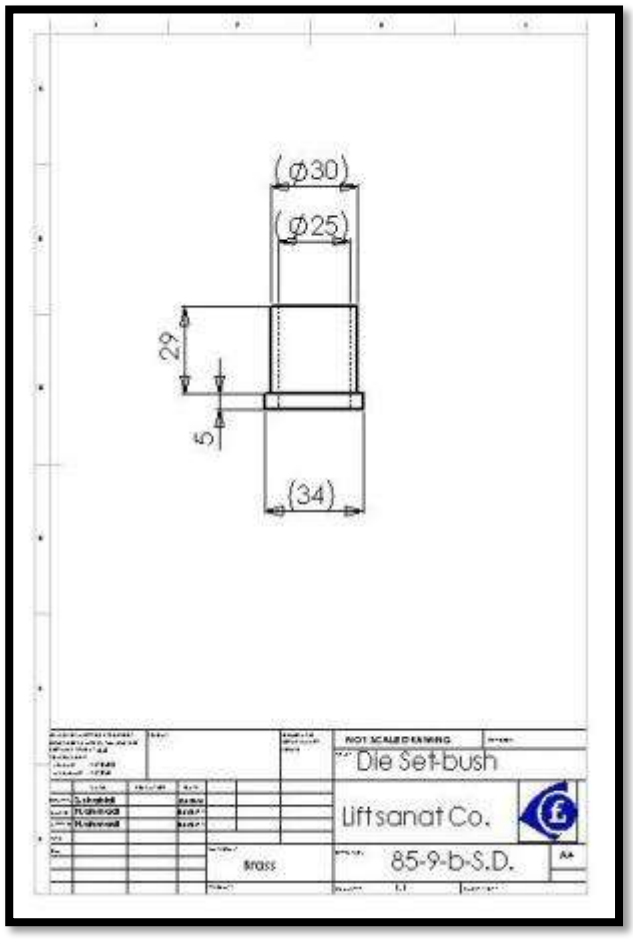

10
2.50
4× Ø 9 THRU ALL
⌴ Ø 15 ↧ 8.60
60
33
24
Ø8
R10
60
51.50
127
19
22
19
153
36.77
Gage and Stripper
Liftsanat Co.
85-8-S.D.

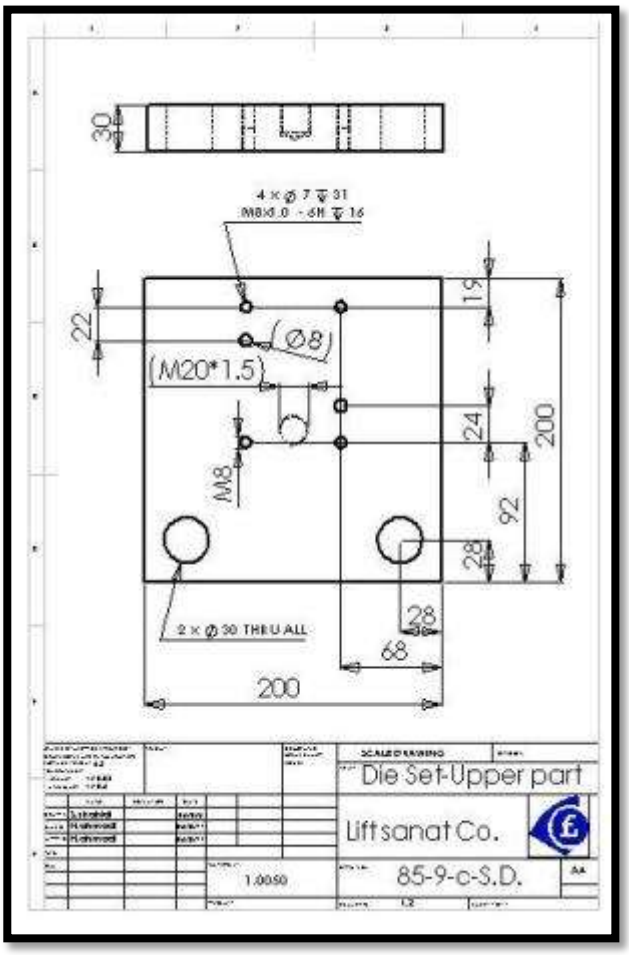

20
4× Ø 9 THRU ALL
⌴ Ø 15 ↧ 8.60
2× Ø 9 THRU ALL
⌴ Ø 15 ↧ 8.60
22
48.77
Ø8
127
52.23
24
19
51
19
102
Punch Plate
Liftsanat Co.
85-7-S.D.

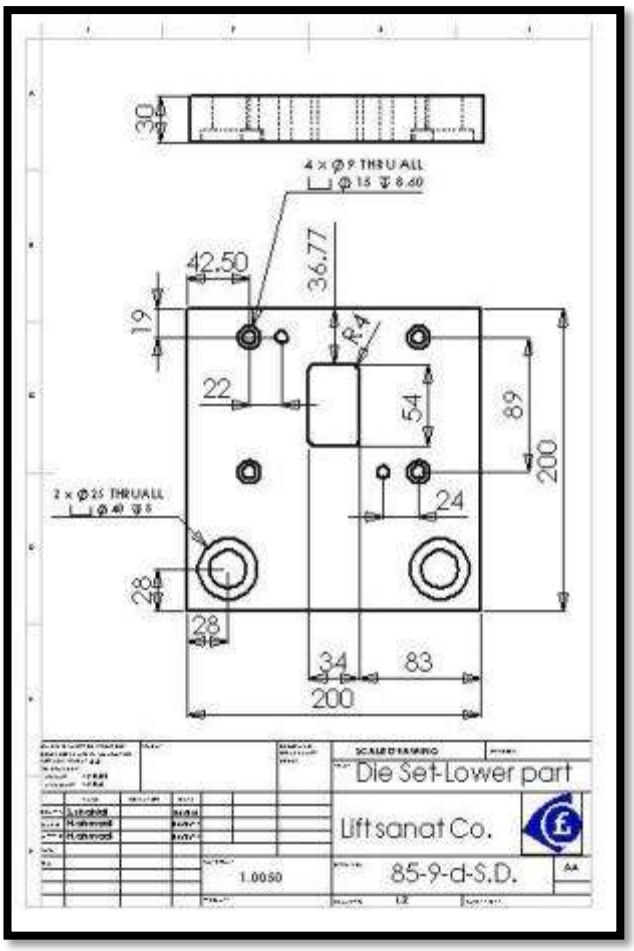

(Ø30)
(2*45)
8
30
20.25
R2
(90°)
15
3
(26)
(Ø18)
30
20
(M20*1.5)
Die Set-Shank
Liftsanat Co.
1.0050
85-9-a-S.D.


(200)
(200)
(30)
(Ø25)
(160)
(30)
Die Set
Liftsanat Co.
1.0050
85-9-S.D.


(19.64)
R0.50
10
10
10
10
0.01
(160)
(Ø25 H7/g6)
12
8
(Ø30)
(Ø40)
Die Set-Guide Pin
Liftsanat Co.
1.0050
85-9-e-S.D.


(Ø30)
(Ø25)
29
5
(34)
Die Set-bush
Liftsanat Co.
Brass
85-9-b-S.D.





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

ورقها، سیمها

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

ضخامت ورق mm	وزن سطحی m² kg/m²	ضخامت ورق mm	وزن سطحی m² kg/m²	ضخامت ورق mm	وزن سطحی m² kg/m²	ضخامت ورق mm	وزن سطحی m² kg/m²	ضخامت ورق mm	وزن سطحی m² kg/m²	ضخامت ورق mm	وزن سطحی m² kg/m²
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

نوع تحویل : 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

ورق از فلزات غیرآهنی — مقایسه با DIN 1751 (6.73),DIN 1783 (4.81)

ضخامت ورق mm	D-Cu	CuZn37	CuAl8	Al99,8	MGA1 6	Zn97,5	ضخامت ورق mm	D-Cu	CuZn37	CuAl8	Al 99,8	MgAl6	Zn97,5
	وزن سطحی m² به kg/m²							وزن سطحی m² به kg/m²					
0,2	1,78	1,68	1,54	0,540	–	1,41	1,6	14,2	13,4	12,6	–	–	–
0,25	2,22	2,10	1,92	0,675	–	1,80	1,8	16,0	15,1	13,9	4,86	3,28	12,9
0,3	2,67	2,52	2,31	0,810	0,546	2,15	2	17,8	16,9	15,4	5,40	3,64	14,4
0,4	3,56	3,36	3,08	1,08	0,728	2,87	2,2	19,6	18,5	16,9	–	–	15,8
0,5	4,45	4,20	3,85	1,35	0,910	3,59	2,5	22,2	20,9	19,2	6,75	4,55	18,0
0,6	5,34	5,04	4,62	1,62	1,09	4,31	2,8	25,0	23,6	21,5	–	–	20.1
0,7	6,23	5,88	5,38	–	–	5,03	3	26,8	25,3	23,1	8,10	5,46	21,5
0,8	7,12	6,72	6,16	2,16	1,46	5,74	3,2	29,0	27,4	24,6	–	–	–
1	8,90	8,40	7,70	2,70	1,82	7,18	3,5	31,2	29,5	26,9	9,45	6,37	25,1
1,2	10,7	10,1	9,24	3,24	2,18	8,62	4	35,6	33,6	30,4	10,8	7,28	28,7
1,4	12,5	11,8	10,8	–	–	10,1	4,5	40,1	37,8	34,6	–	–	–
1,5	13,4	12,7	11,6	4,05	2,73	10,8	5	44,5	42,0	38,5	13,5	9,10	35,9

نوع تحویل : به صورت ورق یا تسمه طبق DIN 1751 درضخامت 0,1 m تا 5 mm ،طبق DIN 1783 ضخامت از 0,4 تا 15 mm

جنس : آلیاژهای Cu - ، Al - ، Zn - . مشخصه ورق (BL) طبق DIN 1783 از Al 99,8 با ضخامت 1,5 mm: DIN 1783 - Al 998 - BL - 1,5 ورق

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

گروه اصلی	شماره نوع	اعداد
مواد	01 فولادهای ساختمانی معمولی	0 نامعین
1 فولاد، فولاد ریختگی	16 شماره عددی	7 سخت کاری سرد

عدد های مشخصه گروه اصلی	
0	آهن خام ، آلیاژهای فررو ، چدن
1	فولاد ، فولاد ریختگی
2	فلزات سنگین غیر آهنی
3	فلزات سبک
8 تا 4	موادغیرآهنی
9	آزاد برای کاربرد داخلی

سیستم گروه اصلی 1 فولاد

معنی عددهای مشخصه درگروه 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.
مکان 6 : فرآیند تهیه فولاد
مکان 7 : وضعیت عملیات حرارتی

معنی شماره های نوع مکان 2 و 3

شماره نوع	درجه نوع	شماره نوع	درجه نوع
	فولادهای نجیب آلیاژی		فولادهای کم کربن و آلیاژی(کیفی)
20...28	فولادهای ابزاری	00	فولادهای پایه
32...33	فولادهای تندبر	01...02	فولادهای عمومی ساختمانی ، غیر آلیاژی
34	فولادهای مقاوم به سایش	03...07	فولادهای کیفی ، غیر آلیاژی
35	فولاد یاتاقانهای غلتشی (بلبرینگها)	08...09	فولادهای کیفی ، آلیاژی
36...39	مواد آهنی با خواص فیزیکی خاص	90	انواع مخصوص ، فولادهای پایه
40...45	فولادهای زنگ نزن	91...99	انواع مخصوص دیگر
47...48	فولادهای مقاوم به حرارت		فولادهای نجیب غیرآلیاژی
49	مواد دمابالا	10	فولاد با خواص فیزیکی مخصوص
50...84	فولاد های ساختمانی	11...12	فولادهای ساختمانی
85	فولادهای نیتروره	15...18	فولادهای ابزاری
88	آلیاژهای سخت		

معنی اعداد پیوست مکان 6 و7

مکان 7	وضعیت عملیات حرارتی	مکان 6	فرآیند تهیه فولاد
0	هیچ نوع عملیات حرارتی یا دلخواه	0	تعیین نشده یا غیر مهم
1	آنیل نرمال	1	فولاد نا آرام توماس
2	آنیل نرم	2	فولاد آرام توماس
3	عملیات حرارتی جهت قابلیت براده برداری	3	نوع دیگر ذوب ، نا آرام
4	بهسازی چقرمه	4	نوع دیگر ذوب ، آرام
5	بهسازی	5	فولاد نا آرام زیمنس - مارتین
6	بهسازی سخت	6	فولاد آرام زیمنس - مارتین
7	سخت کاری سرد	7	فولاد نا آرام اکسیژن دمش
8	سخت کاری سرد با سختی فنری	8	فولاد آرام اکسیژن دمش
9	عملیات حرارتی طبق داده های خاص	9	فولاد الکترو

مثال شماره کامل جنس برای St 37 -2 ، فولاد آرام -SM ، آنیل نرمال: **1.0037.61**

سیستم گروههای اصلی 2 فلزات سنگین - غیر آهنی و 3 فلزات سبک

شماره نوع چهار مکانی ،ترکیبات ، که برحسب فلزات اصلی تقسیم بندی می شود، نوع ومقدار افزوده آلیاژها را بیان می کند.
اولین عدد پیوست (مکان6) گروه وضعیت را مشخص می کند. دومین عدد پیوست (مکان7) 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	فلزاصلی
0	بدون عملیات حرارتی	2.0000 ... 2.1799	مس
1	نرم	2.2000 ... 2.2499	روی ، کادمیم
2	سخت کاری سرد نرم (سخت کاری میانی)	2.3000 ... 2.3499	سرب
3	سخت کاری سرد(سخت »و بالای آن)	2.3500 ... 2.3999	قلع
4	آنیل محلول سازی ، بدون عملیات مکانیکی بعدی	2.4000 ... 2.4999	نیکل ، کبالت
5	آنیل محلول سازی ، ماشینکاری سرد بعدی	2.5000 ... 2.5999	فلزات خالص
6	سخت کاری رسوبی گرم ، بدون عملیات مکانیکی بعدی	2.6000 ... 2.6999	فلزات با دمای ذوب بالا
7	سخت کاری رسوبی گرم ، ماشینکاری سرد بعدی	3.0000 ... 3.4999	آلومینیم
8	تنش زدایی، بدون سخت کاری سرد قبلی	3.5000 ... 3.5999	منیزیم
9	عملیات حرارتی خاص (مثلا آنیل پایداری)	3.7000 ... 3.7999	تیتانیم

مثال شماره کامل مواد برای NiCr 60 15 ، سخت کاری سرد بانورد و تنش زدایی شده : **2.4867.21**

فولاد

فولادهای ابزاری

مقایسه با DIN 17350 (10.80)

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

[1] وضعیت تحویل [2] وسیله سخت کردن (ترساندن) : آب W ، روغن Ö ، هوا L

عملیات حرارتی فولادهای ابزاری در صفحه ۱۴۹

فولاد

خواص ، کاربرد	درصد تغییر طول نسبی شکست A %	تنش تسلیم $R_{p0.2}$ N/mm²	استحکام کشش R_m N/mm²	B[1]	آنیل نرم سختی HB	شماره مواد	نام کوتاه
فولادهای بهسازی						مقایسه با DIN 17 200 (3.87)	
قطعات با تنش اعمالی پایین و قطر بهسازی کوچک ؛ پیچها ، پینها ، محور ثابت وگردان ، چرخدنده ها	21	320	500...650	V	156	1.0406	C 25
	21	275	490...640	N	183	1.0501	C 35
	19	370	600...750	V			
	17	335	590...740	N	207	1.0503	C 45
	16	430	650...800	V			
	15	360	660...830	N	229	1.0535	C 55
	14	500	750...900	V			
	14	380	660...880	N	241	1.0601	C 60
	13	520	800...950	V			
قطعات با تنش اعمالی بالا و قطر بهسازی بزرگ ؛ محور جعبه دنده ، حلزون ، چرخدنده ها	15	490	690...870	N	223	1.1170	28 Mn 6
	15	450	700...850	V	207	1.7003	38 Cr 2
	14	550	800...950	V	223	1.7006	46 Cr 2
	14	590	800...950	V	223	1.7033	34 Cr 4
	13	630	850...1000	V	235	1.7034	37 Cr 4
	12	660	900...1100	V	241	1.7035	41 Cr 4
قطعات با تنش اعمالی بالاو قطر بهسازی بزرگ ؛ قطعات آهنگری بزرگ ، چرخدنده ها ، محورهای گردان	14	600	800...950	V	212	1.7218	25 CrMo 4
	12	650	900...1100	V	223	1.7220	34 CrMo 4
	11	750	1000...1200	V	241	1.7225	42 CrMo 4
	10	780	1000...1200	V	248	1.7228	50 CrMo 4
	10	800	1000...1200	V	248	1.8159	50 CrV 4
قطعات با تنش اعمالی خیلی بالاو قطر بهسازی بزرگ ؛ میل لنگ	11	800	1000...1200	V	248	1.6511	36 CrNiMo 4
	10	900	1100...1300	V	248	1.6582	34 CrNiMo 4
	9	1050	1250...1450	V	248	1.6580	30 CrNiMo 8
فولادهای نیتروره						مقایسه با DIN 17211 (04.87)	
قطعات تحت سایش تاضخامت 250 mm	11	800	1000...1200	V	248	1.8515	31 CrMo 12
	10	750	900...1100	V	248	1.8521	15 CrMoV 5 9
قطعات تحت سایش مقاوم به حرارت تا ضخامت 100 mm	11	800	1000...1200	V	248	1.8519	31 CrMoV 9
قطعات تحت سایش مقاوم به حرارت تا 500 °C و ضخامت 80 mm	14	600	800...1000	V	248	1.8507	34 CrAlMo 5
برای قطعات مخصوص بزرگ، شاتون ، محورها	12	650	850...1050	V	248	1.8550	34 CrAlNi 7

[1] B وضعیت عملیات حرارتی : N آنیل نرمال، V بهسازی شده

برای سایر ضخامتها مقادیر حدودی زیر صادق است :

استحکام کشش R_m ، تنش تسلیم $R_{p0.2}$	ضخامت محصول
1,1 × مقدار جدول	تا 16 mm
0,9 × مقدار جدول	از 40 تا 100 mm

فولادهای کربوره

مقایسه با DIN 17 210 (09.86)

خواص ، کاربرد	نوع فولاد: شماره مواد	نوع فولاد: نام کوتاه	وضعیت تحویل ، مقادیر سختی [1]: G HB	وضعیت تحویل ، مقادیر سختی [1]: BF HB	بعد از سخت کاری کربوره در هسته (مغزی [2]): استحکام کششی R_m N/mm²	بعد از سخت کاری کربوره در هسته (مغزی [2]): تنش تسلیم R_e N/mm²	بعد از سخت کاری کربوره در هسته (مغزی [2]): درصد تغییر طول نسبی شکست A_5 %
قطعات با تنش اعمالی پایین ؛ اهرمها ، پینها	1.0301	C 10	131	–	490... 640	295	16
	1.0401	C 15	143	–	590... 780	355	14
قطعات باتنش اعمالی بالا ؛ چرخدنده ها ، محورها ، وسایل اندازه - گیری ، گژنپین	1.7016	17 Cr 3	174	–	690... 880	440	11
	1.7027	20 Cr 4	197	149...197	730... 920	440	10
	1.7131	16 MnCr 5	207	156...207	780...1080	440	10
	1.7147	20 MnCr 5	217	170...217	980...1270	540	8
	1.7321	20 MoCr 4	207	156...207	780...1080	590	10
قطعات با تنش اعمالی خیلی بالا ؛ چرخدنده ها ی بشقابی	1.5919	15 CrNi 6	217	170...217	880...1180	540	9
	1.6587	17 CrNiMo 6	229	179...229	1080...1320	785	8

۱) وضعیت عملیات حرارتی : G آنیل نرم ، BF عملیات حرارتی روی استحکام ؛ $R_m \approx 3{,}5 \cdot HB30\ (N/mm^2)$

۲) مقادیر استحکام برای قطعات آزمایشی با قطر 30 mm صادق است .

فولادهای اتومات (خوش تراش)

مقایسه با DIN 1651 (04.88)

خواص ، کاربرد	نوع فولاد: شماره مواد	نوع فولاد: نام کوتاه	[1] B	ضخامت محصول قطر 16...40 mm: سختی HB	ضخامت محصول قطر 16...40 mm: استحکام کششی R_m N/mm²	ضخامت محصول قطر 16...40 mm: تنش تسلیم R_e N/mm²	ضخامت محصول قطر 16...40 mm: درصد تغییر طول نسبی شکست A_5 %
جهت سخت کار نفوذی مشروط است ؛ قطعات کوچک با تنش اعمالی پایین ؛ محور با کشش سرد ، پینها ، پیچها	1.0715	9 SMn 28	U	159	380...570	–	–
	1.0718	9 SMnPb 28	K	–	460...710	375	8
	1.0736	9 SMn 36	U	163	380...550	–	–
	1.0737	9 SMnPb 36	K	–	490...740	390	8
مخصوص سخت کاری کربوره ؛ قطعات کوچک مقاوم به سایش ؛ محورها ، پینها	1.0710	15 S 10	U	166	400...560	–	–
			K	–	450...720	360	8
	1.0721	10 S 20	U	149	360...530	–	–
	1.0722	10 SPb 20	K	–	460...710	355	9
مخصوص بهسازی ؛ قطعات بزرگ با تنش اعمالی بالا ؛ محورها ، پیچها	1.0726	35 S 20	U	192	490...660	–	–
			K	–	540...740	315	8
	1.0756	35 SPb 20	K+V	–	580...730	365	16
	1.0727	45 S 20	U	223	590...770	–	–
			K	–	640...830	375	7
	1.0757	45 SPb 20	K+V	–	660...800	410	13
	1.0728	60 S 20	U	261	660...870	–	–
			K	–	740...930	430	7
	1.0758	60 SPb 20	K+V	–	780...930	490	11

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

فولاد ساختمانی معمولی

مقایسه با DIN 17 100 (1.80)

خواص ، کاربرد	درصد تغییر طول نسبی شکست A %	تنش تسلیم R_e به N/mm^2 برای ضخامت محصول به mm ≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 < 80	استحکام کششی[1] R_m N/mm^2	نوع فولاد شماره مواد	نام کوتاه
اجزائی مانند نرده ها ، پله ها	18	185	175	–	290	1.0035	St 33
فولاد معمولی برای ماشین سازی و ساختمانهای فولادی ، قابلیت براده برداری خوب ، فولادهای فرم و تسمه	25	235	225	210	340...370	1.0037 1.0036 1.0038 1.0116	St 37-2 USt 37-2 RSt 37-2 St 37-3
قطعات با تنش اعمالی متعادل ، اکسلها، محورها ، بازوها	21	275	265	250	410...540	1.0044 1.0144	St 44-2 St 44-3
قطعات با تنش اعمالی میانگین ، اکسلها، محورها	19	295	285	270	470...610	1.0050	St 50-2
قطعات با تنش اعمالی بالا در ساختمانهای فولادی ، جرثقیل ، پلها	21	355	345	330	490...630	1.0570	St 52-3
قطعات با تنش اعمالی بالا ، ماشینکاری سخت ، مقاوم به خوردگی	15 10	325 365	325 355	310 340	570...710 670...830	1.0060 1.0070	St 60-2 St 70-2

[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 مس

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 مقطع mm	ضریب استحکام[1]	شماره مواد	علامت کوتاه
مقایسه با DIN 17672 (12.83)							
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 max. 40 max. 12	F34 F41 F47	2.0371	CuZn38Pb 1,5
تغییر شکل گرم خوب ، براده برداری خیلی خوب ، قطعات پرسکاری گرم ، قطعات تراشکاری	32	max. 250	min. 360	min. 10	F36	2.0401	CuZn39Pb3
	15 11	min. 250 min. 390	min. 430 min. 500	max. 40 max. 14	F43 F50	2.0402	CuZn40Pb2
استحکام بالا ، مقاوم به سایش ، مقاوم به خوردگی ، یاتاقان لغزشی ، چرخ حلزون	18 14 10	min. 240 min. 270 min. 310	min. 540 min. 590 min. 640	تا 80 تا 40 تا 15	F54 F59 F64	2.0550	CuZn40Al2
آلیاژهای مس - قلع مقایسه با DIN 17672 (12.83)							
پایداری شیمیایی بالا ، استحکام خوب ، فنرها ، شلنگ فلزی ، لوله	55 22 5	max. 250 min. 340 min. 590	340...400 470...550 min. 640	تا 10 تا 12 تا 4	F34 F47 F64	2.1020	CuSn6
پایداری شیمیایی بالا ، استحکام بالا ، خواص لغزشی خوب ، یاتاقان 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

علامت کوتاه	شماره مواد	ضریب استحکام	قطر مقطول تا mm	استحکام کششی R_m N/mm²	تنش تسلیم R_e N/mm²	درصد تغییر طول نسبی شکست A_5 %	خواص کاربرد
آلیاژهای خمیری مس-آلومینیم							مقایسه با DIN 17672 T1 (12.83)
CuAl8	2.0920	F37	120	370	120	35	مقاوم نسبت به اسید سولفوریک و اسیدآستیک؛ شیرآلات، تأسیسات چربی زدایی
		F49	50	490	270	15	
CuAl8Fe3	2.0932	F47	80	470	200	25	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
		F59	50	590	270	10	
CuAl10Fe3Mn2	2.0936	F59	80	590	250	12	
		F69	50	690	340	7	
CuAl9Mn2	2.0960	F49	80	490	200	25	
		F59	50	590	250	15	
CuAl10Ni6Fe5	2.0966	F64	80	640	270	15	استحکام بالا، مقاوم در مقابل سایش؛ شیرآلات، قطعات سایشی
		F74	50	740	390	10	
آلیاژهای خمیری مس - نیکل - روی							مقایسه با DIN 17663 (12.83)
CuNi12Zn24	2.0730	F34	10	340...440	290	40	تغییر شکل سرد خوب؛ قطعات کشش عمیق، فنرها، بافت مواد مصنوعی، معماری
		F44	40	440...540	290	18	
		F64	4	≥640	540	–	
CuNi18Zn20	2.0740	F39	10	390...470	290	40	تغییرشکل سردخوب، خواص دوران اضطراری؛ قطعات کشش عمیق، فنرها
		F47	40	470...540	340	22	
		F64	4	≥640	570	–	

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

فلزات غیرآهنی (آلیاژهای خمیری)

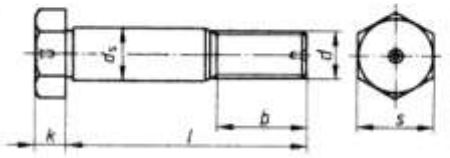
علامت کوتاه	شماره ماده	خواص ویژه[1]		قطر مفتول mm max.	استحکام کششی R_m N/mm² min.	تنش تسلیم $R_{p0,2}$ N/mm² min.	درصد تغییر طول نسبی شکست A_5 %	سختی HB	خواص ، کاربرد
آلومینیم، آلیاژهای آلومینیم ، غیرقابل پیرسختی مقایسه با DIN 1747 T1 (02.83)									
Al99	3.0205	F8	p	همه	75	30	18	22	با افزایش خلوص استحکام کششی و تنش تسلیم کاهش ودرصد تغییر طول نسبی شکست و پایداری خوردگی افزایش می- یابد؛ قابل - پرادخت ،- جوشکاری ،- لحیم کاری
		F11	z	18	110	80	5	32	
		F14	z	10	140	120	3	40	
Al99,8	3.0285	F6	p	همه	60	20	25	18	
		F9	z	18	90	60	8	25	
		F11	z	10	110	90	5	30	
AlMn1	3.0515	F10	p	همه	95	40	17	25	مقاوم به آب و هوا ، تغییر شکل خیلی خوب ؛ پوشش ، اجزاء تجهیزات
		F13	z	30	130	90	6	40	
		F16	z	10	160	130	4	45	
AlMg1	3.3315	F10	p	همه	100	40	15	30	مقاوم به آب و هوا ، تغییر شکل خیلی خوب، قابل پرداخت ؛ قطعات بدنه خودرو
		F14	z	35	140	90	6	40	
		F19	z	20	185	155	4	55	
AlMg3	3.3535	–	w	همه	180	80	14	45	قابلیت تغییر شکل کمتر ؛ قطعات تحت تنش بالا
		F18	p	همه	180	80	14	45	
		F25	z	20	250	180	4	75	
AlMg2Mn0,8	3.3527	–	w	همه	180	80	16	45	مقاوم به حرارت ، مقاوم به سرمای پایین ؛ ساختمان خودرو
		F20	p	همه	200	100	13	50	
		F25	z	20	250	180	4	75	
آلیاژهای آلومینیم، قابل پیرسختی مقایسه با DIN 1747 T1 (02.83)									
AlMgSi1	3.2315	F21	ka	80	205	110	14	65	مقاوم به خوردگی ، قابل پرداخت، قابل جوشکاری؛ قطعات تحت تنش متوسط
		F28	wa	60	275	200	12	80	
		F31	wa	60	310	260	10	95	
AlCuMgPb	3.1655	F34	ka	80	340	220	7	90	براده برداری خیلی خوب ؛ آلیاژهای اتومات
		F37	ka	50	370	250	7	100	
AlCuMg1	3.1325	F38	ka	50	380	260	10	110	استحکام خوب؛ تغییر شکل خوب؛ قطعات تحت تنش بالا
		F40	ka	80	400	270	10	110	
AlCuMg2	3.1355	F44	ka	50	440	310	10	115	استحکام بالا ، پایداری شیمیایی متوسط
		F47	ka	100	470	330	8	120	
AlZn4,5Mg1	3.4335	F35	wa	50	350	280	10	100	استحکام متوسط ، قابل جوشکاری؛ ساختمانهای جوشکاری
			wa	100	350	290	10	105	
			wa	250	350	270	7	100	
AlZnMgCu1,5	3.4365	F51	wa	50	510	440	7	140	استحکام خیلی بالا ، پایداری خوردگی مشروط؛ قطعات خیلی محکم ماشین
			wa	80	520	460	7	140	

۱) طبق DIN 1700 ، صفحه ۱۲۲

پیچها

پیچ انطباقی سر شش گوش با طول رزوه بلند

مقایسه با DIN 609 (07.84)

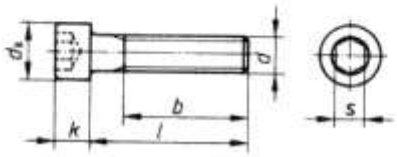


d		M8	M10	M12	M16	M20 M20×1,5 M20×2	M24 M24×1,5 M24×2	M30 M30×2
b	l<50	14,5	17,5	20,5	25	28,5	–	–
	برای 150...150	16,5	19,5	22,5	27	30,5	36,5	43
l	از	25	30	32	38	45	55	65
	تا	80	100	120	150	150	150	150
d_s k6		9	11	13	17	21	25	32
k		5,3	7	8	10	13	15	19
s		13	16[1]	17 18[1]	19	24	30	36
طول نامی		25 , 28 , 30 , 32 , 35 , 38 , 40 , 42 , 45 , 48 , 50 , 55, 60...145 , 150mm						

[1] طبق DIN ISO 272

پیچ سر استوانه‌ای آلنی

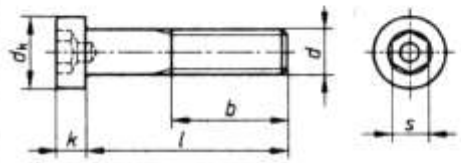
مقایسه با DIN 912 (12.83)



d		M4	M5	M6	M8 M8 ×1	M10 M10 ×1,25	M12 M12 ×1,25	M16 M16 ×1,5	M20 M20 ×1,5	M24 M24 ×2
b		رزوه تقریبا" تا سر پیچ								
l	از	6	8	10	12	16	20	25	30	40
	تا برای	25	25	30	35	40	50	60	70	80
b		20	22	24	28	32	36	44	52	60
l	از	30	30	35	40	45	55	65	80	80
	تا برای	40	50	60	80	100	120	160	200	200
d_k		7	8,5	10	13	16	18	24	30	36
k		4	5	6	8	10	12	16	20	24
s		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								

پیچ سر استوانه‌ای آلنی ، سرکوتاه

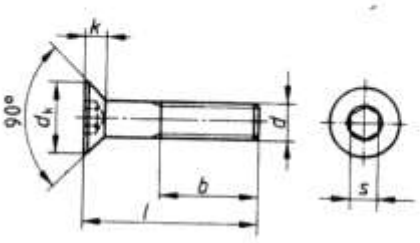
مقایسه با DIN 6912 (5.85)



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
l	از	10	10	10	12	16	16	20	30	60
	تا	50	60	70	80	90	100	140	180	200
طول نامی		10 , 12 , 16 , 20 , 25 , 30 , 35 , 40 , 50...100 , 120 , 200mm								

پیچی خزینه آلنی

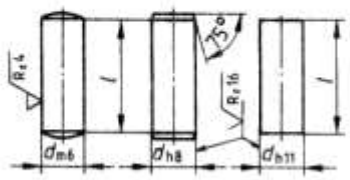
مقایسه با DIN 7991 (1.86)



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
l	از	8	8	8	10	12	20	30	35	50
	تا	40	50	50	60	70	70	90	100	180
طول نامی		8 , 10 , 12 , 16 , 20 , 25 , 30 , 35 , 40 , 50...180mm								

پینها

پین استوانه‌ای — مقایسه با DIN 7 (9.81)

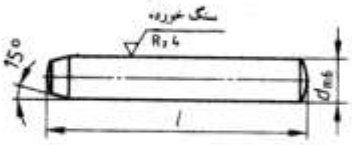


d	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20	25	30
l از	4	4	5	5	6	8	10	10	14	16	20	24	32
l تا	20	32	40	50	60	80	100	120	160	180	200	200	200
طول نامی l	4,5,6,8,10,12,14,16,18,20,24,28,32,36,40,45,50,55,60, 65,70,80,90,100,120,140,180,200mm												

مشخصه یک پین استوانه‌ای با $d = 4$ mm، میدان تلرانس h8 , $l = 20$ mm و جنس فولاد :

پین استوانه‌ای DIN 7 - 4 h8 × 20 - St

پین استوانه‌ای، سخت شده — مقایسه با DIN 6325 (10.71)

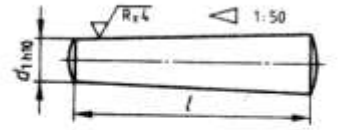


d	1	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20
l از	4	6	6	8	10	12	14	18	24	28	36	40	50
l تا	10	20	24	32	40	50	60	80	100	100	120	120	120
طول نامی l	6,8,10,12,14,16,18,20,24,28,32,36,40,45,50,55,60,70, 80,90,100mm												

مشخصه یک پین استوانه ای سخت شده با $d = 4$ mm، میدان تلرانس m6 , $l = 20$ mm و

جنس فولاد : DIN 6325– 4 m6 × 20 پین استوانه ای

پین مخروطی — مقایسه با DIN 1(9.81)

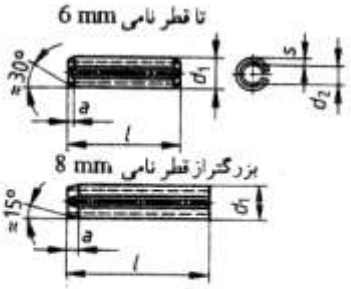


d_1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20	25	30
l از	12	14	16	20	24	28	32	36	36	40	50	55	60
l تا	36	50	60	70	90	120	140	165	165	200	230	260	260
طول نامی l	12,14,16,18,20,24,28,32,36,40,45,50,55,60,70...150, 165,180,200,230,260mm												

مشخصه یک پین مخروطی با $d_1 = 3$ mm و $l = 25$mm و جنس فولاد :

پین مخروطی DIN 1–3× 25 - St

پین فنری چاکدار — مقایسه با DIN 1481 (11.78)



قطر نامی		2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	21
قبل از جا- زدن	d_1	2,4	3,5	4,6	6,7	8,8	10,8	12,8	14,8	16,8	18,8	21,9
	d_2 ≈	1,5	2,1	2,8	3,9	5,5	6,5	7,5	8,5	10,5	11,5	13,5
l از		4	4	4	10	10	10	10	10	10	10	14
l تا		30	40	50	100	120	160	180	200	200	200	200
برای پیچها		-	-	-	M 3	M4	M 5	M 6	-	M 8	M10	M12
l طول نامی		4,5,6,8,10,12,14...32,36,40,50...100,120,140,160, 180,200 mm										

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

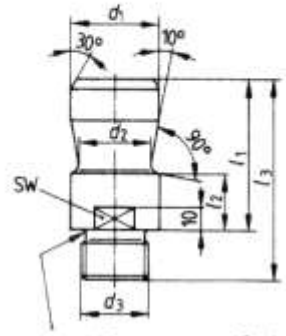
مشخصه یک پین چاکدار با قطر نامی 10 mm و $l = 40$ mm :

پین چاکدار DIN 1481 - 10 × 40

اجزاء استاندارد قالبهای برش

دنباله پیچی فرم CE

مقایسه با DIN 9859 T 3 (12.88)



گاه آزاد رزوه طبق DIN 76 T 1

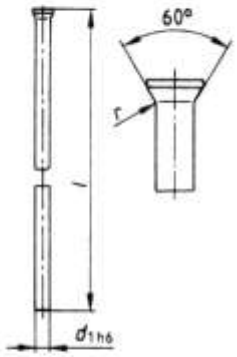
$d_{1\,d9}$	d_2	d_3	l_1	l_2	l_3	SW
20	15	M20 × 1,5	40	12	58	17
25	20	M16 × 1,5 M20 × 1,5	45	16	68	21
32	25	M20 × 1,5 M24 × 1,5	56	16	79	27
40	32	M24 × 1,5 M27 × 2 M30 × 2	70	26	93	36
50	42	M30 × 2	80	26	108	41

مشخصه دنباله فرم CE با $d_1 = 40$ mm و $d_3 = M30\times2$:

دنباله DIN 9859-CE 40-M30×2

سنبه برش پولک فرم D

مقایسه با DIN 9861 T 1 (11.87)



d_{1h6} تا ... از	برش	$l^{+0,5}_{0}$			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						

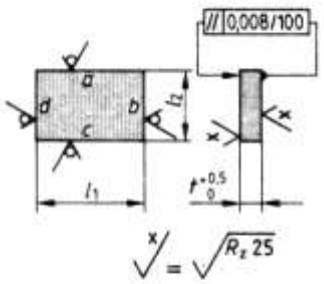
مشخصه سنبه برش پولک فرم D با $d_1 = 5{,}6$ mm ، $l = 71$ mm از فولاد ابزاری گروه آلیاژی HWS[1]:

سنبه برش DIN 9861 D-5,6×71 HWS

[1] HWS فولادهای آلیاژی سرد کار ؛ [2] HSS فولاد های تندبر

صفحه پایه میل راهنما

مقایسه با DIN 9873 T 1 (10.87)



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) $^{+0,5}_{0}$									
200		(25,32,40) $^{-0,5}_{0}$								
250			(32,40,50) $^{+0,5}_{0}$							
315				(32,40,50) $^{+0,5}_{0}$						
400					(32,40,50) $^{+0,5}_{0}$					
500						(40,50,63) $^{+0,5}_{0}$				
630							(40,50,63) $^{+0,5}_{0}$			

مشخصه صفحه قالب ، فرم A، l_1=315mm ، l_2=200mm و $t = 32$ mm:

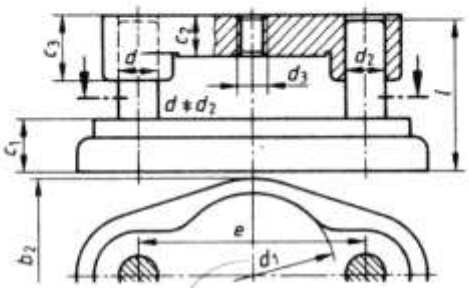
DIN 9873 - A 315×200×32

فرم B: اضلاع a و b ∀ DIN 7168 - sg ؛ ابعاد l_1 و l_2 حدود 2 mm کوچکتر از اندازه متناظر فرم A

فرم C: اضلاع a و b و c و d ∀ DIN 7163 - sg ؛ ابعاد l_1 و l_2 حدود 2 mm کوچکتر از اندازه متناظر فرم A

اجزاء استاندارد قالبهای برش

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

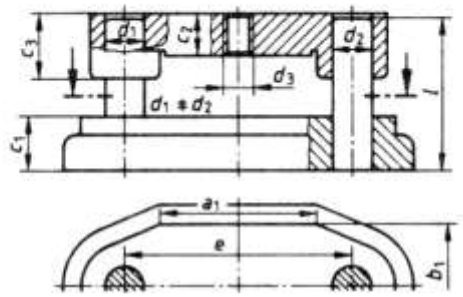


مشخصه کفشک میل راهنمادار فرم D با سطح کاری d = 16mm

کفشک میل راهنمادار DIN 9812 – D 160

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

کفشک میل راهنمادار با سطح کاری چهارگوش ، فرم C و CG — مقایسه با DIN 9812 (12.81)

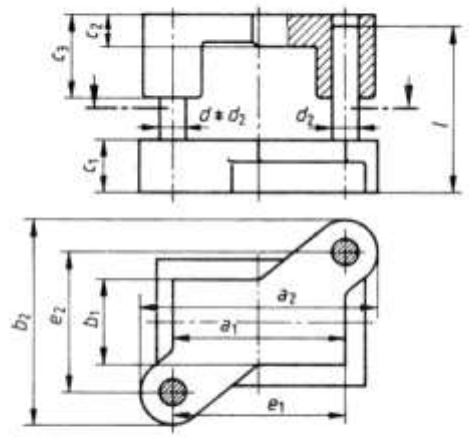


مشخصه کفشک میل راهنمادار فرم C با سطح کاری $a_1 \times b_1 = 100mm \times 80mm$:

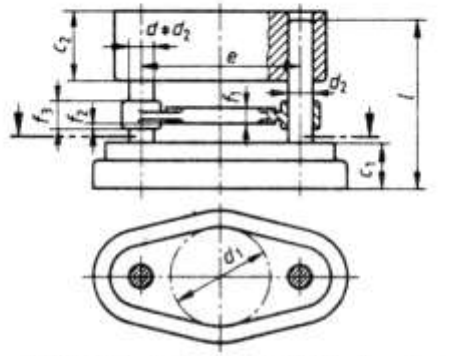
کفشک میل راهنمادار DIN 9812 – C 100 × 80

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

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



کفشک میل راهنمادار باصفحه راهنمای میانی ضخیم ، فرم DF — مقایسه با DIN 9816 (12.81)



مشخصه میانی چدنی (GG) : کفشک میل راهنمادارفرم DF با $d_1 = 100mm$ وصفحه راهنمای میانی چدنی (GG) :

کفشک میل راهنمادار DIN 9819 – DF 100 GG

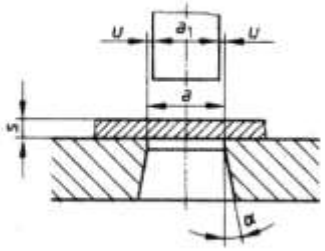
d_1	c_1	c_2 max.	d_2	e min.	f_1	f_2	f_3	l
80	50	80	90	125	16	10	36	170
100	50	85	25	155	18	11	40	180
125		90		180				190
160	56	100	32	225	23	11	45	220
200		110		265				240

$a_1 \times b_1$	a_2	b_2	c_1	c_2	c_3	d_2	e_1	e_2	l
80× 63	135	180	50	30	80	19	75	103	160
125× 80	190	215				25	120	128	
125×100		235		40	90	25		148	170
250×100	325	255	56			32	245	158	180
160×125	235	280					155	183	
315×125	390						310		

طراحی قالبهای برش

ابعاد سنبه و ماتریس برش

مقایسه با VDI 3368 (5.82)



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

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

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 از600	تا250	251...400	401...600	بیش از600
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

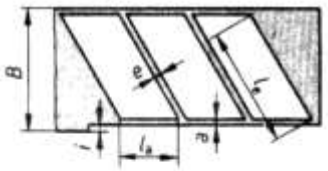
دورریز طولی ،دورریزعرضی ، دورریز راهنما

مقایسه با VDI 3367 (7.70)

قطعات چهارگوش:
برای به دست آوردن دورریز طولی وعرضی اندازه های بزرگ مربوط به طول کوچک وبزرگ قطعه کار استفاده می شود.

قطعات گرد:
مقادیر مربوط به $l_e = l_a = 10$ mm برای دورریز طولی و عرضی صادق است.

قطعه کار چهار گوش



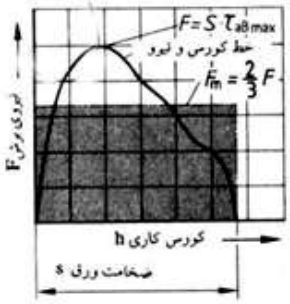
a دورریز عرضی
e دورریز طولی
l_a طول کوچک قطعه کار
l_e طول بزرگ قطعه کار
B پهنای نوار
i دورریز راهنما

پهنای نوار B	طول کوچک l_a طول بزرگ l_e 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 یا قطعات گرد	e	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,9	2,1
		a	1,0	0,9	0,9								
	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								
	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								
	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								
	دورریز راهنما i		1,5					1,8	2,2	2,5	3,0	3,5	4,5
از 100mm تا 200mm	تا 10 یا قطعات گرد	e	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	2,0	2,3
		a	1,2	1,1	1,1								
	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
		a	2,2	1,7	1,2								
	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								
	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								
	دورریز راهنما		1,5				1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	0,4	5,0

شکل دادن بدون براده‌برداری

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

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

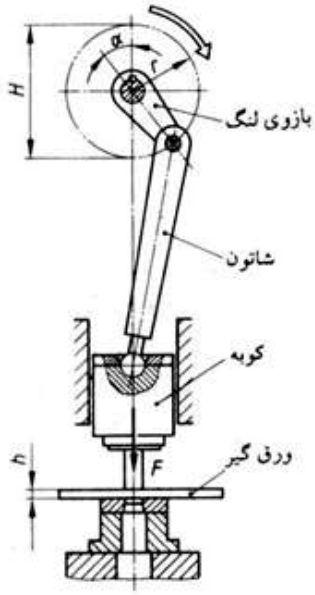
مثال: $R_{m\,max} = 510\ N/mm^2$, $S = 236\ mm^2$; $s = 2{,}5\ mm$

مطلوب است: $\tau_{aB\,max}$; F ; W

حل:

$$\tau_{aB\,max} = 0{,}8 \cdot R_{m\,max}$$
$$= 0{,}8 \cdot 510\ N/mm^2 = \mathbf{408\ N/mm^2}$$
$$F = S \cdot \tau_{aB\,max} = 236\ mm^2 \cdot 408\ N/mm^2$$
$$= 96288\ N = \mathbf{96{,}288\ kN}$$
$$W = \frac{2}{3} \cdot F \cdot s = \frac{2}{3} \cdot 96{,}288\ kN \cdot 2{,}5\ mm$$
$$\approx 160\ kN \cdot mm = \mathbf{160\ N \cdot m}$$

پرسهای مکانیکی لنگ



سیستم محرکه پرسها معمولا طوری طراحی می شود که نیروی نامی پرس در محدوده زاویه میل لنگ برابر $\alpha = 30°$ 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

شرایط کاربرد
کورس ثابت
$F \le F_n$ $W \le W_D$ یا $W \le W_E$
کورس قابل تنظیم
$F \le F_{zul}$ $F_{zul} = \frac{F_n \cdot H}{4 \cdot \sqrt{H_e \cdot h - h^2}}$ $W \le W_D$ یا $W \le W_E$

مثال : پرس مکانیکی لنگ باکورس ثابت $s = 4\ mm;\ F = 207\ kN;\ H = 30\ mm;\ F_n = 250\ kN;$

مطلوب است : W ; W_D (هرگاه پرس باکاردائم کارکند)

حل :

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

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

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

طراحی قالبهای برش

محل دنباله قالب در قالبهای با نقطه مرکز ثقل معلوم

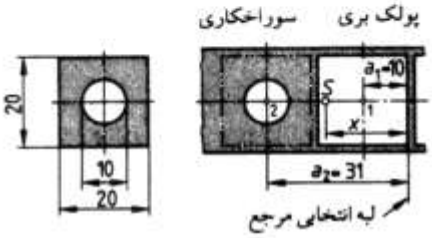
$$x = \frac{U_1 \cdot a_1 + U_2 \cdot a_2 + U_3 \cdot a_3 + \dots}{U_1 + U_2 + U_3 + \dots}$$

$U_1, U_2, U_3 \dots$ 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

مثال: مطلوب است محل دنباله قالب(فاصله x)

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

ترتیب سنبه ها　　قطعه کار



$$U_1 = 4 \cdot 20\ mm = 80\ mm\ ;\ a_1 = 10\ mm$$
$$U_2 = \pi \cdot 10\ mm = 31{,}4\ mm\ ;\ a_2 = 31\ mm$$
$$x = \frac{U_1 \cdot a_1 + U_2 \cdot a_2}{U_1 + U_2} = \frac{80\ mm \cdot 10\ mm + 31{,}4\ mm \cdot mm\ 31\ mm}{80\ mm + 31{,}4\ mm} \approx 16\ mm$$

محل دنباله قالب در قالبهای با نقطه مرکز ثقل نامشخص

نقطه مرکز نیروها با نقطه ثقل خطوط [1] تمام لبه های سنبه مطابقت دارد.

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

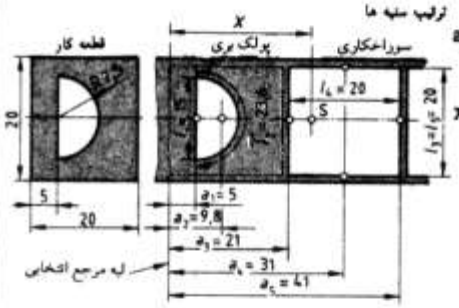
$l_1, l_2, l_3 \dots$ طول لبه های سنبه
$a_1, a_2, a_3 \dots$ فواصل نقطه مرکز ثقل خطوط از لبه مرجع
x فاصله نقطه مرکز نیروها ازلبه مرجع

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

حل:

$$l_2 = \frac{\pi \cdot 15\ mm}{2} = 23{,}6\ mm;$$
$$a_2 = \frac{2 \cdot r}{\pi} + 5mm = \frac{2 \cdot 7{,}5\ mm}{\pi} + 5mm = 9{,}8\ mm$$

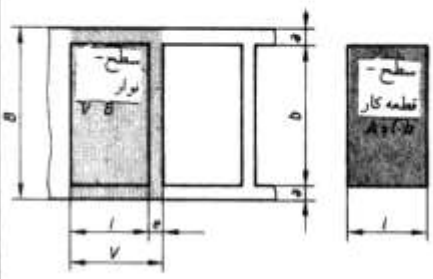
ترتیب سنبه ها



$$x = \frac{l_1 \cdot a_1 + l_2 \cdot a_2 + l_3 \cdot a_3 + 2 \cdot l_4 \cdot a_4 + l_5 \cdot a_5}{l_1 + l_2 + l_3 + 2 \cdot l_4 + l_5}$$
$$= \frac{(15 \cdot 5 + 23{,}6 \cdot 9{,}8 + 20 \cdot 2\ 1 + 2 \cdot 20 \cdot 31 + 20 \cdot 41)mm^2}{(15 + 23{,}6 + 20 + 40 + 20)mm}$$
$$\approx 23{,}5\ mm$$

1) نقطه ثقل خطوط در صفحه ۳۶

بازدهی برش



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

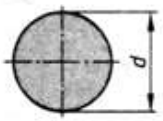
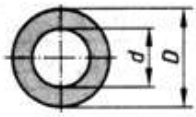
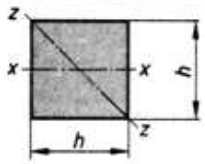
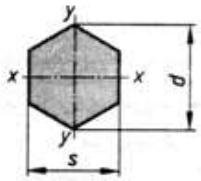
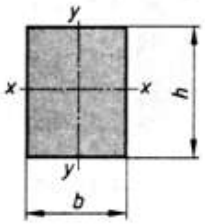
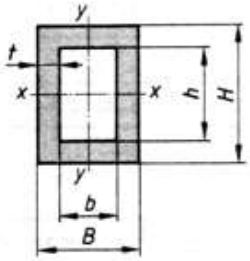
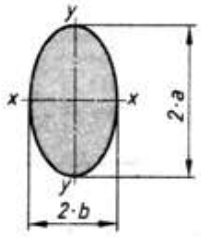
پهنای نوار: $B = b + 2 \cdot a$

پیش روی نوار: $V = l + e$

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

مقاومت مصالح

ممان سطحی و مدول سطحی

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

انطباقات - ISO

مقایسه با DIN 7154 T1 (8.66)

سیستم ثبوت سوراخ

محدوده تلرانس به µm (1µm = 0,001 mm)

محدوده اندازه نامی تا... بالای mm	سطح داخلی انطباق	سطح خارجی انطباق					سطح داخلی انطباق	سطح خارجی انطباق								
		محدودهٔ تلرانس						محدودهٔ تلرانس								
		لقی	عبوری			پرسی		لقی			عبوری			پرسی		
	H6	h5	j6	k6	n5	p5	H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	r6	s6
1...3	+6 0	0 -4	+4 -2	+6 0	+8 +4	+10 +6	+10 0	-6 -16	-2 -8	0 -6	+4 -2	+6 0	+8 +2	+10 +4	+16 +10	+20 +14
3...6	+8 0	0 -5	+6 -2	+9 +1	+13 +8	+17 +12	+12 0	-10 -22	-4 -12	0 -8	+6 -2	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+23 +15	+27 +19
6...10	+9 0	0 -6	+7 -2	+10 +1	+16 +10	+21 +15	+15 0	-13 -28	-5 -14	0 -9	+7 -2	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+28 +19	+32 +23
10...14	+11 0	0 -8	+8 -3	+12 +1	+20 +12	+26 +18	+18 0	-16 -34	-6 -17	0 -11	+8 -3	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+34 +23	+39 +28
14...18																
18...24	+13 0	0 -9	+9 -4	+15 +2	+24 +15	+31 +22	+21 0	-20 -41	-7 -20	0 -13	+9 -4	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+41 +28	+48 +35
24...30																
30...40	+16 0	0 -11	+11 -5	+18 +2	+28 +17	+37 +26	+25 0	-25 -50	-9 -25	0 -16	+11 -5	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+50 +34	+59 +43
40...50																
50...65	+19 0	0 -13	+12 -7	+21 +2	+33 +20	+45 +32	+30 0	-30 -60	-10 -29	0 -19	+12 -7	+4 -2	+30 +11	+39 +20	+60 +41	+72 +53
65...80															+62 +43	+78 +59
80...100	+22 0	0 -15	+13 -9	+25 +3	+38 +23	+52 +37	+35 0	-36 -71	-12 -34	0 -22	+13 -9	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+73 +51	+93 +71
100...120															+76 +54	+101 +79
120...140	+25 0	0 -18	+14 -11	+28 +3	+45 +27	+61 +43	+40 0	-43 -83	-14 -39	0 -25	+14 -11	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+88 +63	+117 +92
140...160															+90 +65	+125 +100
160...180															+93 +68	+133 +108
180...200	+29 0	0 -20	+16 -13	+33 +4	+51 +31	+70 +50	+46 0	-50 -96	-15 -44	0 -29	+16 -13	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+106 +77	+151 +122
200...225															+109 -80	+159 +130
225...250															+113 +84	+169 +140
250...280	+32 0	0 -23	+16 -16	+36 +4	+57 +34	+79 +56	+52 0	-56 -108	-17 -49	0 -32	+16 -16	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+126 +94	+190 +158
280...315															+130 +98	+202 +170
315...355	+36 0	0 -25	+18 -18	+40 +4	+62 +37	+87 +62	+57 0	-62 -119	-18 -54	0 -36	+18 -18	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+144 +108	+226 +190
355...400															+150 +114	+244 +208
355...400	+40 0	0 -27	+20 -20	+45 +5	+67 +40	+95 +67	+63 0	-68 -131	-20 -60	0 -40	+20 -20	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+166 +126	+272 +232
355...500															+171 +132	+292 +252

انطباقات - ISO

مقایسه با DIN 7154 T1 (8.66)

سیستم ثبوت سوراخ

محدوده تلرانس به (1 µm = 0,001 mm)

محدوده اندازه نامی تا... بالای mm	سطح داخلی انطباق	سطح خارجی انطباق					سطح داخلی انطباق	سطح خارجی انطباق				
		محدودهٔ تلرانس						محدودهٔ تلرانس				
		لقی			پرسی			لقی				
	H8	d9	e8	h9	u8	x8	H11	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			

انطباقات - ISO

مقایسه با DIN 7155 T1 (8.66)

سیستم ثبوت میله

محدوده تلرانس به µm (1µm = 0,001mm)

محدوده اندازه نامی تا... بالای mm	سطح خارجی انطباق h5	سطح داخلی انطباق — محدودهٔ تلرانس — لقی H6	لقی J6	عبوری M6	عبوری N6	پرسی P5	سطح خارجی انطباق h6	سطح داخلی انطباق — محدودهٔ تلرانس — لقی F7	لقی G7	لقی H7	عبوری J7	عبوری K7	عبوری M7	عبوری N7	پرسی R7	پرسی S7
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 -60	-42 -72
65...80															-32 -62	-48 -78
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															-41 -76	-66 -101
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 -88	-77 -117
140...160															-50 -90	-85 -125
160...180															-53 -93	-93 -133
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 -106	-105 -151
200...225															-63 -109	-113 -159
225...250															-67 -113	-123 -169
250...280	0 -23	+32 0	+25 -7	-9 -41	-25 -57	-47 -79	0 -32	+108 +56	+69 +17	+52 o	+36 -16	+16 -36	0 -52	-14 -66	-74 -126	-138 -190
280...315															-78 -130	-150 -202
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															-93 -150	-187 -244
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															-109 -172	-229 -292

DIN 7166 T1 (8.66) — انطباقات ISO

سیستم ثبوت میله

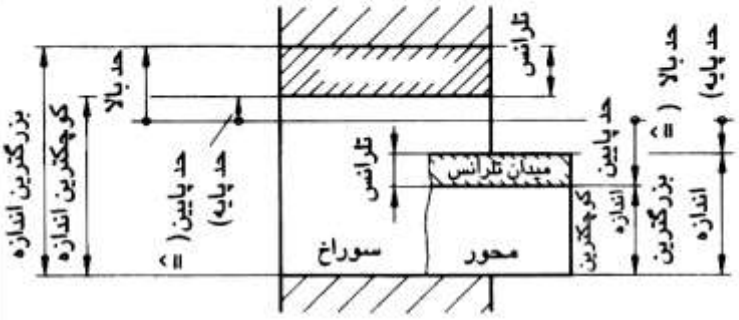
محدوده تلرانس به µm (1µm = 0,001mm)

محدوده اندازه نامی تا... بالای mm	سطح خارجی انطباق h9	سطح داخلی انطباق — محدوده تلرانس لقی C11	D10	E9	F8	H11	H8	عبوری P9	سطح خارجی انطباق h11	سطح داخلی انطباق — محدوده تلرانس لقی 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 + 80	+ 112 + 50	+ 65 + 25	+ 160 0	+ 39 0	- 26 - 88	0 - 160	+ 470 + 310	+ 280 + 120	+ 240 + 80	+160 0
40...50		+ 290 + 130								+ 480 + 320	+ 290 + 130		
50...65	0 - 74	+ 330 + 140	+ 220 + 100	+ 134 + 60	+ 76 + 30	+ 190 0	+ 46 0	- 32 - 106	0 - 190	+ 530 + 340	+ 330 + 140	+ 290 + 100	+190 0
65...80		+ 340 + 150								+ 550 + 360	+ 340 + 150		
80...100	0 - 87	+ 390 + 170	+ 260 + 120	+ 159 + 72	+ 90 + 36	+ 220 0	+ 54 0	- 37 - 124	0 - 220	+ 600 + 380	+ 390 + 170	+ 340 + 120	+ 220 0
100...120		+ 400 + 180								+ 630 + 410	+ 400 + 180		
120...140	0 - 100	+ 450 + 200	+ 305 + 145	+ 185 + 85	+ 106 + 43	+ 250 0	+ 63 0	- 43 - 143	0 - 250	+ 710 + 460	+ 450 + 200	+ 395 + 145	+ 220 0
140...160		+ 460 + 210								+ 770 + 520	+ 460 + 210		
160...180		+ 480 + 230								+ 820 + 580	+ 480 + 230		
180...200	0 - 115	+ 530 + 240	+ 355 + 170	+ 215 + 100	+ 122 + 50	+ 290 + 0	+ 72 0	- 50 - 165	0 - 290	+ 950 + 660	+ 530 + 240	+ 460 + 170	+ 290 0
200...225		+ 550 + 560								+ 1030 + 740	+ 550 + 260		
225...250		+ 570 + 280								+ 1110 + 820	+ 570 +280		
250...280	0 - 130	+ 620 + 300	+ 400 + 190	+ 240 + 110	+ 137 + 56	+ 320 0	+ 81 0	- 56 - 186	0 - 320	+ 1240 + 920	+ 620 + 300	+ 510 + 190	+ 320 0
280...315		+ 650 + 330								+ 1370 + 1050	+ 650 + 330		
315...355	0 - 140	+ 720 + 360	+ 400 + 210	+ 265 + 125	+ 151 + 62	+ 360 0	+ 89 0	- 62 - 202	0 - 360	+ 1560 + 1200	+ 720 + 360	+ 570 + 210	+ 360 0
355...400		+ 760 + 400								+ 1710 + 1350	+ 760 + 400		
400...450	0 - 155	+ 840 + 440	+ 480 + 230	+ 290 + 135	+ 165 + 68	+ 400 0	+ 97 0	- 68 - 223	0 - 400	+ 1900 + 1500	+ 840 + 440	+ 630 + 230	+ 400 0
450...500		+ 880 + 480								+ 2050 + 1650	+ 880 + 480		

سیستم ISO برای اندازه‌های حدی و انطباقات

اصول

DIN ISO 286 T1 (11.90)



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 تلرانس 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.

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

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

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

درجه تلرانس: عدد درجه تلرانس پایه

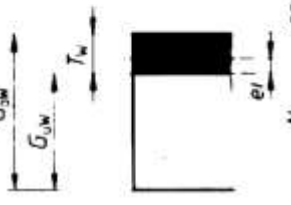
کلاس تلرانس: نامگذاری ترکیبی حد پایه با درجه تلرانس، مثلاً H7

اندازه تلرانس‌گذاری شده: از اندازه نامی با حدود مثلا 30 ± 0.1 یا از اندازه نامی با کلاس تلرانس مثلاً 20H7

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

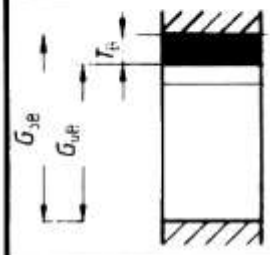
حدود، تلرانس

محور			
حد بالا	es	اندازه نامی	N
حد پایین	ei	محور با بزرگترین اندازه	G_{oW}
تلرانس	G_{uW}	محور با کوچکترین اندازه	G_{uW}



$$G_{oW} = N + es$$
$$G_{uW} = N + ei$$
$$T_W = es - ei$$
$$T_W = G_{oW} - G_{uW}$$

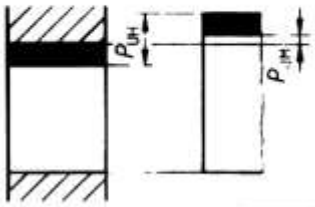
سوراخ			
حد بالا	ES	اندازه نامی	N
حد پایین	EI	سوراخ با بزرگترین اندازه	G_{oB}
تلرانس	T_B	سوراخ با کوچکترین اندازه	G_{uB}



$$G_{oB} = N + ES$$
$$G_{uB} = N + EI$$
$$T_B = ES - EI$$
$$T_B = G_{oB} - G_{uB}$$

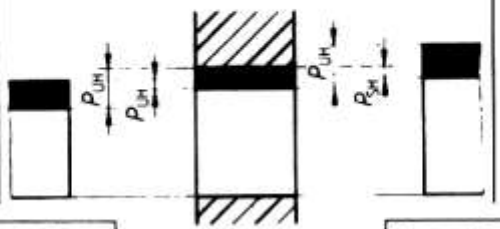
انطباقات

انطباق پرسی بیشترین پرسی P_{SH} — کمترین پرسی P_{UM}



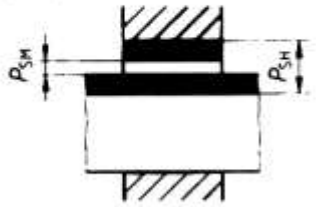
$$P_{UM} = G_{oB} - G_{uW}$$
$$P_{UH} = G_{uB} - G_{oW}$$

انطباق جذب بیشترین لقی P_{SH} — بیشترین پرسی P_{UH}



$$P_{SH} = G_{oB} - G_{uW}$$

انطباق لق بیشترین لقی P_{SH} — کمترین لقی P_{SM}

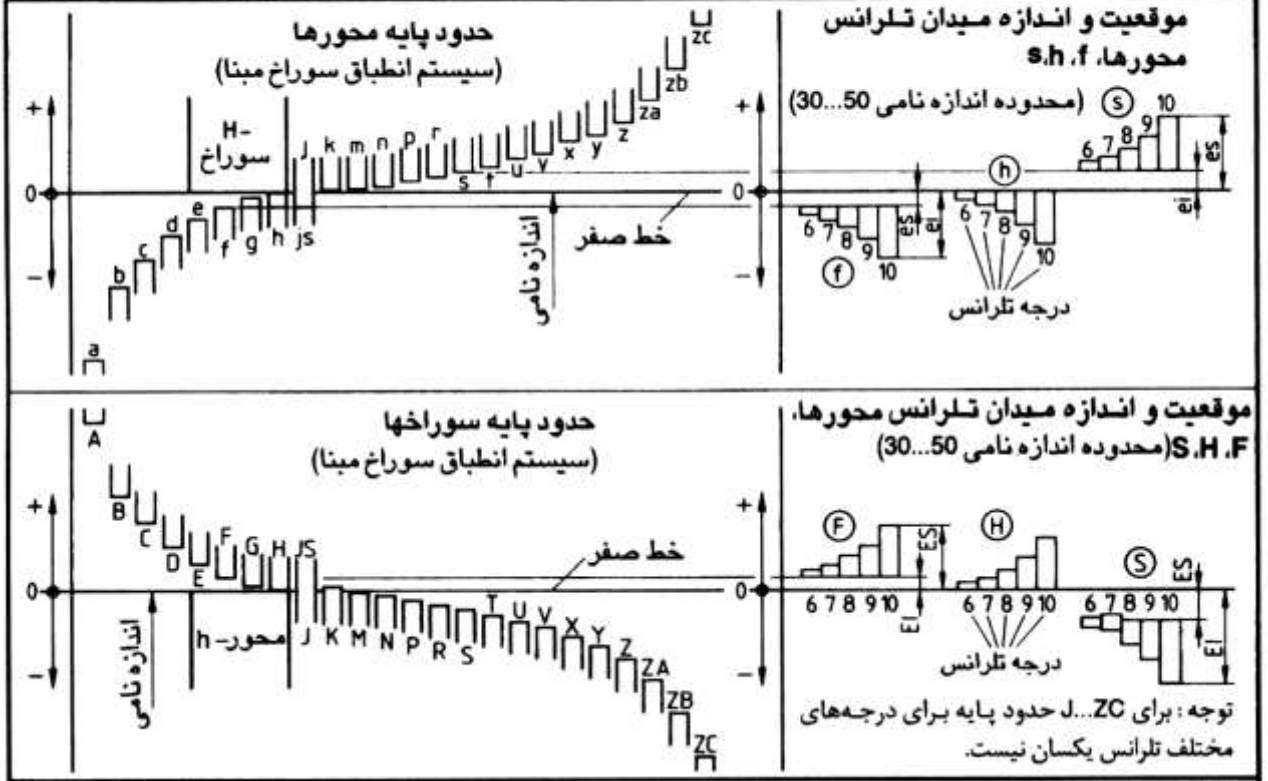


$$P_{SM} = G_{uB} - G_{oW}$$

سیستم ISO برای اندازه‌های حدی و انطباقات

موقعیت حدود پایه

مقایسه با DIN ISO 286 T1 (11.90)



توجه: برای ZC...ZA حدود پایه برای درجه‌های مختلف تلرانس یکسان نیست.

تلرانس پایه

مقایسه با DIN ISO 286 T1 (11.90)

محدوده اندازه نامی تا... بالای mm	درجه تلرانس پایه IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	تلرانس 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	٤	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 درجهٔ تلرانس مربوط به حدود پایه h، js، H و JS از تلرانسهای پایه به دست می‌آید:

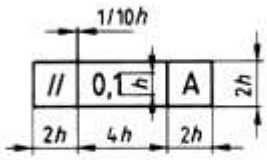
h: es = 0; ei = −IT js: es = +IT/2; ei = −IT/2 H: ES = +IT; EI = 0 JS: ES = +IT/2; EI = −IT/2

تلرانسهای هندسی و وضعی

نحوه بیان در نقشه کشی — مطابق با DIN ISO 1101(3.85)

اجزاء مورد نظر	مرجع	اصطلاحات عمومی
حروف کمکی(در صورت لزوم) // 0,3 B — مقدار تلرانس، علامت تلرانس، خط با پیکان مرجع، جزء تلرانس	حرف مرجع، خط مرجع، مثلث مرجع، جزء مرجع	هنگامی ازتلرانسهای هندسی و وضعی در نقشه ها استفاده می شود که بنا به دلایل ساخت ، عملکرد یا قابلیت تعویض شدن قطعهٔ کار، به آن نیاز باشد.
تلرانس بر اساس سطح وخط مرجع	مرجع یک سطح و یا یک خط است.	
تلرانس بر اساس سطح وسط شیار و محور قطر مرجع	مرجع ،سطح وسط شیار و محور قطر است.	
تلرانس بر اساس محور یا خط مرکزی مشترک	مرجع ، محور یا خط مرکزی مشترک است.	

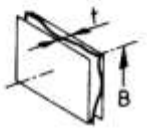
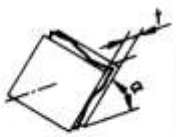
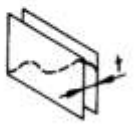
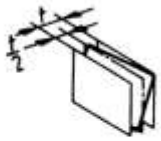
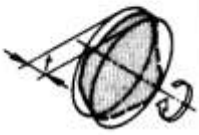
ابعاد چار چوب تلرانس



ارتفاع حروف h

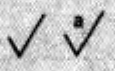
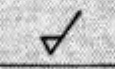
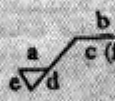
منطقه تلرانس	توضیحات	علائم در نقشهٔ فنی	علائم و معانی		انواع تلرانس
	محور تلرانس استوانه (استوانهٔ بیرون) باید در داخل استوانه ای به قطر t = 0,04 mm قرار گیرد.	Φ 0,04		راستی	تلرانسی هندسی
	سطح تلرانسی باید بین دو سطح موازی که فاصلهٔ آنها از یکدیگر t = 0,03 mm است قرار گیرد.	0,03		تختی	
	خط پیرامون درهرسطح برش عمود بر محور باید بین دو دایرهٔ هم مرکزکه فاصله آنهااز یکدیگر t = 0,08 mm می باشد ،قرار گیرد.	0,08		گردی	
	سطح پیرامون تلرانسی استوانه باید بین دو استوانه هم‌محور که به فاصلهٔ t = 0,2 mm از یکدیگر می‌باشند، قرار گیرد.	0,2		استوانه - ای	
	پروفیل تلرانسی باید بین دو خط پوش که فاصلهٔ آنها توسط دوایری به قطر t = 0,06 mm محدود شده است،قرار گیرد . مرکز این دایره ها برروی خط ایده‌آل قرار می گیرد.	0,06		فرم خطی	
Φt کره	سطح تلرانسی بایستی بین دو سطح پوش که فاصلهٔ آنها توسط کره هائی به قطر t = 0,3 mm از یکدیگر محدود شده است ، قرار گیرد. مرکز کره ها برروی سطح ایده آل هندسی قرار دارد.	0,3		فرم سطحی	

تلرانسهای هندسی و وضعی

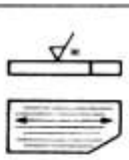
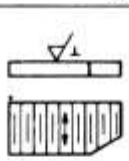
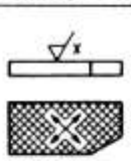
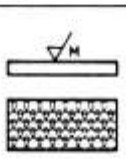
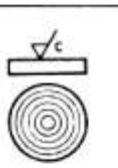
انواع تلرانس		علائم ومعانی		علائم درنقشهٔ فنی	توضیحات	منطقهٔ تلرانس
تلرانس وضعی	تلرانس راستا	//	موازی بودن	// 0,3 A — A	سطح تلرانسی باید بین دو سطح که با محور مرجع A موازی بوده وفاصلهٔ آنها از یکدیگر t = 0,3 mm می باشد قرار گیرد .	
		⊥	عمود بودن	B — ⊥ 0,04 B	سطح عرضی تلرانسی باید بین دو سطح موازی که بر محور مرجع B عمودبوده وفاصلهٔ آنها از یکدیگر برابر t = 0,04 mm باشد، قرار گیرد.	
		∠	شیب دار بودن	∠ 0,2 B — 60° — B	سطح تلرانسی شیب دار باید بین دو سطح موازی که نسبت به محور مرجع B شیب دار بوده و فاصلهٔ آنها ازیکدیگر t =0,2 mm می باشد ، قرار گیرد. زاویهٔ ایده آل هندسی 60° است.	
	تلرانس مکانی	⊕	تلرانس موقعیت	⊕ 0,08 — 3 Linien	هر خط تلرانسی مشخص شده باید بین دو خط موازی با فاصله t= 0,08 mm قرار گیرد.	
		◎	هم مرکزی و هم محوری	A — ◎ Φ0,3 A-B — B	محور قسمت تلرانس میله باید درداخل استوانه ای هم مرکز نسبت به محور مرجع A-B و به قطر t = 0,3 mm قرار گیرد.	
		=	تقارن	= 0,05 E — E	سطح تلرانس میانی شیار باید بین دو سطح موازی با فاصلهٔ t = 0,05 mm قرار گیرد، که نسبت به دو سطح E خارجی متقارن می باشد .	
	تلرانس دورانی	↗	لنگی طولی	A — ↗ 0,3 A-B — B	به هنگام دوران میله حول محور مرجع A-B انحراف لنگی طولی هر سطح اندازه گیری عمود بر محور نباید از t = 0,3 mm تجاوز نماید.	
			لنگی عرضی	↗ 0,3 F — F	به هنگام دوران میله حول محور مرجع f، انحراف لنگی عرضی در هر استوانهٔ اندازه گیری نباید از t = 0,3 mm تجاوز نماید.	
	تلرانس دورانی کل	⌰	لنگی طولی	C — ⌰ 0,3 C-D — D	به هنگام دوران حول محور مرجع C-D و جابه جائی محوری ، تمام نقاط سطوح باید در داخل استوانهٔ تو خالی به ضخامت t = 0,3 mm قرار گیرد.	
			لنگی عرضی	⌰ 0,2 F — F	به هنگام دوران حول محور مرجع F و با جابه جایی در همه شعاعها تمام نقاط سطوح باید در فاصلهٔ t = 0,2mm قرار گیرند.	

علائم صافی سطح

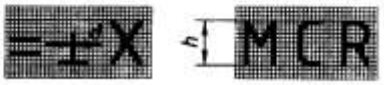
بیان صافی سطح — مقایسه با DIN ISO 1302(6.80)

توضیح	علامت
علامت اصلی (بدون اطلاعات اضافی قابل توجیه نیست) علامت با اطلاعات اضافی . این علامت برای سطوحی بکار می رود که با هر روش تولیدی بتوان مشخصه ذکر شده را بر آورد.	
علامت صافی سطح سطوحی که بایدبا یک روش براده برداری حاصل شود به کار می رود.	
علامت صافی سطح سطوحی که باید بدون عملیات براده برداری حاصل شود. این علامت همچنین هنگامی بکار می رود که سطح مورد نظر قطعه کار باید بدون انجام هرگونه عملیات بعدی برروی آن به همان صورت اولیّهٔ ساخت باقی بماند.	
علامت برای درج مشخصات ویژه سطحی	
شرح هر یک از حروف برروی علامت : a مقدار زبری R_a بر حسب µm یا درجهٔ 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 کمیّتهای اندازه گیری زبری مثلاً R_z	

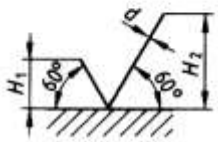
علائم شناسائی جهت شیار

نمایش جهت شیار						
علامت	=	⊥	X	M	C	R
جهت شیار	به موازات سطح تصویر شده	عمود بر سطح تصویرشده	ضربدری در دو جهت مایل	جهات مختلف	هم مرکز با نقطهٔ مرکزی	بطور شعاعی با نقطهٔ مرکزی

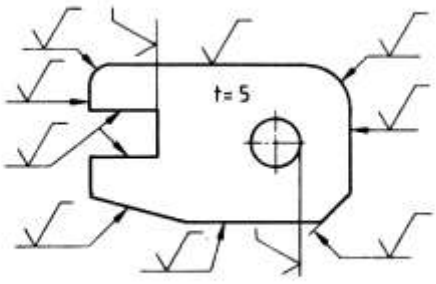
اندازه ها

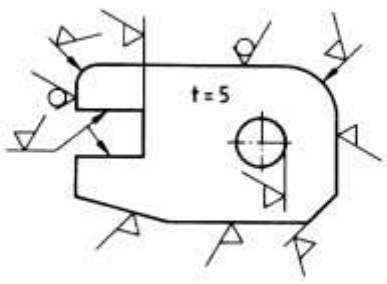


	ارتفاع حروف h به mm				
	2,5	3,5	5	7	10
d	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0
H_1	3,5	5	7	10	14
H_2	7	10	14	20	28



ترتیب علائم در نقشه ها



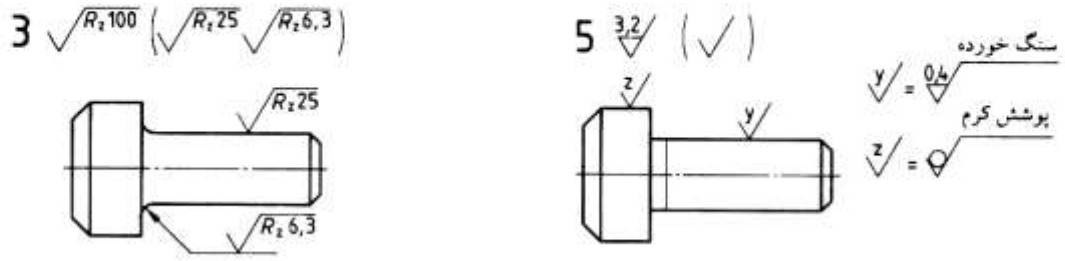


اگر مقدار زبری ،داده شده باشد علائم را می توان بطور دلخواه رسم کرد. مشخصات باید از پایین یا از سمت راست قابل خواندن باشد.

مشخصات باید طوری نوشته شود که از پائین یا از سمت راست قابل خواندن باشد.

مشخصات صافی سطح و سختکاری

نمونه های چگونگی درج مشخصات درنقشه ها



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

مقدار زبری چند سطح مختلف را درکنارعدد موقعیت می نویسند. درجهٔ زبری روی نقشه را درپرانتز درج می کنند.

زبری میانگین R_a به µm ودرجهٔ زبری 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

مشخصات صافی سطح

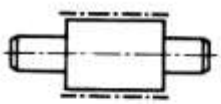
مقایسه با (منسوخ) DIN 3141

معنی طبق DIN 140	علائم صافی سطح	$R_z(R_t)$ µm				R_a µm			
		R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
سطح خام با روش ساخت دقیق بدون براده برداری		دلخواه				نحوه انتخاب: خام			
زبر شیارهامحسوس بوده وبا چشم غیرمسلح دیده می شوند		160	100	63	25	25	12,5	6,3	3,2
پرداخت شیارها باچشم غیرمسلح هم دیده می شوند.		40	25	16	10	6,3	3,2	1,6	1,6
پرداخت ظریف شیارها دیگر باچشم غیرمسلح 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

علائم سختکاری

مقایسه با DIN 6773 T3 (11.76); T2 و T 4 (5.77)

سختکاری نفوذی



سخت کاری کربوره بابرگشت به 58 + 5HRC Eht = 0,8 + 0,2

نفوذ کربن درتمام قطعه مجازاست

سختی سطحی باید 58 ... 63 HRC باشد .

عمق سختی نفوذی 1,8 mm ... 1,0 mm

سختکاری سطحی

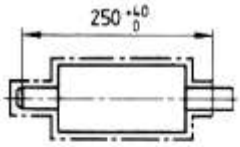
سختکاری سطحی ، تمام قطعه برگشت به 600 + 120 HV 30

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 باسختی 450 HV 30 (سختی ویکرز) باید حداقل 1,8 mm و حداکثر 3,1 mm باشد.

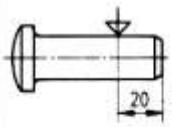
سختکاری موضعی

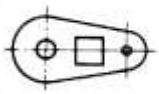


سخت وآنیل شده تا 58+3HRC

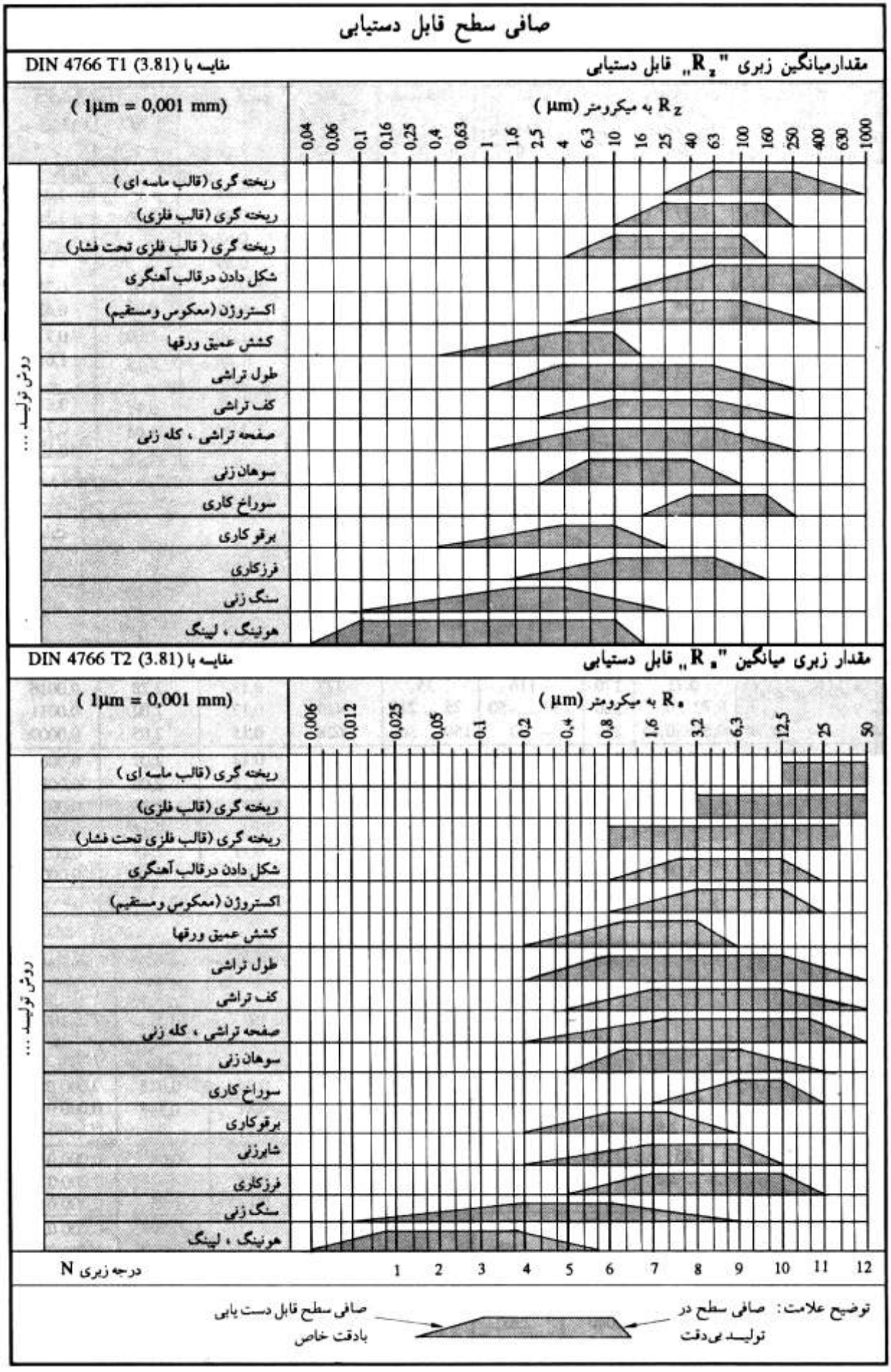
محدوده مشخص نشده را نباید سختکاری کرده وبرگشت داد .

عملیات حرارتی تمام قطعه





علامت مشخصهٔ محل اندازه گیری

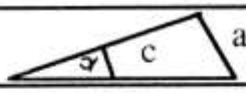

صافی سطح قابل دستیابی
مقدارمیانگین زبری "R_z" قابل دستیابی
مقایسه با DIN 4766 T1 (3.81)
(1µm = 0,001 mm)
R_z به میکرومتر (µm)
0,04 0,06 0,1 0,16 0,25 0,4 0,63 1 1,6 2,5 4 6,3 10 16 25 40 63 100 160 250 400 630 1000
ریخته گری (قالب ماسه ای)
ریخته گری (قالب فلزی)
ریخته گری (قالب فلزی تحت فشار)
شکل دادن درقالب آهنگری
اکستروژن (معکوس ومستقیم)
کشش عمیق ورقها
طول تراشی
کف تراشی
صفحه تراشی ، کله زنی
سوهان زنی
سوراخ کاری
برقو کاری
فرزکاری
سنگ زنی
هونینگ ، لپینگ
روش تولید ...
مقدار زبری میانگین "R_a" قابل دستیابی
مقایسه با DIN 4766 T2 (3.81)
(1µm = 0,001 mm)
R_a به میکرومتر (µm)
0,006 0,012 0,025 0,05 0,1 0,2 0,4 0,8 1,6 3,2 6,3 12,5 25 50
ریخته گری (قالب ماسه ای)
ریخته گری (قالب فلزی)
ریخته گری (قالب فلزی تحت فشار)
شکل دادن درقالب آهنگری
اکستروژن (معکوس ومستقیم)
کشش عمیق ورقها
طول تراشی
کف تراشی
صفحه تراشی ، کله زنی
سوهان زنی
سوراخ کاری
برقوکاری
شابرزنی
فرزکاری
سنگ زنی
هونینگ ، لپینگ
روش تولید ...
درجه زبری N
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
توضیح علامت: صافی سطح در تولید بی‌دقت
صافی سطح قابل دست یابی بادقت خاص

سینوس 0...45° $\sin\varphi = \frac{a}{c}$ $a = c \cdot \sin\varphi$: $c = \frac{a}{\sin\varphi}$

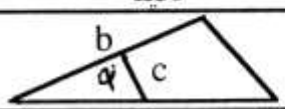
درجه	دقیقه 0	10	20	30	40	50	60	
0	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175	89
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349	88
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0436	0,0465	0,0494	0,0523	87
3	0,0523	0,0552	0,0581	0,0610	0,0640	0,0669	0,0698	86
4	0,0698	0,0727	0,0756	0,0785	0,0814	0,0843	0,0872	85
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°

سینوس 45...90°



درجه	دقیقه 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	0,91259	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							



کسینوس 0...45°

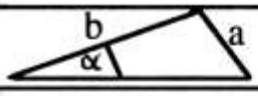
کتانژانت 0...45°

$\tan\alpha = \frac{a}{c}$ $a = b \cdot \tan\alpha$: $b = \frac{a}{\tan\alpha}$

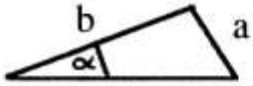
درجه	دقیقه 0	10	20	30	40	50	60	
0	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175	89
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349	88
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0437	0,0466	0,0495	0,0524	87
3	0,0524	0,0553	0,0582	0,0612	0,0641	0,0670	0,0699	86
4	0,0699	0,0729	0,0758	0,0787	0,0816	0,0846	0,0875	85
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							

$\cos\alpha = \frac{b}{c}$ $b = c \cdot \cos\alpha$! $c = \frac{b}{\cos\alpha}$ کتانژانت 45...90°

تانژانت 45...90°



درجه	دقیقه 0	10	20	30	40	50	60	درجه
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′	درجه
	دقیقه							



کتانژانت 45...0°

منابع

۱-آشنایی با فرایندهای ساخت و تولید-تألیف حجت ا... عالی- انتشارات دانشگاه امام حسین (ع)-چاپ دوم۱۳۷۹

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,Urich 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.پاکوبین-ترجمه فرزان نظریان و حمید امامی خوانساری-نشر پیوند نو و نشر آییژ-چاپ اول-ویرایش دوم-زمستان ۱۳۸۰

۱۰-راهنمای ورق کاری، نوشته رّن فورنیه، ترجمه عماد حجتی، انتشارات فنی ایران،چاپ اول ۱۳۷۹