المحاضرة الحادية عشرة

- طرق تشغيل غير تقليدية :

تضم طرق التشغيل غير التقليدية أسالياً متنوعة لتشغيل المعادن منها الميكانيكي والكهربائي والحراري والكيميائي. أُستخدمت هذه الطرق لتلبية احتياجات غزو الفضاء وتوسع استخدامها في المجالات الأخرى بهدف:

- تحسين جودة المنتجات (دقة المقاييس ونعومة السطح).

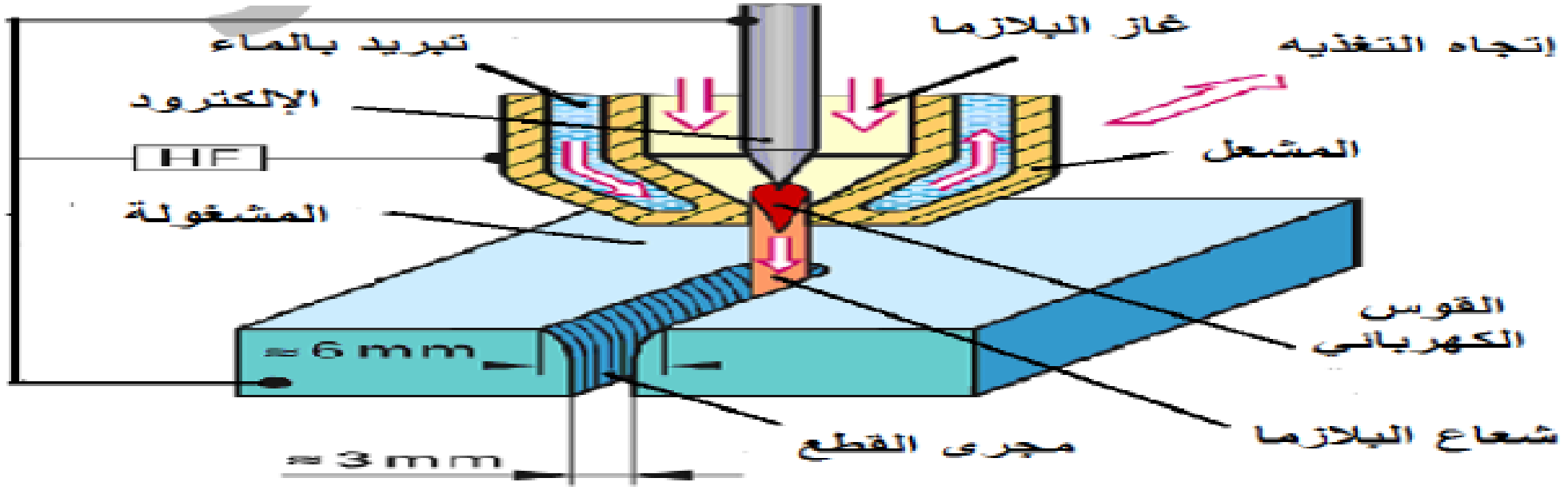
- تشغيل معادن عالية الصلادة

- إنتاج قطع معقدة الشكل بالأخص القوالب المعدنية.

- القطع بقوس البلازما :

تستخدم هذه الطريقة لقطع الصلب السبائكي والمعادن غير الحديدية والمواد غير المعدنية. سماكة المعدن الذي يمكن قطعه من ١ ملم إلى ١٠٠ ملم، كما تبلغ سرعة القطع ٦ ملم في الدقيقة. تمتاز بأنها يمكن أن تقطع كل انواع المعادن بسرعة عالية وحافة قطع خالية من الزوائد والعيوب. تعتبر معداتها مكلفة وتحتاج العملية لاحتياطات خاصة لمعالجة الضجيج الصادر عن القطع والدخان وحماية العين من الأشعة فوق البنفسجية.

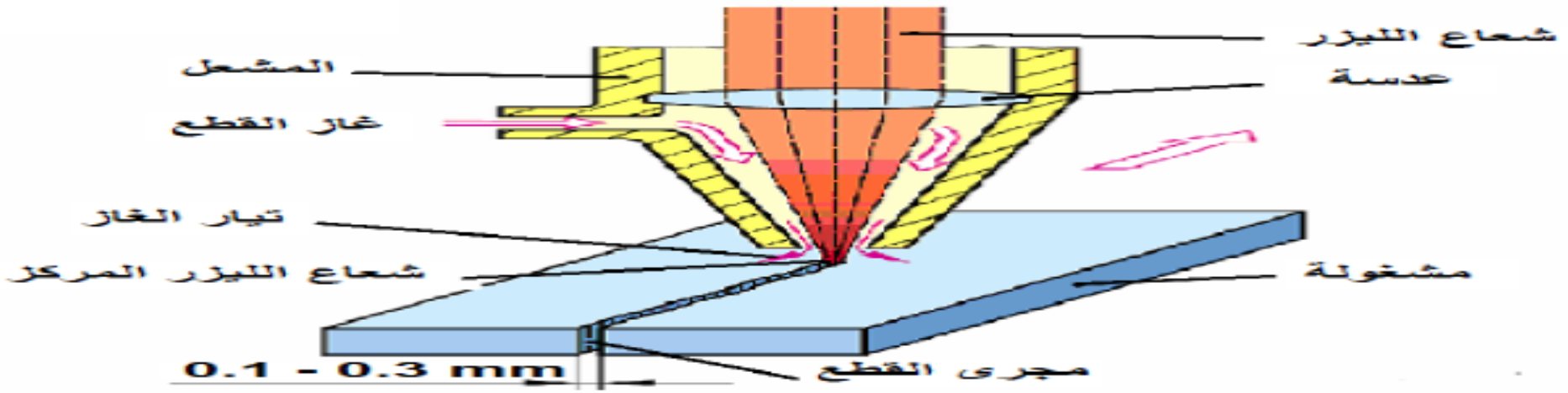
ينشأ قوس كهربائي بين إلكترود التنجستين وإطار المشعل يسمى القوس الابتدائي، وعند مرور غاز آرجون أو هليوم أو نتروجين على هذا القوس يحدث له تأين (يطلق عليه غاز البلازما) عندما تصل البلازما إلى قطعة الشغل يحدث تفريغ كهربائي بينها وبين الإلكترود وينشأ قوس كهربائي يسمى القوس الثانوي ويحدث إيقاف للقوس الابتدائي. تصل درجة حرارة البلازما إلى ٣٠٠٠٠ درجة مئوية، وتؤدي هذه الحرارة العالية المركزة على منطقة صغيرة من سطح المشغولة إلى انجاز عملية القطع.



- **القطع بالليزر** :

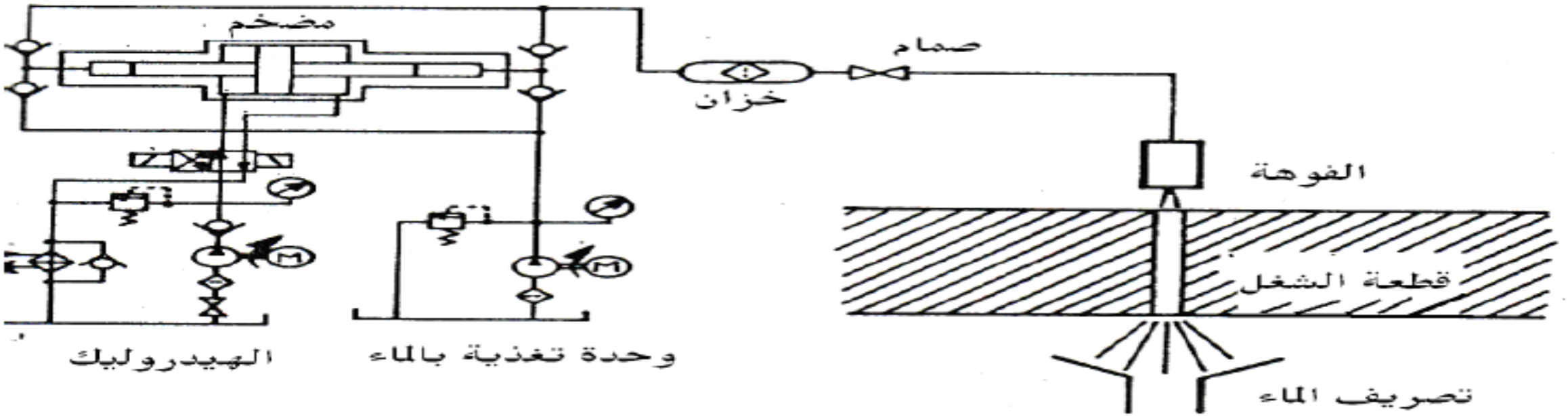
يعتبر الليزر شعاع ضوئي يملك طاقة عالية جداً تُنتج في معدات خاصة عبر خلق رنين ضوئي في غاز أو في بلورات صلبة. يتم تركيز الشعاع الصادر بواسطة عدسة على مساحة صغيرة جداً من سطح المشغولة حيث يحدث انصهار وتبخر للمعدن في منطقة تأثير شعاع الليزر ويتم إزالة نواتج القطع عبر تدفق الغاز الخامل المرافق للشعاع (الآرجون أو النتروجين).

يُستخدم الليزر في قطع وحفر كافة أنواع الصلب والسبائك والبلاستيك. تبلغ السماكة الممكن قطعها ١٠ ملم في حالة قطع الصلب ويمكن قطع رقائق بلاستيكية سماكتها ١ ملم، كما تبلغ سرعة القطع ٦ متر في الدقيقة عند قطع الصلب و ٩٠ متر في الدقيقة عند قطع البلاستيك.



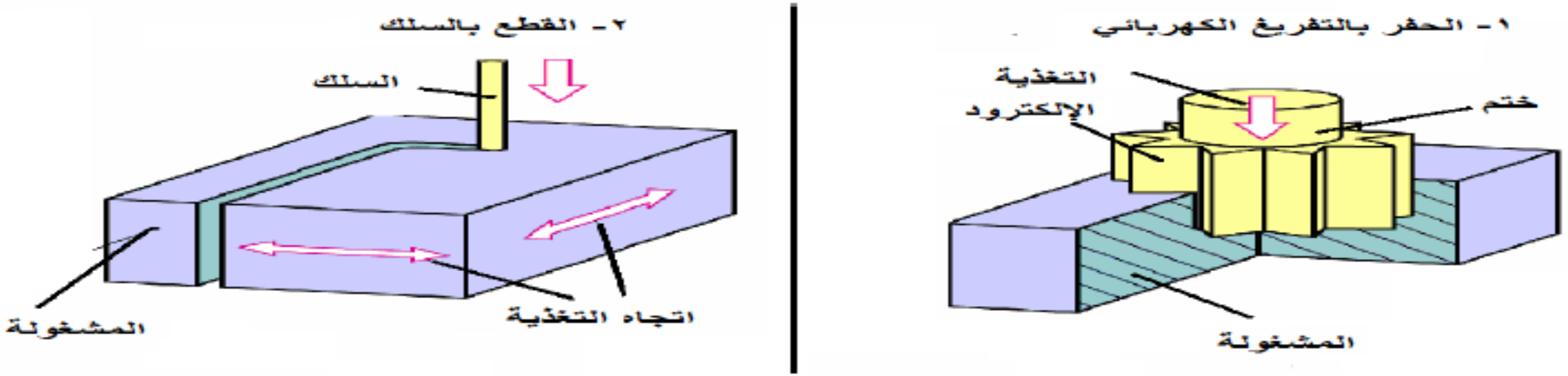
- **القطع بالماء** :

يستخدم شعاع ماء بقطر 0.1 الى 0.5 ملم بضغط عالي يصل الى ٤٠٠٠ بار مضاف إلية مادة حاكة متل الرمل. يستخدم لقطع كل المعادن والمواد غير المعدنية مثل البلاستيك. سماكة المعدن الذي يمكن قطعه من ١ملم إلى ١٠٠ ملم، كما تبلغ سرعة القطع 0.4 متر في الدقيقة عند قطع الصلب و 0.8 متر في الدقيقة عند قطع الألمنيوم. تمتاز طريقة القطع بشعاع الماء بعدم وجود تأثير حراري على حواف القطع مما يعني عدم حدوث تشوهات في المشغولة.



- **التشغيل بالتفريغ الكهربائي:**

تستخدم لتشغيل المواد عالية الصلادة وإنتاج أشكال معقدة مثل حفر القوالب المعدنية وأشكال ذات حواف كثيرة الانحناءات. يوجد نوعان أساسيان لهذه الطريقة، الشكل يوضح طريقة الحفر المستخدمة في انتاج القوالب المعدنية وطريقة القص بالسلك للحصول على حواف منحنية و مستقيمة.



- **الحفر بالتفريغ الكهربائي :** يتم الحفر عبر ختم يماثل شكله التجويف المطلوب إنتاجه في القالب، ويصنع الختم من الجرافيت أو النحاس أو سبائك النحاس والتنجستن بينما في حالة القطع يصنع من سبيكة نحاس وزنك.

يعمل الختم ككاثود والمشغولة تمثل الآنود، يوصل التيار الكهربائي على نبضات متكررة بتردد ما بين ٢٠٠ إلى ٥٠٠٠٠٠ هيرتز مما يحدث تفريغ كهربائي عبر المسافة صغيرة بين الختم والمشغولة. تبلغ درجة الحرارة الناتجة من اصطدام الإلكترونات المنبعثة بالمشغولة ١٢٠٠٠ درجة مئوية تؤدي لتبخر المعدن. يقوم سائل غير موصل كهربائياً (زيت معدني) والذي تغمر فيه المشغولة بإزالة نواتج الحفر، ويتم تحريك الختم لأسفل بمعدل يتناسب مع معدل الحفر.

- القطع بالسلك : يستخدم القطع بالسلك لإنتاج قوالب التشكيل والبثق، حيث يستخدم سلك مصنوع من سبيكة نحاس وزنك بقطر ١ إلى ٣ ملم. يتم القطع داخل ماء تم إزالة الأملاح منه ليصبح غير موصل للتيار الكهربائي. يمكن بهذه الطريقة قطع الصلب السبائكي عالي الصلادة وتنتج حواف عالية الدقة. تستخدم آلات مبرمجة للتحكم في سرعة حركة السلك وتغذية المشغولة وشدة التيار والجهد.

-التبريد أثناء القطع :

في الوقت الذي يعمل فيه القلم تنتقل جزيئات المعدن بالنسبة لبعضها البعض نتيجة للتشوه اللدن في الطبقة المنزوعة، وتتولد نتيجة لاحتكاك هذه الجزيئات خلال الانتقال حرارة القطع، تضاف الى هذه الحرارة حرارة احتكاك الرايش بالسطح الأمامي للقلم واحتكاك سطحه الخلفي بسطح القطعة المعرضة للتشغيل.

تتوزع الحرارة الناتجة في عملية القطع حسب قوانين الفيزياء من النقط ذات الحرارة الأكبر الى النقاط ذات الحرارة الأصغر وتتوزع أثناء القطع على الشكل التالي :

- ٥٠- ٨٥ % من كمية الحرارة تنصرف مع الرايش.
- ١٠-٤٠ % مع القلم .
- ١٠– ٣٠ % مع القطعة المشغلة .
- ١٠ % مع الهواء المحيط .

ا- هدف التبريد :

ان الهدف من استعمال سوائل التبريد والتي لها خاصية التزييت هو:

- تخفيض درجة حرارة القطع لكل من المشغولة والأداة القاطعة.
- يسمح التبريد باستعمال سرعة قطع أعلى مما يقلل زمن انتاج القطع.
- يساعد التبريد على ازالة الرايش بعيداً عن الحد القاطع وهذا امر هام وخاصة في عمليات التجليخ والثقب.
- الحصول على أسطح أكثر نعومة.
- تقلل عامل الاحتكاك بين الأداة القاطعة وسطح المعدن مما يطيل عمر الحد القاطع للأداة.

٢-أنواع سوائل التبريد :

تستخدم انواع متعددة من سوائل التبريد فإما أن تكون معدنية أو حيوانية أو نباتية أو خليط منها وإما أن تكون تحوي على الماء وتمتاز الزيوت النفية قابليتها لتقليل الاحتكاك وبالتالي الحصول على سطح ناعم جداً، ومن هذه الأنواع :

- الزيت القابل للزوبان في الماء وهو نوع من الزيت يذوب في الماء ونسبته ١٠ % .ويكون عن خلطه سائل صابوني الملمس بني اللون .
- ماء نقي مضاف اليه ٥% صودا كاوية (يساعد على حل الزيت في الماء).
- زيت عادي مع ماء وإضافة ١٠ – ٢٠ % من الصودا الكاوية.

٣- الصفات الواجب توفرها في سوائل التبريد :

- أن تكون ذات خواص مضادة للصدأ.
- أن تكون ذات خواص ثابتة عند تخزينها واستعمالها.
- أن لا تسبب أي تهيج للأغشية المخاطية أو جلد العمال.
- أن لا تكون ذات رائحة كريهة.
- أن لا تكون درجة اشتعالها عالية لتجنب خطر الحريق.

عمليات تشكيل المعادن:

التشكيل هو تغيير شكل وأبعاد كتله معدنيه تحت تأثير قوى مؤثرة خارجية، وتجري عملية تشكيل المعادن على الساخن أو على البارد وذلك حسب خواص المعدن المشكل.

نتيجة عمليات التشكيل يحدث تغير في الخواص الميكانيكية للمعدن حيث تزداد مقاومته وتنخفض استطالته ومقاومته للصدمات وذلك في حالة التشكيل على البارد، أما في حالة التشكيل على الساخن فيتم تسخين المعدن المراد تشكيله الى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة إعادة تبلور المعدن المشكل والنتيجة الطبيعية لذلك هو انخفاض درجة الصلادة وارتفاع في المطيلية للمعدن مما يسهل عملية التشكيل.

من عمليات التشكيل على البارد :

- الدرفلة (الدلفنة) - الثني - القص - التخريم - سحب الاسلاك - السحب العميق - تدويم

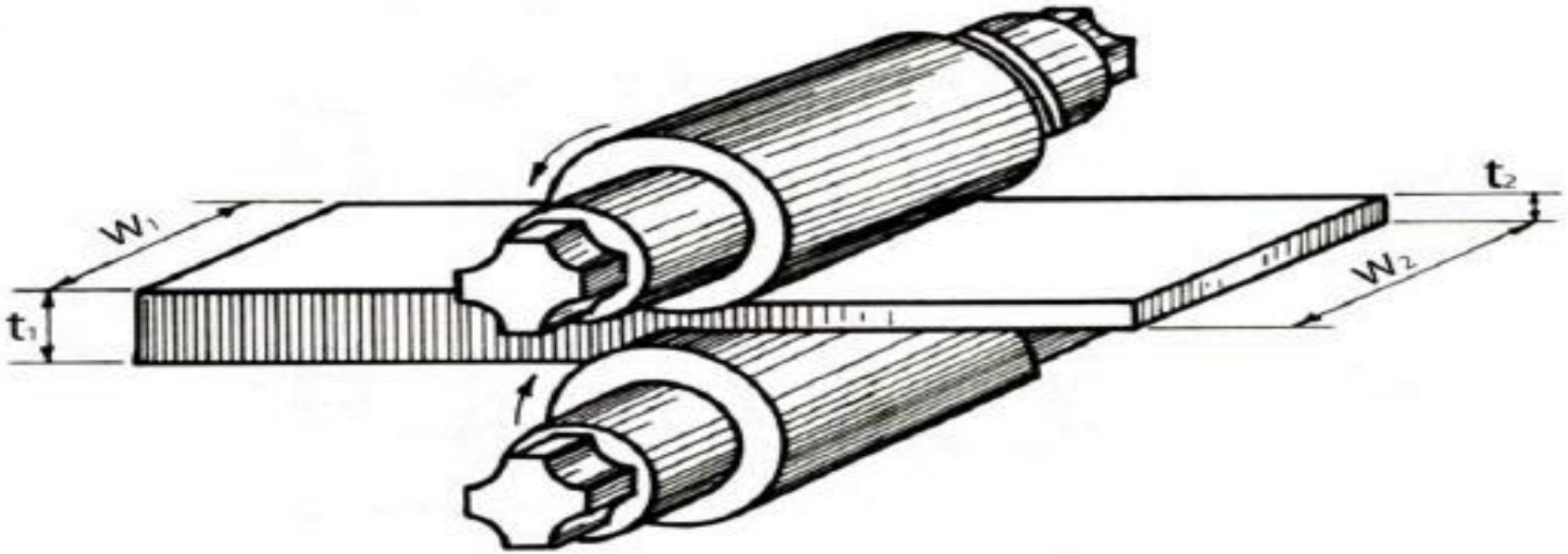
من عمليات التشكيل على الساخن :

- الحدادة - البثق - الدرفلة على الساخن - السكب

أ- عمليات التشكيل على البارد :

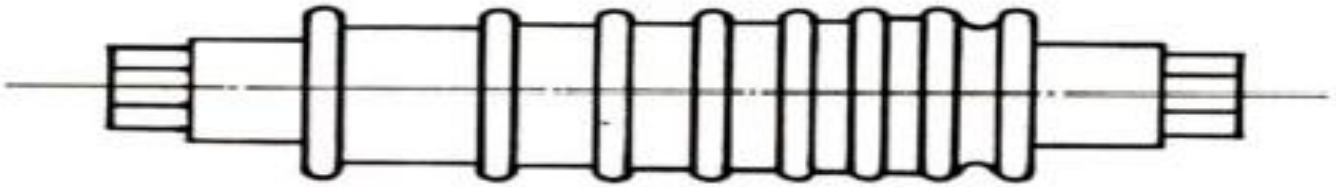
الدرفلة (الدلفنة) (Rolling) :

يمكن تعريف الدرفلة (الدلفنة) بأنها عملية تشكيل المعادن والسبائك بالضغط وذلك بتمريرها بين أسطوانتين (درفيلين) تدوران في اتجاهين متضادين بحيث يكون الخلوص بين الأسطوانتين أقل قليلاً من سمك الخامة المراد درفلتها. يتم التحكم في سماكة الأجزاء المدرفلة عن طريق تغيير المسافة بين الدرافيل.

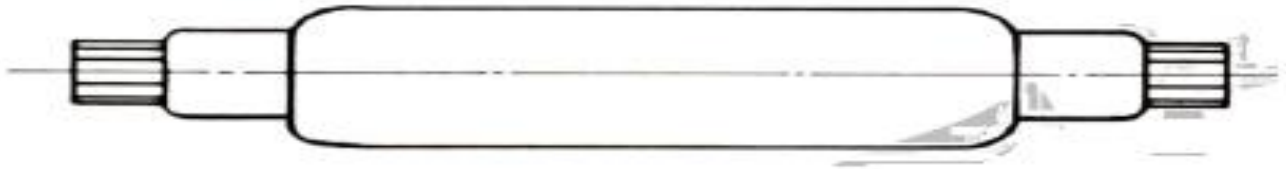


تعد الدرفلة من أهم عمليات تشكيل المعادن وتستعمل في هذه العملية ماكينات خاصة تسمى ماكينات الدرفلة وهي تدور عادة بواسطة محرك كهربائي.

تعطي عملية الدرفلة للمادة المعدنية مقطعاً ومقاسات معينة وقد تكون منتجات عملية الدرفلة إما منتجات جاهزة كالقضبان والأنابيب والألواح أو منتجات نصف مجهزة تستعمل في عمليات الطرق والكبس.



درافيل مدرجة تستعمل لإنتاج قضبان لأعمال الحدادة



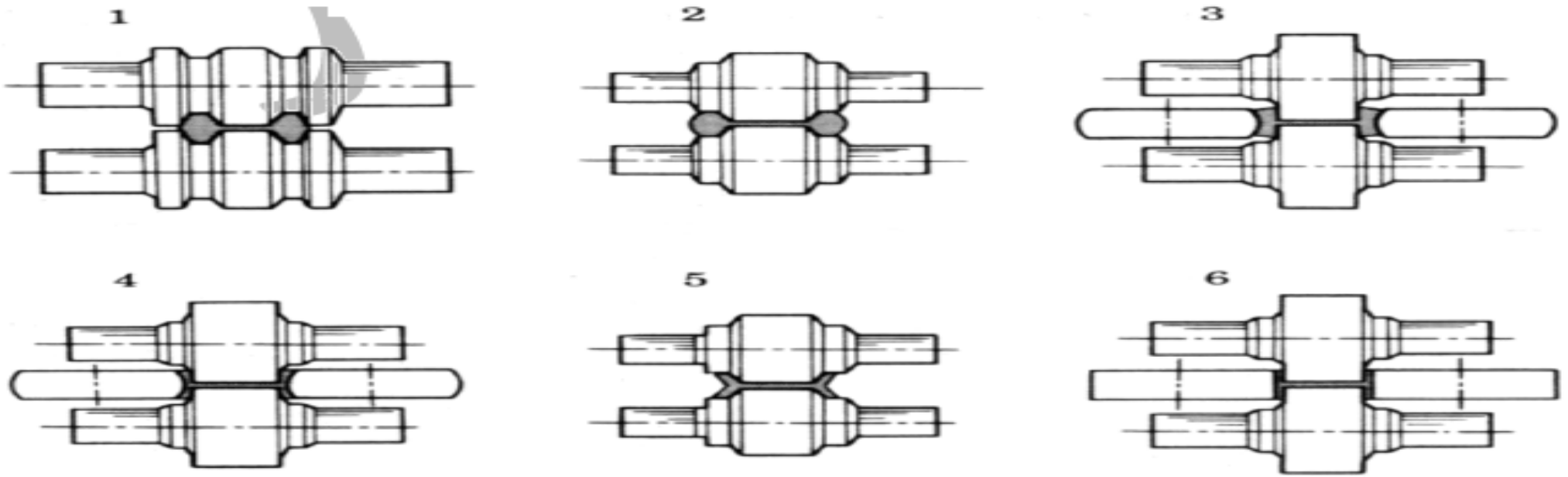
درافيل ملساء تستعمل لدرفلة الألواح والصفائح المعدنية

انواع الدرفله :

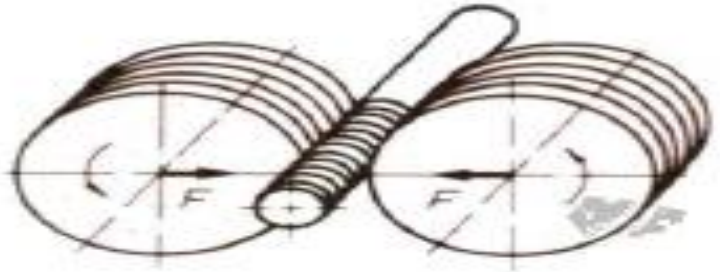
- **درفلة على البارد :** تستخدم لإنتاج الألواح ذات السماكة الصغيرة .
- **درفلة على الساخن :** تستخدم لإنتاج الألواح ذات السماكة المتوسطة والكبيرة.

درفلة المقاطع :

يتم تصنيع المقاطع بجميع أشكالها بعملية الدرفلة، حيث يتم تمرير القطع المصنعه تصنيعاً أولياً بين درافيل تم تصنيعها بشكل خاص تحوي مجاري يتناسب شكلها مع شكل المقاطع المراد الحصول عليها، وتتم الدرفلة على عدة مراحل لتعطينا في النهاية شكل المقطع المطلوب.

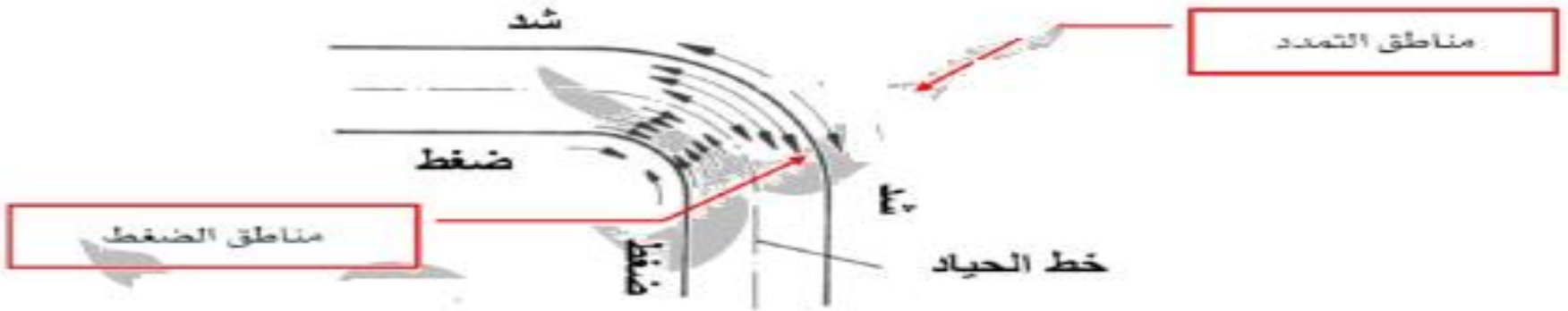


كما يتم تصديع اللوالب بالدرفلة على البارد بتمرير قضبان بين دلفيين (درفيلين) أو بين سطحين (لقمتين) ويتم التشكيل أسدان اللولب بدون إزالة رائش. تتميز هذه الطريقة بعدم تمزيق ألياف بنية المعدن كما يحصل في (الخراطة) إلا أن الدقة هنا تكون منخفضة نتيجة لخطأ الخطوة في حالة اللوالب الطويلة.

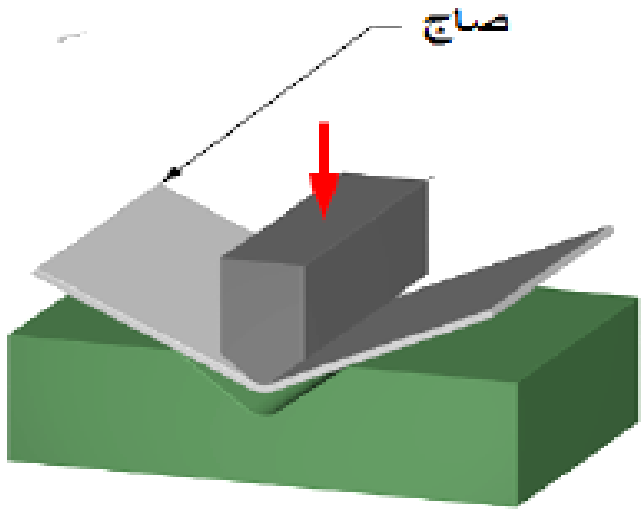


عملية الثني (Bending):

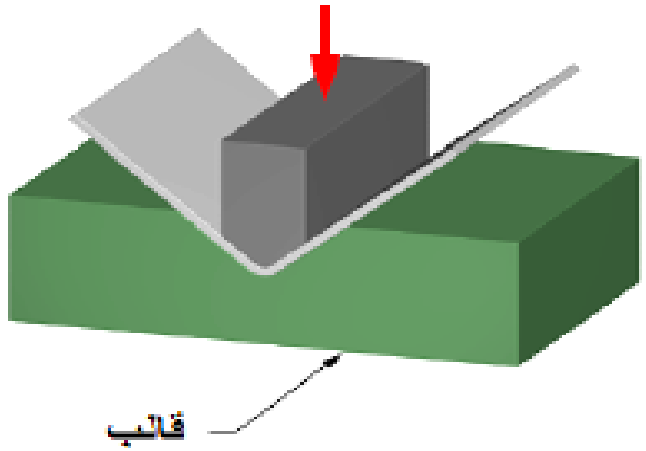
يقصد بعملية الثني (او الحني) تشكيل المادة بحيث يحصل تمدد للألياف الخارجية (إجهاد شد) وانضغاط للألياف الداخلية في منطقة الثني (إجهاد ضغط) ولا يتأثر طول الألياف عند خط الحياد.



تعتبر عملية الثني من أساليب التشكيل التي يحدث بها انسياب لدن في منطقة التشكيل نتيجة لتأثير عزم الثني على القطعة. كما يجب ملاحظة أنه بعد الانتهاء من عملية الثني يحدث ارتداد أو نبض عكسي لجوانب الجزء الذي يتعرض للثني بزاوية ارتداد قيمتها محددة بجداول ومرتبطة بنوع المعدن ونصف قطر الثني. لذا يجب زيادة ثني المشغولة قليلاً عن المطلوب كي تتشكل الزاوية المطلوبة بعد النبض العكسي.



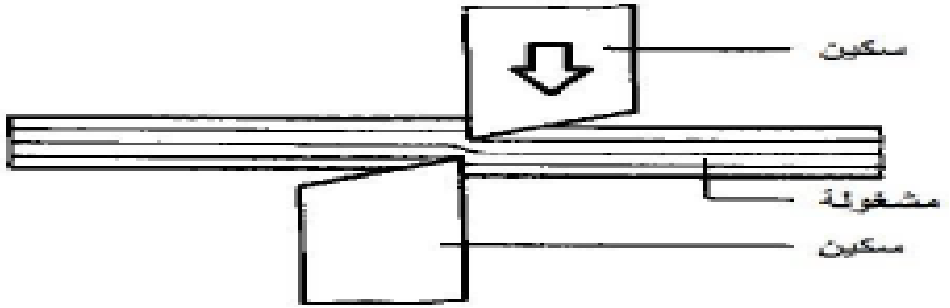
(1)



(2)

عملية القص (Shearing) :

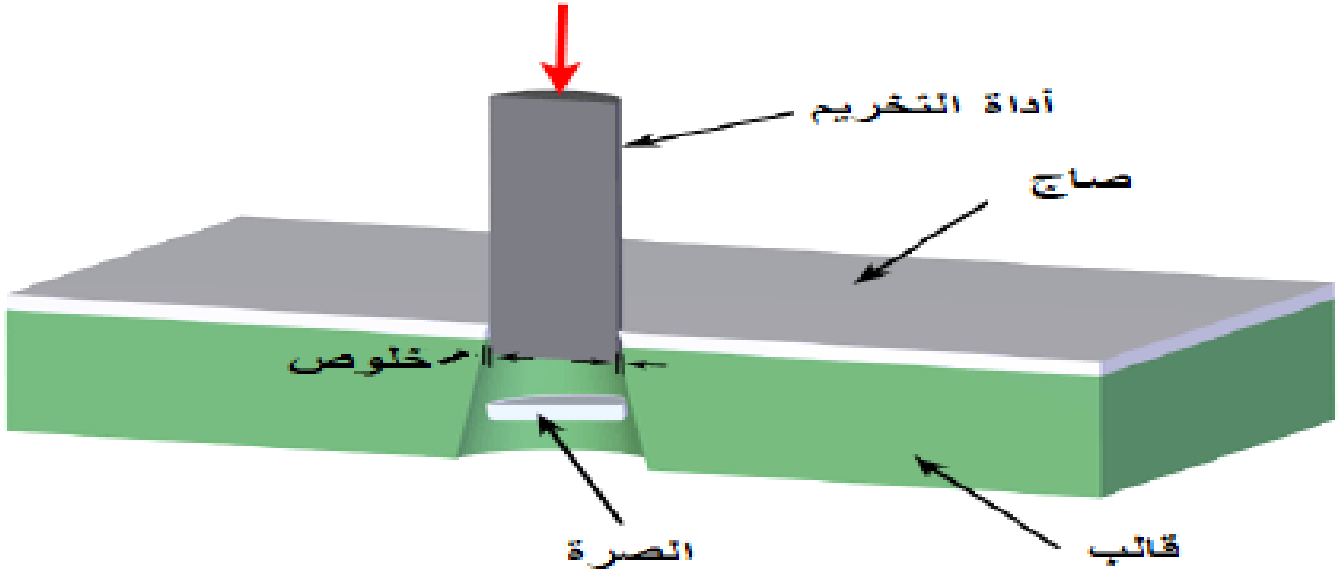
عند القص تُقاوم المادة اختراق سكاكين القص لها. حيث يعمل عند القص سكينتان متقابلتان في مادة المشغولة وتزيحان جزيئات المادة في اتجاه قوة القص المؤثرة.



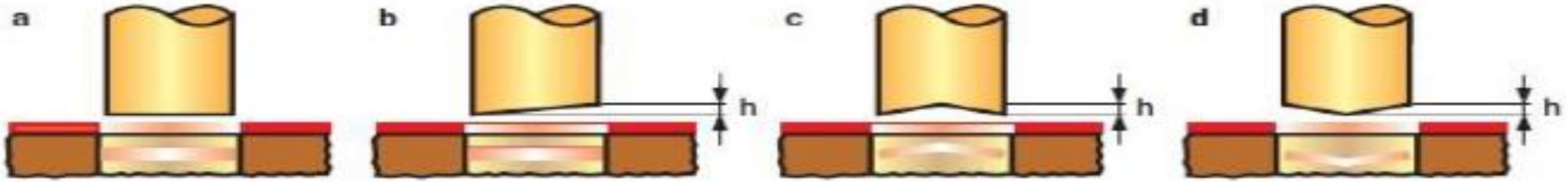
تستخدم عملية القص لقطع الألواح حسب الطول والعرض المطلوب. تستخدم عادة مقصات تملك حدين مستقيمين حيث يكون أحد الحدين ثابت والآخر متحرك ومائل. يمتاز المقص ذو الحد المائل بأن قوى القص تؤثر تدريجياً على اللوح المراد قطعه مما يقلل من قيمة القوى اللازمة لعملية القص.

عملية التخريم (Bunch) :

تشبه عملية القص، فعند اختراق سنبك التخريم للصفيحة تتقوس المادة الى اسفل وتنساب باستمرار مع ازدياد توغل السنبك فيها، وعند تجاوز حد الخضوع تنقطع المادة وتنفصل الصرة التي يمكن دفعها بسهولة خارج الثقب في القالب. تستخدم للتخريم آلات خاصة أو مكابس آلية.



يمكن تقليل القوة اللازمة للقص بإمالة حدود القطع حيث تقل مساحة القص الانية وبذلك تنقص قوة القص اللازمة.



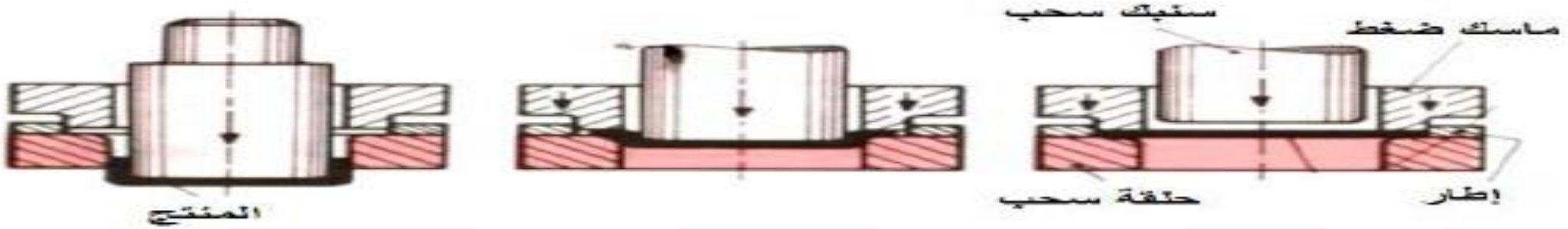
عمليات السحب (Drawing) :

هي عملية تشكيل المعدن على البارد بسحبه خلال فتحة أصغر من مقطع الخامة المسحوبة مما يؤدي إلى زيادة طول الخامة ونقص مساحة مقطعها. يملك المنتج في عملية السحب أبعاد دقيقة وسطح أملس ومقاومة ومتانة عالية نتيجة لتشكيله على البارد، ويمكن إعادة الخواص الأولى للمعدن قبل عملية التشكيل لإزالة الصلادة الناشئة عن التشكيل على البارد وذلك بالتلدين. بعد السحب يتم في بعض الاحيان طلاء المنتج بالزنك لمقاومة الصدأ.

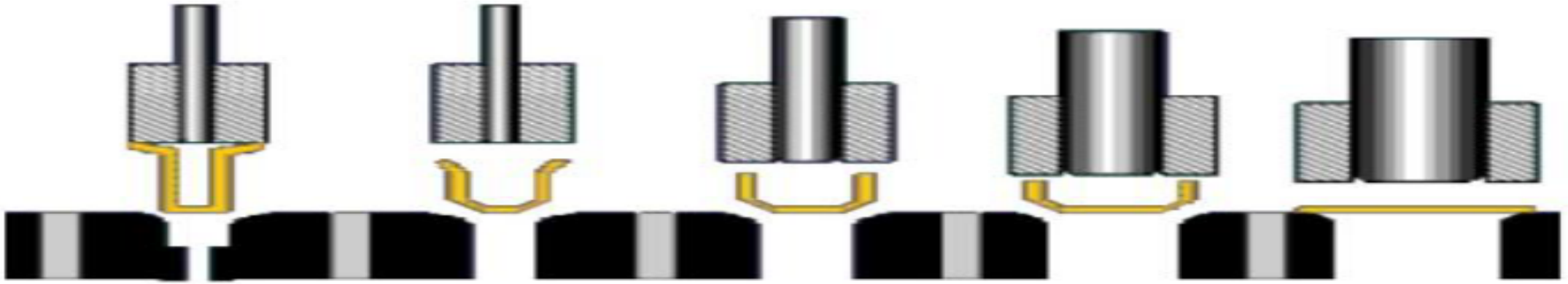
السحب العميق (Deep Drawing) :

يقصد بالسحب العميق الحصول على منتجات مجوفة بتشكيل صفائح المعدن على البارد تحت تأثير قوة ضغط معينة أو متابعة تشكيل أجسام جوفاء سبق سحبها. تتكون عدة السحب من سنبك سحب وقالب سحب حلقي وماسك ضغط لمنع التجعد.

تتم عملية السحب العميق بوضع خامة المشغولة المجهزة بالقص مسبقاً فوق فراغ موجود في القالب الذي شكله وأبعاده تتناسب مع شكل وأبعاد المنتج من الخارج ثم يتحرك السنبك الذي يطابق شكله وأبعاده الشكل الداخلي للمنتج ليضغط على الخامة فتدخل الى القالب.



يسمى سحب بسيط حين يتم السحب على مرحلة واحدة وذلك عندما يكون قطر المنتج أكبر أو يساوي ارتفاعه. ويسمى سحب عميق عندما يتم السحب على عدة مراحل بنسبة تخفيض لكل مرحلة وذلك عندما يكون قطر المنتج أصغر من ارتفاعه. كما يجب أن تتم عملية تخمير أو تلدين للمنتج بين مراحل عمليات السحب وذلك لإزالة الاجهادات الداخلية في معدن المنتج نتيجة عملية التشكيل على البارد.

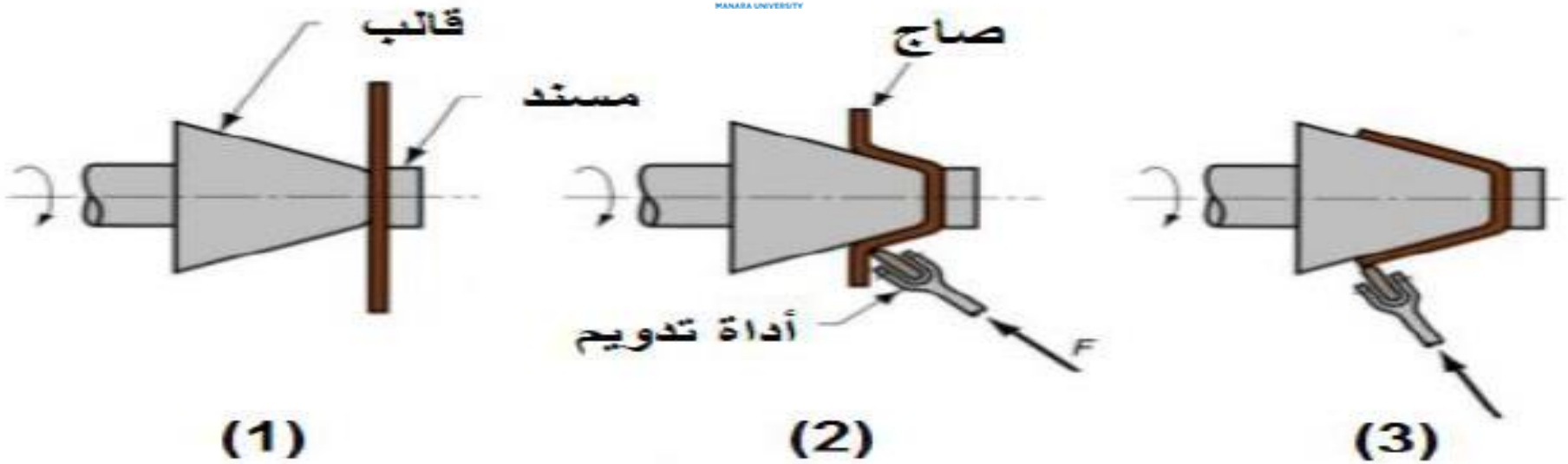


عملية التدويم (Spinning) :

تُشكل الأجسام المستديرة المجوفة في الانتاج الفردي بواسطة آلة التدويم، حيث يُضغط تدريجياً على صفيحة دائرية بواسطة أداة تدويم.

يمكن تشكيل ألواح صاج فولاذية حتى سماكة ١٢ ملم أو نحاسية حتى ١٥ ملم أو من الألمنيوم حتى ٢٠ ملم.

كما يتعين تلدين الأجزاء العميقة مرات عديدة أثناء التشكيل إذا أصبحت الخامة صلدة وقصفة أثناء التدويم.



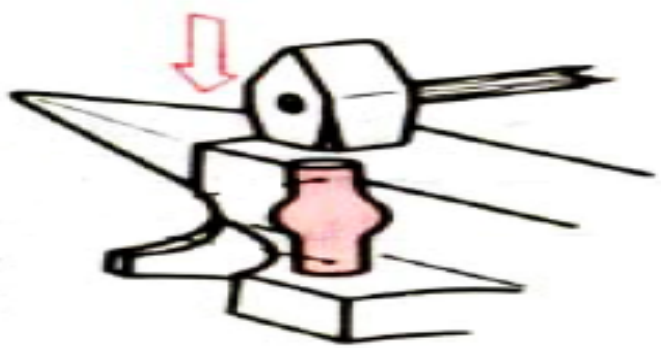
ب- عمليات التشكيل على الساخن :

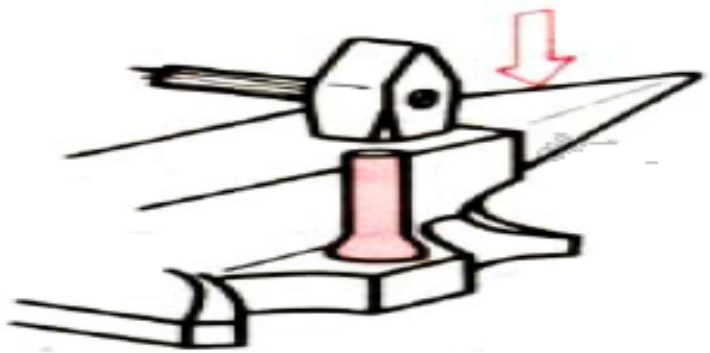
الحدادة (forging) :

هي طريقة يتم فيها تسخين المشغولة إلى درجة حرارة عالية كي تُشكل بعد ذلك بالطرق أو بالضغط. توجد عدة طرق للحدادة منها الحدادة اليدوية والحدادة الآلية والحدادة في قوالب (الطرق الآلي)، ويتوقف اختيار أي من هذه الطرق على نوع وحجم وشكل القطع المراد تشكيلها والعدد المطلوب منها ومواصفات القطعة المنتجة.

١- الحدادة اليدوية :

لا يمكن بواسطتها الحصول على مقاسات دقيقة وهي من العمليات الشاقة والمكلفة وطريقة إجرائها كالتالي : نسخن المشغولة الى درجة حرارة عالية بواسطة الفرن ثم تسحب القطعة المسخنة بواسطة ملاقط ومن ثم توضع على السندان وأخيراً تطرق المنطقة المسخنة بالمطرقة حتى الحصول على الشكل المطلوب.



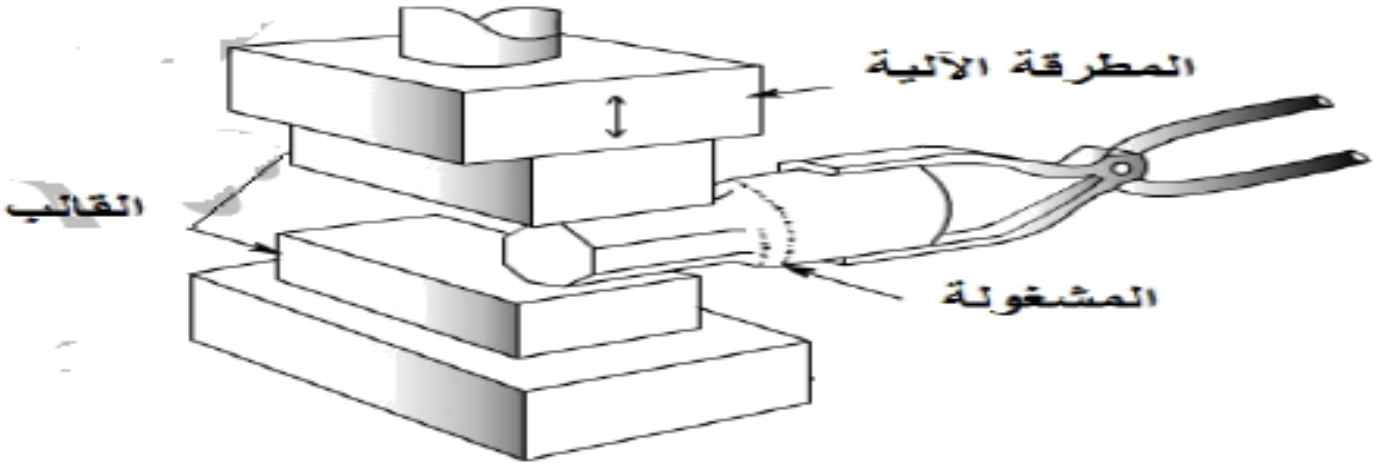


٢- الحدادة الآلية :

تستخدم فيها مطارق آلية وهي معدات لها قوة كبيرة تمكنها من تشكيل المعدن بالشكل المطلوب لتصنيع المنتجات المعقدة وكبيرة الحجم، نذكر منها :

- **المطارق البخارية** وهي من أفضل المطارق الآلية من حيث سهولة تشغيلها وقلة نفقاتها.

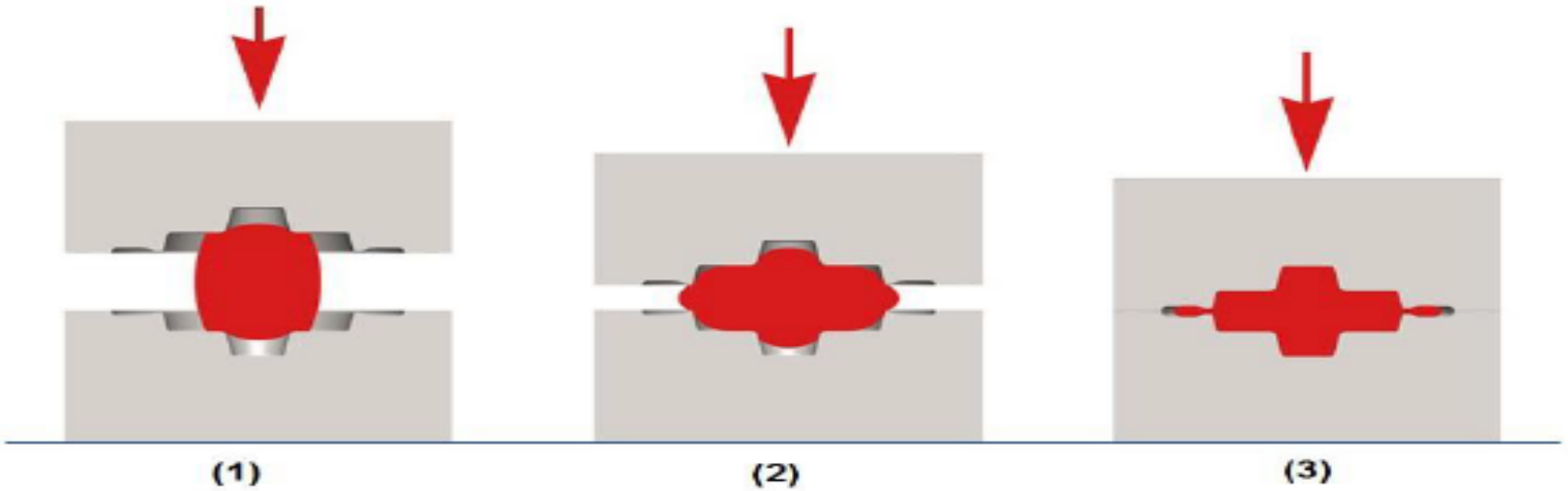
- **المطارق الهوائية** وهي مطارق تعمل بالهواء المضغوط.
- **المطارق الساقطة** وتستخدم في رفع كتلة معينة إلى ارتفاع معين وبعدها تترك للسقوط تحت تأثير الجاذبية.
- **المطارق الميكانيكية الصغيرة** وهي تستخدم لأعمال الحدادة الخفيفة.
- **المطارق الهيدروليكية** وهي تستخدم في انتاج كثير من المطروقات المختلفة ولا سيما المتماثلة الجوانب.



٣- الحدادة في قوالب (الطرق الآلي) :

القوالب هي عبارة عن قطع مجوفة مُعدة للاستخدام المتكرر، يتم فيها طرق أو كبس قطعة خام مسخنة لحالة التوهج، حيث تكتسب المشغولة شكل تجويف القالب. يمكن تشكيل القطع الكبيرة والمعقدة في الشكل على عدة مراحل.

تعتبر طريقة الحدادة بالقوالب طريقة انتاجية على نطاق واسع وتستخدم لإنتاج الأجزاء المتماثلة في الشكل والمقاس وبأعداد كبيرة لأن أسلوب التشكيل بالقوالب عالي التكاليف لذا لا تعد هذه الطريقة اقتصادية ما لم تستخدم لإنتاج كميات كبيرة. يمكن بواسطة الحدادة بالقوالب تشكيل أغلب أنواع الصلب الكربوني والسبائكي وسبائك النحاس، كما يجب أن تكون المادة التي يصنع منها القالب ذات مقاومة عالية للتآكل.



عملية البثق (Extrusion) :

عملية البثق هي عبارة عن تشكيل كتلة معدنية موجودة داخل حيز يتحرك فيه مكبس يضغط على الكتلة المعدنية ويجبرها على الخروج من فتحة موجود في نهاية الحيز فينساب المعدن خلال الفتحة متخذاً شكلها، لذا

المعدنية ويجبرها على الخروج من فتحة موجود في نهاية الحيز فينساب المعدن خلال الفتحة متخذاً شكلها، لذا فإن الفتحة تقوم هنا مقام قالب التشكيل. بالتحكم في شكل هذه الفتحة ومقطعها يمكن إنتاج منتجات ذات مقاطع مختلفة، وتتم هذه العملية بالاستفادة من قابلية مواد معينة للانسياب بالتشكيل اللدن.

تستعمل عملية البثق عادة لتشكيل المعادن اللاحديدية التي تمتاز بارتفاع ليونتها مثل الألمنيوم والنحاس والمغنيسيوم والرصاص، كما تستعمل عملية البثق بصورة محدودة لتشكيل الصلب أيضاً. يستخدم الزجاج كمادة تزليق أثناء بثق الفولاذ، ولا يحتاج الأمر إلى تزليق عند بثق المعادن اللاحديدية.

يمكن بالبثق تشكيل قطاعات معقدة يصعب تشكيلها بالدرفلة بالإضافة إلى القضبان ذات المقاطع المختلفة والأنابيب صغيرة الأقطار كما تستعمل في تغليف الأسلاك الكهربائية بالمواد العازلة.

- أنواع عمليات البثق :

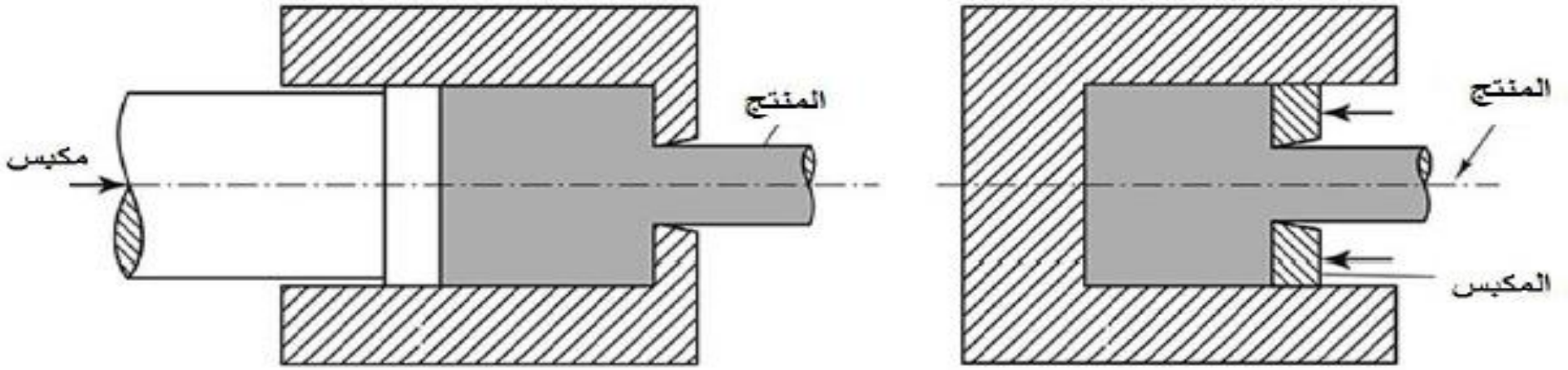
هناك ثلاثة أنواع رئيسية لعملية البثق هي:

١- البثق المباشر :

تعتمد هذه الطريقة على تشكيل الكتلة المعدنية بواسطة مكبس يضغط عليها من جهة بينما ينساب المعدن خارجاً خلال فتحة القالب الموجودة في الجهة المقابلة (اتجاه خروج المعدن من القالب نفس اتجاه حركة المكبس). هذا الأسلوب يحتاج الى قوة ضغط أكبر للتشكيل من البثق غير المباشر.

٢- البثق غير المباشر :

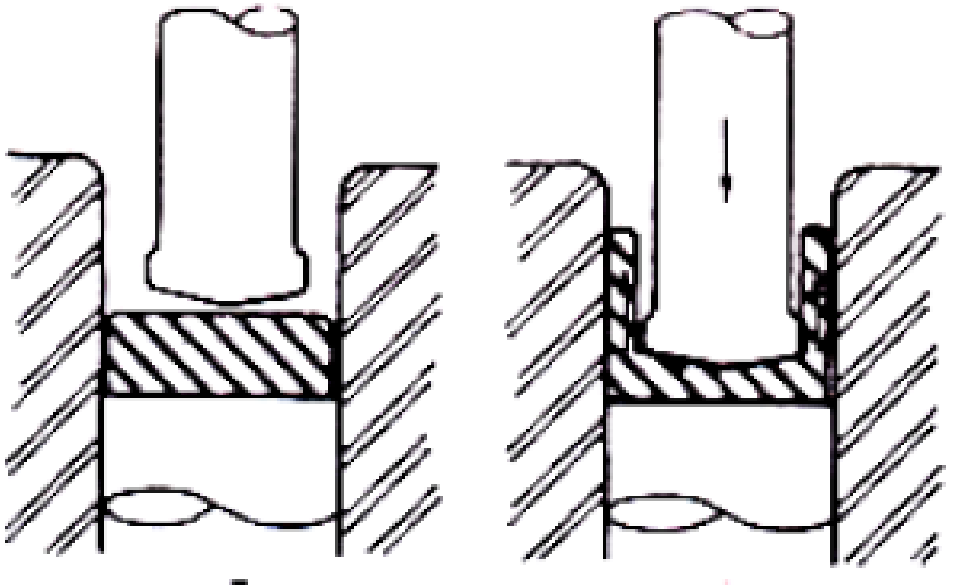
في هذه الطريقة تكون نهاية الحيز مغلقة ويحتوي المكبس على فتحة القالب في داخله بحيث أن الكتلة المعدنية سوف تنساب مخترقة هذه الفتحة في المكبس (اتجاه خروج المعدن من القالب عكس اتجاه حركة المكبس).



(بثق مباشر)　　(بثق غير مباشر)

٣- البثق بالصدمات :

غالبا ما يكون البثق بالصدمات على البارد وذلك للمعادن الطرية التي لها مقاومة ضعيفة للتشوه، ويستخدم للمنتجات ذات السماكات القليلة جداً مثل تصنيع أنابيب معجون الأسنان.

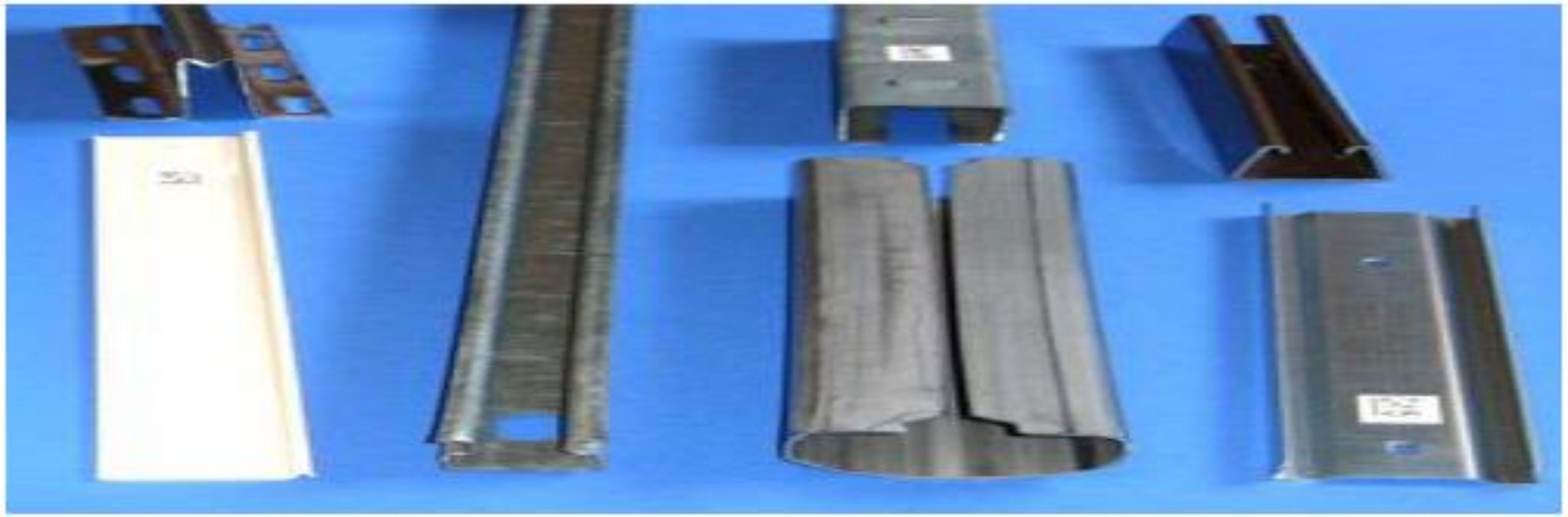


-أمثلة توضيحية لطرق تصنيع بعض المنتجات :

- تشغيل (خراطة):

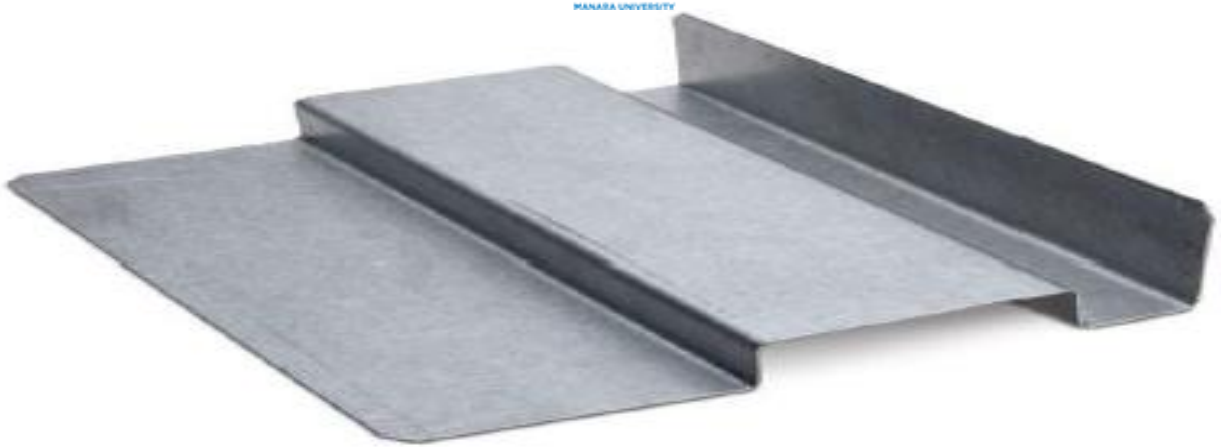
- تشغيل (تفريز):

- تشكيل (درفله) :



- تشكيل (سحب أسلاك) :

- تشكيل (حني) :

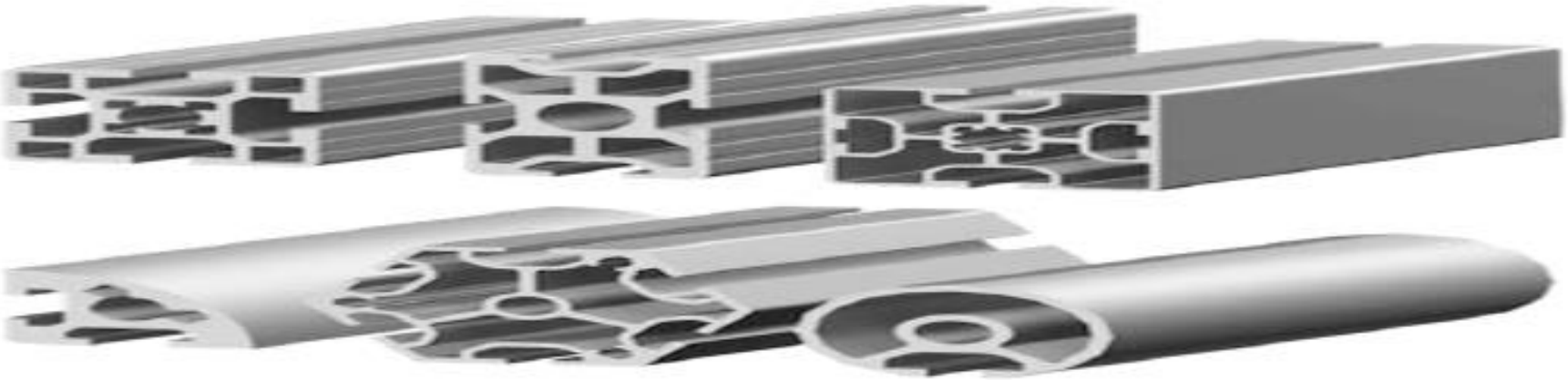


- تشكيل (تخريم) :

- تشكيل (سحب عميق) :

- تشكيل (تدويم) أو (سحب بسيط):

- تشكيل (بثق) :



- تشكيل (بثق بالصدمات) :

- تشكيل (حدادة بالطرق) :

- تشكيل (سكب) :

- تشغيل (قطع بالبلازما أو الماء أو السلك) :

- تشغيل (قطع بالليزر) :