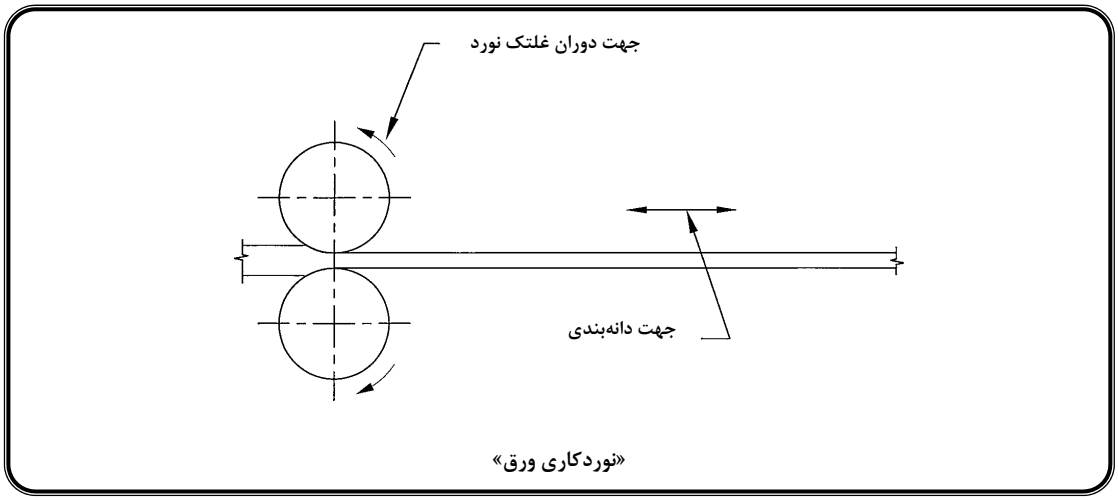
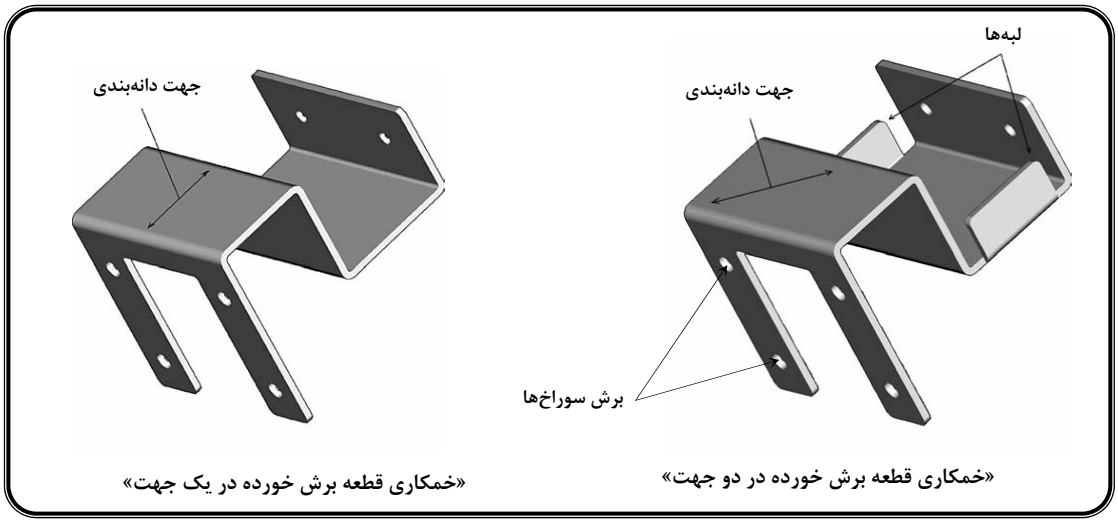
فصل اول
عملیات برش

ماده خام مورد استفاده برای تولید قطعات توسط قالب‌های پرس، ورق‌های فلزی می‌باشد. این ورق‌ها توسط روش نوردکاری (Rolling) تولید می‌شوند. در شکل زیر جهت دانه‌بندی ورق‌های تولید شده با استفاده از روش نوردکاری نشان داده شده است. اگر ضخامت ورق مورد استفاده کمتر از ۶/۳ میلی‌متر باشد، به آن Sheet و اگر بیشتر از ۶/۳ میلی متر باشد، به آن plate می‌گوییم (معمولاً در قالب‌های پرس از Sheet استفاده می‌شود. اگر طول نوار ورق زیاد باشد (در تولید پیوسته) به آن Strip می‌گوییم.



«نوردکاری ورق»

در تولید قطعاتی که ابتدا برش خورده و سپس خم می‌شوند، در عملیات خمکاری باید به جهت دانه‌بندی ورق (جهت نورد) دقت نمود. با توجه به شکل‌های زیر، جهت نورد و دانه‌بندی در قطعاتی که دارای یک یا دو جهت خم می‌باشند نشان داده شده است.



«خمکاری قطعه برش خورده در دو جهت»
«خمکاری قطعه برش خورده در یک جهت»

مزایای قالب پرس

۱ـ سرعت تولید

سرعت تولید قالب‌های پرس بالا می‌باشد و از قالب‌ها برای تولید انبوه (Mass Production) استفاده می‌شود. به عنوان مثال توسط قالب‌های پرس می‌توان در عرض یک ثانیه، یک قطعه تولید کرد.

۲ـ یکسان بودن قطعات تولیدی

ماهیت قطعات تولیدی توسط قالب‌های پرس بصورتی است که اگر از خوردگی قالب صرفنظر کنیم، حتی از نظر تلرانس‌های دقیق، قطعات تولیدی دقیقاً یکسان می‌باشند.

۳ـ عدم نیاز به اپراتور متخصص

فقط در قسمت طراحی قالب به طراح متخصص نیاز است ولی اپراتوری که با قالب‌ها کار می‌کند، نیازی به تخصص ندارد.

۴ـ هزینه‌های پایین

قیمت تمام شده قطعات تولیدی به علت استفاده از اپراتور ساده و سرعت تولید بالا، پایین می‌باشد.

۵ـ امکان تولید

برخی قطعات خیلی کوچک و با سوراخ‌های ریز و دقیق و بعضی قطعات خیلی بزرگ در حد قطعات بدنه خودرو می‌باشند. تمامی این قطعات را براحتی می‌توان توسط قالب‌های پرس تولید کرد.

معایب و محدودیت‌های قالب‌های پرس

۱ـ هزینه اولیه طراحی و ساخت قالب بالاست.

۲ ـ هزینه‌های تعمیرات و نگهداری قالب‌ها، قابل توجه است.

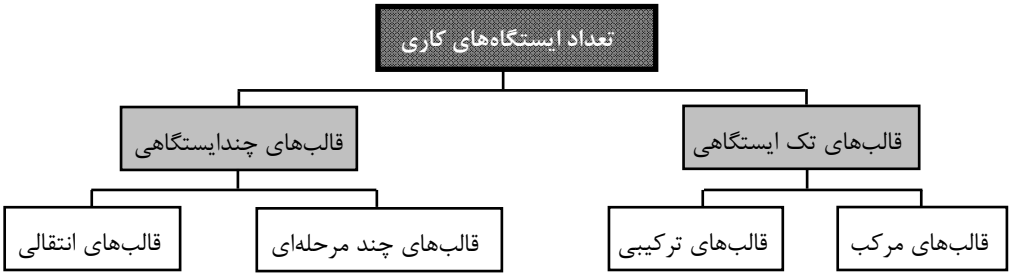
۳ـ فقط برای تولید انبوه قطعات به کار می‌رود.

۴ـ فقط برای تولید قطعات از ورق‌های فلزی به کار می‌رود.

طبقه‌بندی قالب‌ها

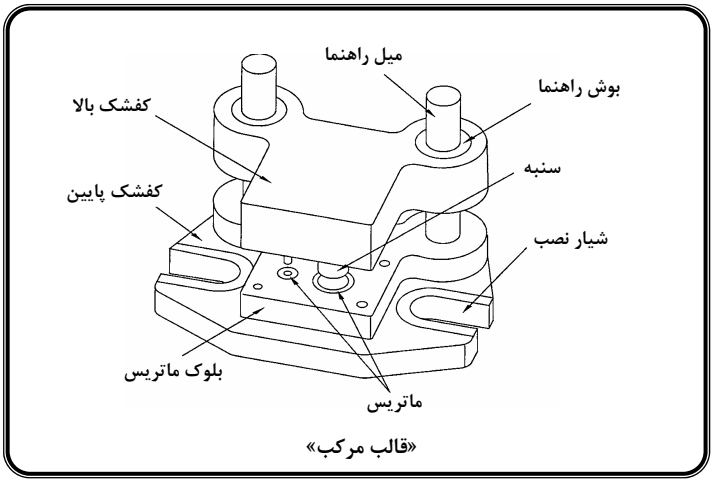
قالب‌های صنعتی را می‌توان براساس تعداد ایستگاه‌های کاری، ساختمان طراحی و کیفیت تولید محصول طبقه‌بندی نمود.

۱ـ طبقه‌بندی قالب‌ها براساس تعداد ایستگاه‌های کاری:



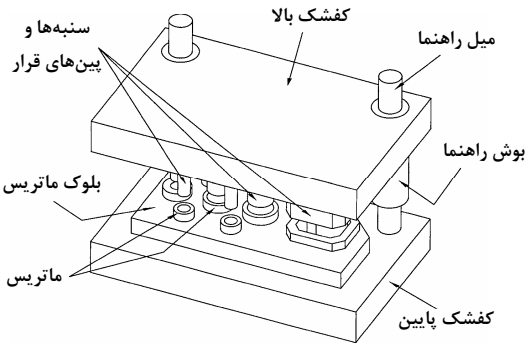
«طبقه‌بندی قالب‌ها براساس تعداد ایستگاه‌های کاری»

قالب مرکب (Compound die) قالبی است که در یک بار ضرب پرس، دو یا چند عملیات برش همزمان انجام می‌شود، مثلاً سوراخکاری و پولک‌زنی. نرخ تولید در این قالب‌ها، تقریباً پایین است.



«قالب مرکب»

قالب چند مرحله‌ای یا پروگرسیو (Progressive die) از نوار ورق، قطعه‌ای تمام شده تولید می‌نماید. بدین معنی که نوار ورق بین ایستگاه‌های مختلف قالب جابجا شده و در هر ایستگاه فرآیندی خاص مثل برش و شکل‌دهی روی آن انجام خواهد گرفت.



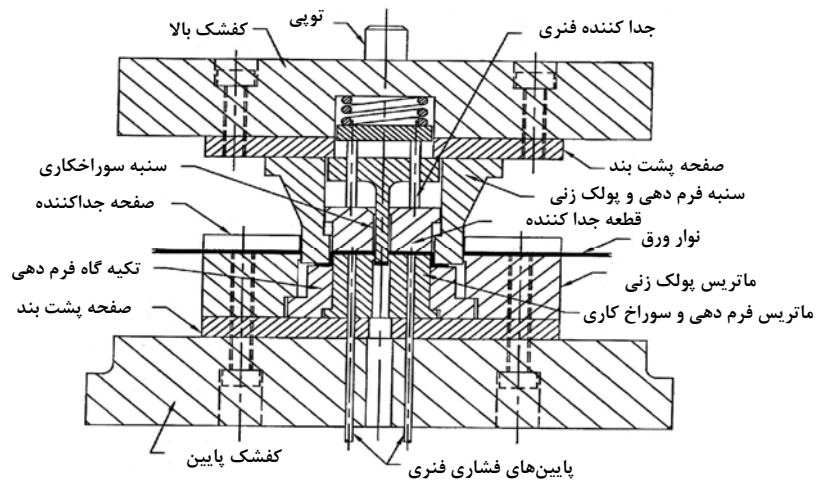
«قالب پروگرسیو»

مثال۱: قالبی که در یک ضرب پرس از عملیات‌های برشی و غیربرشی استفاده می‌کند چه نامیده می‌شود؟

۱) قالب چند مرحله‌ای ۲) قالب یک مرحله‌ای ۳) قالب ترکیبی ۴) قالب مرکب

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» قالب‌های ترکیبی در یک ضرب پرس از عملیات‌های برشی و غیربرشی استفاده می‌کنند.

شکل زیر نشان دهنده یک قالب ترکیبی برای ساخت یک قطعه فلنج‌دار سوراخ‌دار می‌باشد.



«قالب مرکب ساخت یک فنجان سوراخ‌دار»

قالب‌های چند ایستگاهی به گونه‌ای طراحی شده‌اند که یک سری فرآیندهای متوالی لازم است تا قطعه به شکل کامل تولید شود. یعنی در هرکورس پرس، قسمتی از قطعه تشکیل می‌شود.

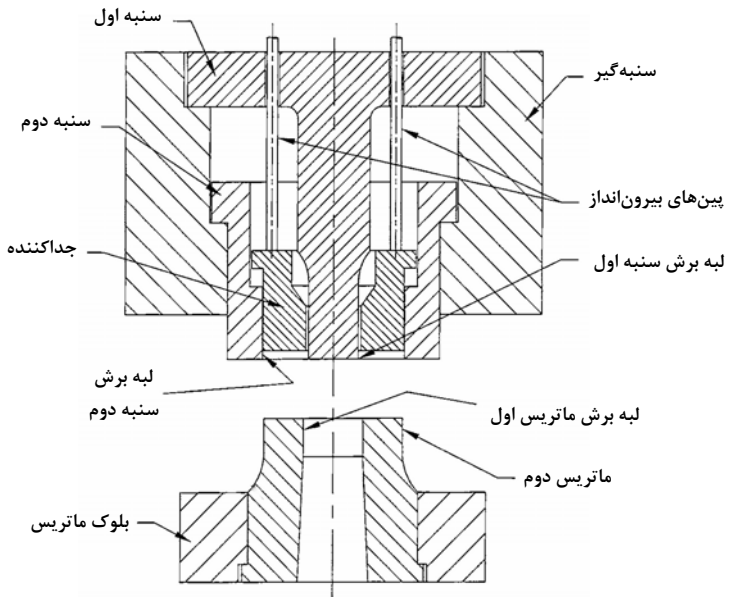
در قالب‌های انتقالی، با وجود یک کفشک، بلانک موجود بصورت مکانیکی از ایستگاهی به ایستگاه دیگر توسط بازوهایی منتقل می‌شود.

مثال۲: برای ساخت تیراژ بالای قطعاتی که موقعیت فرم داخل نسبت به خارج دقیق است، از کدام قالب استفاده می‌گردد؟

۱) قالب برش مرکب یک مرحله‌ای ۲) قالب برش مرکب چندمرحله‌ای

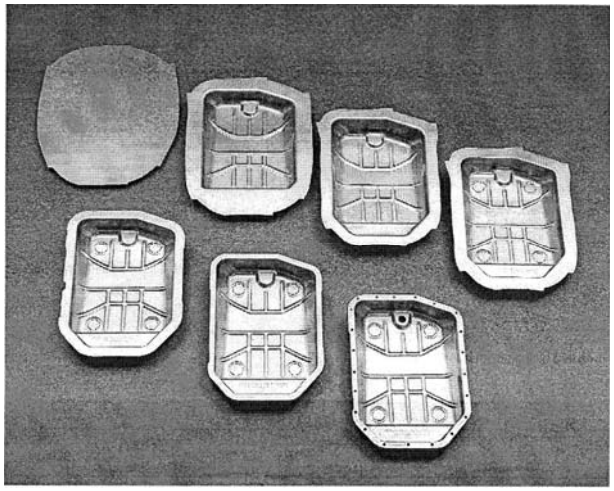
۳) قالب برش مرکب سری ۴) قالب برش ساده

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» همانند شکل بعد که محصول تولیدی آن واشر می‌باشد و در یک ضرب پرس، سوراخ داخل و پولک خارج زده می‌شوند.



«قالب برش دوبل»

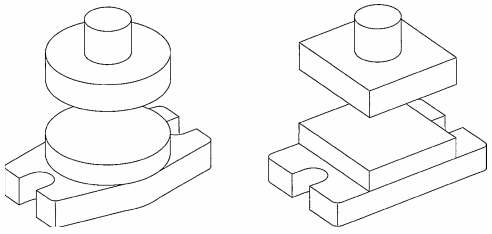
به شکل زیر دقت کنید. در شکل مراحل ساخت یک مخزن روغن از بلانک اولیه تا قطعه نهایی نشان داده شده است.



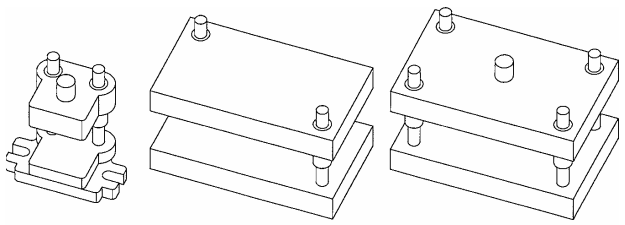
توجه : قالب‌های برش ساده برای تولید قطعات ساده در تیراژ بالا و قالب‌های برش مرکب سری برای تولید قطعات کوچک و پیچیده در تیراژ بالا بکار می‌روند.

۲ـ طبقه‌بندی قالب‌ها براساس ساختمان طراحی:

براساس ساختمان طراحی قالب‌ها به دو گروه قالب‌های بدون راهنما (آزاد) و قالب‌های با راهنما تقسیم می‌شوند.



«قالب‌های بدون راهنما»



«قالب‌های با راهنما»

در قالب‌های بدون راهنما سنبه فقط توسط سینه پرس هدایت می‌گردد. این قالب‌ها برای تولید قطعات ساده با تیراژ پایین مناسب می‌باشد. در قالب‌های با راهنما، سنبه در داخل قالب و با راهنمایی اجزای قالب هدایت گردیده و بدین جهت نسبت به قالب‌های بدون راهنما دارای عمر و دقت بالاتری می‌باشد. راهنما در قالب می‌تواند بصورت میل راهنما، صفحه راهنما و ماتریس راهنما طراحی گردد.

توجه : بستگی به ابعاد قالب و تناژ مورد استفاده می‌توان از دو یا چهار میل راهنمای سنگ خورده و لپینگ شده استفاده نمود.

لپینگ (Lapping) به پرداخت‌کاری بسیار ظریف سطوح اطلاق می‌شود که با استفاده از پودر اکسیدآلومنیوم غوطه‌ور در روغن انجام می‌شود. این مواد بین قطعه کار و ابزار لپن می‌لغزند و عملی مانند سنباده زنی بصورت خیلی دقیق انجام می‌شود. اگر قطعه خیلی سخت باشد، از گرد الماس استفاده می‌شود.

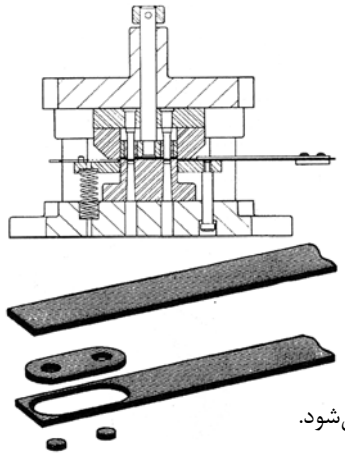
۳ـ طبقه‌بندی قالب‌ها براساس کیفیت تولید محصول:

براساس این طبقه‌بندی قالب‌ها به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند.

Class A ← قالب با نرخ تولید بالا (انبوه) و کیفیت بالا.

Class B ← قالب برای تولید تعداد محصولات متوسط و کیفیت متوسط.

Class C ← قالب برای تولید با حجم کم و کیفیت پایین.



مثال ۳: شکل مقابل مربوط به کدام نوع قالب می‌باشد؟

۱) قالب سوراخکاری
۲) قالب دوره‌بری
۳) قالب مرکب
۴) قالب خانکشی

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» در قالب‌های مرکب عملیات سوراخکاری و پولک‌زنی، همزمان و در یک ایستگاه انجام می‌شود.

مثال ۴: در طبقه‌بندی قالب‌ها براساس ساختمان طراحی، قالب‌ها به چه گروه‌هایی تقسیم می‌شوند؟

۱) به سه کلاس A , B , C تقسیم می‌شوند.
۲) به دو گروه بدون راهنما و با راهنما تقسیم می‌شوند.
۳) به دو گروه تک ایستگاهی و چند ایستگاهی تقسیم می‌شوند.
۴) به دو گروه ساختمان ساده و پیچیده تقسیم می‌شوند.

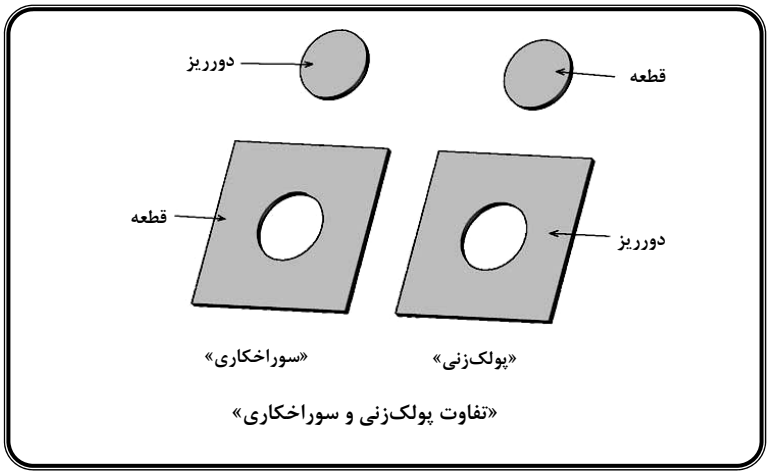
☑ **پاسخ:** گزینه «۲» همان طور که بیان شد براساس ساختمان طراحی، قالب‌ها به دو گروه قالب‌های بدون راهنما (آزاد) و قالب‌های با راهنما تقسیم می‌شوند.

بررسی انواع فرآیندهای پرسکاری

انواع فرآیندهای پرسکاری که توسط قالب‌های صنعتی انجام می‌شود، به شرح زیر می‌باشد:

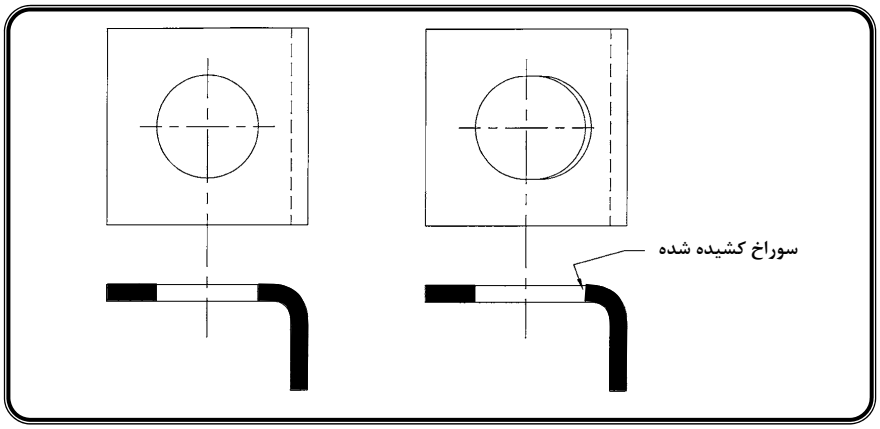
۱ـ پولک‌زنی (Blanking): این قالب‌ها با برش خطوط محیطی، قطعه مورد نظر را از ورق جدا کرده و قطعه‌ای بصورت پولک ایجاد می‌گردد.

۲ـ سوراخکاری(Punching) : قالب‌های سوراخکاری جهت ایجاد سوراخ در قطعه پولک و یا در قطعات کششی طراحی می‌گردند. تفاوت دو روش فوق در شکل زیر نمایش داده شده است.



«تفاوت پولک‌زنی و سوراخکاری»

✶ سوراخ‌ها باید پس از مرحله شکل‌دهی ایجاد شوند و یا فاصله مناسب بین سوراخ و موضع خمکاری وجود داشته باشد، زیرا همانند شکل زیر سوراخ‌ها به هنگام شکل دادن دچار کشیدگی یا تاب می‌شوند.

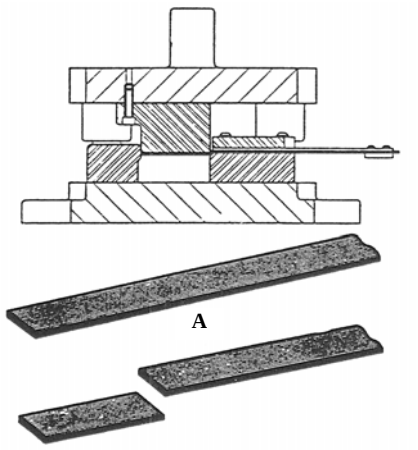


✶ **برای جلوگیری از تغییر شکل سوراخ‌ها، دو راه وجود دارد:**

۱ ـ سوراخ پس از شکل‌دهی زده شوند.

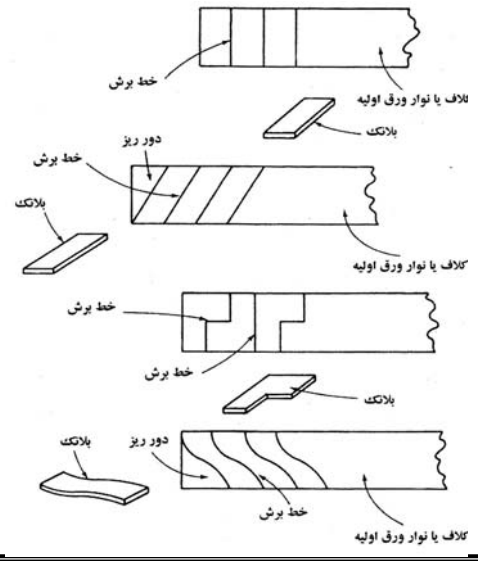
۲ ـ فاصله سوراخ‌ها تا موضع خمکاری رعایت شود.

۳ـ قطع (Cut off): وظیفه این قالب‌ها برش نوار در طول‌های کوچکتر و ایجاد قطعه پولک ساده می‌باشد.

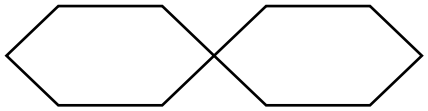


«قالب قطع»

نمونه‌هایی از قطعاتی که می‌توان توسط قالب قطع تولید کرد، در شکل زیر نشان داده شده است.

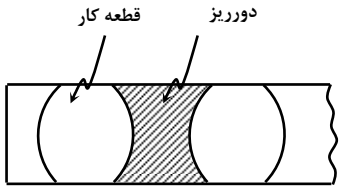


✶ شرایط استفاده از قالب‌های قطع:



۱ـ کناره‌های قطعه (لبه‌ها) باید دو خط مستقیم و موازی می‌باشند (ضلع‌های بالایی و پایینی)
۲ـ شکل جانبی قطعات باید به گونه‌ای باشدکه پس از کنار هم قرار دادن قطعات بریده شده، فاصله خالی بین آنها نباشد. به عنوان مثال قطعه مقابل را نمی‌توان توسط قالب قطع و تولید کرد.
در قالب‌های قطع، سنبه فقط یک تیغه است و مانند گیوتین عمل می‌کند. در این حالت، نیروی برش حداقل بوده و دور ریز حداقل مقدار می‌باشد.

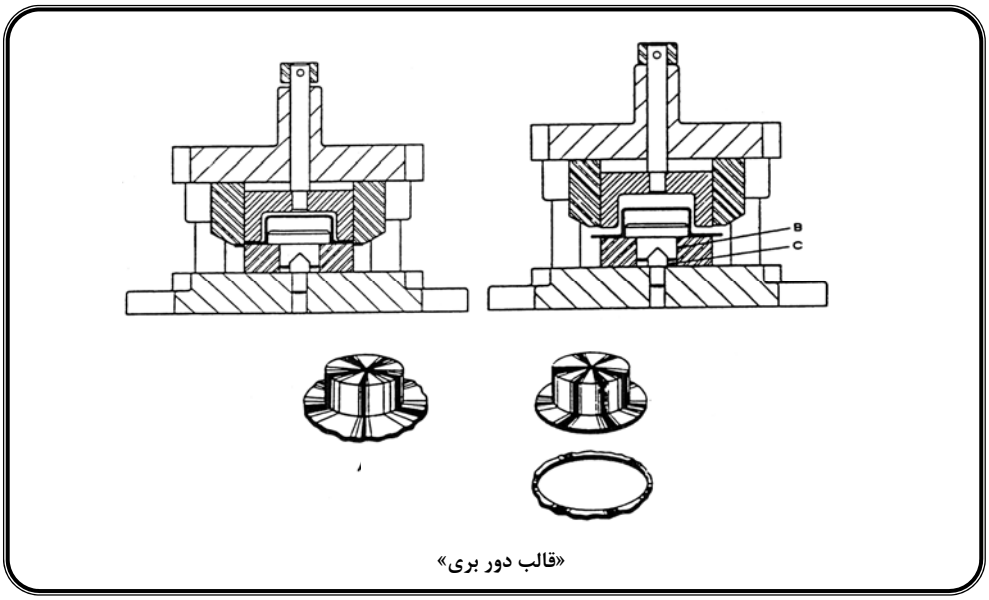
۴ـ قالب‌های قطعه زنی (Parting) :



این نوع قالب‌ها برای قطعاتی هستند که کناره‌ها دو خط موازی، اما شکل قطعات به گونه‌ای است که قابل چسباندن به یکدیگر نیستند و مجبور به گذاشتن فاصله هستیم شکل سنبه به صورت دور ریز می‌باشد.

۵ـ دور بری (Trimming):

این قالب‌ها قسمت‌های اضافی و موجدار قطعات شکل‌دهی، فورج شده و کشیده شده را جدا می‌کنند.

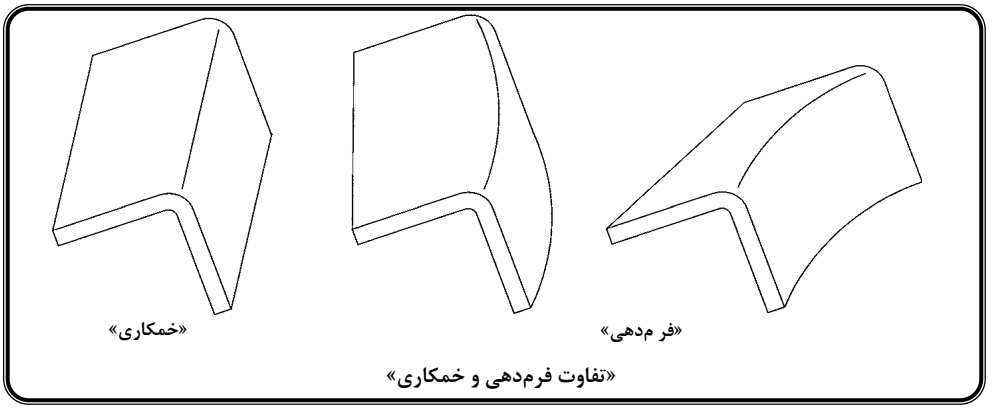


«قالب دور بری»

۶ـ دور بری دقیق و تکمیلی (Shaving): این قالب جهت برش پلیسه‌ها و مازاد از اطراف قطعه و سوراخ‌ها بکار می‌رود تا سطح برش خورده براق و عمودی شود. مقدار لقی در اینگونه قالب‌ها، کمتر از قالب برش معمولی است.

۷ـ خمکاری (Bending): با این قالب‌ها می‌توان قطعات را تحت زاویه خم کرد. خط خم در اینگونه قطعات در امتداد طول کلی آن مستقیم است.

۸ـ شکل‌دهی یا فرم‌دهی (Forming): قالب‌های شکل‌دهی مشابه قالب‌های خمکاری هستند با این تفاوت که خط خم می‌تواند منحنی باشد و تغییر شکل پلاستیک در قطعه شدیدتر می‌باشد.

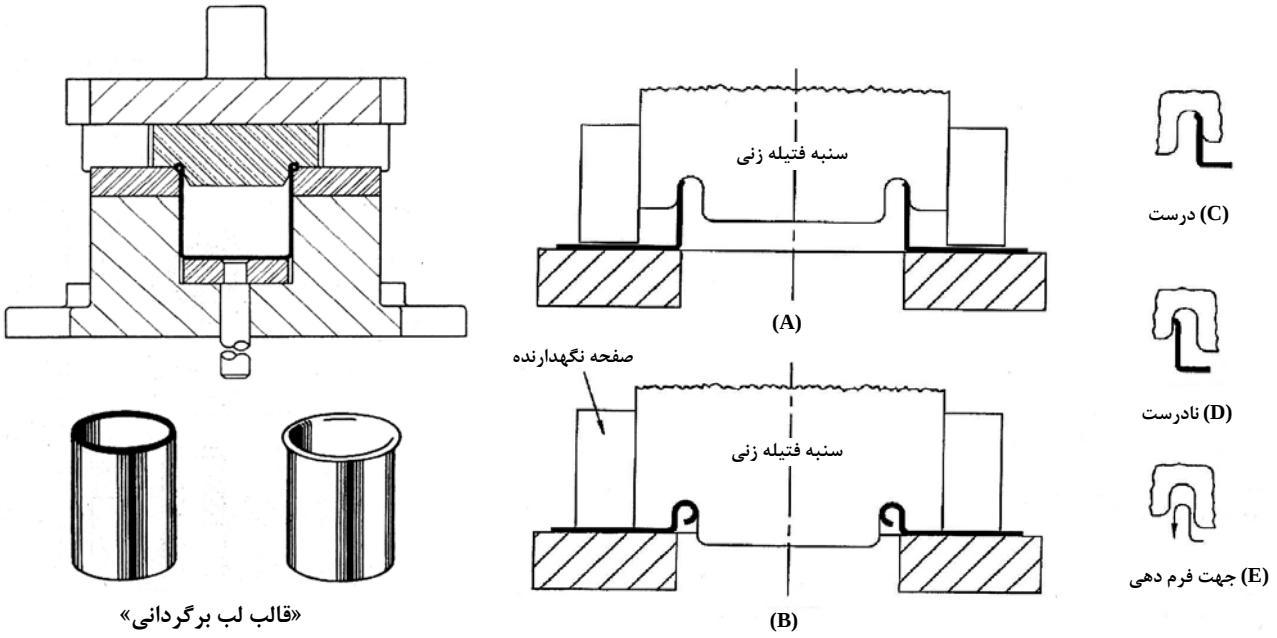


«خمکاری» «فر مدهی»

«تفاوت فرم‌دهی و خمکاری»

۹ـ کشش (Drawing): قالب‌های کشش برای تهیه قطعات استوانه‌ای و پوسته‌ای شکل حجیم بکار می‌رود.

۱۰ـ لب برگردانی یا فتیله‌زنی (Curling): از این قالب برای برگرداندن لبه قطعات کشیده شده به منظور بالاتر بردن استحکام استفاده می‌شود.

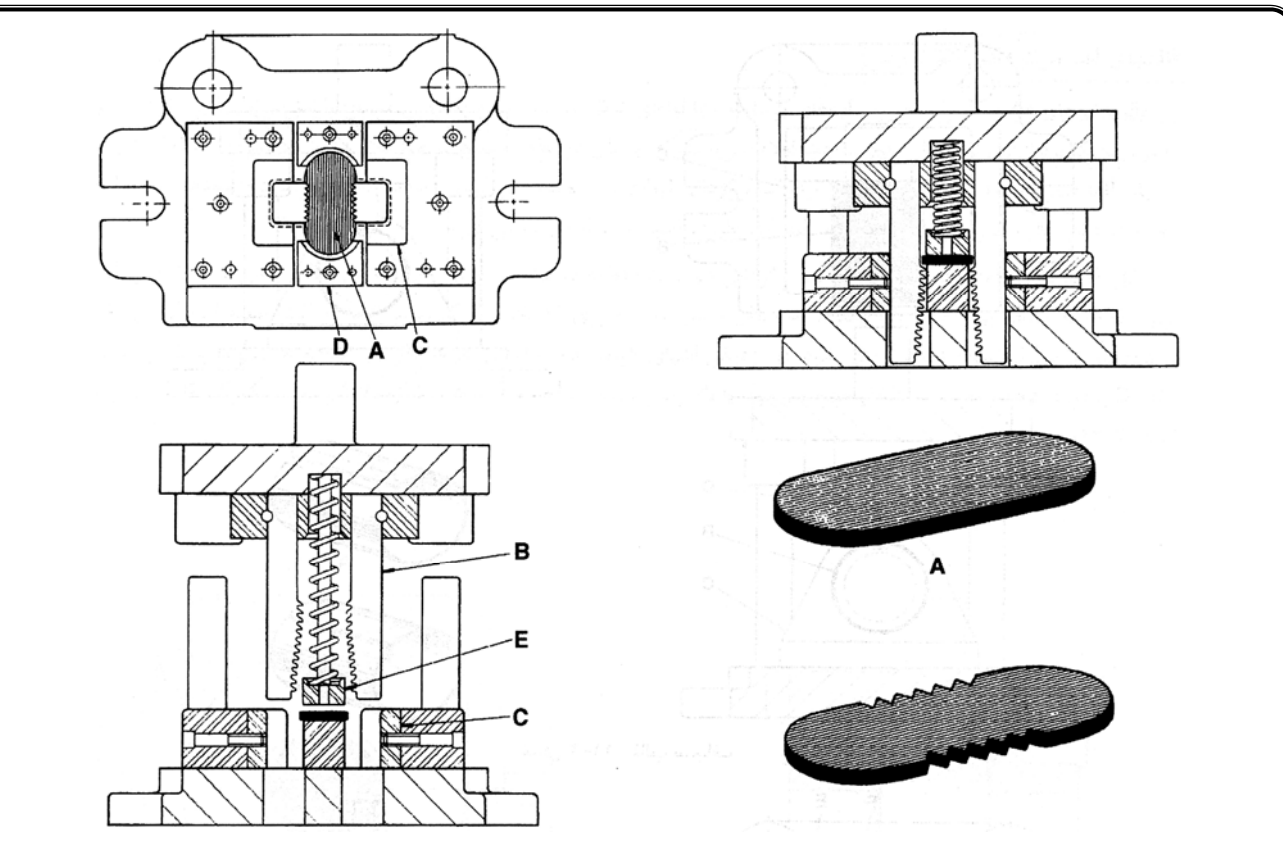


«قالب لب برگردانی»

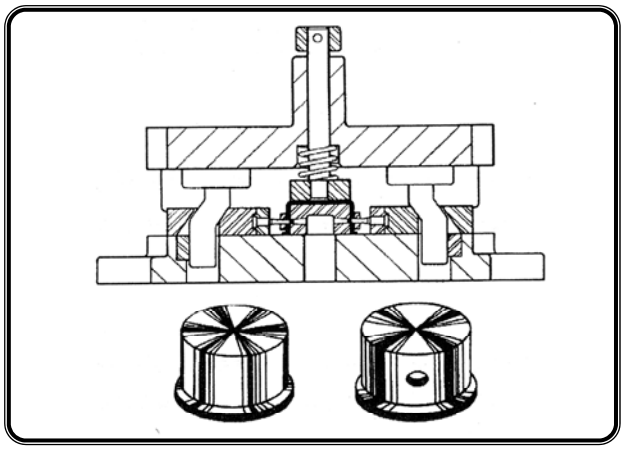
۱۱ـ سکّه‌زنی یا شکل دادن سرد (Cold coining): در این فرآیند پرسکاری، فلز وادار به سیلان شده تا شکل حفره قالب را به خود بگیرد.

۱۲ـ پرسکاری دقیق: این قالب‌ها جهت ایجاد قطعات ظریف مثل عقربه ساعت بکار می‌روند.

۱۳ـ خان‌کشی (Broaching): توسط این قالب دندانه‌های ظریفی در لبه قطعات پرسکاری ایجاد می‌گردد.

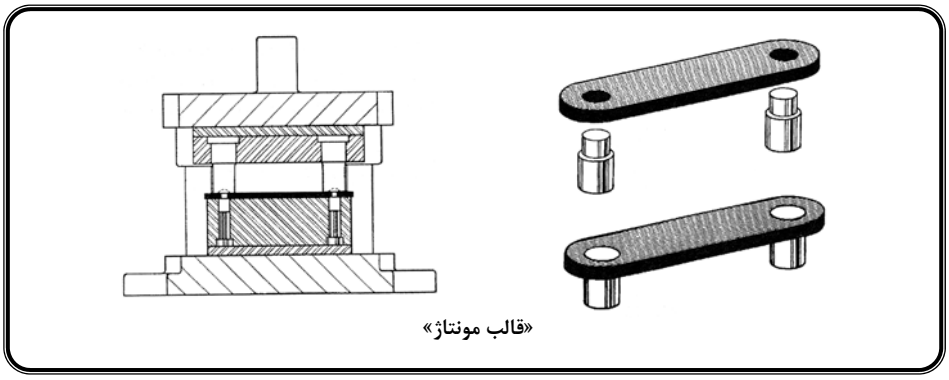


«قالب خان‌کشی»



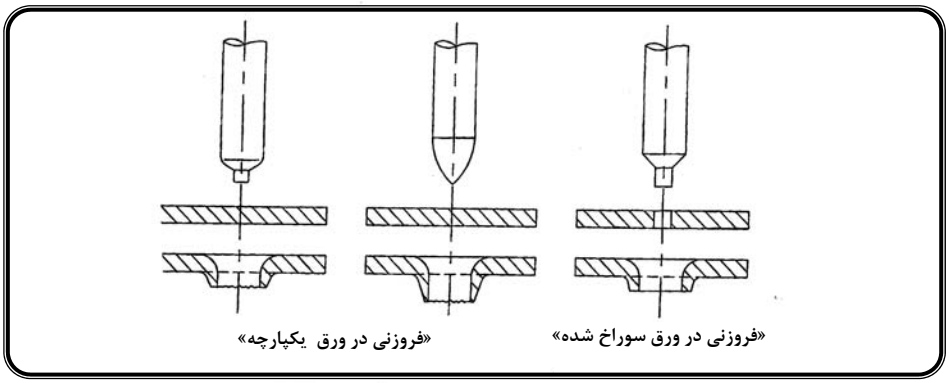
۱۴ـ بادامک جانبی: توسط این قالب‌ها چندین سوراخ بطور همزمان در سطح جانبی قطعات استوانه‌ای ایجاد می‌گردد.

۱۵ـ مونتاژ (Assembly): این قالب‌ها با سرعت زیادی عمل مونتاژ قطعات را انجام می‌دهند.



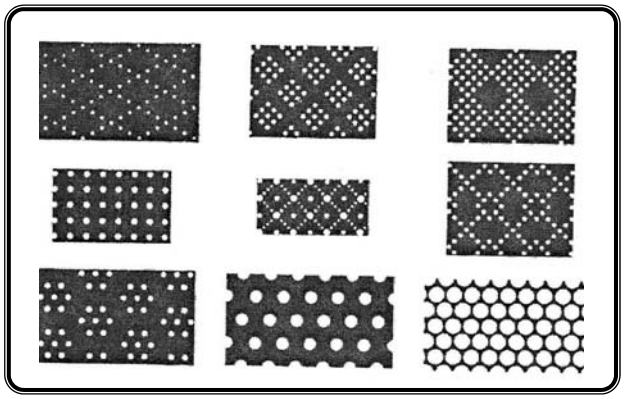
«قالب مونتاژ»

۱۶ـ فروزنی (Plunging): همانگونه که در شکل زیر دیده می‌شود، در این فرآیند به جای برش، پارگی صورت گرفته و این پدیده به خوبی توسط گوشه‌های دندانه‌دار در لبه سوراخ قابل شناسایی است. در این نوع فرآیند، سنبه فرو رونده به جای لبه برشی دارای نوک گلوله‌ای شکل است که باعث ایجاد پارگی به جای برش می‌شود. فرآیند فروزنی دور ریزی به همراه ندارد.

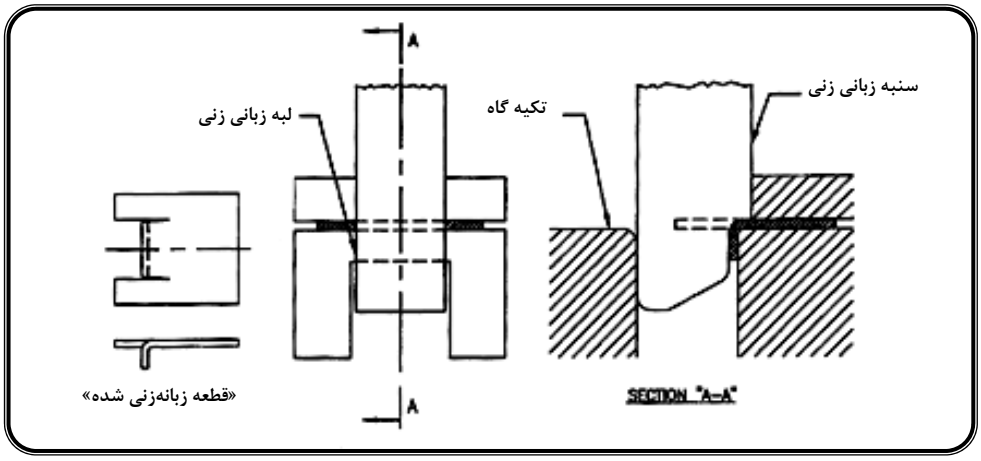


«فروزنی در ورق یکپارچه» «فروزنی در ورق سوراخ شده»

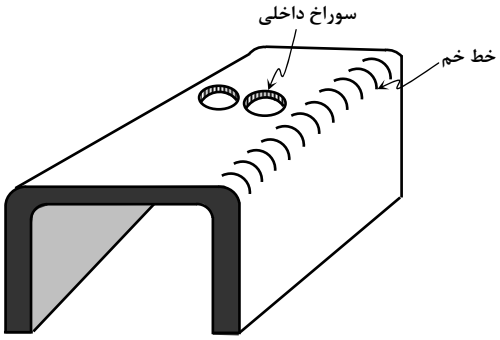
۱۷ـ منگنه زنی (Perforating): در مواقعی که لازم است سوراخ‌های متعددی با الگویی مشخص بر روی قطعه ایجاد شوند، از این فرآیند استفاده می‌شود. از این سوراخ‌ها ممکن است به منظور تزئین و یا برای عبور نور، صدا، سیال و گاز و همچنین فیلتر استفاده شود.



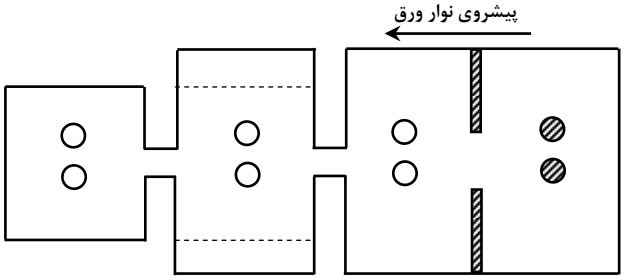
۱۸ـ زبانه‌زنی (Lancing): اگر برش در قسمتی از ناحیه میانی ورق به صورتی انجام می‌گیرد که دورریز از نوار ورق جدا نشود، آنگاه این برش را زبانه‌زنی گوییم.



به شکل مقابل دقت کنید:



تا زمانی که تمامی فرآیندهای مورد نیاز قطعه انجام شده باشد، نباید آن را برش داده و از نوار ورق جدا کنیم. در ایستگاه اول همیشه شکل‌های اولیه نظیر سوراخ و کناره بری را انجام می‌دهیم. در ایستگاه‌های بعد، عملیات‌های خمکاری و فرم‌دهی را انجام داده و نهایتاً قطعه را برش می‌زنیم.



۱. برش سوراخ‌ها ۲. برش کناره ۳. خم‌کاری ۴. برش نهایی

مثال ۵: جهت برش پلیسه‌ها و مازاد اطراف قطعه از کدام قالب استفاده می‌شود؟

۱) دوربری تکمیلی ـ که سطح برش خورده را براق و عمودی می‌کند.

۲) دوربری تکمیلی ـ که سطح برش خورده را مات و منظم می‌کند.

۳) لب برگردانی ـ که سطح برش خورده را براق و عمودی می‌کند.

۴) قطع ـ که پلیسه‌های اضافی را قطع و سطح برش را براق می‌کند.

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» از قالب‌های دوربری تکمیلی (Shaving) برای برش پلیسه‌ها و مازاد اطراف قطعه استفاده می‌شود که پس از انجام این عملیات سطح برش خورده، براق و عمودی می‌شود.