

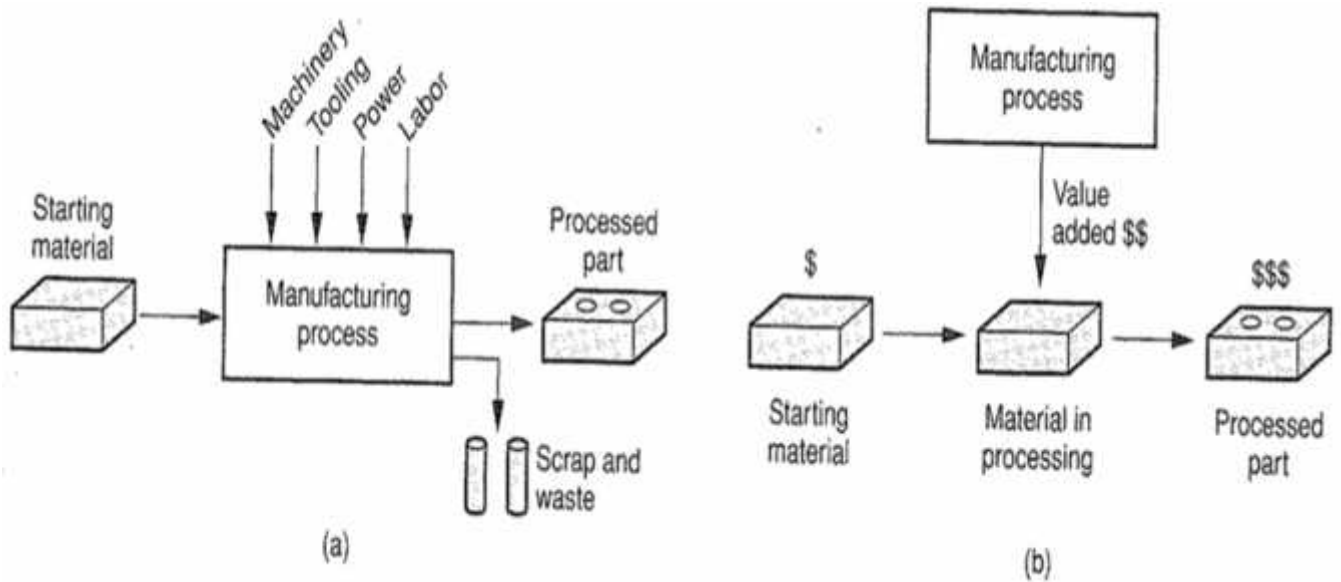
## محاضرات مادة طرائق تصنيع

### الفصل الأول

#### المفاهيم الأساسية

يمكن تعريف العمليات الصناعية من خلال مفهومين الأول اقتصادي والثاني تكنولوجي. من الناحية الاقتصادية فإن عمليات التصنيع تعني تحويل مادة ذات قيمة معينة إلى مادة ذات قيمة أعلى عن طريق واحدة أو أكثر من العمليات حيث أن عملية التصنيع تضيف قيمة للمادة مثلاً الرمل يصبح أكثر قيمة حين يتم تحويله إلى زجاج، كذلك فإن تكلفة عمليات التصنيع تدخل في حساب الكلفة النهائية للمنتج.

أما من الناحية التكنولوجية فهي تتمثل بالتطبيقات الميكانيكية والفيزيائية أو الكيميائية لتغيير خاصية أو أكثر من خواص المواد الأولية وتحويلها من حالة إلى أخرى عن طريق سلسلة من العمليات المختلفة للحصول على المنتج النهائي. يوضح مخطط رقم واحد هذين المفهومين.



مخطط رقم 1: يمثل تعريف عمليات أو طرائق التصنيع من الناحيتين (أ) الناحية التكنولوجية (ب) الناحية الاقتصادية.

## تصنيف عمليات التصنيع:-

1. العمليات المستخدمة لتغيير شكل المادة وتشمل :
  - أ. عملية استخراج المواد الأولية من خاماتها.
  - ب. عملية الصب ( السباكة بأنواعها ).
  - ج. عملية تشكيل المواد المعدنية ( حدادة , درفلة , بثق , سحب , لي أو ثني وتنقيب ...الخ).
  - د. العمليات على البوليمرات والبلاستيك.
2. العمليات المستخدمة لتشغيل الأجزاء ويستخدم لهذا الغرض:
  - أ. الات تقليدية كالخراطة والقشط والتفريز والتجليغ ونحوه.
  - ب. الات غير تقليدية كالمكائن المعقدة.
3. عمليات للحصول على منتج ذو نهاية سطحية محددة وتشمل:
  - أ. ازالة طبقة او جزء من المادة.
  - ب. عمليات التلميع.
  - ج. عمليات الطلاء.
4. العمليات المستخدمة لربط المواد والأجزاء المختلفة وتشمل:
  - أ. عمليات اللحام المختلفة.
  - ب. عمليات البرجمة.
  - ج. عمليات اللصق المختلفة ( بالغراء او البراغي والصامولات ).
5. العمليات المستخدمة لتغيير خواص المواد وتتضمن:
  - أ. معالجات حرارية ( معاملات حرارية بالأفران او غيرها ).
  - ب. عمليات ميكانيكية ( التشكيل على البارد أو التشكيل على الساخن ).
  - ج. عمليات كهربائية.
  - د. عمليات كيميائية.
6. العمليات التسويقية
  - أ. عمليات الختم التعريفي للمنتج.
  - ب. عمليات التغليف الأولية.
  - ج. عمليات التغليف النهائية.

## المواد الأولية

يقصد بالمواد الأولية هي المواد التي تدخل في العمليات الصناعية سواء كانت مادة اساسية أو عامل مساعد ويمكن تقسيمها عموماً إلى مواد صلبة (كالمعادن والمطاط والبلاستيك والخشب ونحوه) , سائلة (مثل المواد الكيميائية السائلة ومشتقات الوقود وغيرها) أو غازية ( غاز الأوكسجين والنيتروجين والفرينون ونحوه).

### المواد الغازية واستخداماتها:-

هنالك العديد من المواد الغازية المستخدمة في العملية الصناعية ومنها ما يدخل كعامل اساسي او مركب اصيل مثل بعض المشروبات الغازية , أو كعامل مساعد في حفظ الأغذية مثلاً أو اجهزة قطع المعادن التي تستخدم بعض الغازات في عمليات القطع .

### المواد السائلة واستخداماتها:-

حالتها حال الغازات تستخدم المواد السائلة في العمليات الصناعية بكثرة حيث لا تكاد تخلو عملية تصنيع او انتاج من استخدام لمادة أو اكثر من المواد السائلة ويعتبر الماء من اكثر المواد السائلة استخداماً في الصناعة سواء كعامل اساسي أو مساعد يليه الزيوت ثم مشتقات البترول.

### المواد الصلبة واستخداماتها:-

ستتم عملية دراسة المواد الصلبة بشيء من التفصيل كونها من المواد الواسعة الانتشار والاستخدام وهي تقسم بصورة عامة إلى :-

1. مواد معدنية
  - أ. معادن حديدية كحديد الزهر والصلب .
  - ب. معادن غير حديدية كالحاس والألمنيوم والقصدير.
2. مواد غير معدنية عضوية
  - أ. مواد طبيعية كالخشب والمطاط الطبيعي.
  - ب. مواد مصنعة كالمطاط الصناعي والبلاستيك والورق.
3. مواد غير عضوية طبيعية كالأحجار والرمال والأملاح وصناعية كالزجاج والجبس والإسمنت.
4. مواد مختلطة من مادتين أو اكثر من المواد اعلاه

## أهم المعادن الصناعية:-

الحديد هو عنصر كيميائي فلزي، وهو أحد أقدم المعادن اكتشافاً. رمزه Fe (من اللاتينية ferrum) وعدده الذري 26. يقع بالمجموعة الثامنة والدورة الرابعة من الجدول الدوري. يستخرج الحديد من الأرض في صورة غير نقية ويتفاوت في جودته وتركيزه ونقاوته من موقع لآخر. ويوجد الحديد متحداً مع عناصر أخرى كالأكاسيد والسيليكات والكبريت والأوكسجين وغيرها وتحتوي خاماته على شوائب من القشرة الأرضية، يوجد الحديد في الطبقات السطحية كما يوجد في الطبقات العميقة بالأرض وعادة ما يكون مختلطاً بالأتربة مثل السيليكا والكوارتز والحجر الجيري وغيره. تتوقف صلاحية خام الحديد المستخلص على عدة عوامل أهمها:

1. نوع مركبات الحديد.
2. نسبة الحديد الخام.
3. نسبة المواد الضارة في الخام مثل الكبريت والفسفور وغيرها.
4. طبيعة التركيب البلوري للخام والعناصر المتحددة معه.

تستخدم أفران الحديد لفصل الخامات عن شوائبها عن طريق الصهر للتخلص من الأوكسجين الموجود بالحديد الخام كما تتم في تلك الأفران عملية التحكم بنسبة الكربون بالحديد للحصول على نوعيات مختلفة من الحديد. تضم المعادن الحديدية كل من الحديد الزهر والحديد المطاوع والصلب والصلب الذي لا يصدأ , وفيما يلي أهم أنواع ومكونات وخواص المعادن الحديدية :-

### أولاً : الحديد الزهر :-

وهو عبارة عن سبيكة من الحديد والكربون والماغنسيوم والفسفور ويكون محتوى الكربون من 1.7% إلى 4% وتتباين أنواعه تبعاً لشكل وتوزيع جزيئات الكربون في سبيكة الحديد الزهر وينقسم لأربعة أنواع كالتالي:

- 1 – حديد زهر رمادي
- 2 – حديد زهر أبيض
- 3 – حديد زهر مطاوع
- 4 – حديد زهر مرن

## ثانياً : الحديد المطاوع :-

الحديد المطاوع عبارة عن حديد خالص به محتوى يقل عن 0.15 % كربون ويصل إجهاد الشد للحديد المطاوع من ( 3000-3400 كجم/سم<sup>2</sup> ) ونسبة استطالة تصل إلى 30 – 40 % ، وقد استبدلت استخدامات الحديد المطاوع حالياً بإستخدام الصلب المطاوع

## ثالثاً : الصلب :-

وهو عبارة عن سبيكة من الحديد والكربون ( بنسبة تتراوح ما بين 0.50% إلى 1.50% كربون ) مع إضافات معينة من السيليكون والمنجنيز والكروم والنيكل والمولبيدوم والفانديوم وبعض العناصر الأخرى لإنتاج سبائك الصلب لأغراض متعددة المجالات ، والصلب يمكن تصنيفه إلى ثلاثة مجموعات كالتالي :

أ. صلب مطاوع (طرى) ويحتوى على كربون ( بنسبة تصل 0.25 % ) وله مجالات واسعة الاستخدام والانتشار خاصة في أعمال الحدادة بأشكال قطاعاته المختلفة.

ب. صلب متوسط الكربون ويحتوى على كربون ( بنسبة تصل 0.50 % ).

ج. صلب عالي الكربون ويحتوى على كربون ( بنسبة تصل 1.50 % ) ويستخدم نوعي الصلب متوسط الكربون وعالي الكربون في مجالات متميزة 0 وخصوصاً في الأعمال الهندسية ذات الخدمة الشاقة مثل الأعمال الإنشائية.

د. الصلب متوسط الكربون ويمكن معالجته بالتسخين والتقسية لإكسابه خواص ذات مجال أوسع عند استعماله.

هـ. كما أن استخدام إضافات السبائك مثل النيكل والكروم و المولبيدوم والمنجنيز والسيليكون والنحاس والتنجستين والنيوبيوم والفانديوم يمكن أن ينتج صلب قابل لمقاومة الحرارة المنخفضة والعالية ومقاومة قوى التآكل والبرى ، كما أن الصلب عالي الكربون يستخدم في إنتاج العدد والآلات.

وأهم منتجات الصلب المستعملة في أعمال الحدادة المعمارية هي ما يأتي :-

أ. اسلاك الصلب ولها استخدامات صناعية مختلفة.

ب. ألواح وشرائح الصلب وتنتج الألواح و الشرائح من الصلب مغطاه وغير مغطاة بطبقة من الزنك ولهذه الألواح استخدامات عديدة في المباني مثل الشدات الدائمة والمؤقتة وحلوق الأبواب والشبابيك وأغطية غرف التفتيش المختلفة والصهاريج والخزانات

والقواطع بأنواعها وصناديق البريد والحريق. ويمكن تثقيب الألواح لتلائم استخدامات أخرى كذلك يمكن تشطبيها بطرق مختلفة من الدهانات والتغطيات ج. مواسير الصلب وتنتج هذه المواسير من الصلب الطري طبقاً للمواصفات القياسية للأغراض الإنشائية والميكانيكية.

### الألومنيوم وسبائكه:-

الألومنيوم عنصر في الجدول الدوري له الرمز Al والعدد الذري 13. وهو فلز ذو لون أبيض فضي من مجموعة البورون من العناصر الكيميائية. وهو معدن مطيلي أي قابل للسحب. وهو عنصر غير ذواب في الماء في الشروط العادية. وهو من أكثر الفلزات وفرة في القشرة الأرضية، وترتيبه الثالث من بين أكثر العناصر وفرة في الكرة الأرضية بعد الأكسجين والسيليكون. يشكل الألومنيوم 8% من وزن سطح الأرض الصلب. ويعتبر الألومنيوم من أكثر المعادن فعالية كيميائية كمعدن حر، ولذلك نجده مرتبطاً بأكثر من 270 معدن مختلف. المصدر الرئيسي للألومنيوم هو معدن خام البوكسيت. يمتاز الألومنيوم بمقاومته للتآكل وبخفة وزنه حيث يدخل في صناعة الطائرات.

وللألومنيوم قدرة مميزة على مقاومة التآكل بسبب ظاهرة التخميل وبسبب كثافة المعدن المنخفضة. العناصر البنيوية المصنوعة من الألومنيوم وسبائكه ذات دور فعال في الصناعة الفضائية ومهمة جداً في مجالات أخرى مثل النقل والبناء. وطبيعته التفاعلية جعلته مفيداً كمحفز أو كمادة مضافة في الخلائط الكيميائية، بالإضافة إلى استخدامه في متفجرات نترات الأمونيوم لتعزيز قوة الانفجار.

**سبائك الألومنيوم:-** وهي بصورة عامة ثمانية عوائل وتشمل:

1. السلسلة 1××× (المنيوم نقي).
2. السلسلة 2××× (سبائك الألمنيوم والنحاس).
3. السلسلة 3××× (سبائك الألمنيوم والمنجنيز).
4. السلسلة 4××× (سبائك الألمنيوم والسيليكون).
5. السلسلة 5××× (سبائك الألمنيوم والمغنيسيوم).
6. السلسلة 6××× (سبائك الألمنيوم والمغنيسيوم مع السيليكون).
7. السلسلة 7××× (سبائك الألمنيوم والخرصين).
8. السلسلة 8××× (سبائك الألمنيوم وعناصر أخرى غير المذكورة).

كما توجد انواع وسبائك اخرى يتم تطويرها حالياً وهو الأكثر استخداماً حالياً في العمليات الصناعية.

### النحاس :-

النحاس عنصر كيميائي يدخل في تركيب العديد من السبائك حيث يضاف مثلاً للذهب بكميات قليلة لإعطاء الذهب الصلادة الكافية في تصنيع المصاغ، وتصنع منه العملات المعدنية، كما تصنع منه سبيكة مع الزنك تسمى البرونز أو النحاس الأصفر، وكان يصنع منه في العصور الوسطى الدروع الحربية، وبعض الأجهزة والمعدات الموسيقية.

### خواصه الفيزيائية:-

- أ. يعتبر مادة موصل جيد للكهرباء والحرارة.
- ب. تصنع منه المبادلات الحرارية والأسلاك التوصيل الكهربائي.
- ج. يستعمل في صنع البطاريات.
- د. سهل الطرق والسحب.
- هـ. يتأثر بالهواء ويتغطى سطحه بغشاء لونه أخضر مع مرور الوقت.

### خواص المواد:-

#### 1. الخواص الكيميائية

تصف تصرف المادة عند ظروف الضغط والحرارة القياسية ، وتظهر هذه الخاصية بوضوح أثناء التفاعلات الكيميائية. ومثال على ذلك التركيب الكيميائي للمادة

#### 2. الخواص الفيزيائية

هي أي خاصية قابلة للقياس يمكن لقيمتها وصف حالة نظام فيزيائي في أي لحظة زمنية معينة. لهذا السبب فإن أي تغيرات في الخواص الفيزيائية لنظام ما يمكن استعمالها لوصف تحولاته (أو عمليات التطور بين حالاته اللحظية). كالكتافة والسعة الحرارية والموصلية الكهربائية وغيرها

## الخواص الميكانيكية للمواد الهندسية

تنقسم المواد من حيث القدرة على استرجاع شكلها بعد زوال المؤثر إلى ثلاثة أقسام :-

- (1) مواد تامة المرونة وهي المواد التي تستطيع أن تسترجع شكلها الأصلي بعد زوال الإجهاد المؤثر مثل المواد المطاطية .
- (2) مواد مرنة وهي المواد التي تستطيع أن تسترجع شكلها الأصلي بعد زوال الإجهاد المؤثر مع وجود بعض التشوهات في شكلها وحجمها مثل المعادن كالحديد .
- (3) مواد غير مرنة وهي المواد التي لا تستطيع أن تسترجع شكلها الأصلي بعد زوال الإجهاد المؤثر مثل مادة المعاجين (putty).

### تعريف المادة المرنة :

هي المادة التي لها القدرة على استرجاع شكلها الأصلي بعد زوال القوة المؤثرة عليها. ومن أمثلة المواد المرنة ( الإسفنج و كرة التنس و النابض ) .

### الإجهاد والانفعال

عند التأثير بقوة على المواد المرنة فبذلك تقع المادة تحت إجهاد ينتج عنه انفعال هذا الانفعال يكون إما بالزيادة في طولها وحجمها أو بالنقصان وكذلك قد يكون هذا الانفعال تغير في الشكل . .

Stress **تعريف الإجهاد ( s )**

هو القوة المؤثرة عموديا على وحدة المساحة ووحدات الإجهاد هي (N/m<sup>2</sup>) أو (dyne/cm<sup>2</sup>)

$$s = \frac{F}{A}$$

حيث ( F ) هي القوة بالنيوتن أو الداين و ( A ) مساحة مقطع المادة مقاسه بالمتر أو السنتيمتر المربع

Types of Stress **أنواع الإجهاد :-**

Tensile Stress **1- إجهاد الشد**

وفيه تؤثر قوتان متساويتان بالمقدار متعاكستان بالاتجاه تقعان على نهايتي الجسم وعلى نفس خط التأثير .



## Compressive Stress

## 2- إجهاد الكبس

وفيه تؤثر قوتان متساويتان بالمقدار متقابلتان بنفس الاتجاه تعملان على ضغط الجسم وتقصير طوله .

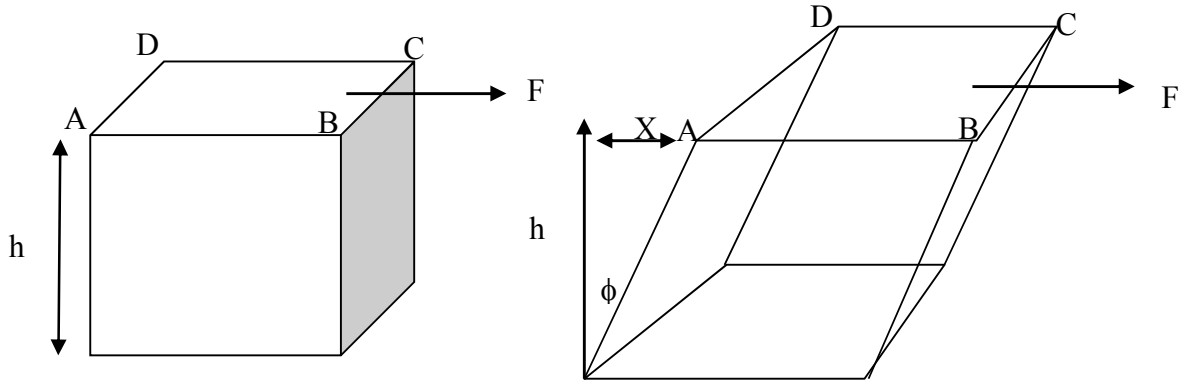
## Shear Stress

## 3- إجهاد القص

في بعض الأحيان لا يكون انفعال المادة المرنة تغير في الطول أو الحجم بل قد يكون تغير في الشكل بمعنى أنه إذا بذل قوة على مكعب ونتيجة هذه القوة أصبح المكعب متوازي مستطيلات فبذلك نقول أن المادة حدث لها قص كما هو موضح بالشكل التالي.

نفرض أن المكعب الموجود بالشكل يتعرض وجهه ABCD لقوة ( إجهاد قص ) أدت إلى إزاحته يمينا كانت نتيجته أن أصبح المكعب متوازي مستطيلات .

وبهذا فإن إجهاد القص فيه تؤثر قوتان متساويتان بالمقدار متعاكستان بالاتجاه ( مبتعدتان ) على نهايتي الجسم وعلى خطوط تأثير مختلفة .



إجهاد القص يعرف بأنه القوة المماسية للسطح ABCD والمؤثرة على وحدة المساحات ويعطى بالعلاقة

$$S_s = \frac{F}{A}$$

أما الانفعال القصي فيعطى بالعلاقة

$$e_s = \frac{X}{h}$$

حيث (x) هي مقدار الإزاحة التي حدثت للسطح ABCD أما (h) تمثل طول وجه المكعب.

$$\therefore \tan \phi = \frac{x}{h}$$

وعندما تكون الزاوية صغيرة فإن ظل الزاوية يساوي الزاوية نفسها

$$\tan \phi \approx \phi$$

$$\therefore e_s = \frac{X}{h} = \phi$$

وتسمى النسبة بين الإجهاد القصي والانفعال القصي بمعامل الصلابة G ويعطى بالعلاقة

$$G = \frac{s_s}{e_s} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{X}{h}} = \frac{F}{A \phi}$$

Strain

تعريف الانفعال (e)

هو استجابة المادة للقوة المؤثرة عليها وقد يكون تغير في الطول أو الحجم أو الشكل. بمعنى آخر يمكن القول أن الانفعال هو التغير في الطول بالنسبة إلى الطول الأصلي أو التغير في الحجم بالنسبة للحجم الأصلي. والانفعال ليس له وحدات.  
فالانفعال هو :-

$$e = \frac{\Delta L}{L}$$

حيث (L) هو الطول الأصلي أما (ΔL) هو التغير في الطول  
أو الانفعال هو :-

$$e = \frac{\Delta V}{V}$$

حيث (V) هو الحجم الأصلي أما (ΔV) هو التغير في الحجم.  
ويوجد الانفعال بثلاث أنواع هي :-

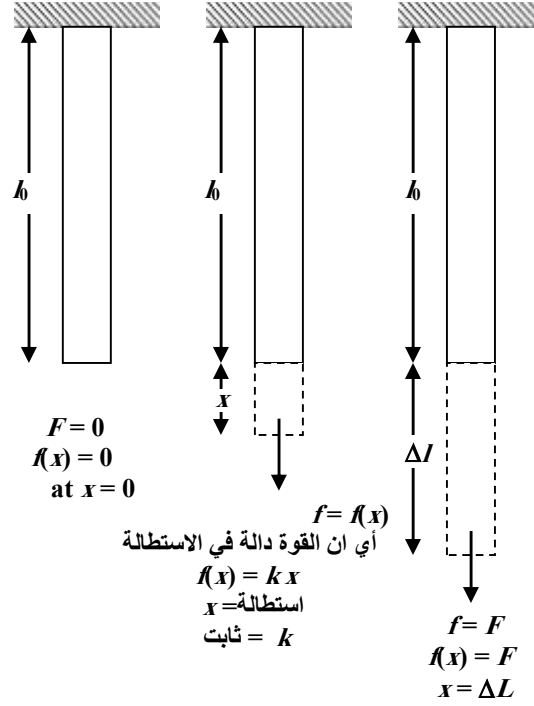
1- انفعال الشد

2- انفعال الكبس

3- انفعال القص

## قانون هوك

ينص قانون هوك على أن : الاستطالة الحادثة في سلك تتناسب تناسباً طردياً مع قوة الشد المؤثرة عليه.



كما في الشكل أعلاه إذا أثّرنا على سلك طول ( L ) بقوة ( F ) فإنه يحدث له استطالة مقدارها ( x ) وكلما زادت القوة تزداد معها الاستطالة أي أن القوة دالة في الاستطالة وتكتب بالشكل التالي  $F(x)$  . ويمكن كتابة قانون هوك على الشكل الآتي :-

$$F(x) = K x$$

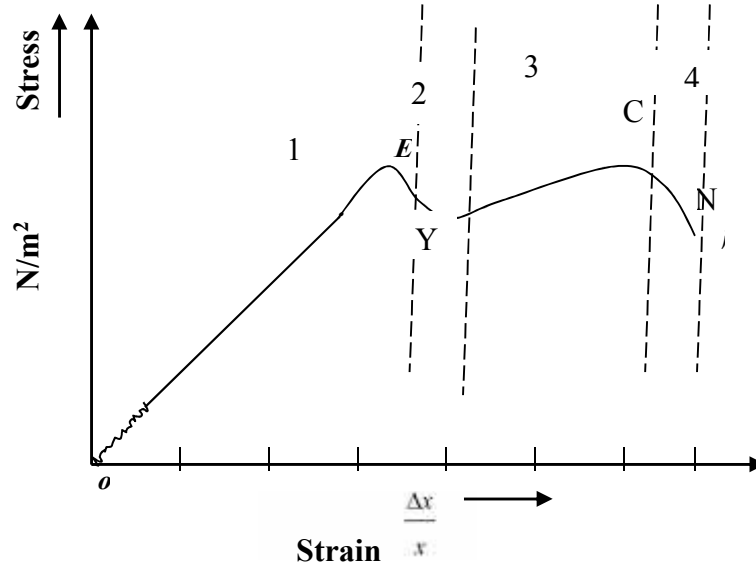
حيث ( F ) هي القوة و ( x ) هي الاستطالة ( K ) يسمى بثابت القوة للمادة وهو القوة التي تؤثر على السلك وتحدث بها استطالة قيمتها الوحدة ( x ) .

## Stress – Strain Curve

## منحنى الإجهاد – الانفعال

يمثل الشكل أدناه منحنى الإجهاد – الانفعال لمادة قابلة للسحب والشد مثل الفولاذ.

لا يمكن أن يعقل أن قانون هوك يتحقق مع المادة المرنة إلى مالا نهاية فلا بد أن يحدث للمادة تشوهات مع زيادة قوة الشد وقد تصل هذه التشوهات إلى قطع المادة نفسها إذا زادت القوة عن حد معين ( حد المرونة) . ولذلك يمكن أن نقسم سلوك المادة مع قوة الشد إلى أربع مراحل وبمعنى آخر برسم العلاقة بين الإجهاد والانفعال للمادة المرنة فنجد أنها تمر بأربعة مراحل كما هو موضح بالشكل الآتي :-



(1) المرحلة الأولى oE مرحلة حد المرونة (Elastic Limit) وفيها تخضع المادة إلى

قانون هوك وتحتفظ فيها المادة بكامل مرونتها ويكون لديها القدرة التامة على استرجاع

شكلها الأصلي وتسمى النقطة E بحد المرونة.

(2) المرحلة الثانية مرحلة الإذعان أو الخضوع (Yield Point) EY وفيها نلاحظ زيادة

الانفعال رغم ثبوت الإجهاد وفي هذه المرحلة لا تخضع المادة إلى قانون هوك ولا

تستطيع المادة استرجاع شكلها الأصلي بعد زوال القوة المؤثرة عليها.

(3) المرحلة الثالثة مرحلة اللدونة (Plastic Limit) YC. وفيها لا تستطيع المادة

استرجاع كامل شكلها الأصلي ولكن يحدث تشوهات قليلة في شكل المادة بعد زوال

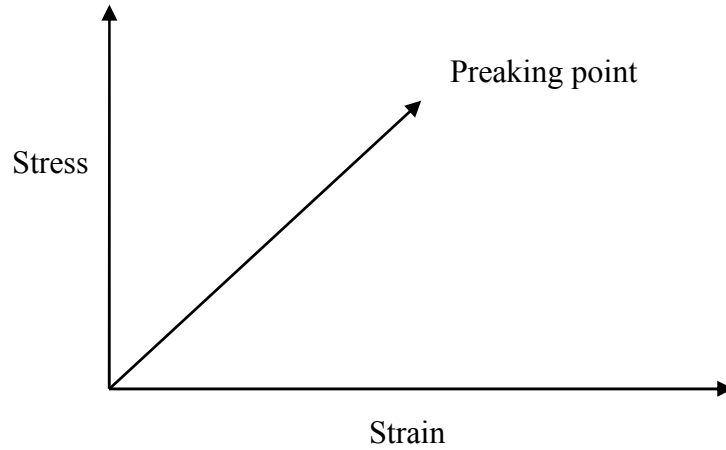
القوة المؤثرة عليها.

(4) المرحلة الرابعة مرحلة القطع (Breaking Point) CN وفي هذه المرحلة تحدث

تشوهات كبيرة في المادة تؤدي في النهاية إلى قطع المادة .

إما الشكل الأتي فيمثل منحنى الإجهاد – الانفعال لمادة هشة غير قابلة للسحب مثل الزجاج ومن الشكل نلاحظ بان حد المرونة ينتهي بشكل مفاجئ عندما تتكسر المادة .

..

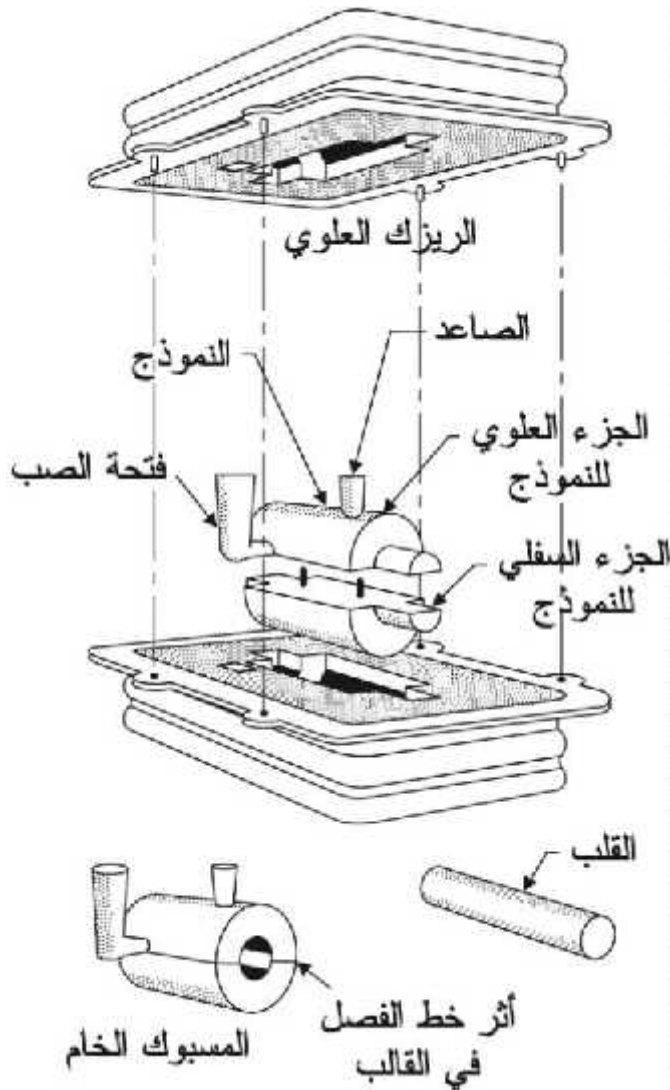


## الفصل الثاني

### عمليات السباكة

تعد عمليات السباكة من أقدم عمليات التصنيع التي عرفها الانسان والتي مازالت تستخدم الى يومنا هذا، حيث تعتمد عمليات السباكة في مبدا عملها على صهر المعادن المختلفة ومن ثم صبها في قوالب مختلفة الاحجام والاشكال بشكل الجسم المسبوك النهائي او بشكل مصبوبة اولية يعاد تشكيلها بطرق التشغيل او التشكيل الاخرى. لقد كانت السباكة تعتمد بشكل اساسي على العمل اليدوي ولكن مع تطور هذه العمليات أصبح بالإمكان استخدام الوسائل الميكانيكية في الصب والصهر واستخدام المسبوك. كل هذا قاد الى التحسين في نوعية وجودة الاجسام المسبوكة

وبالتالي تقليل التكاليف المترافقة مع عمليات السباكة.



يمكن تعريف السباكة على انها عملية تشكيل المعادن المنصهرة باستخدام خاصية السيولة وصبها في قوالب مصممة لهذا الغرض والتي تحتوي على فراغ له نفس ابعاد الشكل المراد صبه في هذه القوالب. تمتاز عمليات السباكة بعدة مميزات اساسية تنفرد بها عن باقي عمليات التشكيل ومنها امكانية الحصول على مسبوكات بأشكال معقدة وبكميات كبيرة، بالإمكان اعادة الانتاج لأكثر من مرة بسهولة مع انخفاض التكاليف، اضافة الى كون المسبوكات المنتجة تكون متشابهة الى حد كبير.

### اساليب انتاج المسبوكات:

تستعمل في عمليات تصنيع وانتاج المسبوكات اساليب مختلفة، فقد يكون الاسلوب الحرفي اليدوي هو المستعمل في الانتاج حين يكون عدد المسبوكات قليلا نسبيا وعند عدم توفر اساليب الانتاج الاخرى. اما الاسلوب الثاني فهو الاسلوب الميكانيكي الذي تحل فيه المكنائ محل العمل اليدوي في مراحل الانتاج المختلفة. ومع تطور عمليات التصنيع عموما وعمليات السباكة بشكل خاص وعند الحاجة الى الانتاج الواسع للمسبوكات فقد دخلت الأتمتة في مجال السباكة وكذا كان استخدام الاسلوب الاوتوماتيكي في هذا المجال.

### الاسلوب اليدوي او الحرفي في السباكة:

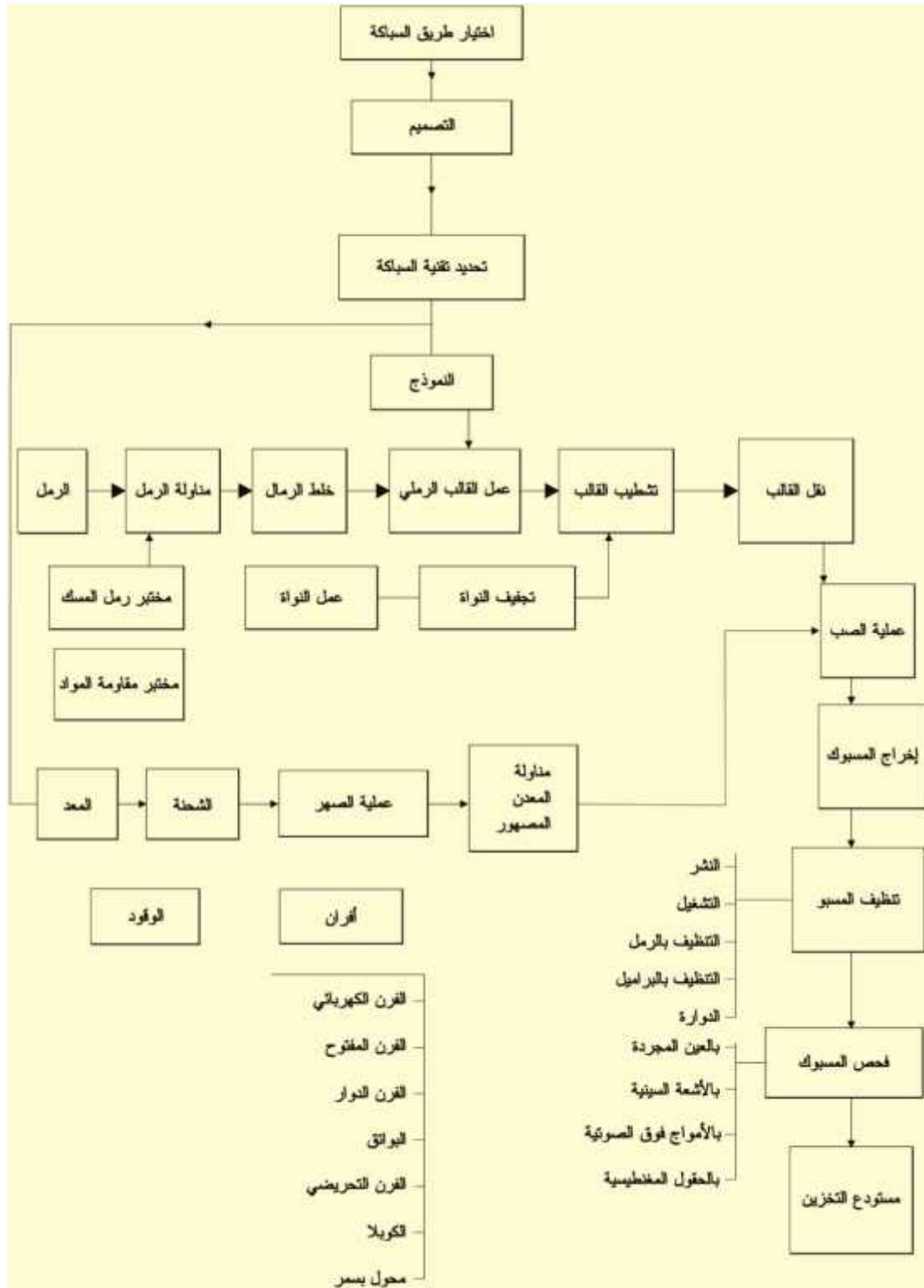
ان هذا الاسلوب هو الذي كان سائدا منذ نشوء عمليات السباكة حين لم تكن المكنائ قد دخلت في ميادين الانتاج ويعتمد هذا الاسلوب على تهيئة مستلزمات السباكة من نماذج وصناديق لباب وقوالب وتحضيرها لصب المعدن بعد صهره في افران الصهر المتوفرة في المسبك , ويستعمل العمل اليدوي في المقالبة والصب في اخراج وتنظيف المسبوكات . وهذه الطريقة تكون ملائمة في حالة انتاج مسبوكات كبيرة الحجم او مسبوكات متوسطة او صغيرة الحجم قليلة العدد.

### الاسلوب الميكانيكي – القولية الميكانيكية:

لقد ظهرت الحاجة الى استخدام المكننة بعد توفر المكنائ المتخصصة في مجالات السباكة لتحل محل العمل اليدوي الشاق ولتحقيق طفرة نوعية في المجال النوعي والكمي لإنتاج المسبوكات. حيث تم استخدام مكنائ سريعة لتحضير مزيج رمال السباكة، كما استخدمت مكنائ المقالبة لصنع اللباب في انتاج القوالب واللباب بإنتاجية عالية، واستخدمت ايضا وسائل مناقلة سريعة وسهلة في عمليات انتاج المسبوكات وكذلك تطورات وسائل تنظيفها وفحصها، مثل الاحزمة المطاطية لنقل الرمال والمعدنية لنقل المسبوكات ومكنائ التنظيف وقطع الزوائد من المسبوكات. وبهذا الاسلوب يتم تشغيل تلك المعدات وكذلك السيطرة على عملها يدويا، ومن مكنائ المقالبة المستخدمة، انواع ذات الاهتزاز والكبس.

### الاسلوب الاوتوماتيكي – القولية الاوتوماتيكية:

ان هذا الاسلوب هو المستخدم في الانتاج الواسع للمسبوكات حيث يكون الاعتماد على المكنائ الأوتوماتيكية في المقالبة والصب كما يستخدم الانسان الالي في بعض مفاصل عمليات الانتاج، وبهذه الطريقة تثبت (الموديلات) الخاصة على مكنائ المقالبة الاوتوماتيكية لصنع القوالب وتوضع اللباب في مواضعها في القوالب بواسطة ذراع الالي وتجمع القوالب الاوتوماتيكية لتكون جاهزة لصب المعدن فيها وانتاج المسبوكات وتقل الحاجة في هذا الاسلوب بشكل كبير الى العمال حيث تنجز العمليات تلقائيا.



مخطط عمليات السبابة



### مميزات عملية السباكة بشكل عام:

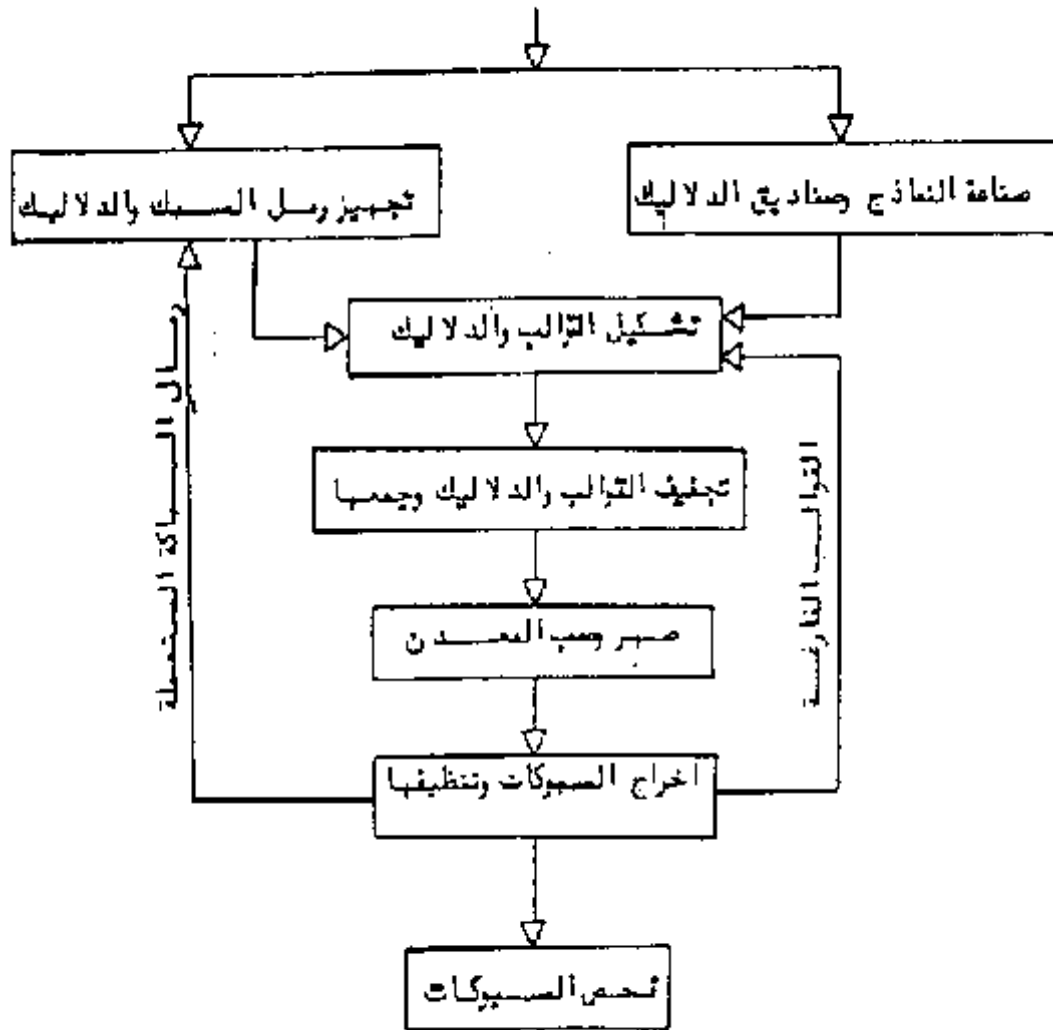
1. يمكن استخدام عملية السباكة في إنتاج الأشكال المعقدة والتي تحتوي على تشكلات داخلية وخارجية.
2. بعض أنواع عملية السباكة يمكنها إنتاج الشكل بأبعاده النهائية أي بالدقة النهائية المطلوبة وبالتالي لا يتم إدخال المنتج لأي مرحلة تشغيل أخرى على أي ماكينة.
3. يمكن استخدام عملية السباكة لإنتاج الأشكال الضخمة جدا والتي قد تصل زنتها إلى 100 طن وأكثر .
4. يمكن لعملية السباكة أن تستخدم على أي معدن يمكن الوصول به بالتسخين إلى درجة الانصهار.
5. بعض أنواع عملية السباكة تصلح للإنتاج الكمي.

### عيوب السباكة بشكل عام:

1. تأثير عملية السباكة على بعض الخواص الميكانيكية للمادة.
  2. عملية السباكة العادية غير دقيقة نسبيا.
  3. خشونة الأسطح الناتجة من السباكة كما في السباكة الرملية.
  4. ظهور بعض عيوب السباكة مثل وجود فجوات داخل المسبوك وتسمى (البخبة).
  5. درجة الامان في عملية السباكة أقل نسبيا من باقي أغلب العمليات الصناعية وذلك بسبب التعامل مع معادن مصهورة ذات درجات حرارة عالية وكذلك التأثيرات البيئية للعملية.
- يوجد أنواع عديدة ومختلفة من عمليات السباكة تختلف في خواصها ودرجة دقة مسبوكتها الناتجة والمعاملات الأخرى المستخدمة في عملية السباكة.

أما القالب (Mold) المستخدم في عملية السباكة فهو غالبا عبارة عن نصفين سواء كانت السباكة رملية أو باستخدام قالبين معدنيين أو تركيبة متعددة من أكثر من جزء و بها أيضا التجويف المطلوب إنتاج المنتج على شكله و تحتوى القوالب غالبا على طوارد لطرد المسبوك بعد تمام التبريد و كذلك مسارات داخلية لمرور ماء التبريد إن لزم الأمر , هذا و تطلق كلمة mold أيضا على قوالب حقن البلاستيك المصهور لإنتاج المنتجات البلاستيكية

### خطوات سباكة القوالب الرملية



### خطوات انتاج السباكة الرملية

### السباكة الرملية:

هي عبارة عن سبك أو صب المعادن أو السبائك المعدنية في قوالب مصنوعة من الرمل تمثل هيئة أو شكل القطعة المراد سباكتها.

### خطوات السباكة الرملية:

عملية السباكة الرملية تنقسم إلى أربع خطوات رئيسية وكما يلي:

#### أولاً: تصميم وصناعة النموذج وحساب السماحات المختلفة:

ولتجهيز القالب الرملي يحتاج الأمر إلى نموذج يحاكي شكله الخارجي شكل الجزء المراد إنتاجه للسباكة الرملية، وهذا النموذج يصنع عادة من الخشب (إذا كان العدد المطلوب إنتاجه أقل من 100 وحدة)، أو من المعدن مثل الألمنيوم والحديد وحديد الزهر (إذا كان العدد المطلوب إنتاجه أكثر من 100 وحدة).

#### أ. السماحات المطلوبة في ابعاد النموذج

1. سماحات الانكماش: من خواص المعادن التمدد والانكماش مع تغير درجة الحرارة لذا فان هذا السماح يكون الغرض منه هو تعويض تأثير الانكماش المتوقع حدوثه عند التجمد والتبريد لدرجة حرارة الجو .
2. سماحات التشغيل :إذا كان سيتبع عملية السباكة عمليات تشغيل أخرى، يتم إضافتها على الأبعاد التي سيتم تشغيلها فقط.
3. سماحات السحب أو السلبية : يجب عمل سلبية إلى جوانب النموذج لتمكين سحبه من الرمال باقل تهدم وتلف لرمل القالب ويتوقف مقدار هذه السلبية على شكل النموذج وطريقة عمل القالب. وتتراوح قيمة السلبية من (0.25 - 1) درجة.
4. ركانز اللباب : تضاف بروزات أو نتوءات إلى النموذج والغرض منها تشكيل تجاويف أو فراغات معينة تستخدم لتثبيت القلوب داخل الفراغ في القالب الرملي ويجب ملاحظة ان هذه القلوب تستخدم للمسبوكات المجوفة وتقوم بتشكيل الفراغ والذي يشبه شكل التجويف الموجود في المسبوك المراد سباكته.
5. دوران الاركان : يجب مراعات تجنب إنتاج نماذج بأركان حادة، لأن ذلك يؤدي إلى إنهيار الرمل عند رفع النموذج.

6. سطح الاتصال : عند تصنيع النموذج المكون من جزأين يراعى اختيار سطح الاتصال بحيث يمكن تجميع كلا الجزأين مع بعضهما بسهولة .

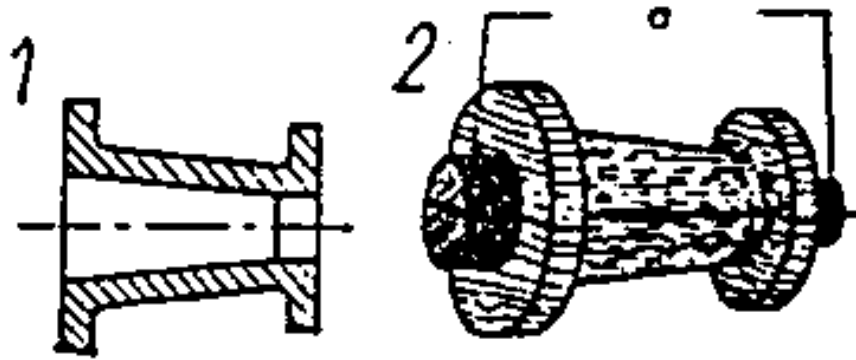
#### ب. خواص النموذج

يجب صناعة النموذج من مواد تتصف بما يلي :

1. خفيفة الوزن
2. سهولة التشكيل
3. مقاومة للتآكل
4. يمكن طلاء او وصل اسطحها

#### ج. انواع النماذج

1. نماذج مفردة
2. نماذج ذات نصفين
3. نماذج خاصة



شكل النموذج

## ثانياً: إعداد وتشكيل القالب:

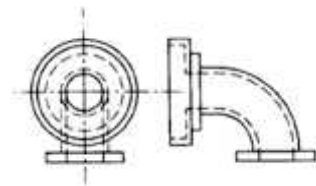
وتشمل اختيار الرمل أو مزيج الرمل وإعدادها لصناعة القالب الرملي وذلك بعد عمل الاختبارات اللازمة لمعرفة صلاحيتها، ومن أنواع رمل السباكة حسب الاستخدام:

1. **رمل السليكا:** وهو عبارة عن رمل طبيعي يحوي على كمية قليلة من الطين الذي يربط حبيبات الرمل مع بعضها وهذا النوع من الرمل يقاوم درجات الحرارة العالية ويتوفر بحجوم حبيبات مختلفة وتكاليفه منخفضة نسبياً.
2. **الرمل الصناعي:** ويتكون من رمل السليكا مضافة إليه مادة رابطة بمقدار حوالي 4%، ومن عيوب هذا النوع من الرمل أنه يسبب المسامية الغازية في المسبوكات.
3. **الرمل الإسمنتي:** وهو خليط من الرمل الطبيعي والسمنت والماء ويمتاز بصلادته ومقاومته العاليتين ويستخدم عادةً لسباكة المسبوكات الثقيلة نوعاً ما.

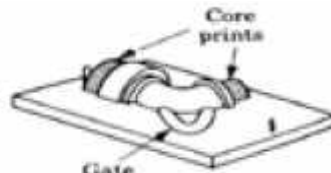
وتعتمد جودة المسبوك إلى حد بعيد على مواصفات الرمل المستخدم، لذلك من الضروري إجراء بعض الاختبارات على الرمل قبل استخدامه مثل (إختبار الخشونة، إختبار المقاومة، إختبار الصلادة، إختبار النفاذية، إختبار الرطوبة، إختبار التقلص، إختبار التمدد، إختبار الانهيار) وغيرها من الإختبارات الضرورية لرمل السباكة.

## خطوات تشكيل القالب الرملي للمسبوك:

1. تحضير رمل السباكة (الخليط).
2. إعداد النموذج الخشبي أو المعدني ثم يقسم إلى نصفين متناظرين ويكونان مصمتان تماماً



ولا يحتويان على تجاويف حتى الموجودة في الشكل الإسطواني، ولسهولة تثبيت النصفين يحفر في أحد الأسطح لأحد النصفين ثقب وفي الوجه الآخر أقلام وبروزات تستقر في هذه الثقوب.

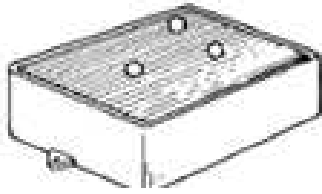


3. يوضع نصف النموذج

المحتوي على الثقوب مقلوباً على لوح المقابلة الخشبي ويوضع حوله

النصف السفلي من صندوق المقابل.

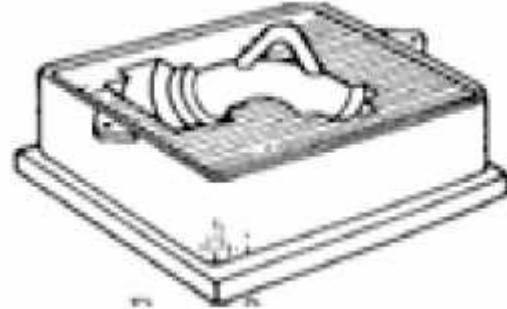
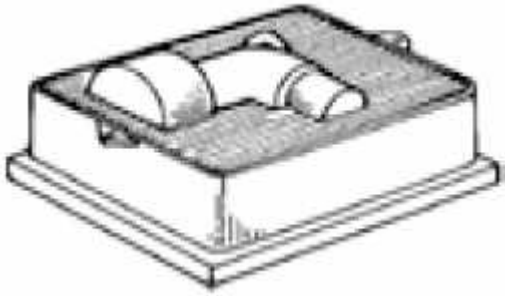
4. يؤتى بالرمل المعد مسبقاً ويوضع حول نصف النموذج في صندوق المقابلة ويدك بالمذك دكاً خفيفاً حول نصف النموذج. وعادة يستخدم الرمل الحديث التحضير والذي لم يستخدم



سابقاً حول النموذج مباشرة ويسمى بـ (رمل المواجهة) وذلك ليستنسخ جميع تفاصيل النموذج مثل (الرموز، الشعارات، الكتابات) ومن ثم يوضع باقي الرمل والذي يسمى بـ (رمل الحشو) ثم يتم دكه دكاً خفيفاً. وبعد

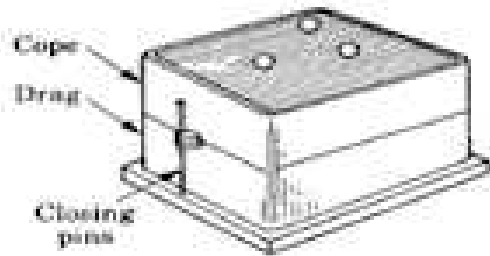
إمتلاء الصندوق بالرمل يتم تسوية سطحه وإزالة الزائد بواسطة مسطرة التسوية.

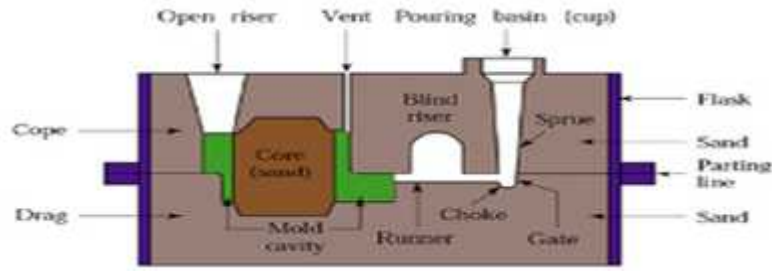
5. بعد ذلك يقلب نصف النموذج رأساً على عقب مع لوح المقابلة وترفع اللوحة الخشبية الأولى ثم ينظف سطح النموذج الثاني ثم يرش عليه مسحوق الفحم أو كمية من الرمل الناعم وذلك لمنع إلتصاقه بالنصف العلوي من القالب، ثم يوضع النصف الثاني من النموذج بحيث ينطبق عليه النصف الأول بواسطة أقلام التثبيت، ويوضع صندوق المقابلة على النصف السفلي ثم يتم تثبيت عمود خشبي شبه إسطواني وآخر مخروطي الشكل مفتوح من الأعلى وتسمى هذه الأعمدة بفتحة التغذية أو المصعد، ومن ثم يدك



الرمل كما فعلنا سابقاً.

6. تفصل نصفي الصندوق عن بعضهما برفع النصف العلوي وقلبه على لوح المقابلة الخشبية وذلك بعد سحب العمودين الخشبية ثم يفصل نصفي النموذج عن نصفي القالب بحذر شديد دون تشوه للقالب، ثم يحفر مجرى بين النهاية السفلية لقناة الصب وبين الفراغ الذي شكله النموذج.





مقطع جانبي لقالب السباكة الرملية

ثالثاً: صهر المعدن وصبه في القالب الرملية وإخراج المسبوك من القالب الرملية بعد تجمد المعدن:

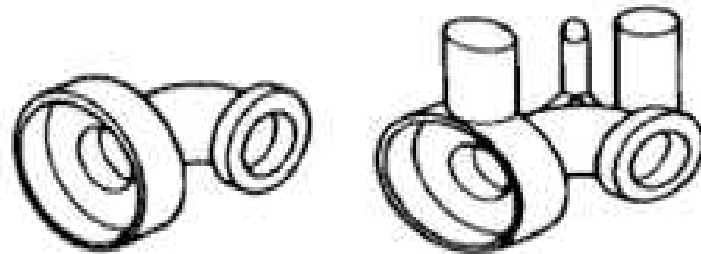
تصهر المعادن في أفران خاصة ومن ثم صبها داخل القالب مع مراعاة حفر حوض حول فتحة قناة صب المعدن المنصهر في هذا الحوض ومن ثم ينساب بهدوء إلى قناة الصب ومن فوائد قناة الصب:

1. تسريب الغازات والأبخرة إلى الجو الخارجي.
2. يعمل على تغذية الفراغ بالمعدن المنصهر لمعادلة الإنكماش الذي يحصل عند تجميد المعدن.
3. تتجمع فيها المواد غير المرغوب فيها مثل الخبث والشوائب.

رابعاً: تنظيف المسبوك وإعداده للاستعمال وكشف عيوب المسبوك ومعالجتها:

#### 1. تنظيف المسبوك ويتم كالتالي:

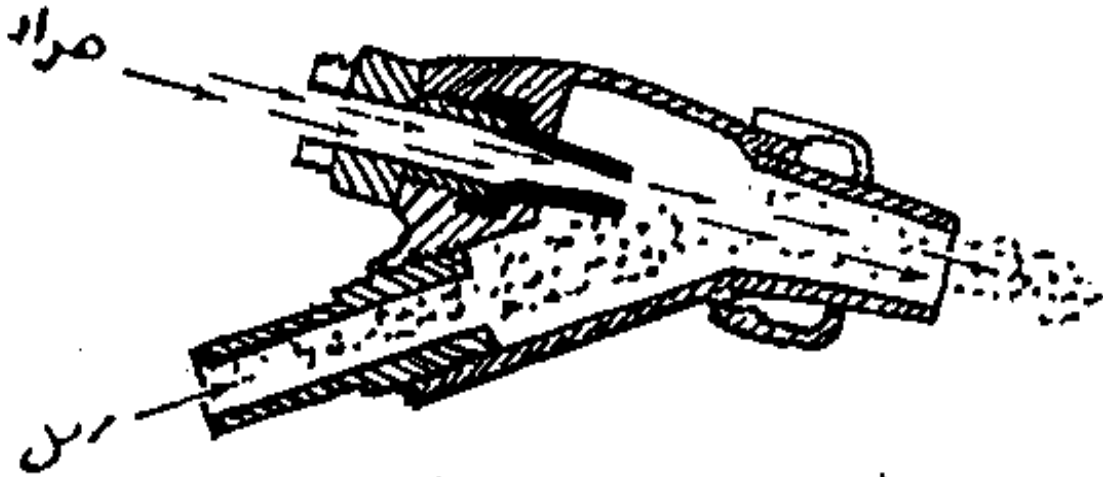
أ. قطع الأجزاء الإضافية من المسبوك التي تكونت بسبب تصاميم فتحة التغذية والمجرى ويتم القطع بالمنشار أو أقراص الجرخ أو القطع بواسطة الأوكسي استلين.



بعد

قبل

ب. تنظيف سطوح المسبوك الداخلية والخارجية من حبيبات الرمل اللاصقة نتيجة الحرارة ومن طبقة الأوكسيد التي تتكون عليها.



(مسدس قاذف للرمل لتنظيف المسبوكات )

ج. بعض المسبوكات تحتاج إلى إنجاز سطحي أو مظهر خارجي، ويتم ذلك بواسطة المحاليل الكيميائية أو بالتنشغيل أو الطلاء.

## 2. عيوب المسبوكات (اسبابها , طرق معالجتها )

أ. التزحف او الانحراف : وهو عدم التطابق بين نصفي المسبوك أو بين نصفي صندوق القالب

ب. الإنتفاخ: وهو إتساع فراغ القالب بسبب الغازات والأبخرة، وذلك بسبب عدم دك الرمل جيداً أو صب المعدن بصورة سريعة، مع ملاحظة أن الدك الشديد للرمل يسبب إنخفاض في قابلية القالب على تسريب الغازات.

ج. فجوات الإنكماش او عدم اكتمال الجزء المسبوك : وهو الفراغ الناتج عن تقلص المعدن خلال التجمد ويتم التخلص منها بواسطة التصميم الجيد لفتحة التغذية من حيث الحجم والموضع بالنسبة للقالب. أما بالنسبة للمسبوكات الثقيلة فيتم إنتاج أكثر من فتحة للصب وذلك على حسب النموذج وذلك للتخلص من فجوات الإنكماش.

د. الفجوات الغازية وتكون للأسباب التالية:

1. الرطوبة العالية والدك المفرط تتسبب في إنخفاض قابلية النفاذ.
2. ارتفاع كمية الغازات المذابة في المعدن المنصهر والتي تتحرر أثناء التجمد مسببة الفجوات الغازية.



3. عدم توفر التنفيس الجيد للقالب الرملي وهي عبارة عن قنوات دقيقة نسبياً يزود بها القالب الرملي لغرض تسريب الغازات.

4. السطح الخشن: وذلك بسبب إستعمال الرمل الخشن الحبيبات أو الدك الخفيف جداً للرمل.

### 3. الكشف على المسبوكات: ويتم بطريقتين وهما:

أ. الكشف الإتلافي: ويتضمن إختبار الخواص الميكانيكية مثل (مقاومة الشد والضغط، الصلادة، المطيلية) وما شابهها.

ب. الكشف غير الإتلافي: ويتضمن الكشف عن عيوب معينة مثل الفجوات الغازية وفجوات الإنكماش ومن طرق الكشف عنها:

1. الفحص المجهرى.

2. الكشف بالأشعة السينية.

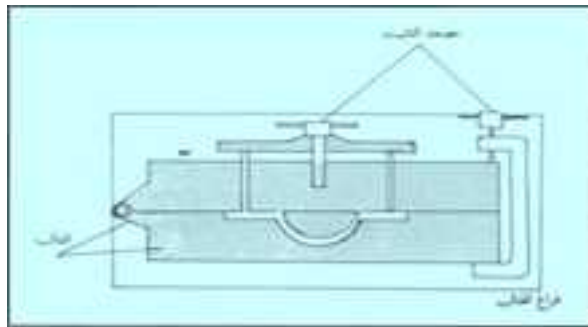
3. الكشف بالجسيمات المغناطيسية.

4. الكشف بالموجات فوق الصوتية.

## أساليب السباكة الأخرى

لا يتسع المجال للخوض في كل أنواع وأساليب السباكة الحديثة، إلا أن نظرة عامة إلى بعض أساليب السباكة الحديثة نوعاً ما قد تعطي فكرة عن مدى هذه التطورات. وفيما يلي بعض الأساليب الحديثة للسباكة والتي لكل أسلوب منها مزاياه ومجاله الخاص للإستعمال.

### 1. السباكة في قوالب دائمة:



تصنع القوالب الدائمة المعدنية من حديد الزهر أو من الصلب المتضمن نسبة ضئيلة من الكروم كما تصنع في بعض الأحيان من البرونز، ولإطالة عمر القالب التشغيلي ولتسهيل إخراج المسبوكات منه يغطي سطحه العامل بطلاء أو بدهان خاص أو يرش بمواد مقاومة للحرارة.

ومن مزايا السباكة في قوالب دائمة ما يلي:

- أ. إمكانية إستعمال القالب الدائم لعدد كبير من المسبوكات.
- ب. إمكانية السيطرة على مقاسات المسبوك بدقة أكبر مما في السباكة الرملية.
- ج. الإنجاز السطحي للمسبوكات أفضل من مسبوكات السباكة الرملية.
- د. إختفاء عدد من العيوب التي تحدث في مسبوكات السباكة الرملية.

أما أهم عيوب هذا النوع من السباكة:

- أ. محدودية أنواع السبائك والمعادن الممكن سبائكها بهذه الطريقة إستناداً على قابلية معدن القالب لتحمل درجات الحرارة العالية.
- ب. الإختلاف في سرعة تبريد المعدن المنصهر يسبب بعض المشاكل مثل الجهود الحرارية

## 2. السباكة في قوالب دائمة تحت الضغط:

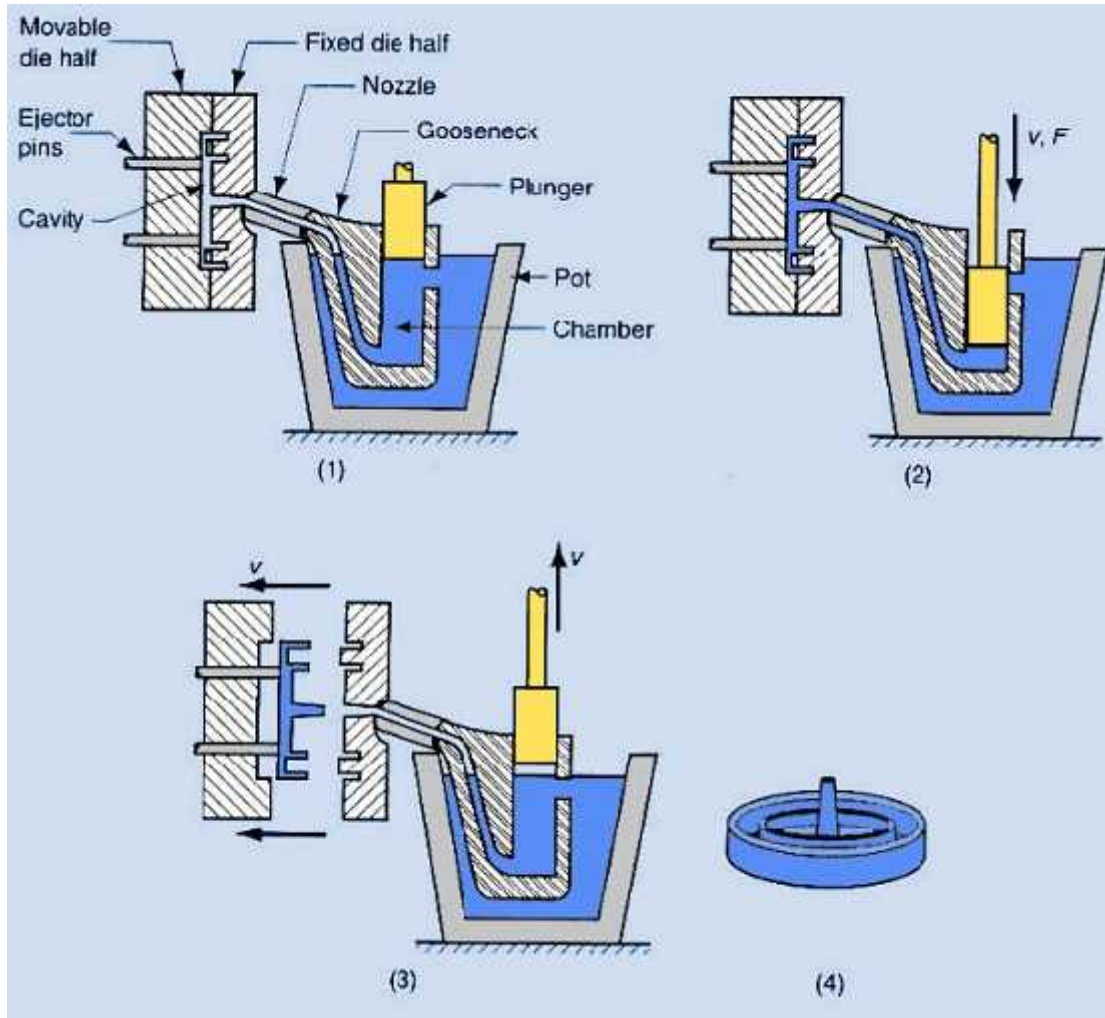
وهي شبيهة بالأسلوب المذكور أعلاه مع الإختلاف في أن المعدن المصهور سوف يضغط إلى داخل فراغ القالب بواسطة مكبس يعمل تحت ضغط الهواء أو السوائل. ومن المعادن والسبائك التي تسبك بهذه الطريقة (معدن الخارصين وسبائكه، الألمنيوم، النحاس، الرصاص).

ومن مزايا هذه الطريقة:

- أ. الدقة العالية في المسبوكات مع سرعة عالية في الإنتاج.
- ب. يمكن سباكة المسبوكات الرقيقة المقطع أو ذات الأشكال المعقدة.
- ج. تحسن عالي جداً في الإنجاز السطحي للمسبوكات.
- د. إختفاء عدد أكبر من العيوب التي تظهر في السباكة الرملية.
- هـ. إرتفاع في مقاومة ومتانة المسبوكات.

أما عيوب السباكة في القوالب الدائمة تحت الضغط فهي:

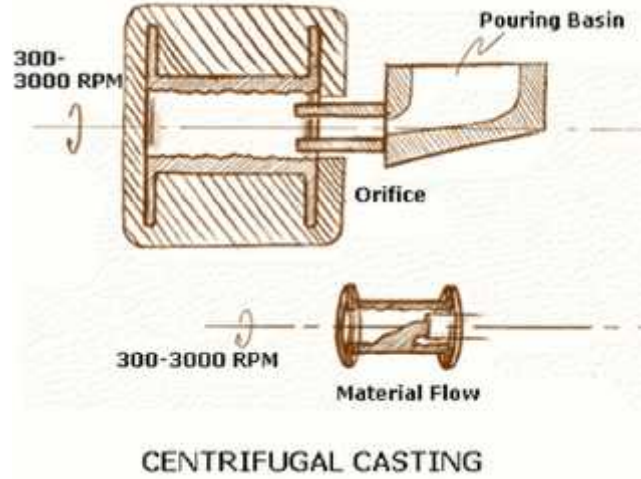
- أ. إرتفاع تكاليف صناعة القوالب وصيانتها.
- ب. محدودية السبائك الممكن سبائكها بهذه الطريقة.



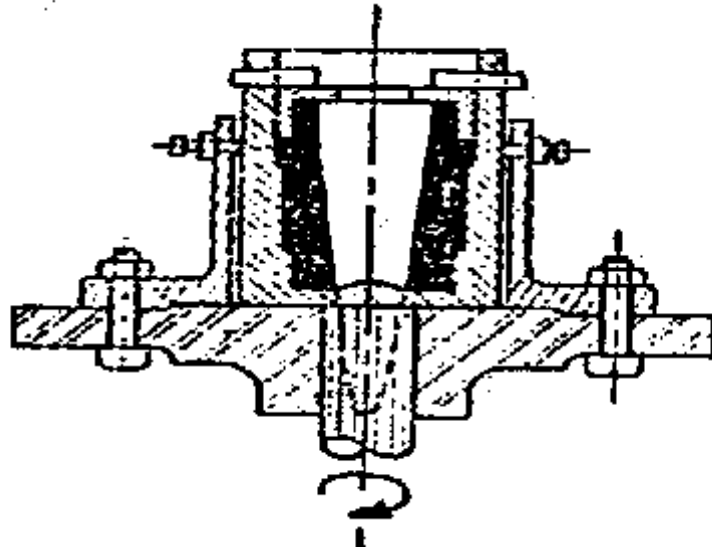
السباكة في القوالب الدائمية

### 3. السباكة بالطرد المركزي:

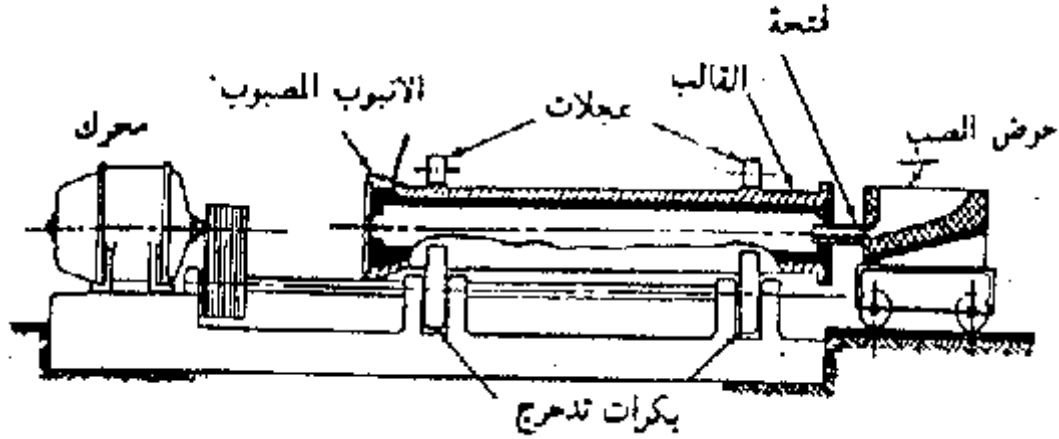
وهي عبارة عن صب أو سباكة المعادن في قوالب دوارة، ويتم تجمد المعدن على جدران القالب الدوار أثناء عملية الدوران. وبالإمكان صناعة القوالب من الرمل أو المعدن أو الجرافيت أو مزيج هذه المواد. وتستعمل هذه الطريقة لإنتاج المسبوكات الحديدية أو اللا حديدية، وتعتبر الأنابيب ذات الأقطار والأطوال الكبيرة من أهم منتجات هذه الطريقة.



ومن أهم مزايا هذه الطريقة إنتاج المسبوكات الخالية من العيوب إلى حد بعيد، إنتاج أسطح مطابقة لهيئة القالب إلى حد كبير والحصول على مصبوبات ذات بنية قوية ومن عيوبها محدودية الشكل والحجم للمسبوكات المنتجة.



(السباكة بالطرد المركزي في قالب يدور حول محور رأسي)



(السباكة بالطرد المركزي في قالب يدور حول محور أفقي)

#### 4. السباكة بالشمع الضائع (المذاب):

يسمى أسلوب السباكة بالشمع الضائع بعدة مسميات مترادفة مثل السباكة الدقيقة – السباكة ذات النماذج المنصهرة ويتميز هذا الأسلوب من أساليب السباكة بإنتاج مشغولات تامة التصنيع أي ذات أسطح ناعمة وقياسات على درجة عالية من الدقة .

تتلخص فكرة هذا الأسلوب بأعداد نموذج مستهلك من الشمع باستخدام قوالب خاصة ، ثم استخدام النموذج الشمعي لعمل قالب من مادة خاصة أخرى ، ثم يصهر النموذج ويسكب الشمع خارج القالب ليترك الفراغ الذي يصب فيه المعدن لإنتاج الجزء المراد سباكته .

وتستخدم أنواع عديدة من السبائك لهذا الأسلوب من السباكة مثل الصلب الذي لا يصدأ (stainless steel) وسبائك الألومنيوم وسبائك النيكل وغيرها .

#### الاستخدامات

يستخدم هذا النوع من السباكة في تصنيع السبائك صعبة التشغيل مثل المستخدمة في المحركات النفاثة والأشكال المعقدة مثل ريش التوربينات وبعض أجزاء محركات الاحتراق الداخلي وغيرها من المنتجات الأخرى التي تحمل تفاصيل دقيقة.

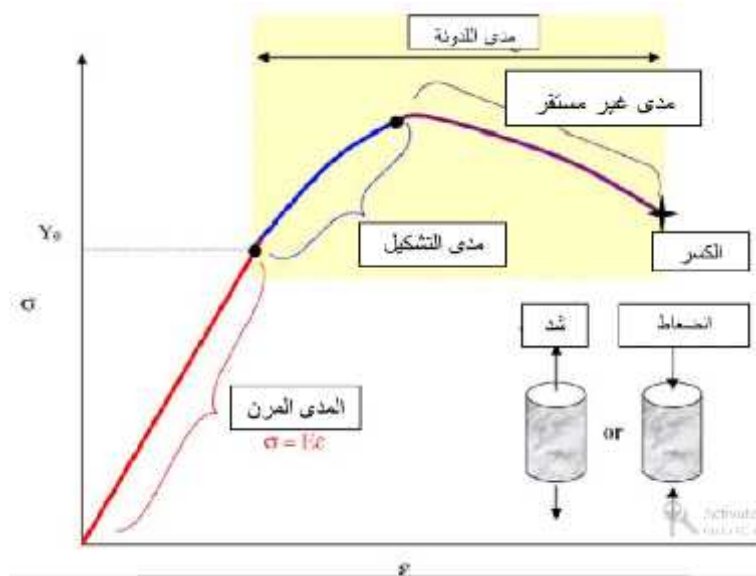
## الفصل الثالث

### تشكيل المعادن

يتم التشكيل الميكانيكي تحت قوى او جهود تتجاوز مقاومة خضوع المعادن او السبائك قيد التشكيل بحيث ان التغيير الحاصل في الشكل سيكون لدن اي دائمي وهذا التغيير في الشكل سيكون مصحوب بتغييرات في الخواص الميكانيكية والفيزيائية للمعادن المشكلة وهذه تعود بالدرجة الاولى الى التغييرات الحاصلة في البنية البلورية نتيجة التشكيل الميكانيكي. تستعمل عمليات التشكيل على الساخن بالدرجة الاولى لتشكيل المسبوكات الاولى ويتم تشكيلها وهي ساخنة والغرض من التسخين هو لزيادة قابلية المعدن على التشكيل. يجرى التشكيل على البارد في درجة حرارة الغرفة او في درجة حرارة قريبة منها وبصورة عامة فانه بالإمكان تشكيل المعادن على البارد في درجة حرارة اعلى من درجة حرارة الغرفة , حيث ان الحد الفاصل بين التشكيل على البارد والتشكيل على الساخن هو في درجة حرارة اعادة التبلور التي تكون ولمعظم المعادن اعلى من درجة حرارة الغرفة

### الخصائص العامة لعمليات تشكيل المعادن

1. الاستفادة من قابلية المعدن للتغيير بصورة لدنة في الحالة الصلبة
2. تشكيل المعدن الى الشكل المطلوب دون ازالة كميات منه
3. تحتاج الى قوة كبيرة وطاقة عالية
4. المكان والعدد المستخدمة في التشكيل تكون مرتفعة الكلفة لذلك يجب ان يكون حجم الانتاج كبير لتكون العملية اقتصادية



شكل 3.1 : منحنى الاجهاد - الانفعال

## عمليات التشكيل على البارد

يجري التشكيل على البارد في درجة حرارة الغرفة أو في درجة حرارة قريبة منها. وبصورة عامة فانه بالإمكان تشكيل المعادن على البارد في درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الغرفة، حيث إن الحد الفاصل بين التشكيل على البارد والتشكيل على الساخن هو في درجة حرارة إعادة التبلور التي تكون ولمعظم المعادن أعلى من درجة حرارة الغرفة، يتميز التشكيل على البارد بعدد من الميزات التي تؤهله للتنافس مع بقية عمليات التشكيل، وهذه الميزات هي: -

- أ. يسبب التشكيل على البارد ارتفاعا في الخواص الميكانيكية مثل الصلادة ومقاومة الشد وانخفاضا في خواص أخرى مثل المطيلية.
- ب. تتميز المنتجات المشكلة على البارد بإنهاء سطحي ومظهر خارجي جيدين.
- ج. يمكن التحكم بصورة دقيقة في أبعاد ومقاسات المنتجات المشكلة على البارد، لذلك فان التشكيل على البارد يستخدم كمرحلة نهائية لتشكيل المنتجات المشكلة على الساخن.
- و برغم ذلك يمتلك التشكيل على البارد عدد من المحددات التي يجب الانتباه لها في حالة استخدامه في التشكيل وهذه المحددات هي: -
- أ. تعتبر متطلبات الطاقة العالية من أهم عيوب التشكيل على البارد، بما يستوجب ذلك من استخدام المعدات والأجهزة المصنوعة من مواد معدنية عالية الكفاءة والمقاومة.
- ب. مقدار التشكيل الذي يمكن انجازه تحت قوة أو جهد ثابت في التشكيل على البارد يكون اقل منه في التشكيل على الساخن تحت نفس الجهد.
- ج. مطيلية المنتجات بعد تشكيلها على البارد.

إن العمليات التي تتطلب شد أو سحب المعدن خلال القالب تكون دائما عمليات تشكيل على البارد. وأنواع التشكيل على البارد كثيرة منها 1- الدرفلة 2-البثق 3-السحب وغيرها

### 1. الدرفلة على البارد

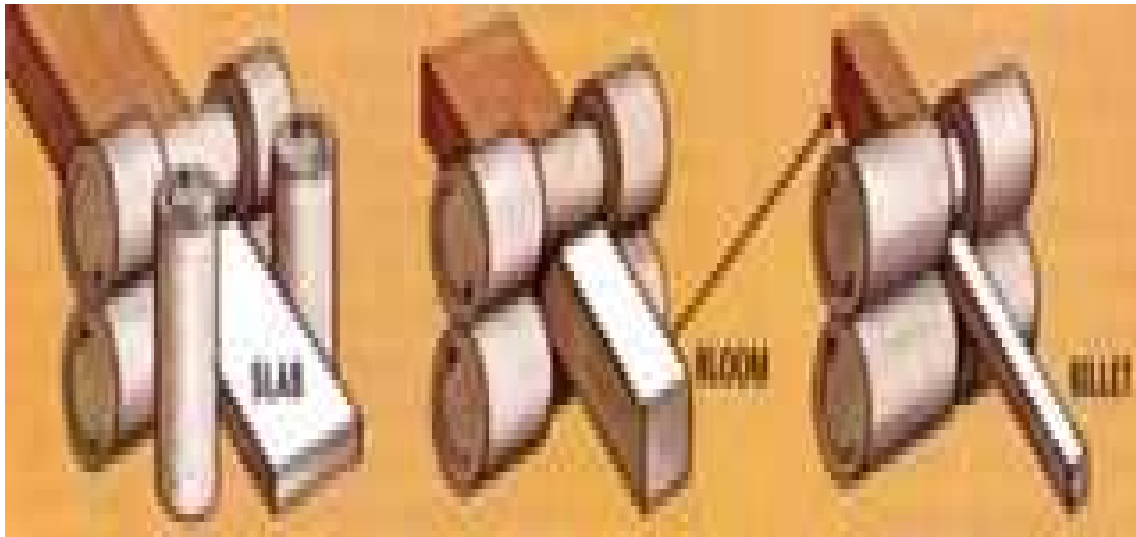
الدرفلة هي عملية تشكيل المعدن بين درافيل دوارة عن طريق ضغطه بينها من اجل الحصول على الشكل والحجم المطلوبين، تتضمن عملية التشكيل هذه نقصان في سمك المعدن المشكل مع زيادة في طوله وعرضه.

تستخدم الدرفلة للحصول على الألواح، القضبان، البكرات، الأنابيب، والأشرطة المعدنية وغيرها من المنتجات والأشكال. ومن المعادن التي من الممكن درفلتها على البارد هي النحاس أما الفولاذ فيتم درفلته على الساخن.

إن عنف التشكيل البارد وارتفاع القوة المستعملة للتشكيل يستوجبان استعمال درافيل إسناد

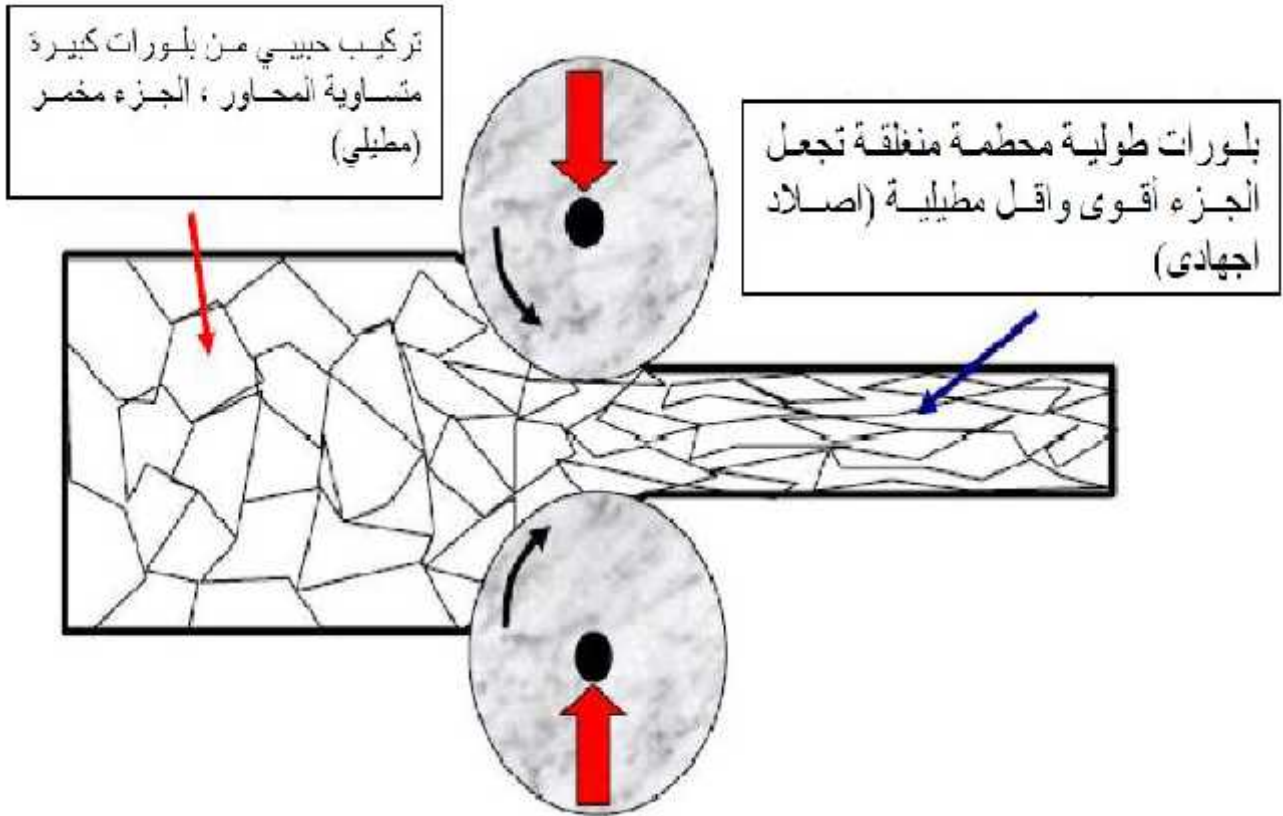
### الخصائص العامة للدرفلة

1. هي عادة العملية الأولى في تحويل المواد المسبوكة الى منتجات مشكلة نهائيا ويكون ناتج عملية الدرفلة عادة bloom (مقطع مربع) أو slab (مقطع مستطيل) أو rod (مقطع دائري) أو billet (مقطع مربع اصغر من bloom).
2. تعد عمليات الدرفلة من ناحية الانتاج الكمي العملية الأكثر شيوعا من بين عمليات التشكيل .
3. الدرافيل عادة مكلفة وباهظة
4. تستخدم لإنتاج الاشكال القياسية (standard shapes)
5. ضبط الأبعاد والمقاسات إلى حد بعيد .
6. تحسين المظهر الخارجي وإزالة الطبقات المتأكسدة.
7. تحسين بعض الخواص الميكانيكية مثل الصلادة ومقاومة الشد.

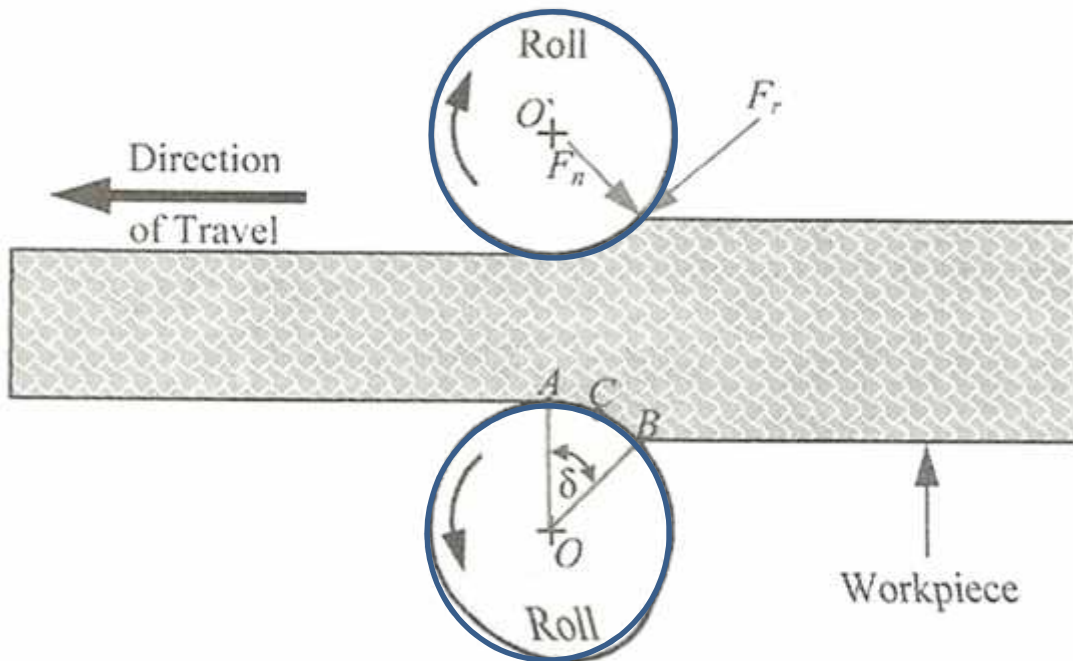


شكل 3.2 : منتجات الدرفلة الأولى





شكل 3.3 يوضح حالة المعدن بعد عملية الدرفلة



شكل 3.4 يوضح آلية عملية الدرفلة

هنالك خواص مهمة يجب توفرها في المعادن التي يتم درفلتها واهم هذه الخواص هي قابلية المعدن للانسياب نتيجة الضغط المسلط عليه وبدون أن ينكسر كذلك يجب أن تكون له قوة تحمل كبيرة حتى لايفشل تحت الضغط.

ويمكن حساب مقدار زاوية الاتصال ( $\delta$ ) بين الدرفيل والمعدن المشكل من المعادلة التالية:

$$\sin \delta = 1 - \frac{h_o - h_f}{D}$$

حيث إن:

$h_o$  = سمك الشغلة قبل الدرفلة (mm).

$h_f$  = سمك الشغلة بعد الدرفلة (mm).

$D$  = قطر الدرفيل (mm).

إن مقدار الدرفلة (الانضغاط في المعدن) يزداد بزيادة قطر الدرفيل ونتيجة لهذه العملية يزداد عرض وطول الشغلة ويقل سمكها. تسمى نسبة طول الشغلة بعد الدرفلة إلى طول الشغلة قبل الدرفلة بمعامل الاستطالة ( $K$ ) والذي يمكن حسابه من المعادلة التالية: -

$$K = \frac{I}{L} = \frac{F}{f}$$

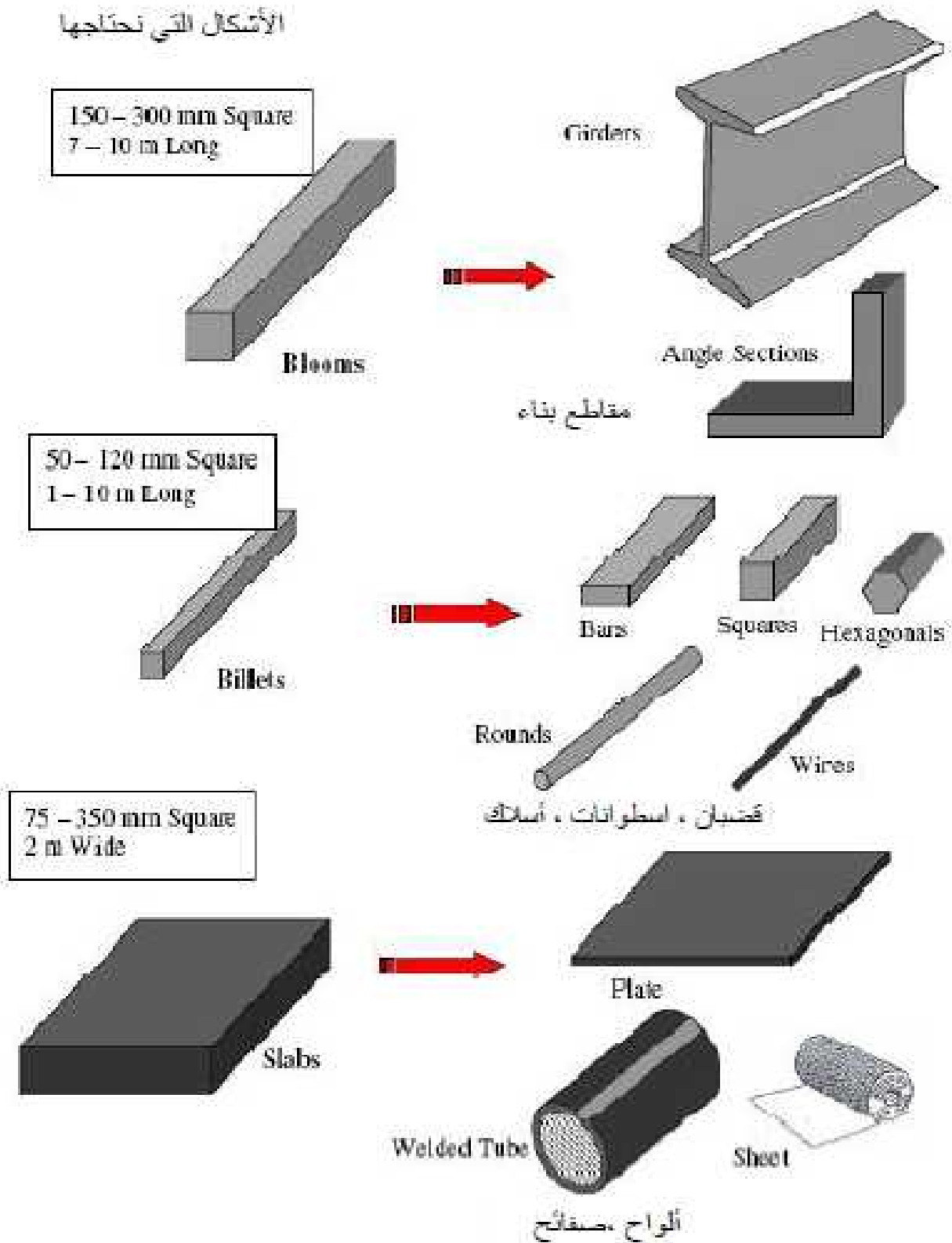
حيث إن:

$I$  = طول الشغلة بعد الدرفلة (mm).

$L$  = طول الشغلة قبل الدرفلة (mm).

$F$  = مساحة مقطع الشغلة قبل الدرفلة ( $\text{mm}^2$ ).

$f$  = مساحة مقطع الشغلة بعد الدرفلة ( $\text{mm}_2$ ).



شكل 3.5 أنواع المنتجات المنتجة بعمليات الدرفلة

### طرق الدرفلة المختلفة وأنواعها: -

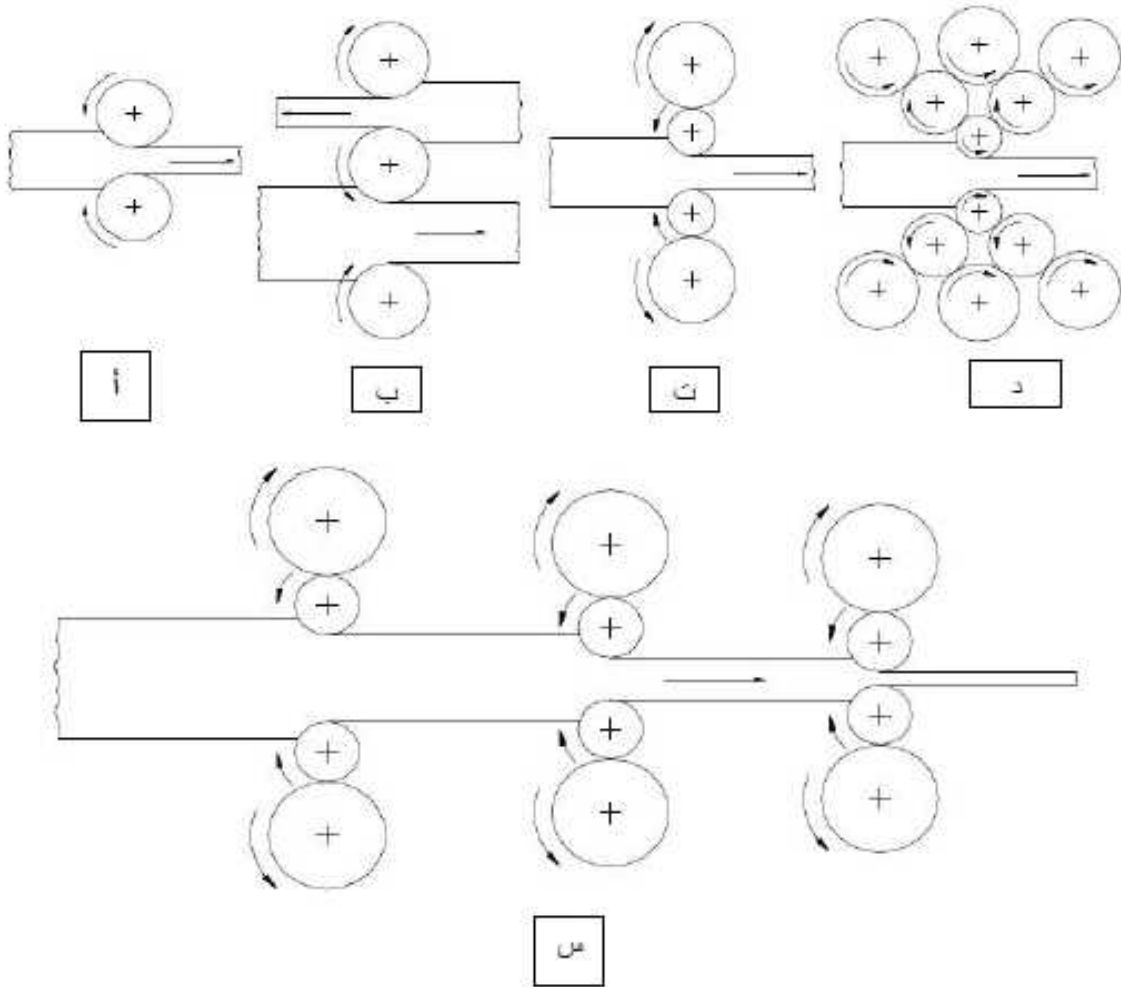
هنالك العديد من طرق الدرفلة المختلفة والتي لا يسعها دراستها كلها بالتفصيل لذلك سيتم ذكرها بشكل مختصر مع ذكر أهم تلك الطرق والتي منها: -

أ. معامل الدرفلة الإعتيادية وتشمل: -

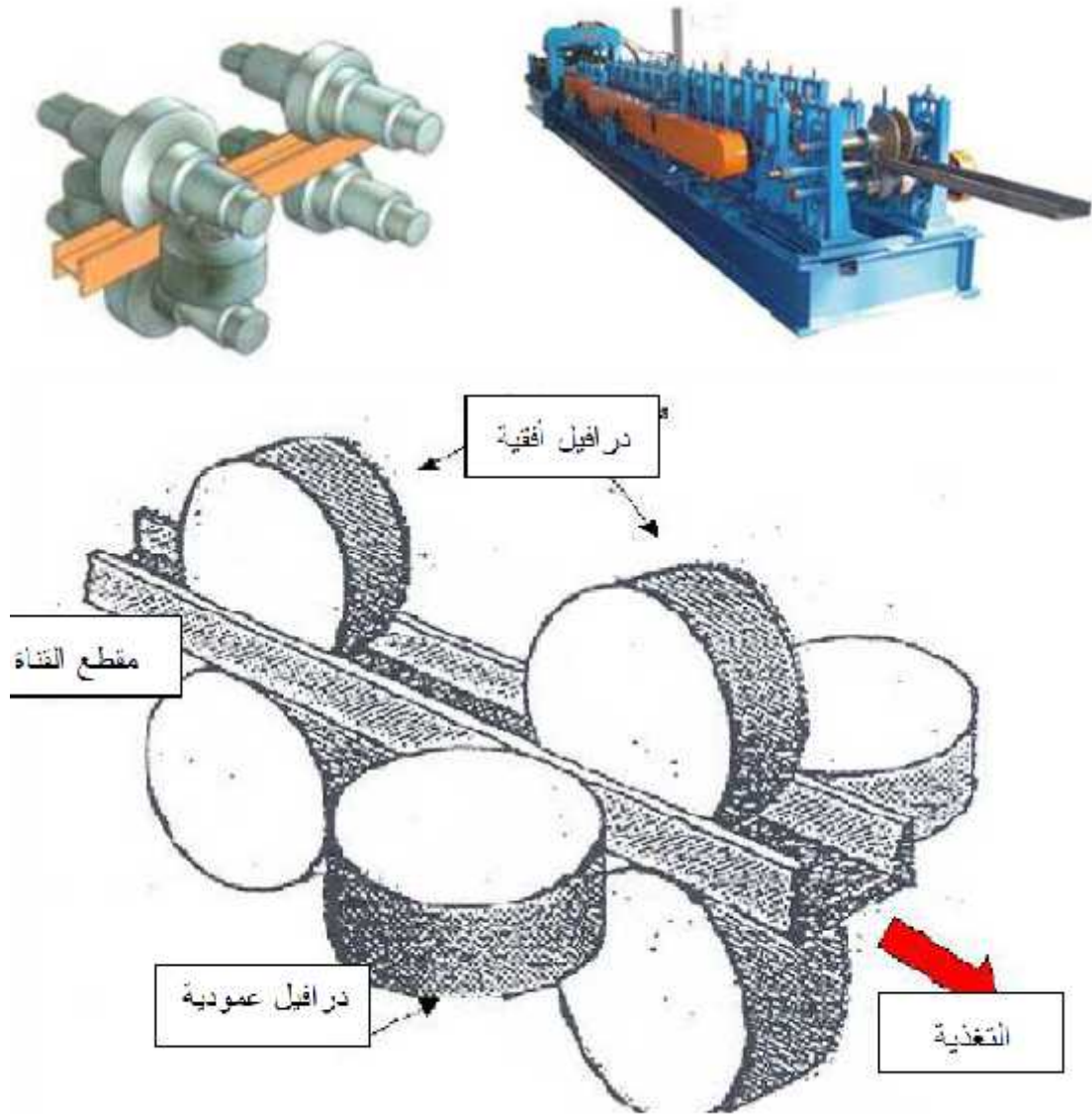
1. معامل الدرافيل الثنائية العالية ( أ ).
2. معامل الدرافيل الثلاثية العكسية ( ب ).
3. معامل الدرافيل الرباعية العالية ( ت ).
4. معامل الدرفلة العنقودية ( د ).
5. معامل الدرافيل الترادفية ( س ).

ب. معامل الدرفلة التشكيلية.

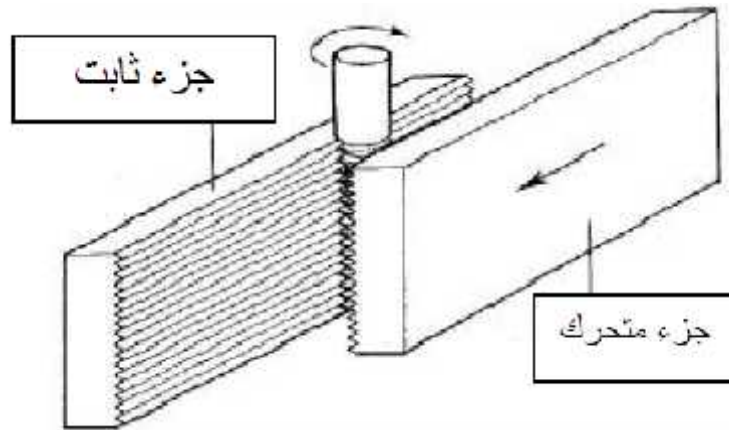
ج. معامل درفلة التسنين.



شكل 3.6 أنواع عمليات الدرفلة



شكل 3.7 عملية الدرفلة التشكيلية



شكل 3.8 عمليات التسنين بالدرفلة

## 2. عمليات السحب على البارد

تتم هذه العمليات على البارد وتتضمن تشكيل القضبان المعدنية كبيرة القطر نسبيا إلى الأسلاك وكذلك تشكيل الصفائح المعدنية إلى أوعية بواسطة السحب العميق. وتعتبر المطيلية العالية نسبيا من أهم خواص المواد المعدنية التي تؤهلها لعمليات التشكيل بالسحب على البارد. يسمى السحب على البارد في بعض الأحيان بضبط الأبعاد نظرا لدقته العالية بالأبعاد وجودة السطح المنتج بعد السحب.

هنالك عدد من الميزات التي تنفرد بها عملية السحب على البارد وهي :-

1. إمكانية الحصول على منتجات ذات دقة عالية في أبعاد المقطع العرضي وسطح ذو جودة عالية.
  2. يمكن استخدام السحب لتشكيل الأعمدة المجوفة وغير المجوفة والتي لا يمكن تشكيلها بالطرق الأخرى.
  3. يحقق المزج بين عملية التشكيل على البارد والمعاملة الحرارية إكساب المعدن خواص ميكانيكية عالية.
  4. عدم فقدان جزء من المعدن على هيئة رائش مثلما يحدث في عمليات القطع وبعض عمليات التشكيل.
  5. يعتبر السحب على البارد عملية إنتاجية وقل صعوبة في التنفيذ من باقي الطرق.
- تصنف عمليات السحب على البارد بصورة عامة إلى نوعين أساسيين هما:

### أ. سحب الأسلاك Wire Drawing

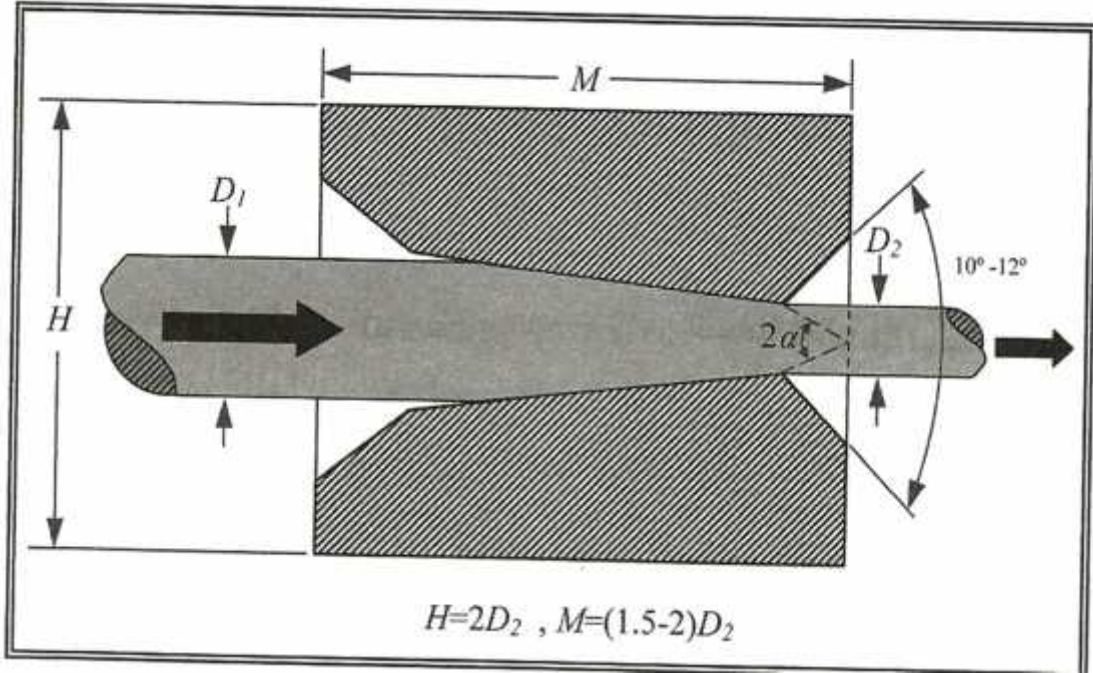
تصنع الأسلاك بالسحب على البارد من قضبان مصنوعة بواسطة الدرفلة على الساخن، وذلك بإمرار هذه القضبان من فتحات قوالب خاصة تعمل على تخفيض قطرها وزيادة طولها على عدة مراحل إلى أن تتحول إلى أسلاك بالأقطار المطلوبة. وقبل عملية السحب من الضروري تنظيف القضبان من طبقات الاوكسيد السطحية بمعاملتها ببعض الحوامض وتستعمل عادة بعض مواد التزييت لتسهيل عملية السحب نظرا لازدياد الصلادة نتيجة السحب على البارد. فان مقاومة المعدن للتشكيل سوف تزداد وعند تعذر الاستمرار في التشكيل تجري العملية على مرحلتين :-

1. السحب إلى أدنى قطر ممكن.



2. التسخين أو التخمير (راجع آخر صفحة بالفصل ) لغرض تليين القطعة ومن ثم الاستمرار في السحب وقد يتكرر تسخين المعدن عدة مرات إلى أن يتم الحصول على القطر المطلوب.

القوالب المستعملة تصنع عادة من مواد معدنية تمتاز بصلادتها ومقاومتها العالية وأكثرها استعمالاً هو كار بيد التنكستن وقد تستعمل أيضاً قوالب من الماس لبعض الأغراض الخاصة. وتستعمل هذه العملية بشكل واسع لسحب الأسلاك من النحاس والألمنيوم والصلب.



شكل 3.9 عملية سحب الأسلاك

ويمكن حساب إجهاد السحب من المعادلة التالية:

$$\sigma = Y \left[ 1 + \frac{\tan \alpha}{\mu} \right] \left[ 1 - \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^{\mu \cot \alpha} \right]$$

حيث:

$\sigma$  = إجهاد السحب (N/mm<sup>2</sup>).

$Y$  = إجهاد الخضوع (N/mm<sup>2</sup>).

$\alpha$  = زاوية نصف القالب.

$\mu$  = معامل الاحتكاك.

$A_2$  = المساحة بعد السحب (mm<sup>2</sup>).

$A_1$  = المساحة قبل السحب (mm<sup>2</sup>).

ويتم حساب زاوية نصف القالب من المعادلة التالية:

$$\sin \alpha = \frac{D_1 - D_2}{2(0.9)D_2}$$

حيث:

$D_1$  = القطر قبل السحب (mm).

$D_2$  = القطر بعد السحب (mm).

كذلك يمكن حساب قوة السحب من المعادلة التالية:

$$F = A_2 \times \epsilon$$

### ب. السحب العميق Deep Drawing

وهو عبارة عن تشكيل لوح معدني بسمك معين بواسطة مكبس دائري المقطع غالبا يضغط على اللوح ويكبسه داخل قالب دائري المقطع أيضا والشكل الناتج يكون عبارة عن وعاء بسمك يساوي الفرق بين قطر المكبس والقطر الداخلي للقالب. وللقيام بعملية السحب العميق بنجاح وإنتاج منتجات خالية من العيوب لابد من توفر العوامل التالية: -

1. مطيلية ومقاومة شد المعادن المراد سحبها يجب أن تكون عالية.
2. المكبس والقالب المستعمل يجب أن يمتازا بسطوح ذات نعومة عالية وانجاز سطحي جيد.
3. استعمال مواد لتزييت القالب والمكبس يسهل عملية التشكيل ويقلل من القوى الضرورية للتشكيل.

ويمكن حساب القوة اللازمة للمكبس في السحب العميق من المعادلة التالية:

$$F_{max} = \pi \times D_p \times T \left[ \left( \frac{D_o}{D_p} \right) - 0.7 \right]$$

حيث إن:

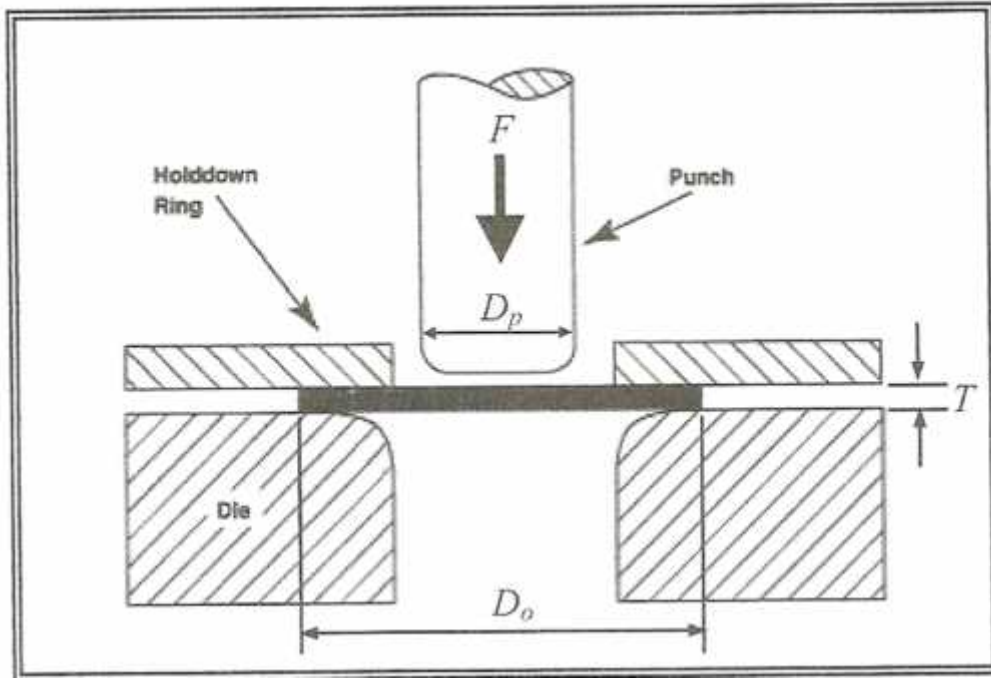
$D_p$  = قطر المكبس (mm).

$T$  = سمك الشغلة (mm).

$D_o$  = قطر الشغلة (mm).



وبالإمكان إنتاج أوعية ذات أعماق كبيرة وذلك بإجراء العملية على عدة مراحل كما في عملية سحب الأسلاك فيصاغ أولاً إلى التشكيل إلى عمق معين على البارد ثم يسخن الوعاء الناتج فتزداد ليونته ويتقبل مقدار إضافياً من التشكيل فيجري سحبه مرة أخرى وقد تتكرر عملية السحب والتسخين عدة مرات إلى حين تحقيق العمق المطلوب وتستعمل عملية السحب العميق بشكل واسع لإنتاج أغلفة أو ظروف القذائف وهياكل السيارات وهياكل الثلجات واسطوانات الغاز السائل وأحواض الغسل والاستحمام المنزلية.



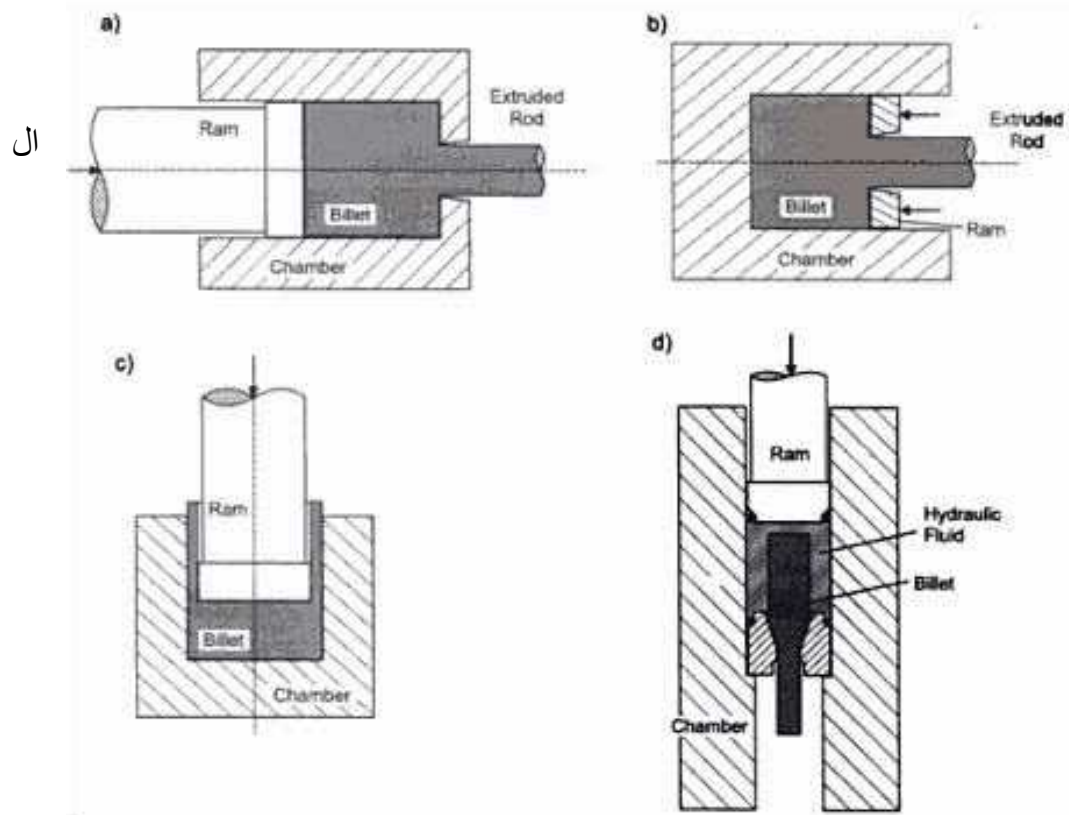
شكل 3.10 عملية السحب العميق

### 3. التشكيل البارد بالدوران Cold Spinning

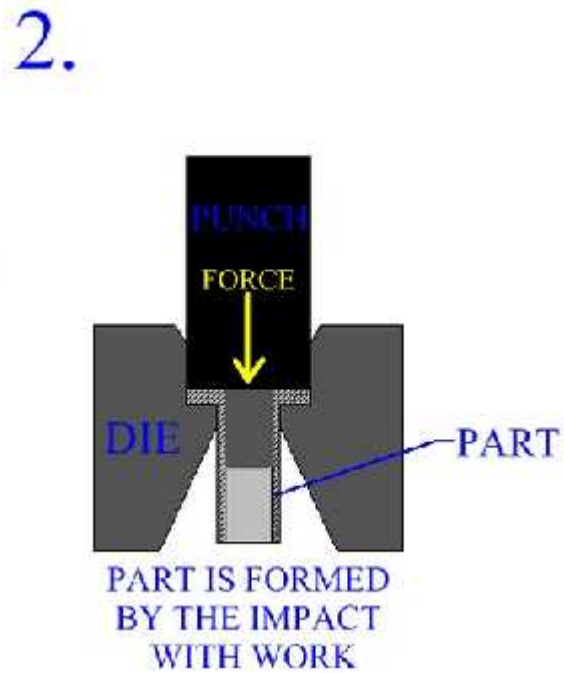
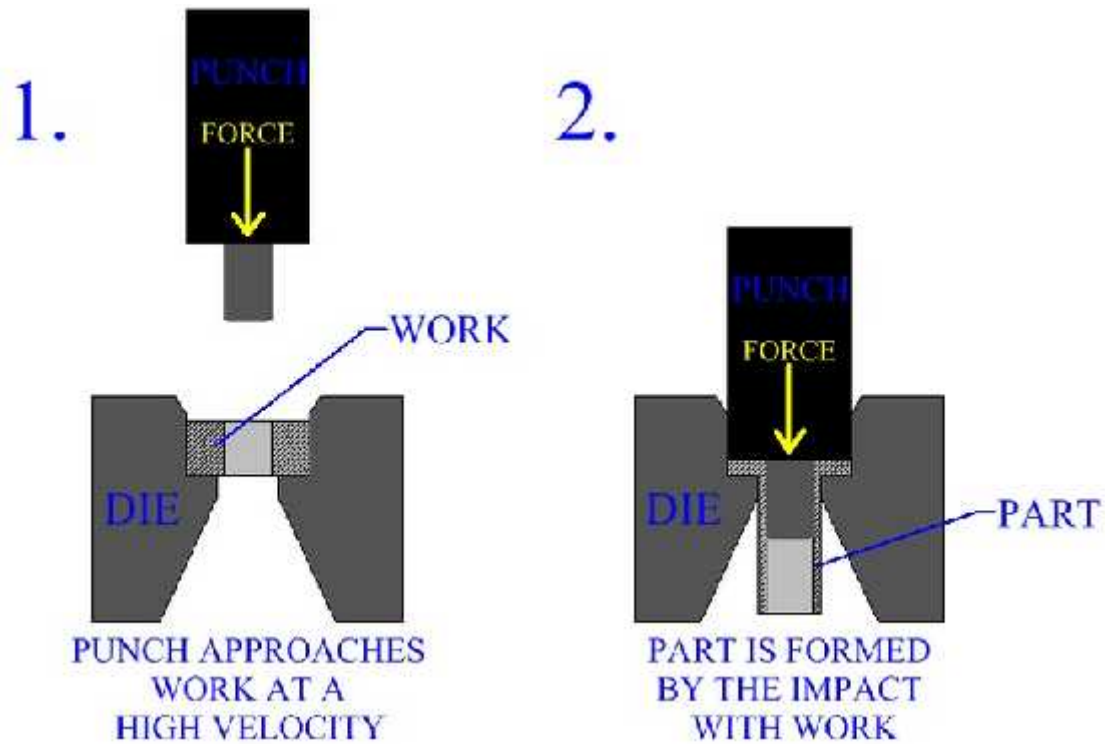
هذه العملية تشبه التشكيل الساخن بالدوران وتستعمل كذلك أجهزة مشابهة وتختلف الطريقتان في إن التشكيل البارد بالدوران يستعمل لإنتاج المنتجات الأصغر حجماً بكثير كما إن المعادن المستعملة تمتاز بارتفاع لدونتها في درجة حرارة الغرفة وتمتاز منتجات هذه الطريقة بارتفاع صلابتها نسبياً وإمكانية الحصول على أبعاد ومقاسات دقيقة إلى حد بعيد نتيجة كون التشكيل يجري على البارد بالدوران هي الألمنيوم والنحاس وسبائكها وتستعمل الطريقة أحياناً لتشكيل الصلب الكربوني واطئ الكربون وتستخدم هذه الطريقة بنجاح لتشكيل أدوات وأواني الطبخ والمزهريات والأجهزة العاكسة للضوء .

#### 4. البثق على البارد (البثق الصدمي) Cold Impact Extrusion

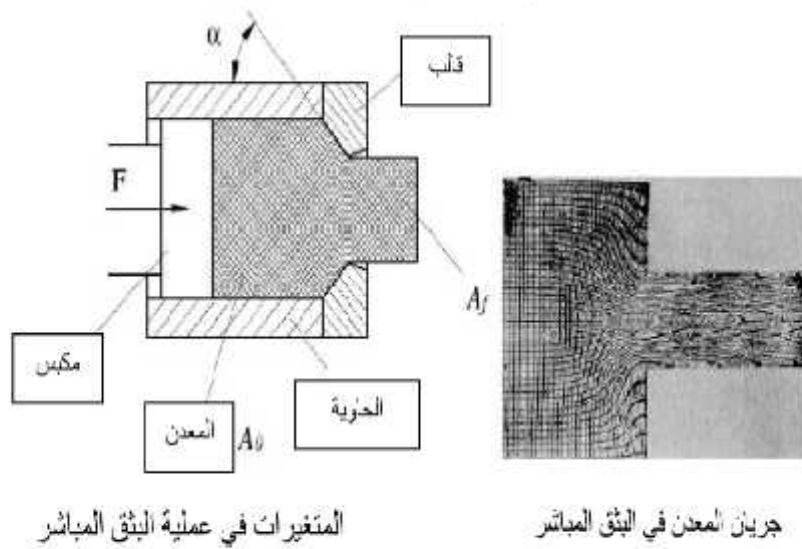
تتلخص عملية البثق الصدمي لتشكيل كتلة معدنية على شكل قرص موضوع داخل قالب ضحل العمق بواسطة مكبس يتم إسقاطه على القرص بقوة كبيرة نسبياً. ينساب معدن القرص محيطاً بالمكبس ومتخذاً شكله ويتم التشكيل بصدمة واحدة. وتستعمل هذه الطريقة لتشكيل المعادن اللينة مثل الرصاص والالمنيوم والقصدير والنحاس وتستخدم هذه الطريقة لتشكيل بعض المعادن على الساخن كما هي الحال مع الخارصين الذي يتم بثقه صدمياً بعد التسخين إلى حوالي  $(140-180^{\circ}\text{C})$  وتستعمل هذه الطريقة بشكل واسع لإنتاج الأنابيب أو العلب الرقيقة الجدران نسبياً وبأطوال تصل إلى حوالي 300mm وأقطار تتراوح بين (10-120)mm ومن منتجات البثق الصدمي علب معاجين الأسنان وأغلفة القذائف والاطلاقات النارية الصغيرة وعلب العقاقير الطبية وتمتاز عملية البثق الصدمي بالإنتاجية العالية والكفاءة والشكل (c) يستعمل لصناعة العلب أو الأنابيب المغلفة من إحدى نهايتها أما الشكل (a) فيمثل الجهاز المستعمل لصناعة القضبان بالطريقة الأمامية في حين يمثل الشكل (b) الطريقة الخلفية، أما الشكل (d) فيوضح طريقة بثق أمامية مع وجود سائل هيدروليكي خصوصاً إذا كانت المادة التي يتم بثقها عالية الصلادة



شكل 3.11 البثق الصدمي



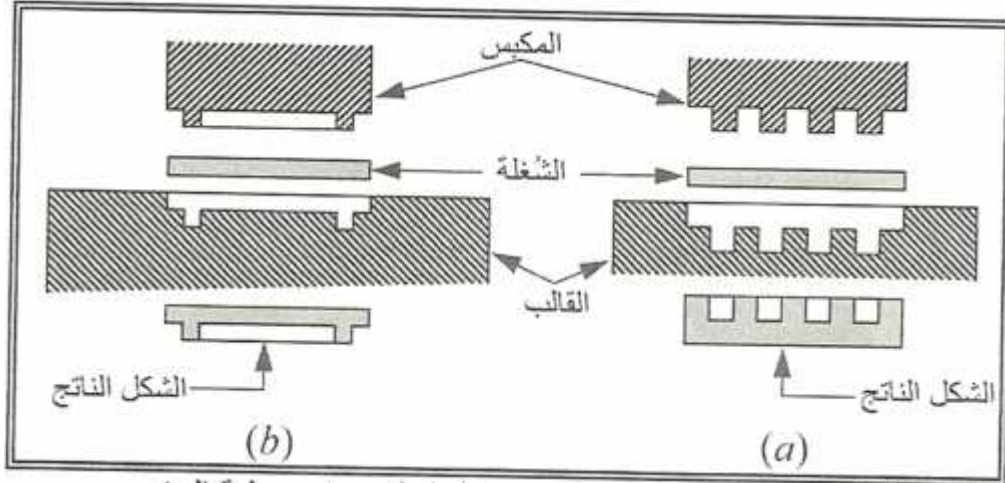
### شكل 3.12 عملية بثق الانابيب



شكل 3,13 يوضح عملية البثق وتأثيره على بلورات المعدن

## 5. التشكيل بالسك والختم Coining and Embossing

عملية السك عبارة عن تشكيل الكتل أو الأقراص المعدنية الصغيرة نسبياً بكبسها بين مكبسين يحتوي سطحهما على الهيئة أو الشكل المراد إعطائه لوجهي الكتلة أو القرص المعدني. ويضم القالب الذي يتكون من المكبسين بشكل لا يسمح بانسياب المعدن إلى الخارج وتستعمل هذه الطريقة بصورة خاصة لتشكيل قطع النقود المعدنية والميداليات وأجزاء الآلات الكاتبة (حروف الطبع) وما شابه.

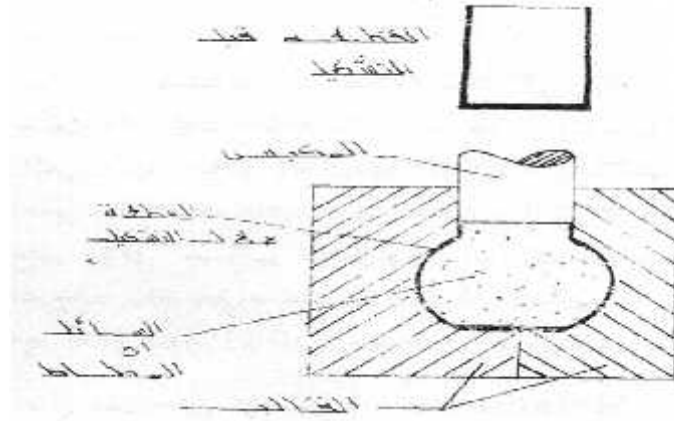


شكل 3.14 التشكيل بالسك

أما عملية الختم فتستعمل عادة كمرحلة نهائية لإعطاء شكل نهائي لقطعة سبق وان شكلت بطرق التشكيل الأخرى وليس الغرض من التشكيل بالختم إحداث تغيير كبير في شكل أو هيئة القطعة بل إنها تقتصر على إحداث تغييرات طفيفة في الشكل وضبط دقيق لأبعاد ومقاسات القطعة المشكلة

## 6. التشكيل بضغط السوائل أو المطاط Forming by Rubber or Liquids

يستعمل التشكيل بضغط السوائل أو المطاط ويسمى أحيانا التشكيل بالنفخ لتوسيع قطر أنبوبة أو علبة مشكلة مسبقا بإحدى طرق التشكيل في منطقة معينة من الأنبوب ويتم التشكيل بوضع الأنبوب المشكل داخل قالب يطابق شكله الأنبوب مع اتساع قطره عند المنطقة المطلوبة ثم يملأ الأنبوب وهو داخل القالب بالماء أو الزيت أو بكتلة مطاطية يضغط على السائل أو المطاط بواسطة مكبسين فيتم توسيع القطر بتأثير ضغط السائل أو المطاط.



شكل 3.15 التشكيل بضغط السوائل أو المطاط

## 7. بعض العمليات الخاصة للتشكيل: -

هنالك بعض العمليات الخاصة والمستحدثة لتشكيل المعادن إن هذه العمليات والتي تمتاز عادة بتكاليفها الباهظة وحاجتها إلى أجهزة معقدة أحيانا تستخدم عادة لتشكيل المواد المعدنية التي لا يمكن تشكيلها بالأساليب الأنفة الذكر أو على الأقل يصعب تشكيلها بهذه الأساليب. ومن ناحية أخرى فإن هنالك منتجات ذات مواصفات خاصة قد لا يمكن تشكيلها بالطرق الاعتيادية للتشكيل فتنتج عادة بالطرق الآتية: -

### أ. تشكيل مساحيق المعادن Powder Metallurgy

لقد استعملت هذه الطريقة لتشكيل المعادن والسبائك التي لا يمكن تشكيلها بعمليات التشكيل الميكانيكي أو عمليات التشغيل مثل معادن التنكستن والمولبيديوم وسبائكهما وخاصة كاربيد التنكستن وكاربيد المولبيديوم ذو الصلادة الفائقة ودرجات الانصهار المرتفعة ثم اتسع استعمالها إلى أن أصبح يشمل عددا كبيرا من المعادن والسبائك الواسعة الانتشار مثل الألمنيوم والنحاس والصلب.

وتتلخص عملية تشكيل مساحيق المعادن بثلاثة عمليات أساسية هي: -

1. تحضير مساحيق المعادن ومزجها.
2. كبس المساحيق بواسطة مكابس في قوالب تعطي المسحوق الشكل أو الهيئة المطلوبة.
3. تليد المنتجات المكبوسة وذلك بتسخينها إلى درجات حرارة عالية مرتفعة نسبيا.



شكل 3.16 المادة بحالاتها الثلاث

ويجري تحضير المساحيق المعدنية إما بالطرق الميكانيكية (الطحن، التفريز، البرادة) أو بالطرق الكيماوية (المساحيق الناتجة من بعض التفاعلات الكيماوية) وهناك طرق أخرى أكثر تعقيدا منها: -

1. **المزج (mixing):** يمتلك مزج المساحيق المعدنية أهمية كبيرة من حيث تجانس المنتج النهائي. وان المزج الجيد لأنواع مختلفة من المساحيق يستوجب الحصول على توزيع حجمي ملائم لحبيبات المسحوق. ولغرض التحكم في مسامية المنتج وجعلها بالمقدار المناسب تضاف المساحيق السباكية ومواد مزيطة ومواد متطايرة إلى المسحوق الأساسي أثناء عملية الخلط والمزج. تستغرق عملية المزج وقتا محددا ويعتمد على الخبرة العملية وعلى النتائج المرغوب الحصول عليها.

2. **عملية الكبس (compacting):** ويتم فيها تعريض المساحيق إلى ضغط عالي بوجود درجة الحرارة ويسمى الناتج بال قالب الأخضر ويمكن أن يتم الكبس على البارد أو على الساخن. تكون عملية الكبس ذات أهمية كبيرة لكونها تحدد كثافة وتجانس المنتج النهائي. إن القدرة على الحصول على كثافة ضغط مناسبة تكون محددة غالبا بقابلية التصنيع بطريقة ميتولوجيا المساحيق.

إن الغرض من عملية الكبس هو من أجل جمع حبيبات المسحوق المعدني داخل الشكل المطلوب وحسب الأبعاد المرغوب بها اخذين بنظر الاعتبار التغيرات التي تحصل في العملية اللاحقة للكبس وهي التليد. يمكن تصنيف عمليات الكبس إلى نوعين أساسيين هما:

- أ. **الكبس بالضغط:** ويتم باستخدام الضغط في هذه العملية ومن الأمثلة عليها الكبس بالقوالب، الكبس المتساوي في كافة الاتجاهات وغيرها من العمليات.
- ب. الكبس بدون ضغط: وتشمل الكبس بتأثير الجاذبية.
3. عملية التلييد (sintering): يعرض القالب الأخضر لدرجات حرارة أقل من درجة الانصهار للمعدن الصلب وبدون ضغط. إن الغرض من عملية التلييد هو الحصول على الخواص المرغوب بها للمنتج النهائي.
- واهم منتجات هذه الطريقة:
- أ. المحامل الذاتية التزيت.
- ب. المرشحات المعدنية.
- ج. أسلاك المصابيح الكهربائية ورؤوس أقلام القطع.

#### مزايا وعيوب عملية تشكيل مساحيق المعادن: -

- تمتاز عملية تشكيل مساحيق المعادن عن غيرها من عمليات التشكيل بما يلي: -
1. إن منتجات هذه العملية لا تحتاج إلى عمليات إضافية للتشكيل أو التشغيل حيث يمكن استعمالها مباشرة.
  2. خطوات إنتاج المنتجات سهلة وذات كفاءة إنتاجية عالية.
  3. تتوفر إمكانية إنتاج منتجات لا يمكن تشكيلها أو تكون صعبة التشكيل بالطرق الاعتيادية للتشكيل والتشغيل.
  4. تتوفر إمكانية كبيرة لتغيير التركيب الكيميائي للمنتجات عن طريق التحكم في مزيج المساحيق وبالتالي توفر الإمكانية في الحصول على الخواص المتباينة.

#### أهم عيوب هذه الطريقة هي:

1. صعوبة إنتاج المنتجات ذات الأشكال أو الهياكل المعقدة.
2. معظم منتجات هذه الطريقة تكون ذات مقاومة ومتانة أقل من منتجات عمليات التشكيل الأخرى.
3. ارتفاع تكاليف صناعة القوالب والمكابس المستعملة في العملية.

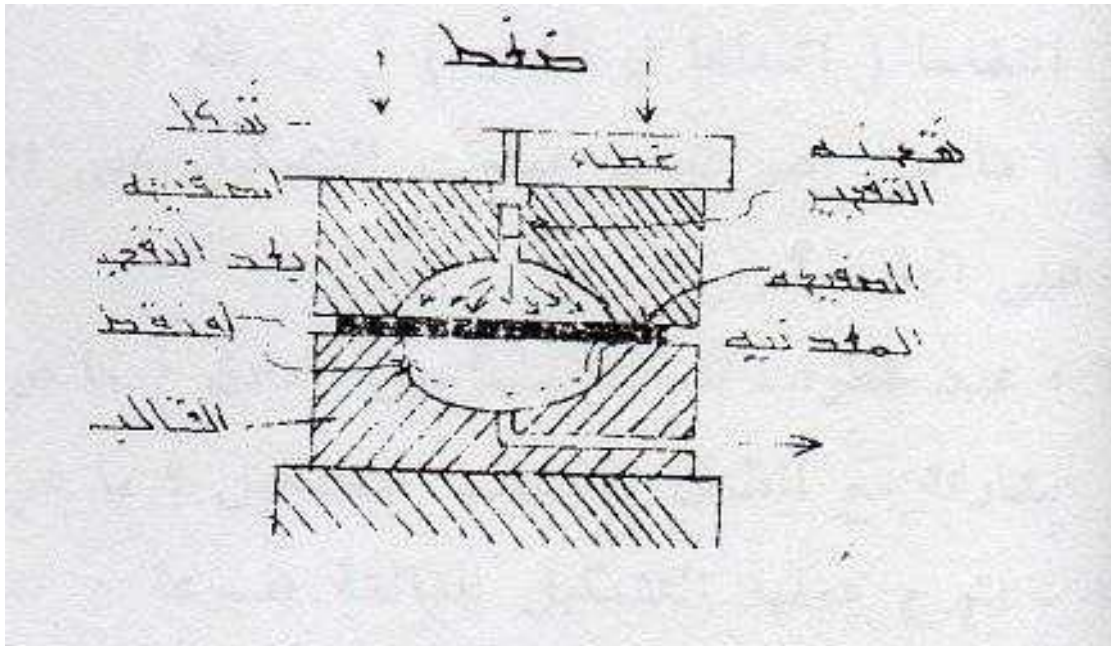


## ب. عملية التشكيل الفائقة السرعة والطاقة أو عملية التشكيل بالمتفجرات High

### Rate Forming

تستعمل هذه الطريقة لتشكيل المعادن والسبائك الفائقة الصلادة والتي يكون تشكيلها صعبا بالأساليب الأنفة الذكر على سبيل المثال معدن التيتانيوم وسبائك الفولاذ المقاوم للصدأ وبعض سبائك الألمنيوم وتستغل هذه الطريقة المقدار الهائل من التشكيل الذي يحدث بسهولة في المواد المعدنية لدى تعرضها إلى قوة تؤثر عليها بسرعة هائلة وهناك طرق عديدة لهذه العملية نكتفي بشرح واحدة والشكل التالي يبين مثالا على عملية التشكيل بالمتفجرات حيث يتكون الجهاز من قالب متين جدا يحتوي على فراغ يمثل الجسم المطلوب تشكيله ويتصل فراغ القالب بقناة ذات قطر صغير نسبيا تعمل على تسريب الهواء إلى الجو الخارجي .

يوضع اللوح المعدني المراد تشكيله على فوهة القالب ثم يثبت عليه وعاء مملوء بسائل مثل الماء وتعلق شحنة متفجرة قوية (يستعمل الديناميت عادة) في الوعاء الحاوي على السائل وعند تفجير الشحنة تتولد موجة قوية جدا داخل السائل الذي يرتطم بقوة هائلة باللوح المعدني ويدفعه إلى فراغ القالب متخذا شكله تستعمل هذه العملية لتشكيل المنتجات ذات الأحجام الكبيرة والتي تمتاز بالصلادة الفائقة وهذه العملية تشبه إلى حد بعيد عملية السحب العميق.



شكل 3.17 عملية التشكيل بالمتفجرات



## التخمير

(بالإنجليزية: Annealing)، في علم الفلزات والمواد، هي معالجة حرارية يتغير بتطبيقها بعض خواص مادة ما مثل القوة والصلادة. في هذه العملية، يتم تسخين السبيكة إلى ما فوق درجة حرارة إعادة التبلور والحفاظ على درجة الحرارة تلك لفترة مناسبة، ثم التبريد بعد ذلك. التخمير يستخدم لتحسين ليونة السبيكة وتقليل الإجهادات الداخلية وتحسين البنية الداخلية للسبيكة عن طريق جعلها أكثر تجانساً، وتحسين قدرتها على التشغيل على البارد.

عند تخمير النحاس والصلب والفضة والنحاس الأصفر، يتم تنفيذ هذه العملية عن طريق تسخين هذه المواد حتى التوهج لفترة من الوقت وثم تركها لتبرد. على عكس الصلب الذي يجب أن يبرد ببطء ليتخمّر، النحاس والفضة والنحاس الأصفر يمكن أن تبرد ببطء في الهواء أو عن طريق التبريد بسرعة في الماء. يجعل التخمير المعدن أكثر ليونة، وأكثر قابلية للتشكيل والتشغيل.

## مراحل التخمير

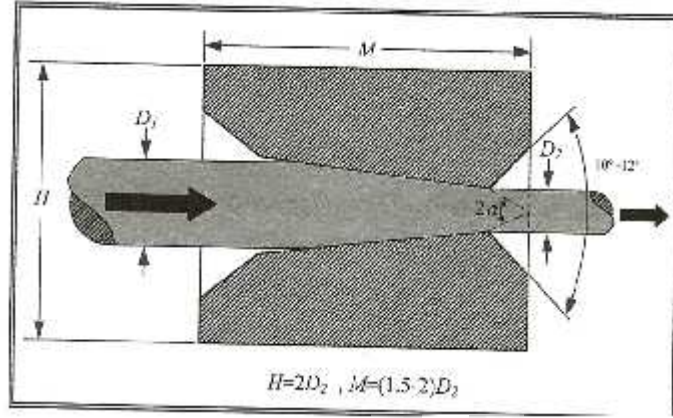
### هناك ثلاث مراحل في عملية التخمير

- الأولى :** عودة المعدن إلى حالته الأولية عبر إزالة عيوب البلورات وإزالة الإجهادات الداخلية.
- الثانية :** هي إعادة تكوين البلورات حيث تتكون نويات لحبيبات المعدن داخل البنية الداخلية للمعدن، تنمو لتحل محل تلك التي تشوهت بالإجهادات الداخلية.
- الثالثة :** فتحدث إذا استمر التخمير بعد إعادة التبلور، فسيحدث نمو للحبيبات، مما قد يتسبب في الحصول على خواص ميكانيكية أقل من المُبتغاة

غالباً ما تستخدم أفران الغاز للتسخين. وبمجرد انتهاء عملية التسخين بنجاح حتى تخرق الحرارة وتنتزع بانتظام داخل جسم المنتج، يتم ترك المنتج داخل الفرن لكي يفقد حرارته ببطء فلا تتسبب في تكوّن إجهادات حرارية داخل جسم المنتج.

قد تتسبب درجة الحرارة العالية للتخمير في أكسدة سطح المعدن، ولتجنب ذلك، يتم التخمير في جو خالي من الأكسجين والنيتروجين والكربون لتجنب الأكسدة والكربنة والنترة كاستخدام من الغازات المختزلة مثل أول أكسيد الكربون والهيدروجين

مثال : اوجد القوة اللازمة لسحب سلك من سبيكة الألومنيوم - نحاس 2024 من قطر 0.6 سم إلى قطر 0.3 سم علماً بأن معامل الاحتكاك يساوي 0.5 وقيمة معامل يونج هو 340 ميجا باسكال ؟  
الحل :-



يتم حساب زاوية نصف القالب من المعادلة التالية

$$\sin \alpha = \frac{D_1 - D_2}{2(0.9)D_2}$$

ثم حساب إجهاد السحب من المعادلة التالية:

$$\sigma = Y \left[ 1 + \frac{\tan \alpha}{\mu} \right] \left[ 1 - \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^{\mu \cot \alpha} \right]$$

حيث:

$\sigma$  = إجهاد السحب (N/mm<sup>2</sup>).

$Y$  = إجهاد الخضوع (N/mm<sup>2</sup>).

$\alpha$  = زاوية نصف القالب.

$\mu$  = معامل الاحتكاك.

$A_2$  = المساحة بعد السحب (mm<sup>2</sup>).  $\left( \frac{\pi D_2^2}{4} \right)$

$A_1$  = المساحة قبل السحب (mm<sup>2</sup>).  $\left( \frac{\pi D_1^2}{4} \right)$

$D_1$  = القطر قبل السحب (mm).

$D_2$  = القطر بعد السحب (mm).

وأخيراً يمكن حساب قوة السحب من المعادلة التالية:

$$F = A_2 \times \sigma$$

## الفصل الرابع

### عمليات الحداة واللحام



الحداة وهي طرق الحديد والمعدن، وتشكيله بعد تليينه بالنار لإنتاج الأدوات التي يحتاج إليها الإنسان في حياته اليومية. وليس ثمة مجال من مجالات الحياة من زراعة وصناعة وتجارة وخدمات إلا والحديد ضروري فيها، فالحديد والنار، عنصران مهمان أتاحا للحياة البشرية أن تحقق قفزات نوعية هائلة، أوصلت الإنسانية إلى حضارتها الراهنة.



### الحداة في العصر الحديث

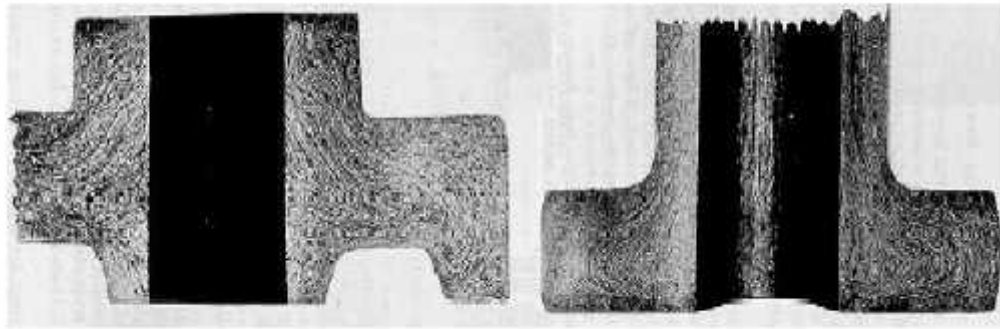
لفظ الحداة مصطلح ينطوي على معنى أوسع من دلالاته على الحديد، ذلك أن الحداة

كانت تقتصر على تسخين المعدن في النار ليصل إلى حالة اللينة ثم طرقه وتشكيله بوساطة المطرقة والسندان وفق الغرض والشكل المطلوبين، وقد ظلت الحداة عبر العصور القديمة تدل على مثل هذه العمليات، وتلبي حاجات المجتمعات القديمة من أدوات وأوعية، إضافة إلى أسلحة الصيد وأسلحة القتال الفردية حتى مطلع العصر الحديث الذي بدأ مع النهضة الصناعية في القرن الثامن عشر، حيث لم يعرف أسلوب الإنتاج الكبير في الحداة إلا في العقود الأولى من القرن العشرين. وبدأ معه عصر البخار ثم عصر الكهرباء واستخدام النفط والمحركات الانفجارية ذات الاحتراق الداخلي، وتسارعت مع هذه الاكتشافات عمليات استخراج المعادن من المناجم وعمليات صهر الحديد وتحسين مواصفاته، وتطورت في أثناء ذلك عمليات الحداة بكل فروعها، فأمكن صنع مطارق آلية كبيرة، وإنتاج آلات ضخمة كالقاطرات البخارية والسكك الحديدية. وجاء اكتشاف الكهرباء ليضيف إلى حرفة الحداة واللحام تطوراً جديداً باستعمال القوس الكهربائي في عمليات اللحام ووصل القطع المعدنية أو تقطيعها وسكبها الأمر الذي فتح الباب لإنتاج آلات أكثر تطوراً، هيأت لنقلة جديدة في الصناعة الحديثة، كالمحاريث الزراعية الميكانيكية والآلات والجرارات والحصادات وغيرها.

### مميزات تشكيل المعادن بالحداة

تتميز المشغولات المنتجة بطرق الحداة المختلفة عن المشغولات المنتجة المماثلة بعمليات التشكيل أو التشغيل بالقطع بالمميزات التالية :

- 1- شدة الكثافة
- 2- عدم حدوث تمزق في الالياف
- 3- ارتفاع مستوى المتانة
- 4- انخفاض في مسام المعدن
- 5- تحسين الخواص الفيزيائية بصورة عامة
- 6- قدرة عالية على تحمل الاجهادات
- 7- التوزيع المنتظم للشوائب الحبيبية في المعدن
- 8- تعتبر من طرق التشكيل الاقتصادية
- 9- تهذيب الحبيبات الخشنة



شكل (1-4) الانسياب الحبيبي للمعدن

**طرق الحدادة:** وتتحصر هذه الطرق في:

1. **الحدادة اليدوية،** أهم وسيلة لتشكيل المعدن الساخن إلى الشكل المطلوب قبل ظهور الطرق

الحديثة للحدادة. لكن في العصر الحديث أصبحت تكاليف أداة الحدادة بالطرق اليدوية وعدم دقتها غير مجدية تماماً، ويكاد يقتصر استخدامها في تشكيل بعض المنتجات البسيطة المطلوبة لأغراض الصناعة وفي تشكيل المنتجات التي في مرحلة التصميم .



شكل (2-4)

2. **الحدادة بالمطارق الميكانيكية،** وتشبه الحداة اليدوية إلا أن الماكينات المستخدمة تدار ميكانيكياً بواسطة سير، أو تدار مباشرة باستخدام الهواء أو البخار. وتستخدم قوالب تشكيل بسيطة مسطحة قليلة التكاليف لتسهيل عملية الحدادة. ويستخدم

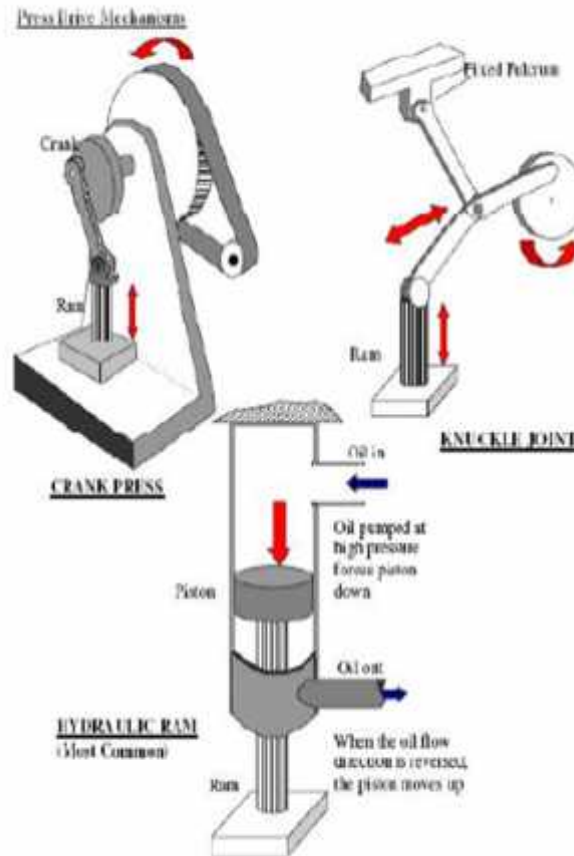
قالبان يركب أحدهما في الجزء المتحرك من المطرقة أو رأسها، ويثبت الآخر في سندان

المطرقة الذي يتم الطرق عليه. شكل (3-4)

3. **الحدادة بالطرق المتساقط،** تجرى عملية الحدادة بهذه الوسيلة بطرق قضبان أو كتل من

المعدن بعد تسخينها بين قوالب تشكيل من النوع المقفل. ويجرى تشكيل المعادن وهو في حالته العجينية في قوالب التشكيل. فتخرج الأجزاء المطلوبة من القالب في الشكل والحجم والأبعاد المطلوبة. وتدمج ضربات المطرقة المتلاحقة التكوين الحبيبي في لب قضيب أو في الكتلة كما تحسن من خواص المعدن الفيزيائية (4-4)

4. **حدادة المعادن بالكبس،** عملية عصر بطيئة لتشكيل المعدن العجيني إلى الشكل المطلوب، ويتراوح الضغط الواقع على المعدن بين طن واحد و25 طناً على البوصة المربعة. وتستعمل غالباً المكابس الهيدروليكية في هذه العملية. شكل (4-4) و(5-4)

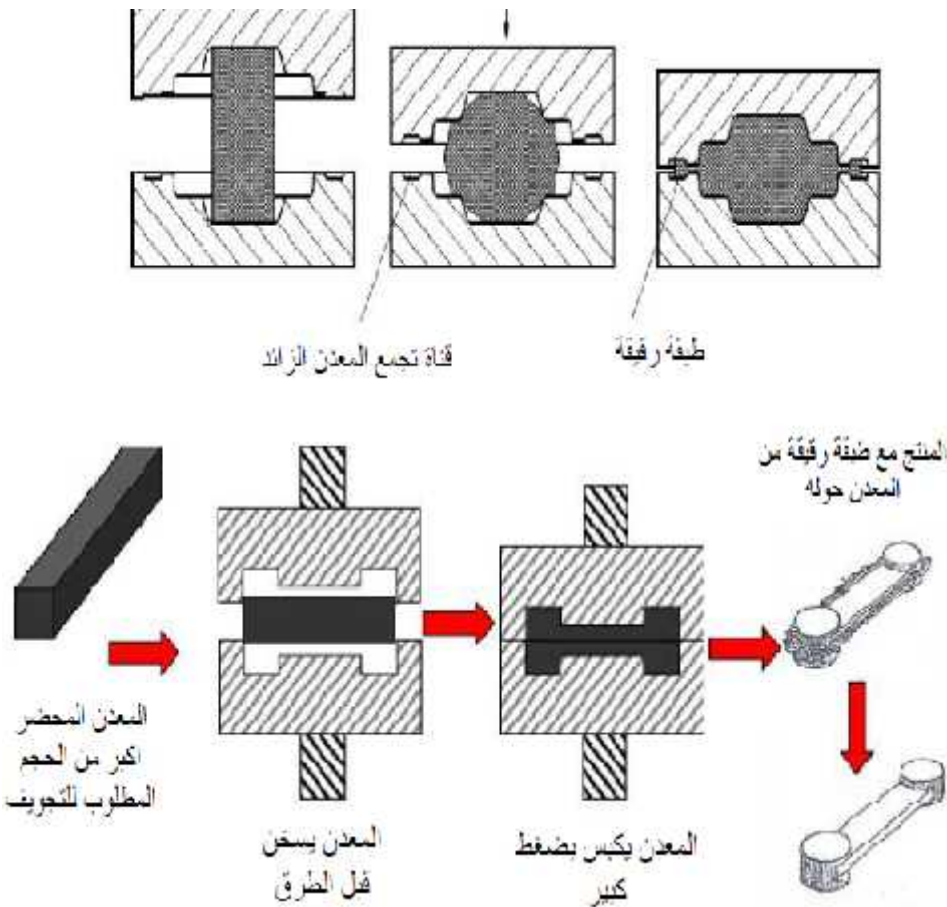


شكل (3-4) انواع المطارق





شكل (4-4) حداة بالقالب الفتوح



**شكل (5-4) حدادة بالقوالب المغلقة**

## اللحام

هو عملية تقنية هدفها وصل قطعتين بطريقة غير قابلة للفك، وذلك بإيجاد ارتباط بين ذرات سطحي القطعتين المراد وصلهما. ويتم ذلك إما بالصهر الموضعي أو الكامل لحواف القطعتين، أو بإحداث انفعالات لدنة فيها من دون تسخين، أو بالتسخين الموضعي أو الكامل للقطعتين مع إحداث انفعالات لدنة في السطحين المتلامسين ثمكّن من دمجهما.

### تصنيف أنواع اللحام:

هناك طرق مختلفة لتصنيف أنواع اللحام، ولكن أكثرها شيوعاً تصنف حسب:

أ- نوع الطاقة المستخدمة في اللحام

1. طرائق اللحام الميكانيكية: وفيها تستخدم الطاقة الميكانيكية التي تسبب انفعالات لدنة في منطقة اللحام بحيث تكون هذه الانفعالات كافية للحصول على الوصلة الملحومة. ومن هذه الطرائق: اللحام على البارد واللحام الاحتكاكي واللحام بالانفجار.
2. طرائق اللحام الكيميائية: وفيها تحول الطاقة الكيميائية إلى حرارية يبلغ فيها المعدن حالة الانصهار من دون تسليط أي ضغط خارجي. ومن هذه الطرائق: اللحام الغازي بالصهر.
3. طرائق اللحام الكهربائية: وفيها تحول الطاقة الكهربائية إلى حرارية لصهر حواف القطع المراد لحامها. ومن هذه الطرائق: اللحام بالقوس الكهربائية يدوياً أو نصف آلي أو آلياً، واللحام الكهربائي الخبثي بنشر حرارة عالية عند مرور تيار كهربائي بالخبث، واللحام بالأشعة الإلكترونية، واللحام بتحريض تيار كهربائي ذي ترددات عالية، واللحام بأشعة الليزر.
4. طرائق اللحام الكهروميكانيكية: وفيها تحول الطاقة الكهربائية إلى حرارية لتسخين المعدن إلى ما دون حالة الانصهار، يتبعها تسليط قوى ضغط خارجية لإحداث انفعالات لدنة في سطحي القطعتين لوصلهما، ومن هذه الطرائق: طريقة اللحام الكهربائي بالتماس (وتدعى أحياناً طريقة لحام المقاومة).
5. طرائق اللحام الكيميائي ميكانيكية: وفيها تحول الطاقة الكيميائية إلى حرارية لتسخين حواف القطعتين المراد وصلهما إلى درجة اللحام المطلوبة وهي دون درجة الانصهار أيضاً، يتبعها إحداث انفعالات لدنة في المعدن المسخن بتسليط قوى ضغط خارجية على القطعتين المراد وصلهما، ومن هذه الطرائق اللحام بالغاز والكبس.

ب- حالة المعدن في منطقته في اثناء اجراء العمل شكل(4-6)

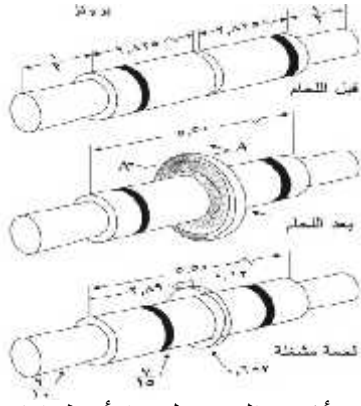


56



على البارد، اللحام بالغاز والكبس، اللحام الكهربائي بالتماس (لحام المقاومة)، اللحام بالانتشار، اللحام بالانفجار، اللحام بالأشعة فوق الصوتية.

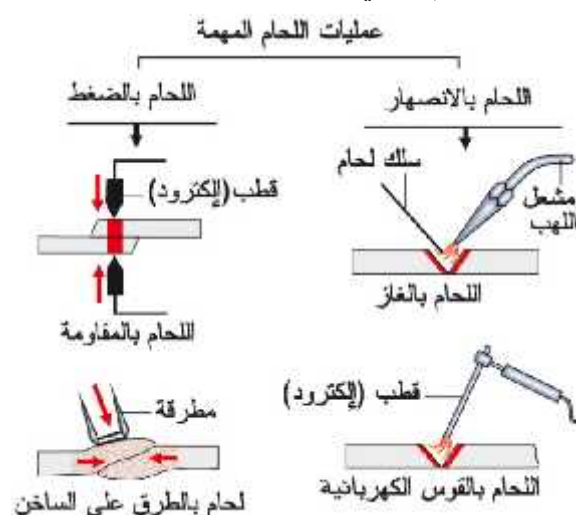
2. طرائق اللحام بالصهر: يتم فيها اللحام بصهر حواف القطع المراد لحامها، ويتم اللحام من دون تسليط قوى ضغط خارجية. وتشمل هذه المجموعة لحام الترميت، لحام الصهر بالغاز، اللحام بالقوس الكهربائي، اللحام في وسط من الغازات الواقية، اللحام بالبلازما، اللحام بالأشعة الإلكترونية، اللحام بأشعة الليزر، اللحام بالهيدروجين الذري، اللحام تحت الماء.



1- أ. اللحام الاحتكاكي: يعد اللحام الاحتكاكي أحد طرائق اللحام بالضغط، ويتم تسخين حواف القطعتين المراد وصلهما بالحرارة الناشئة من احتكاك سطحي هاتين القطعتين عند تدوير إحداها على تماس مع الأخرى وهي ثابتة مع قوة ضغط محورية متزايدة عليهما؛ وعند بلوغ حد معين لسرعة الدوران والضغط توقف الحركة فجأة ويبقى الضغط مسلطاً لتتم عملية اللحام. ويستعمل اللحام الاحتكاكي على نطاق واسع في لحام غرف

الاحتراق المسبق في محركات الديزل ومركبات الدوران وأذرع التوصيل والأسطوانات والوصلات المحورية ومحاور القيادة الأمامية للمركبات وأعمدة الصوابات وغيرها. ويقتصر اللحام الاحتكاكي عموماً على القطع ذات المقاطع الدائرية أو القريبية منها كالأشكال السداسية والثمانية، ولا يمكن بهذه الطريقة لحام المشغولات ذات المقاطع الدائرية التي لها أكثر من محور مركزي، كما يجب أن تتحمل القطع المراد لحامها باللحام الاحتكاكي عزوم الفتل والقوى المحورية المرتفعة وأن تقاوم الصدمات. (شكل (4-7))

2- ب. اللحام على البارد: تعد هذه الطريقة إحدى طرائق اللحام بالضغط، ويتم بهذه الطريقة الحصول على وصلات لحام بإحداث انفجالات لدنة كبيرة في سطحي القطعتين المراد وصلهما من دون أي تسخين خارجي لهاتين القطعتين. فتوضع الصفيحتان المراد لحامهما متراكبتين وتحصران بمقبضين لمنع حدوث انتفاخ عند تعرض الصفيحتين للضغط، ويتم ضغطهما برأسي كبس من معدن أشد قساوة من المعدن المراد لحامه، فيتعرض المعدن لانفجالات كبيرة وينساب المعدن في منطقة الضغط بين سطحي الصفيحتين فتتصدع سطوحها تحت تأثير انسياب المعدن؛ ويحدث تلامس تام بين نقاط السطحين وترابط متين. ويتعلق مقدار الانفجالات اللدنة المراد إحداثها في سطحي الوصلة بكل من خواص المعدن الملحوم وطبيعة القشور الأوكسيدية وأسلوب إحداث هذه الانفجالات. تستخدم هذه الطريقة لوصل المعادن ذات اللدونة العالية. لذا يتم استعمالها للحصول على وصلات تراكبية وتناكبية للمعادن لا تحتاج إلى تسخين قبل عملية اللحام أو في أثناءها.

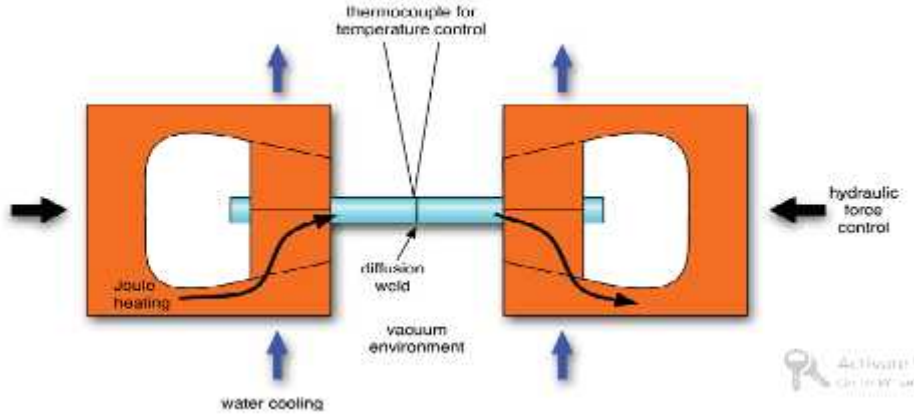


1- ج. اللحام بالغاز والكبس: يشبه مبدأ اللحام بالغاز والكبس مثيله في اللحام بالنطريق، ولكن تسخين القطع المراد لحامها بهذه الطريقة يتم باستخدام اللهب الناتج من احتراق الغازات، ويمكن التحكم باستطاعة هذا اللهب وتركيزه بدقة على

النقاط المراد تسخينها قبل الضغط عليها. ويتم التسخين إما تدريجياً مع الضغط على النقطة الساخنة، أو تسخين المقطع المراد لحامه كاملاً مع الضغط في آن واحد (الشكل 4-8). وفي الحالة الثانية يُسخن المقطع جانبياً أو تُسخن الحواف فقط؛ فإذا كان التسخين من الجانب فإنه يمكن تطبيق الضغط على القطع في أثناء التسخين باللهب، أما إذا سُخنت الحواف فقط، فيجب إبعاد اللهب قبل تسليط الضغط على القطع. ولما كان إبعاد اللهب بفواصل زمني قصير حتى لحظة تسليط الضغط، يؤدي إلى تأكسد سطوح الحواف بفعل أكسجين الهواء، فإن تسخين هذه الحواف يجب أن يتم حتى حالة الانصهار، بهدف عصر المصهور السطحي المؤكسد خارج منطقة اللحام لدى تسليط الضغط، ثم يتم لحام سطحي الحواف النظيفين تماماً والخاليين من الأكاسيد. يستخدم لهب الأوكسي-أسيتيلين عادة لتسخين المقطع؛ إذ تصل درجة حرارة هذا اللهب إلى 3000 درجة مئوية. وتستخدم طريقة اللحام بالغاز والكبس في إجراء اللحامات التناكبية للأنابيب ومجموعة الوصلات في السكك الحديدية التي تكون مصنعة من الفولاذ الكربوني المنخفض الكربون.

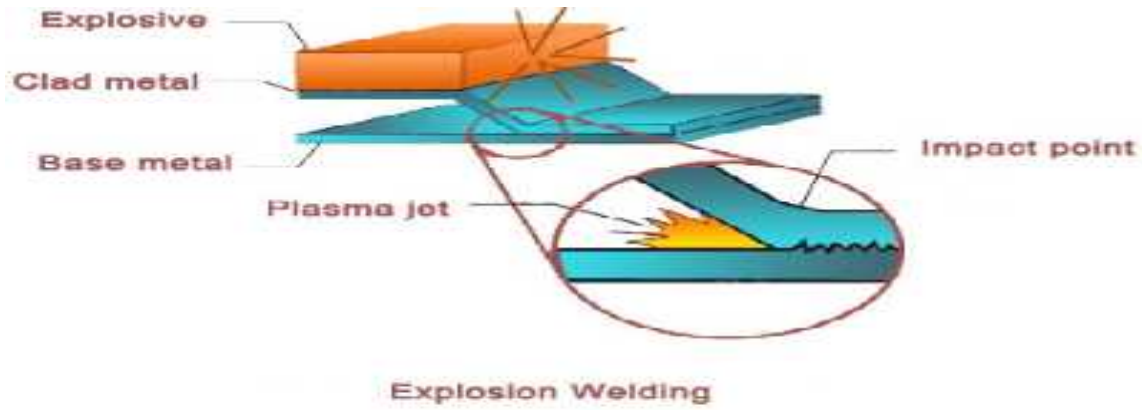
1- د. اللحام الكهربائي بالتماس: يعد اللحام الكهربائي بالتماس أحد طرائق اللحام بالضغط، وتتم عملية اللحام بتسخين القطع المراد لحامها بطريقة المقاومة الكهربائية؛ إذ تتولد حرارة كبيرة جداً عند مرور تيار كهربائي عبر سطوح التماس بين القطعتين. ففي المرحلة الأولى يرفع الضغط الميكانيكي عن القطعتين لتحقيق التماس بين سطحيهما، وفي المرحلة الثانية يوصل التيار مع بقاء الضغط ثابتاً، وفي المرحلة الثالثة يقطع التيار ويزاد الضغط، ثم يخفض تدريجياً وتترك الوصلة لتبرد. تتعدد أساليب اللحام الكهربائي بالتماس، فمنها: لحام التماس التناكبي (بالمقاومة - بالصهر)، ولحام التماس النقطي، ولحام التماس بالأدرز المستمر أو المتقطع، ولكل من هذه الأساليب تقانته وميزاته ومجالات استخدامه المتعددة.

1- هـ. اللحام بالانتشار: هو أحد طرائق لحام الضغط الحديثة والخاصة، وتتم عملية اللحام نتيجة الانتشار المتبادل بين ذرات السطوح المتلامسة وعند درجة حرارة مرتفعة ومؤثرة لمدة قد تطول نسبياً، إضافة إلى توافر انفعالات لدنة غير كبيرة. وتتم عملية اللحام باستخدام آلات لحام خاصة، إذ توضع القطعتان في حجرة مفرغة تماماً من الهواء (مخللة)، ويحافظ على الخلاء في الحجرة عند تسخين القطع، لحماية سطوحها من الأكسدة والنترجة، ويتم التسخين بمولد كهربائي ذي ترددات عالية، أما تسليط الضغط اللازم فيتم بواسطة مجموعة هيدروليكية، ثم تبرد الوصلات اللحامية إلى درجة حرارة الغرفة المخلاة نفسها. تستخدم طريقة اللحام بالانتشار في لحام الوصلات الصعبة والدقيقة في بعض الأجهزة الحديثة وفي صناعة فوهات اللحام من معدن التنغستن وفي صناعة الصمامات الكيميائية والغازية، كما يستخدم اللحام بالانتشار على نطاق واسع في الصناعات الإلكترونية. وتضمن هذه الطريقة الحصول على وصلات لحام مقاومة للاهتزازات ولدرجات الحرارة المرتفعة نسبياً مع الحفاظ على أبعاد القطع الملحومة وشكلها بدقة عالية. ويمكن بهذه الطريقة لحام رقائق دقيقة جداً (من 3 إلى 8 ميكرونات) من معدن النيكل أو الألمنيوم مع سماكات كبيرة. وتراوح السماكات التي يمكن لحامها بهذه الطريقة بين عدة ميكرونات وعدة سنتيمترات.



شكل (9-4)

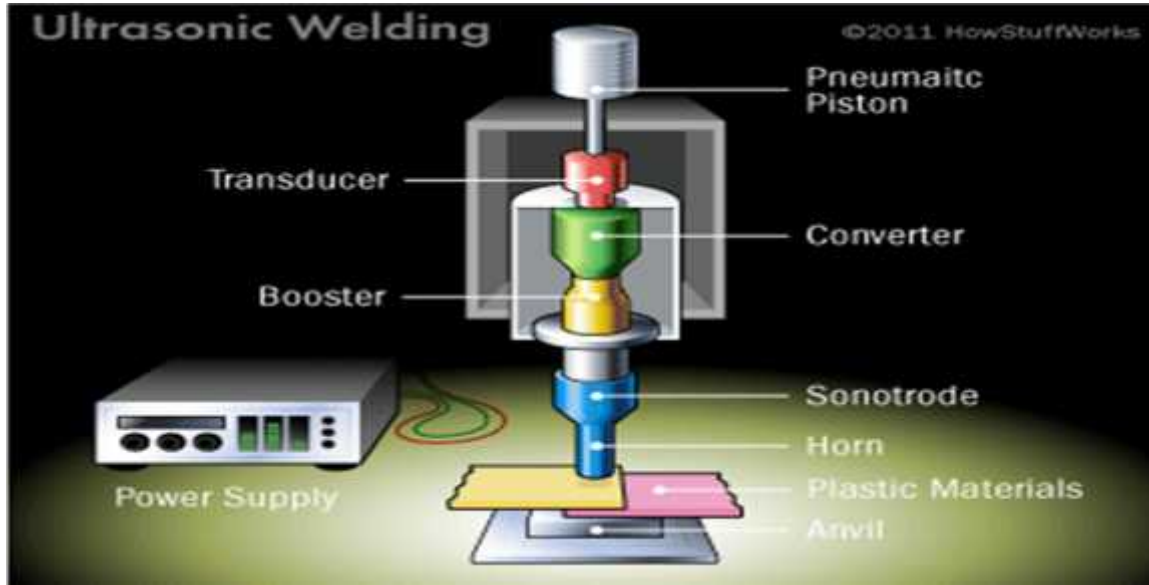
1- و. اللحام بالانفجار: وهو من طرائق اللحام بالضغط الحديثة والخاصة، وينسب عادة إلى مجموعة الطرائق الميكانيكية للحام المعادن، إذ تتحول الطاقة الكيميائية الناتجة من تحول طاقة المادة المتفجرة إلى طاقة ميكانيكية تدفع إحدى القطعتين المراد لحامهما بسرعة عالية جداً نحو الأخرى. وينتج من هذه الطاقة الحركية التي تتسبب في تصادم القطعة المتحركة مع سطح القطعة الثابتة إحداث انفعالات لدنة مشتركة لطبقات المعدن المتماسمة، مما يؤدي إلى تشكل وصلة اللحام، ويتحول مفعول الانفعالات اللدنة إلى حرارة تسخن المعدن إلى درجات حرارة عالية. ويؤدي ذلك إلى حدوث سيولة في المعدن تحت الضغط وظهور مركبة جانبية للسريعة تجبر معدن الطبقات السطحية لكلا الجزأين المصطدمين أن يتشوه بالاتجاه المحدد وبسرعة عالية، وتقرّب السطحين أحدهما من الآخر إلى أقصى حد فتتخطم الأكاسيد والأوساخ السطحية الأخرى وتتجمع في منطقة معينة، تُجرف خارجاً ويتم الالتحام بين السطحين. تتعلق الآفاق المستقبلية ومجالات استخدام اللحام بالانفجار بمقدرة هذه الطريقة على تكوين وصلات لحامية متينة في حالتها الصلبة، كما تتعلق بسرعة إجراء عملية اللحام وعلى سطوح كبيرة جداً، فمثلاً يمكن إجراء وصلات لحام قد تبلغ مساحة سطوحها 1-20 متراً مربعاً. شكل (10-4)



Clad Metal	Stainless Steel, Steel Alloy, Copper & Copper Alloy, Aluminum & Aluminum Alloy, Titanium, Nickel & Nickel Alloy, Hastelloy Alloy, Titanium, Zirconium, Niobium, Tantalum, etc
Base Metal	Carbon Steel, Forging Steel, Copper, Aluminum, etc

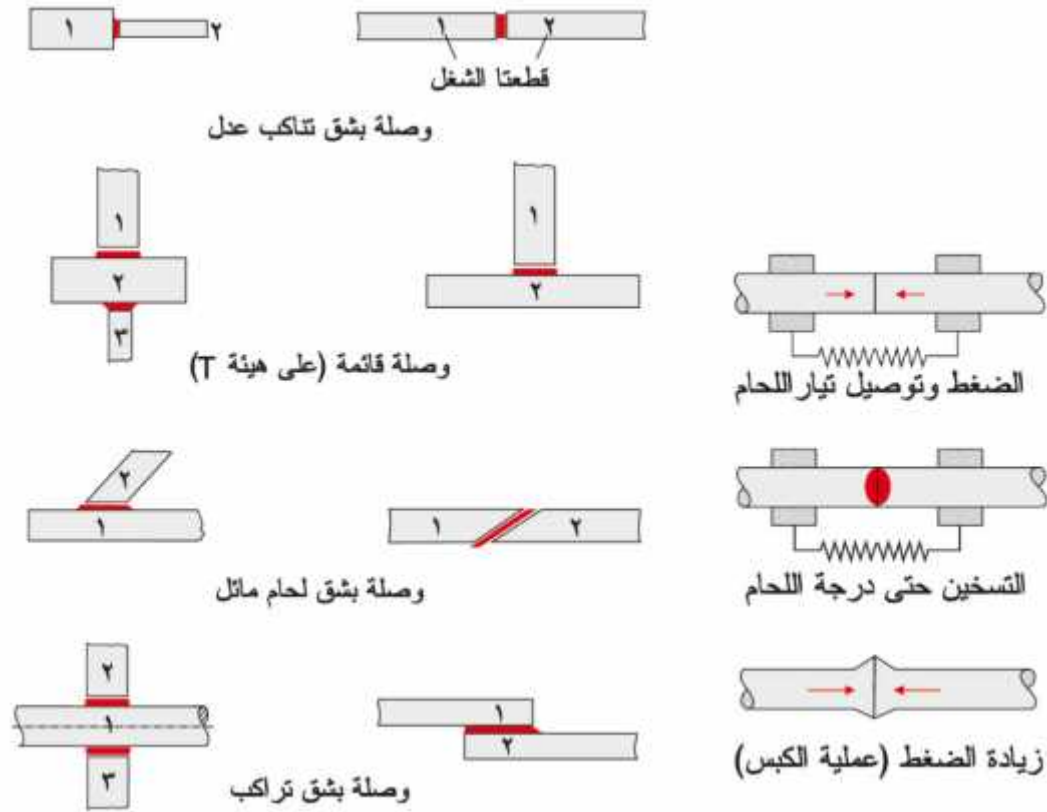
شكل (10-4)

1- ز. اللحام بالأموح فوق الصوتية: تستخدم الأمواج فوق الصوتية في اللحام لأغراض مختلفة، إذ يمكن بتأثير هذه الأمواج في حوض اللحام المصهور في أثناء تبلوره تحسين الخواص الميكانيكية للوصلة اللحامية، بتصغير حجم حبيبات معدن الدرزة اللحامية وإطلاق الغازات منها بطريقة أفضل. ويمكن أن تكون الأمواج فوق الصوتية مصدراً للطاقة، وذلك بهدف إجراء وصلات لحام نقطية أو على شكل درزات؛ إذ تستطيع هذه الأمواج أن تكسر القشور الطبيعية والمصطنعة مما يسمح باستخدامها في لحام المعادن التي تعلق سطوحها أكاسيد أو طبقات دهان أو غيرها. وتستخدم هذه الطريقة في مجال الصناعات الإلكترونية على نطاق واسع، وتلقى تطوراً سريعاً في مجال الصناعات اللدانية، إذ يمكن عن طريقها الحصول على وصلات بلاستيكية عالية الجودة، مع العلم أن عملية لحام المواد اللدانية بطرائق اللحام الأخرى صعبة، أو غير ممكنة أحياناً. إن الوصلة الناتجة من اللحام بالأموح فوق الصوتية هي حصيلة تأثير مشترك لاهتزازات ميكانيكية ذات ترددات عالية وقوى ضغط غير كبيرة نسبياً. وتتم عملية اللحام بالأموح فوق الصوتية عادة تحت تأثير ثلاثة عوامل هي: الاهتزازات ذات التردد العالي، الضغط، التأثير الحراري الذي يرافق عملية اللحام. وتتألف آلة اللحام بالأموح فوق الصوتية من منبع تغذية بالتيار الكهربائي وجهاز تحكم ونظام اهتزاز ميكانيكي وموصل للضغط. ويقوم نظام الاهتزاز الميكانيكي بتحويل الطاقة الكهربائية إلى ميكانيكية وتوصيل هذه الأخيرة إلى منطقة اللحام وتركيز هذه الطاقة، ومن ثم الحصول على القيمة اللازمة لسرعة اهتزازات المشع (الشكل 11-4) لا تقل متانة وصلة اللحام بالأموح فوق الصوتية عن متانة معدن الأساس للوصلة، ولا تتغير متانة الوصلة اللحامية بازدياد زمن تأثير الأمواج فوق الصوتية.



شكل (11-4)

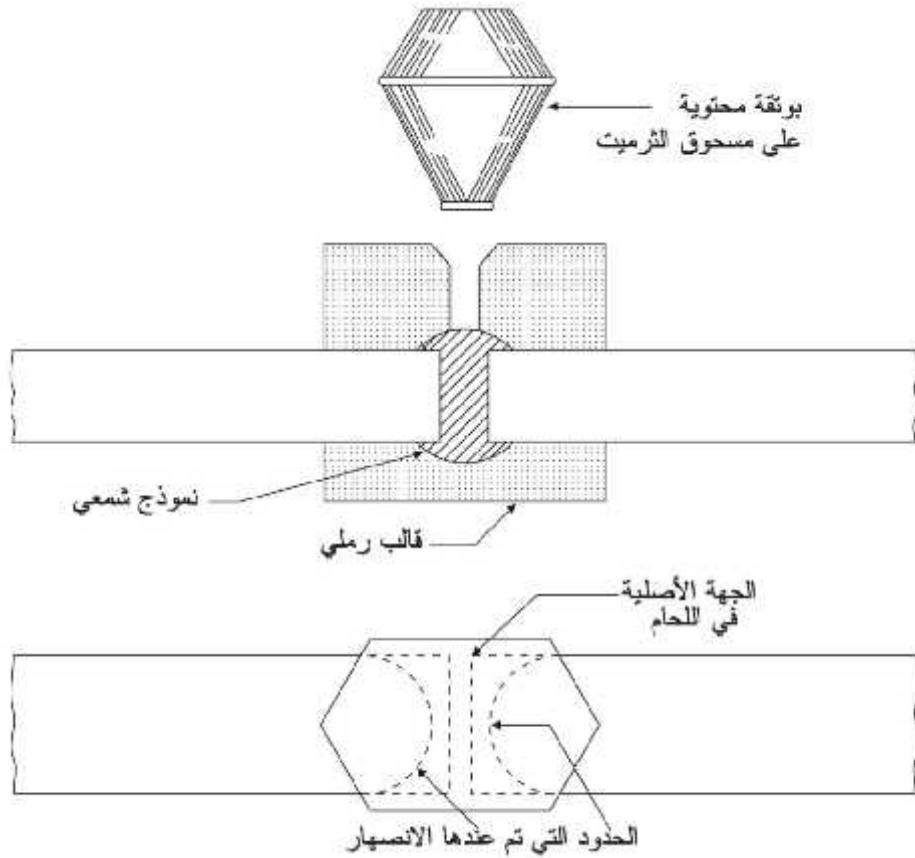
1-ح. اللحام بالتطريق ( اللحام بالحدادة): يعد اللحام بالتطريق (اللحام بالحدادة) أحد طرائق اللحام بالضغط، وهو الأسلوب التقليدي لوصل المعادن الذي كان مستخدماً في القرون السابقة، وتتلخص تقنيته بتسخين منطقة الوصل للقطعتين المراد لحامهما في كور الحدادة أو في فرن مناسب إلى درجة الحرارة المطلوبة ثم وضعهما إحداها فوق الأخرى وتطريقهما يدوياً أو آلياً أو بالمكبس حتى تلتحما في وحدة واحدة. وتعتمد قوة الصدم أو الضغط اللازمة على مقدار التسخين الذي تعرضت له القطعتان. ومن المعادن التي يشيع لحامها بالتطريق الحديد الطروق والفولاذ المنخفض نسب الكربون، ولكن هذه المعادن تتأكسد بسرعة إذا تعرضت للهواء الجوي بعد تسخينها إلى درجة حرارة عالية، وتتكون عندئذ قشور أكسيدية على السطوح، وما لم تكن هذه الأكاسيد في حالة من الميوعة تسمح بصهرها خارج منطقة اللحام، فإنها تمنع تلاحم القطعتين تلاحماً جيداً، لذلك يجب العمل على منع الأكسجين من الوصول إلى المعدن الجاري تسخينه. وتستعمل لهذا الغرض مساعدات صهر مختلفة لخفض درجة انصهار هذه الأكاسيد ومنع زيادة التأكسد. أما أساليب اللحام الشائعة الاستعمال فهي: اللحام بالتطريق باستخدام المطارق، اللحام بالقوالب، اللحام بالدرفلة. وينحصر الاختلاف الأساسي بين هذه الأساليب في الطريقة التي يولد بها الضغط اللازم لعملية اللحام. ففي حين ينشأ الضغط في لحام التطريق اليدوي من ضربات خفيفة نسبياً فإنه ينشأ في لحام التطريق الآلي من مطرقة تعمل بالهواء المضغوط أو بالضغط الهيدروليكي أو بالبخار أو بوسائل الضغط الآلي الأخرى، وفي حين يسلط الضغط في اللحام بالقوالب عن طريق الجزء المتحرك من القالب فإن اللحام بالدرفلة يتم بدفع المشغول طولياً بين درفلي ألواح يولدان الضغط المطلوب الشكل (12-4)



شكل (4-12)

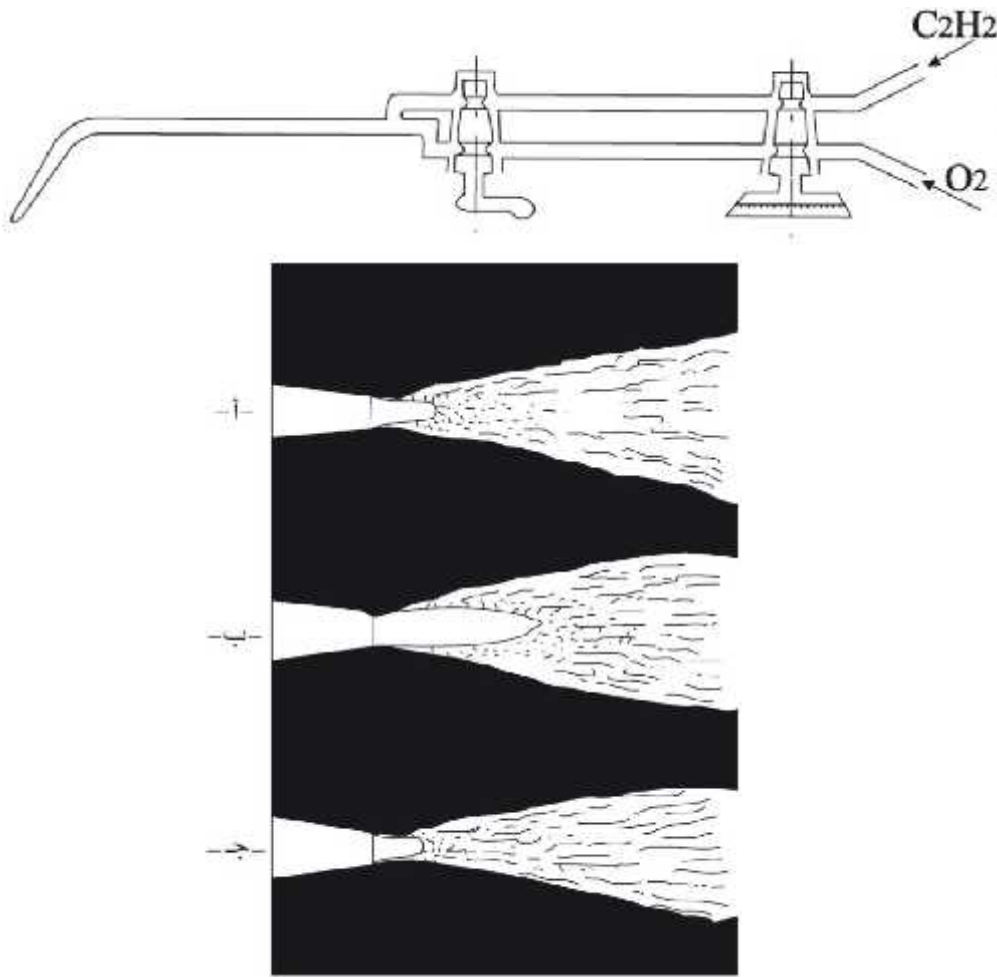
2-أ.لحام الترميت: تستخدم هذه الطريقة أساساً للحام بعض أجزاء الآلات أو المنشآت في مواقع العمل مباشرة. ويعد التفاعل الناشئ للحرارة، والنواتج من تفاعل أكسيد الحديد مع الألمنيوم (ترميت الألمنيوم)، مصدر حرارة اللحام، لأن مزيج أكسيد الحديد والألمنيوم مزيج شديد الاحتراق. وقد لوحظ أن هذا التفاعل يجري بمعدل سريع جداً؛ إذ أمكن الحصول على كميات كبيرة تصل إلى طن أو أكثر من المادة المنصهرة في تفاعل واحد في مدة لم تتجاوز 30 ثانية. وتشبه عملية لحام الترميت عملية سباكة موضعية، فهي تقتصر على لحام القطاعات السميكة نظراً لعمليات التحضير الأولية، الأمر الذي لا قيمة له في الوصلات الصغيرة الشكل (4-13).





شكل (4-13)

2- ب. لحام الصهر بالغاز (اللحام بالغاز): يتم توليد الحرارة في هذه الطريقة بحرق وقود غازي مناسب مع الهواء أو الأكسجين النقي، وتصل درجة حرارة اللهب الناتج من هذا الاحتراق إلى عدة آلاف. ويمزج الغاز عادة بالهواء أو الأكسجين في مشعل خاص، ويتم تنظيم نسب مزج هذه الغازات لإنتاج اللهب. وتستخدم فيها غازات متنوعة منها غاز الأسيتيلين والغاز المنزلي والميتان والبروبان والهيدروجين وبخار البنزين. يصلح اللحام بالغاز بصفة خاصة لوصل الألواح المعدنية التي يتراوح سمكها بين 2 و 50 مم، أما استخداماته اليوم فتتخصص في لحام الألواح التي يتراوح سمكها بين 1 و 10 مم، وقد يستخدم في الحالات التي يتعذر فيها الوصول بسهولة إلى مواضع الوصلات المراد لحامها. فإذا ضبط اللهب كما يجب لاحظ (الشكلان 4-14) عندها يمكن باستخدام غاز الأسيتيلين الحصول على درجة حرارة لحام تزيد على 300 درجة مئوية، في حين لا تزيد درجة حرارة اللهب الناتج من استخدام الهيدروجين على 1900 درجة. ولهذا، يفضل الهيدروجين في لحام الصفائح والأنابيب المعدنية الرقيقة الجدران، في حين يستخدم الأسيتيلين في الصناعات الهندسية للحام المقاطع الكبيرة (وخاصة الوصلات الفولاذية).

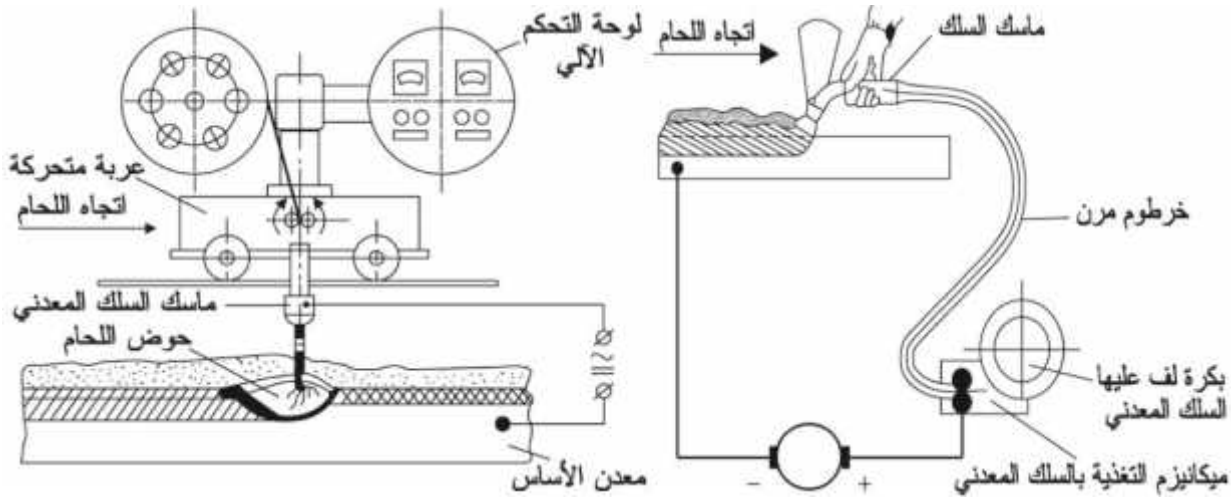


شكل (4-14)

2-ج. اللحام بالقوس الكهربائي: تتفوق طريقة اللحام بالقوس الكهربائي على سائر الطرائق الأخرى حتى إنها تبلغ 90% من مجموع استخدامات طرائق لحام الصهر المختلفة. ويتم بهذه الطريقة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية تستخدم في الصهر الموضعي لطرفي الوصلة. وتعرف القوس الكهربائي أنها عملية تفريغ مستمرة للتيار الكهربائي في وسط غازي متأين موجود بين قطبين (إلكترودين) صلبين أو سائلين ويغذيها توتر كهربائي. وتعد عملية التفريغ هذه المنبع الحراري المستخدم للصهر الموضعي عند اللحام.

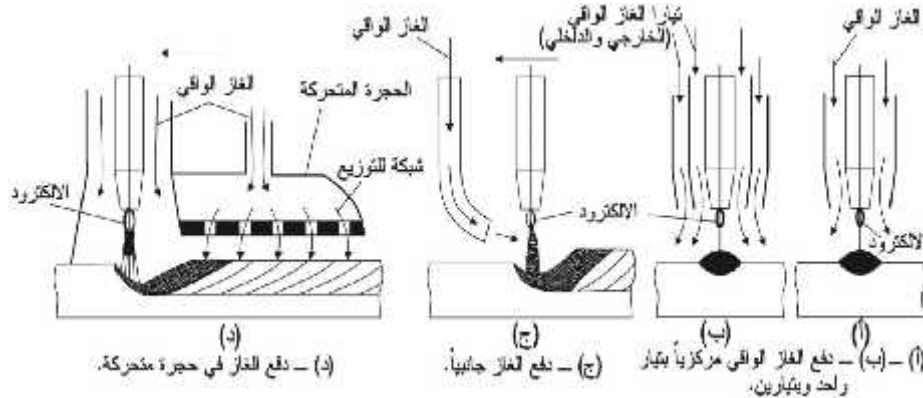
2-د. اللحام الكهربائي الخبثي: وهي من طرائق لحام الصهر الحديثة والخاصة، إذ لا تستخدم هذه الطريقة إلا في لحام السماكات الكبيرة (أكثر من 16 مم)، ومن الناحية الاقتصادية يمكن القول إن هذه الطريقة تستخدم للحام السماكات التي تزيد على 40 مم. ويلحم بهذه الطريقة جميع أنواع الفولاذ تقريباً والسبائك المختلفة من معادن النحاس والتيتانيوم. وتتميز هذه الطريقة من غيرها من طرائق اللحام الآلي بالقوس المغمورة بطبقة من الفلاكس (والتي تعد تطوراً عن هذه الطرائق) بأن عملية اللحام الكهربائي الخبثي تتم بمسار لحام واحد، ويكون موضع حوض اللحام عمودياً في أثناء إجراء عملية اللحام. ويؤدي الخبث المصهور دور المصدر الحراري لإتمام عملية اللحام بهذه الطريقة (الشكلان 4-15 و 4-16).





شكل (15-4 و 16-4)

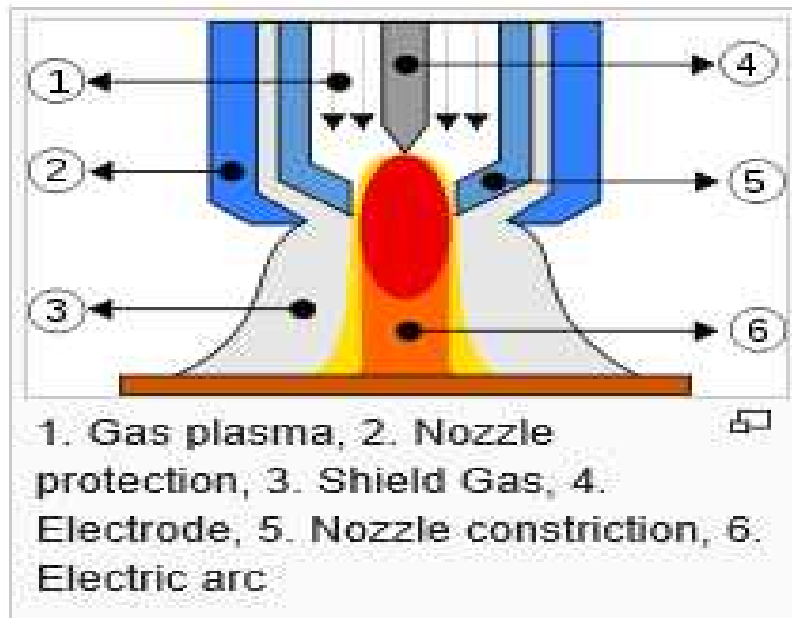
2-ه. اللحام في وسط من الغازات الواقية: وتعد من الطرائق الحديثة، وتستخدم في جو من الغازات الواقية للحام القطع المصنوعة من أنواع مختلفة من الفولاذ الكربوني والسبائكي والإنشاءات المصنوعة من المعادن غير الحديدية ومن سبائك هذه المعادن. ويمكن أن تتم عملية اللحام يدوياً أو نصف آلي أو آلياً. أما الغازات الواقية فهي غازات خاملة (مثل الأرجون والهليوم) أو غازات أخرى مثل ثاني أكسيد الكربون، أو مزيج من غازين أو أكثر من هذه الغازات. وأكثر الغازات استخداماً في الوقت الحاضر الأرجون وغاز ثاني أكسيد الكربون أو مزيج منها الشكل (17-4).



شكل (17-4)

2.و. لحام البلازما: وهي غاز متأين جزئياً أو كلياً، ويتألف من ذرات وجزيئات معتدلة ومن شوارد (أيونات) وإلكترونات. ويمكن عد الغاز المشرد كهربائياً الحالة المثلى للبلازما. تنتج البلازما في معدات خاصة تسمى مشاعل البلازما. وتستخدم في الصناعة مشاعل البلازما التي تنتج في أقواس تغذت بتيار مستمر. وأكثر طرائق الحصول على البلازما شيوعاً هي تلك التي يستخدم فيها الغاز لزيادة قوس تشتعل في قناة ضيقة نسبياً ومبردة بالماء. يتم اختيار قطر الإلكترود ونوعية الغاز المشكل للبلازما حسب الشروط المطلوب توافرها في عملية اللحام.

وتستخدم قوس البلازما في لحام الفولاذ غير القابل للصدأ والتيتان وسبائك النيكل والموليبدنيوم والتنجستين ومعادن وسبائك أخرى كثيرة تستعمل في الصناعات المختلفة مثل صناعة الطائرات والإلكترونيات والسفن والصناعات البتروكيميائية وغيرها

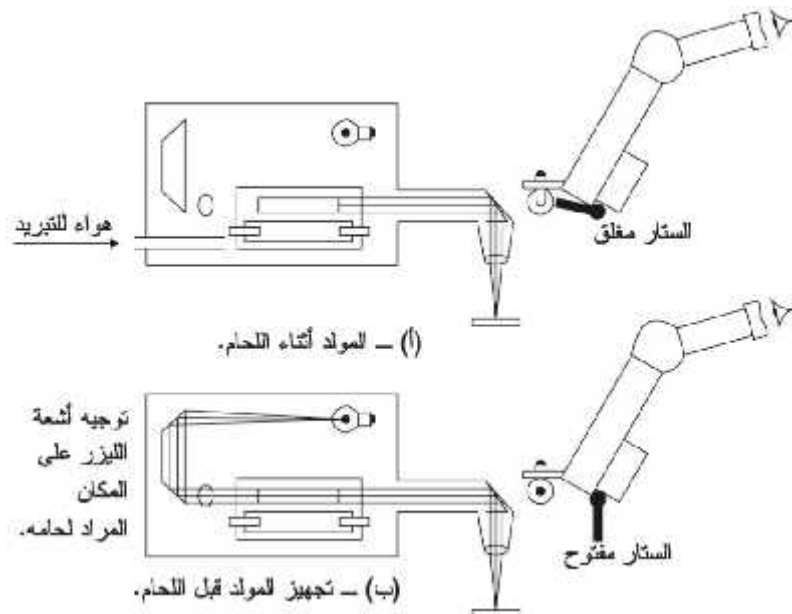


شكل (18-4)

2-ز. اللحام بالأشعة الإلكترونية: إن الميزة الأساسية لعملية اللحام بالأشعة الإلكترونية تكمن في استخدام طاقة الإلكترونات التي تتحرك بسرعة هائلة جداً في وسط من الخلاء. وعند ارتطام هذه الإلكترونات بسطح المعدن يتحول الجزء الأكبر من طاقتها الحركية إلى حرارة تستخدم لصهر المعدن. وفي حالة استخدام الأشعة الإلكترونية مصدراً حرارياً لعمليات اللحام فإنه من الضروري في البداية الحصول على إلكترونات حرة، ومن ثم جمعها في حزمة وإعطاؤها سرعات عالية جداً من أجل رفع طاقتها الحركية، وتتحول هذه الطاقة كلياً فيما بعد إلى حرارة عند نفاذ الإلكترون داخل المعدن المراد لحامه. يتم الحصول على إلكترونات حرة بواسطة مهبط معدنية تصدر هذه الإلكترونات، وأما تسريعها فيتم في حقل كهربائي ذي توتر عال بين المهبط والمصدر. ويستخدم الحقل المغنطيسي لتجميع هذه الإلكترونات في حزمة وتركيز اتجاهها نحو المحرق. ويحدث التوقف المفاجئ لتيار الإلكترونات أوتوماتيكياً داخل المعدن المراد لحامه. ويتم توليد الشعاع الإلكتروني في جهاز خاص يسمى المدفع الإلكتروني.

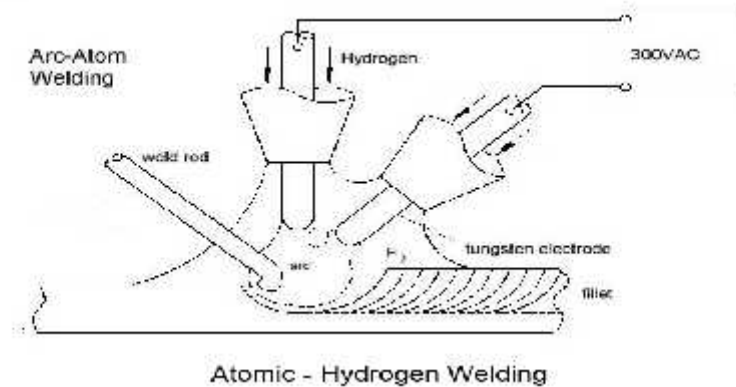
2-ح. اللحام بأشعة الليزر: ظهرت المولدات الكوانتية في النصف الثاني من القرن العشرين. ويمكن بواسطتها الحصول على حزم ضوئية عالية الكثافة وموجهة، وتركيز طاقة هذه الحزم على مساحات لا تتعدى أجزاء من الألف من المليمتر المربع. وعلى هذا الأساس صممت في العصر الحاضر أجهزة لأشعة الليزر تستخدم في عمليات اللحام والقص والمعالجات الحرارية المختلفة. وتقوم المولدات الكوانتية بتحويل الطاقة الكهربائية والكيميائية والضوئية والحرارية إلى إشعاعات ضوئية عادية هي أمواج كهرومغناطيسية. ويقع مجال هذه الأشعة في مجال الأشعة فوق

البنفسجية المرئية والأشعة تحت الحمراء. ويمكن أن يكون المشع جسماً صلباً من الزجاج والنيوديم أو الياقوت، ويمكن أن تستخدم بعض السوائل كمشعات مثل محاليل أكاسيد النيوديم أو مواد الصباغة، ويمكن استخدام بعض الغازات أو مزيج منها مشعات مثل الهيدروجين، والأزوت، والأرغون، وثاني أكسيد الكربون وغيرها. وقد تم في السنوات الأخيرة تصميم مشعات من أنصاف نواقل مصنوعة من الكريستال الأحادي مثل أرسينيدات الغاليوم والإنديوم أو خلائط الكاديوم مع الكبريت الشكل (19-4).



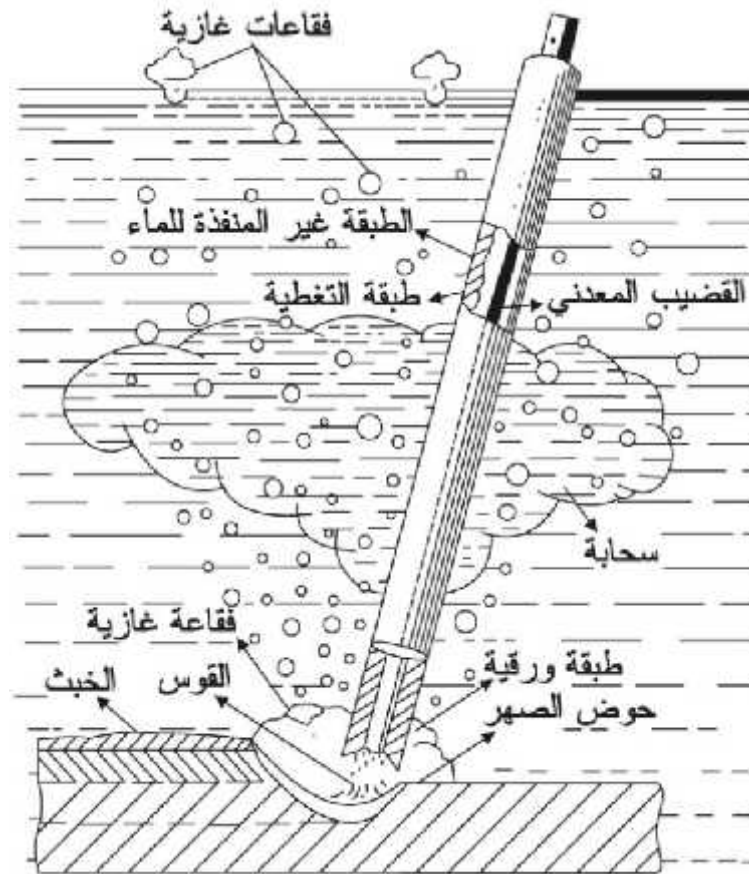
شكل (19-4)

2-ط. اللحام بالهيدروجين الذري: يتم صهر المعدن بهذه الطريقة بالحرارة المنطلقة نتيجة تحول الهيدروجين الذري إلى جزيئي، وحرارة القوس المشتعلة بين إلكترودين من التنغستين. وتعد كمية الحرارة الناتجة من إشعاع القوس ونن احتراق جزيئات الهيدروجين في المنطقة الخارجية للمشعل صغيرة جداً إذا ما قورنت بكمية الحرارة المنطلقة نتيجة ارتطام ذرات الهيدروجين بالمعدن وتحولها إلى هيدروجين جزيئي.



شكل (20-4)

2-ي. اللحام تحت الماء: تعد هذه الطريقة من طرائق اللحام الحديثة والخاصة، وقد صممت انطلاقاً من قدرة القوس الكهربائية على الاشتعال بشكل متزن في الفقاعة الغازية وبسبب التبريد المكثف للماء المحيط بهذه القوس. تتشكل الفقاعة الغازية نتيجة لتبخّر الماء وتحلله إلى عنصريه الهيدروجين والأكسجين، إضافة إلى الغازات المتشكلة نتيجة لانصهار معدن الإلكترود وطبقة التغطية (الشكل 4-21). تنطلق حول القوس المشتعل كمية كبيرة من الغازات تؤدي إلى زيادة الضغط في الفقاعة الغازية وإلى تشكل جزء من هذه الغازات على شكل فقاعات على سطح الماء. ويتحلل الماء الموجود في القوس المشتعلة إلى هيدروجين وأكسجين، ويتحد الأخير مع المعدن مشكلاً أكسيد المعدن. أما نواتج اشتعال المعدن وطبقته المغلفة فتكون معلقة في الماء على شكل سحابة وتتألف أساساً من أكاسيد الحديد. تعوق هذه السحابة مراقبة اشتعال القوس الكهربائي. ويمكن تفسير اشتعال القوس تحت الماء بشكل متزن انطلاقاً من مبدأ الطاقة الصغرى (أي إن التبريد القوي لجزء من القوس يقابله ازدياد كمية الحرارة المنطلقة منه). ويعوض الضياع الحراري الناتج من تبريد الماء ووجود كمية كبيرة من الهيدروجين، رفع توتر التيار (30 - 35 فولت). تُجرى عملية اللحام تحت الماء باستخدام تيار مستمر أو متناوب.



شكل (4-21)

## الحدادة ودورها في الصناعة والزراعة وتطور المجتمع

تحتل الحدادة دوراً مهماً في تصنيع الأدوات والآلات الزراعية والسيارات والقطارات والسفن وغيرها، وهي تساعد على زيادة الإنتاج الزراعي والصناعي، وتحقق استثماراً أمثل للثروات المتاحة. فالصناعة الثقيلة في العصر الحديث، تقوم على ثلاث حرف رئيسية هي:

- السباكة وصهر المعادن.

- الحدادة وتشكيل المعادن واللحام.

- الخراطة والتسوية.

ومن هنا تحرص الدول ذات الموارد المتنوعة على إعطاء عمليات الحدادة الآلية واليدوية اهتماماً كبيراً لأنها ترفد الصناعة الثقيلة والعمليات الزراعية في إنتاجها وتكملة.

## مخاطر عمليات الحدادة واللحام:

الحدادة من المهن الشاقة والصعبة، فالأفراد الذين يتعاملون بها يتطلب عملهم الاحتكاك بشكل مباشر مع الحديد والنار، وتعتبر بيئة العمل التي يقضي بها الحداد ساعات طويلة يومياً من البيئات الخطرة والتي يتعرض فيها إلى درجات عالية من الحرارة وبرادة الحديد الساخن ونقص كميات الأكسجين وانبعاث غازات ضارة ناتجة عن انصهار الحديد وأمور أخرى كثيرة، مما يتسبب في الإصابة بالكثير من الأمراض نتيجة طبيعة ذلك العمل ومن تلك الأمراض:

### 1. تسلخات الجلد:

وهو من أكثر الأمور التي يعاني منها الحدادون جراء عملهم لفترات طويلة قريباً من الفرن الذي ترتفع به الحرارة لدرجات عالية جداً. (يجب عدم التعرض بشكل مباشر للهب الفرن)

### 2. حساسية العيون:

تؤثر الحرارة العالية التي يتعرض لها الحداد على قوة النظر، حيث تسبب تلك الحرارة أنواع مختلفة من الحساسية مما قد يسبب فقدان البصر على المدى الطويل.

### 3. تدمير القرنية وجفاف العين:

تؤثر الحرارة العالية على العين حيث يؤدي التعرض للأشعة فوق البنفسجية وللأشعة تحت الحمراء مما يؤدي مع مرور الزمن لتدمير القرنية والشبكية، والأخطر من ذلك هو جفاف العين الذي قد يكون بشكل دائم ويؤدي إلى حدوث تشققات على سطح القرنية وهذه التشققات قد تؤدي لموت الخلايا الدمعية، وكل تلك المشكلات قد تفقد مع مرور الزمن وعدم العلاج لفقدان البصر

### 4. اضطرابات جلدية:

يؤثر التعرض لمصادر الحرارة العالية بشكل كبير على الجلد فقد يصيبه بحساسية الحرارة

وهي على شكل بقع حمراء منتفخة يصاحبها نوع من الحكّة، وقد تظهر نتيجة الحرارة فطريات تحت الإبط وفي منطقة ما بين الفخذين، وهي أيضاً تصاحبها الحكّة والشعور بالحكّ الجلدي، وعلى من يعملون بهذه الأجواء دائماً ارتداء الملابس القطنية، وكذلك عليهم الاهتمام بالنظافة العامة والاستحمام الدوري، لأن التعرق يخلق مشكلات جلدية عدة، وعليهم أيضاً الإكثار من شرب السوائل ومحاولة تأمين نوع من التكيف في أماكن عملهم للمحافظة على سوائل الجسم.

#### 5. أضرار أخرى:

اضطرابات نفسية وعصبية وشعور بالضيق ويظهر ذلك في صورة زيادة الأخطاء في العمل وزيادة احتمالات حدوث الإصابة ونقص القدرة على التركيز في العمل. ومنها:

أ. الشعور بالتعب والإرهاق.

ب. تقلصات في العضلات الإرادية في الساقين وجدار البطن.

ج. الإجهاد الحراري وسبب تمدد الأوعية الدموية بالجلد واندفاع الدم إليها وزيادة عدد ضربات القلب، الدوخة، الصداع، القئ ثم الإغماء.

#### الوقاية من أخطار الحداة:

2. حماية العاملين من التعرض لدرجات الحرارة العالية.
3. إبعاد العاملين المصابين بأمراض القلب والكلى عن العمل في الأماكن التي ترتفع بها درجة الحرارة.
4. عمل نظام لتبادل العاملين الذين يتعرضون للحرارة في أماكن عملهم فمثلاً تعمل مجموعة أمام الأفران ثم تنتقل للعمل داخل الورش وتعمل مجموعة الورش أمام الأفران وبذلك يقل معدل تعرضهم للحرارة.
5. استخدام مهمات الوقاية الشخصية للعمال للوقاية من الحرارة العالية.
6. تقديم كميات كبيرة من السوائل والأقراص التي تحتوي على أملاح معدنية لتعويض ما يفقده الجسم من سوائل وأملاح نتيجة التعرض للحرارة.
7. عمل كشف طبي ابتدائي ودوري على العاملين المعرضين للحرارة العالية.
8. نقل المصاب إلى مكان بارد وعمل الإسعافات الأولية.



## الفصل الخامس

## عمليات التشغيل

تشغل المعادن في الحالة الصلبة بخلاف تشكيل المعادن حيث يتم أما في الحالة الصلبة أو السائلة. والغاية الرئيسية من تشغيل المعادن هو الحصول على بعض الأبعاد والمنتجات والأشكال الهندسية المطلوبة ويتم هذا أساساً بإزالة طبقات من المعدن باستعمال أداة تسمى بأداة القطع وهذه الطبقات المزالة من سطح المعدن تسمى بالرايش وتعتمد المتغيرات التي تستخدم في عملية الإزالة على البنية المجهرية أو البلورية للمعدن المشغل وكذلك على طريقة أو عملية التشغيل المستخدمة، ويضم العامل الثاني جوانب عديدة مثل تصميم العدة المستعملة وطريقة ونوع زيوت التبريد المستخدمة.

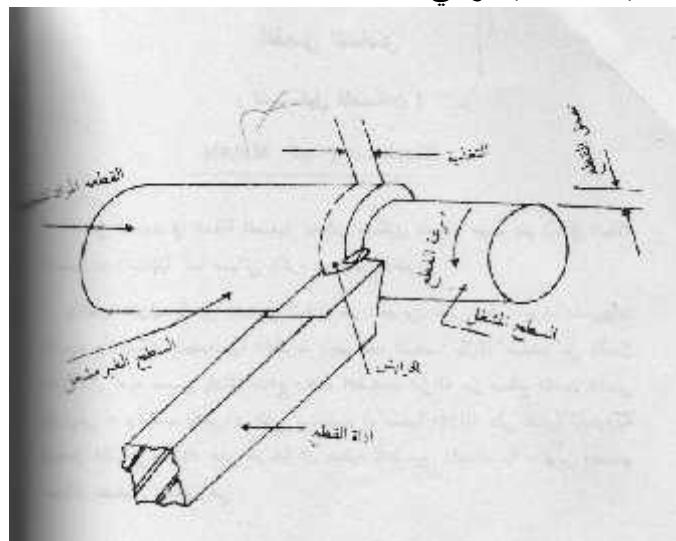
ومن أهم عمليات تشغيل المعادن هي: -

1. الخراطة
2. التنقيب
3. القسط
4. التفريز
5. التجليخ

ان المادة التي تصنع منها اداة القطع تكون اصلد وامتن من المادة المراد تشغيلها وذلك لكي تتحمل الاجهادات المتولدة اثناء عملية التشغيل ويعتبر الصلب الكربوني و الصلب السرعة العالية والخزف والماس من اهم المتي تصنع منها ادوات القطع المختلفة حيث تعتمد طبيعة العمل الذي تقوم به العدة على خواص العدة الميكانيكية اضافة الى نوع مادة العدة واهم هذه الخواص هي:

1. الصلادة العالية حيث يجب ان تتمتع عدة القطع بصلادة عالية والتي تسمى بالصلادة الساخنة والتي تمكنها من الاحتفاظ بمقاومتها في درجات الحرارة العالية.
2. المتانة يجب ان تكون متانة عدة القطع عالية حتى لا تتشظى أو تتكسر خصوصا اثناء عمليات التشغيل المتقطع.
3. مقاومتها العالية للتآكل أو البليان.

وهناك بعض المسميات المشتركة بين عمليات التشغيل المختلفة والتي من الواجب معرفتها قبل الدخول في تفاصيل عمليات التشغيل وهي:



شكل (5.1) يبين سرعة القطع والتغذية وعمق القطع في عملية الخراطة

### 1. سرعة القطع:

هي عبارة عن المسافة المقطوعة للحركة النسبية بين أداة القطع والشغلة (القطعة المراد

تشغيلها) في وحدة الزمن.

سرعة القطع = المسافة التي تقطعها أداة القطع (وحدات طول) / الزمن (وحدات زمن)

### 2. التغذية:

هي عبارة عن المسافة المقطوعة للحركة النسبية بين أداة القطع والشغلة في فترة معينة من

الزمن (فترة الدورة الواحدة للمحور بالمخارط والمثاقب وفترة المشوار المزدوج بالمفأشط)

وتقاس بوحدات الطول لكل دورة للمحور أو لكل مشوار مزدوج.

### 3. عمق القطع:

هو عبارة عن عمق الطبقة المشغلة من سطح القطعة المراد تشغيلها في كل مرور لأداة القطع، إن شكل الرايش المتكون في عمليات التشغيل المختلفة يتراوح بين الرايش المستمر والرايش المتقطع حيث إن شكل الرايش يعتمد على عوامل مختلفة منها نوعية المعدن المشغل وسرعة القطع وشكل أداة القطع وغيرها من العوامل الأخرى.

ومن الجدير بالذكر ألا ننسى بأن المنافسة بين منتجي مكائن التشغيل في كسب الاسواق العالمية ادت الى زيادة ملحوظة في السرعة الإنتاجية لهذه المكائن الا إن هذا كان على حساب التصميم حيث أصبحت تنتج بتصاميم معقدة جدا ولأغراض مختلفة حيث ان الكثير من العمليات المتعددة من الممكن في الوقت الحاضر القيام بها باستخدام ماكينة واحدة وبإجراء بسيط من المشغل أو حتى بدون الحاجة الى المشغل أحيانا.

## عمليات التشغيل المختلفة:

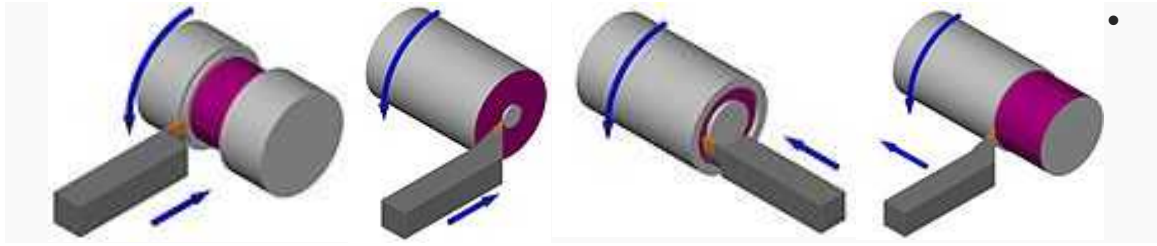
### أولاً: عمليات الخراطة

هي عملية تشغيل تتم عن طريق فصل طبقة من المعدن المراد تشغيله بشكل رايش وذلك لغرض الحصول على شكل هندسي معين باستخدام ماكينة الخراطة.

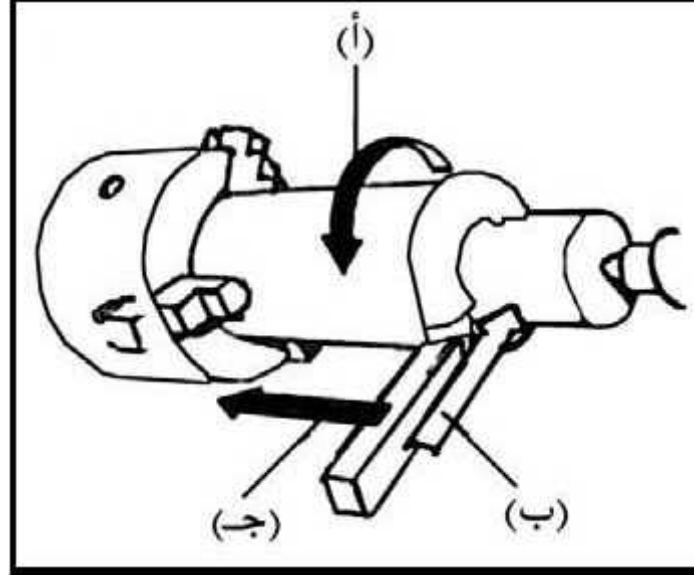
هنالك العديد من العمليات التي يمكن عملها على المخرطة، من أهمها العمليات الأساسية التي تستخدم غالباً لإنتاج المنتجات المعقدة والبسيطة.

1. الخراطة الطولية الخارجية.
2. الخراطة الطولية الداخلية.
3. الخراطة الوجهية.
4. خراطة اللوالب.
5. الثقب.
6. القطع.
7. الخصر (تصغير قطر المشغولة)
8. الخراطة المتدرجة





خراطة طولية خارجية، خراطة طولية داخلية، خراطة وجهية، خراطة خصر  
تتم عملية القطع والتشغيل عن طريق حركة المركبة المبينة في الشكل رقم (5.1) والتي تشمل:



الشكل رقم 5.1

#### أ. حركة القطع:

حيث تدور قطعة العمل حركة دائرية ضد الحد القاطع الذي يقوم بفصل الشظايا (الرايش) وتسمى هذه الحركة بالحركة الاساسية، وتسمى السرعة التي تتحرك بها قطعة العمل أثناء القطع بسرعة القطع.

#### ب. حركة الايصال:

وهي الحركة الناتجة عن تقدم سكين القطع لضبط عمق القطع.

#### ج. حركة التغذية:

وهي تقدم سكين القطع بشكل منتظم على طول القطعة للحصول على شظية مستمرة.

#### استخدام المخارط

تستخدم المخارط على الاغلب للحصول على قطع ذات اشكال اسطوانية ومخروطية، وقطع القلاووظ، وخراطة المجاري، وتشغيل السطوح الوجهية وتنقيب وتخویش وبرغلة الثقوب. ولدى اجراء عمليات الخراطة على المخارط بصورة عامة يتلقى الغفل (قطعة العمل) الذي

يجري تشغيله (حركة دورانية) اما القلم فحركة مستقيمة وتناسق مثل هذه الحركات يضمن الحصول على مختلف السطوح الدورانية (الاسطوانية) والمخروطية.

اما المقاييس الرئيسية للمخارط فهي:

1. أكبر قطر مسموح به للقطعة (الخام) المراد تشغيلها او ارتفاع الذنبت بالنسبة للفرش.
2. المسافة بين الذنبتين، اي البعد المساوي لأطول غفل يمكن تثبيته على المخرطة.

ويمكن تقسيم المخارط حسب ارتفاع الذنبتين عن الفرش الى:

- أ. ماكينات صغيرة: لا يزيد ارتفاع الذنبتين فيها عن 150 ملم.
- ب. ماكينات كبيرة: لا يزيد ارتفاع الذنبتين فيها عن 300 ملم.

اما البعد بين الذنبتين في الماكينات الصغيرة فلا يتجاوز 750 ملم وفي المتوسط يتراوح بين 750 و1000 و1500 ملم. وبالنسبة للماكينات الكبيرة يتكون من 1500 ملم فأكثر، وأكثر الماكينات انتشارا في مصانع انشاء الماكينات هي المخارط المتوسطة

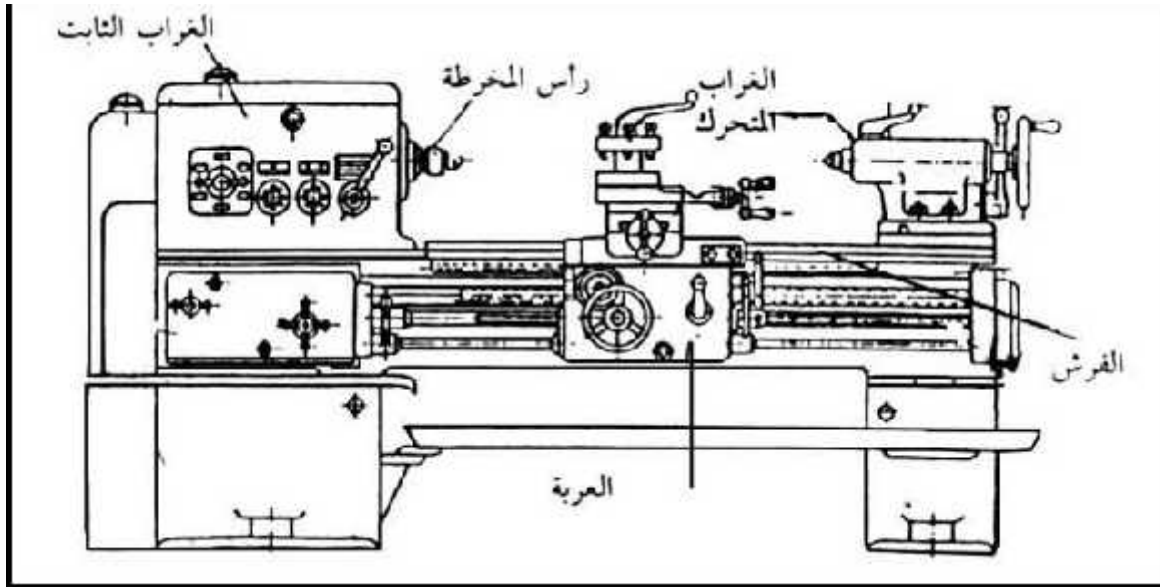
وتنقسم الماكينات حسب انواعها الى- :

- أ. ماكينات للخراطة وقطع القلاووظ: وتخصص لأجراء كافة اعمال الخراطة بما في ذلك قطع القلاووظ بالقلم) ويعد هذا النوع من اوسع انواع الماكينات انتشاراً).
- ب. ماكينات الخراطة: وتخصص لأجراء مختلف اعمال الخراطة عدا قطع القلاووظ بالقلم . وكذلك هناك المخارط المتعددة الاقلام والمخارط الاوتوماتيكية ونصف الاوتوماتيكية، والمخارط الخاصة لتشغيل عواميد المرفق (الكرنك) ومحاور العربات، والمخارط الراسية وغيرها.

الاجزاء الاساسية في ماكينات الخراطة وقطع القلاووظ:

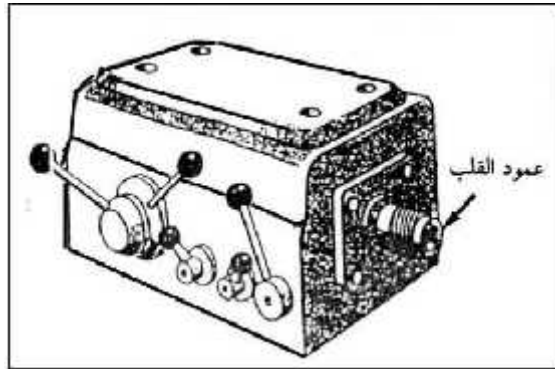
ان ماكينات الخراطة وقطع القلاووظ مع اختلافها في التصميم والمقاييس إلا انها تحتوي على مجموعة اجزاء رئيسية. ويبين الشكل رقم (5.2) منظرا عاما لماكنة عصرية للخراطة وقطع القلاووظ وتعتبر الاجزاء الرئيسية في هذه الماكنة هي:

1. غراب الراس الثابت (Head Stock) وصندوق التغذية (Feed Box)
2. العينة (ظرف المخرطة).
3. غراب الذيل المتحرك (Tail stock)
4. الفرش (Bed)
5. العربة وتتضمن الراسمة العليا والراسمة السفلى.
6. عمود السحب (motion Shaft)
7. عمود اللولب (motion Screw)



الشكل رقم (5.2)

**غراب الرأس (الثابت):** ويستخدم في نقل حركة الدوران الى القطعة التي يجري تشغيلها. ويحتوي على صندوق التروس والمحرك كما موضح بالشكل رقم (5.3).

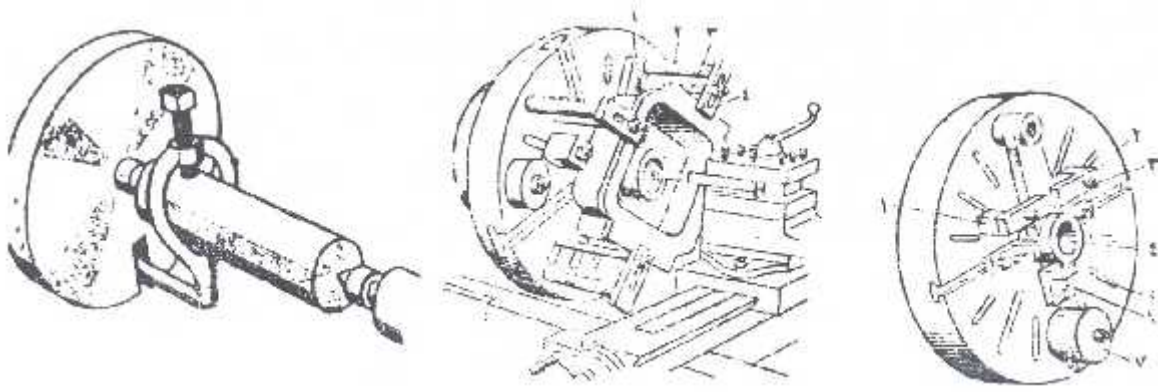


شكل رقم (5.3)

**ظرف المخرطة (العينة):** تستعمل ظروف المخرطة لمسك وتثبيت القطع (الشغلات) التي تتم عملية الخراطة عليها، ويكون دوران العينة باتجاه عكس عقرب الساعة دائما في عملية القطع. وتنقسم ظروف المخرطة الى:-  
 أ. ظروف التمرکز الذاتي (ظروف ثلاثية).  
 ب. الظروف الرباعية.  
 ج. الصينية الدوارة (المسطحة).

#### 1. ظروف التمرکز الذاتي (ظروف ثلاثية) (شكل 5.4)

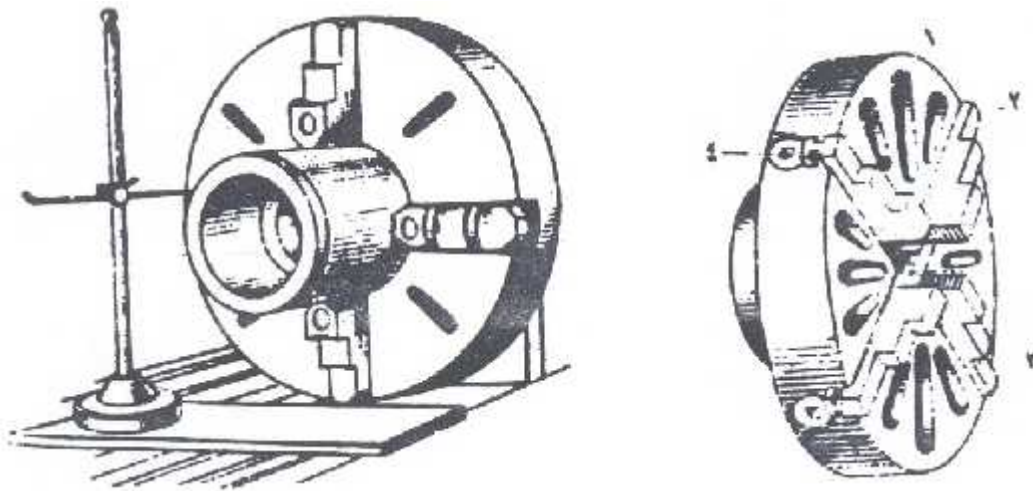
تستعمل هذه الظروف بكثرة لكونها سهلة الاستعمال ويؤمن الربط المحكم للشغلة وذلك لكون الفكوك الثلاثة تتحرك في وقت واحد الامر الذي يساعد على وضع وتثبيت القطعة ذات السطح الاسطوانی (الداخلي او الخارجي) بحيث تتطابق بدقة مع محور عمود الدوران بالإضافة الى ان الزمن الذي يصرف على وضع وتثبيت القطعة يختصر كثيراً.



شكل رقم 5.4

2. الظروف الرباعية (شكل 5.5):

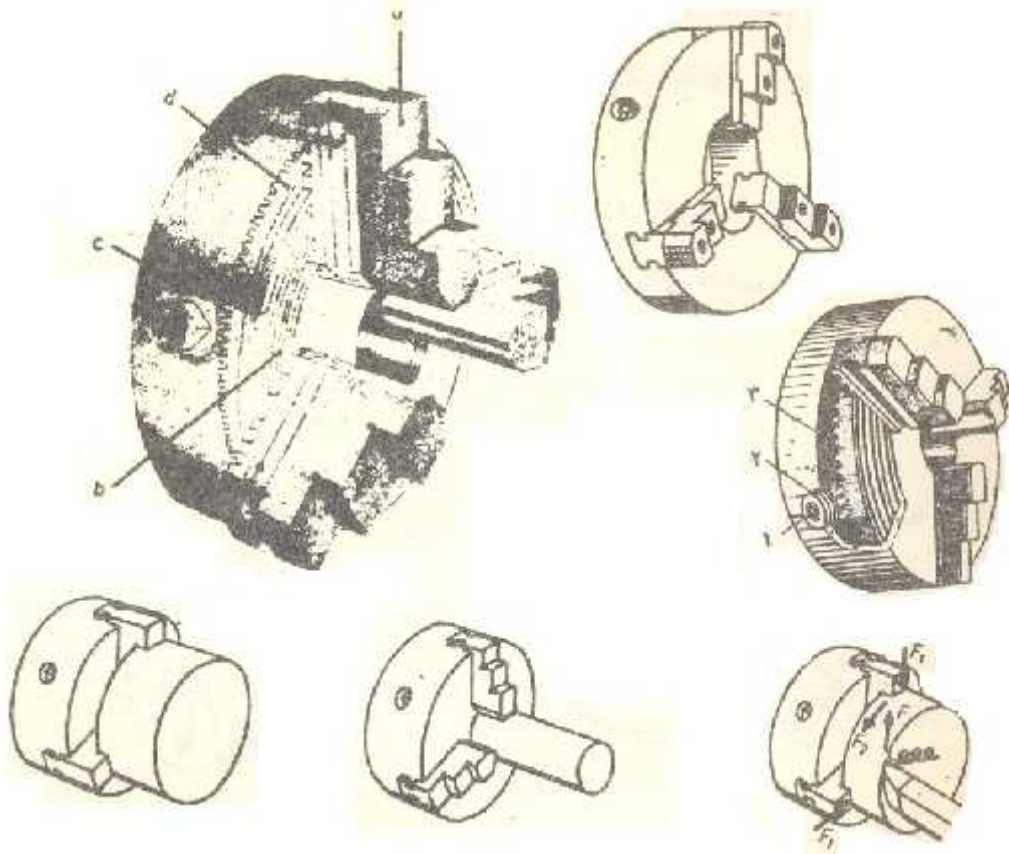
تصنع هذه الظروف عادة بأربعة فكوك ويتحرك كل فك من هذه الفكوك على انفراد بواسطة مسمار خاص به دون الاعتماد على الفكوك الاخرى. أن هذه الخاصية تعطي لهذه الانواع من الظروف القابلية على مسك أكثر اشكال الشغلات وبصورة محكمة.



شكل رقم 5.5

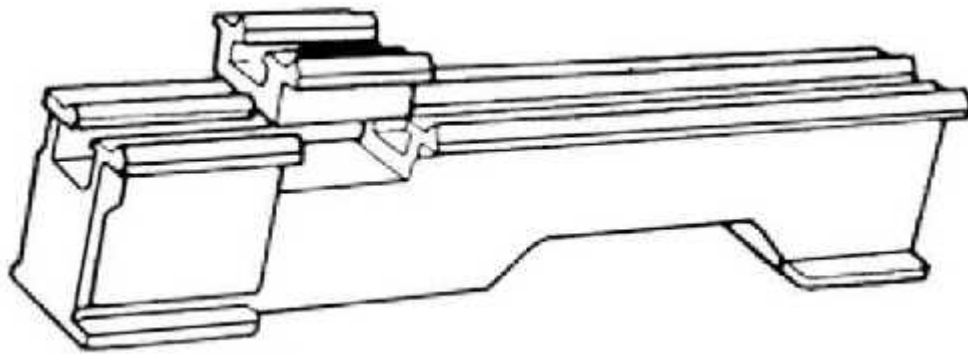
3. الصينية الدوارة (المسطحة) شكل (5.6)

تستعمل الصينية الدوارة لتثبيت قطع العمل الكبيرة أو القطع ذات الاشكال الغير متجانسة، اذ تثبت هذه القطع على الشقوق الموجودة على الصينية بواسطة براغي او طريقة اخرى للتثبيت.



شكل رقم 5.6

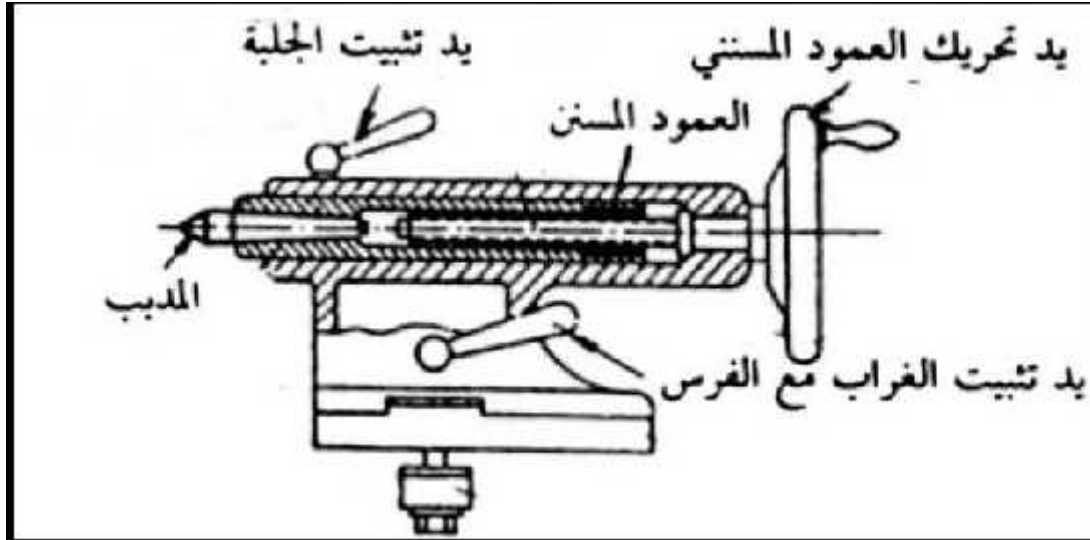
**الفرش:** ويستخدم لتثبيت اجزاء الماكينة عليه وكذلك لانزلاق الغراب المتحرك كما يحتوي على الجريدة المسننة التي تكون مثبتة من الجهة الامامية والتي تستخدم للحركة اليدوية للعربة التي عليه، كما موضح بالشكل رقم (5.7) .



شكل رقم 5.7

**غراب الذيل (المتحرك):** ويستعمل عند تشغيل القطع بتثبيتها بين الذنبتين وذلك لإسناد طرف القطعة وكذلك لتثبيت المثقب واداة التخديش عند تشغيل الثقوب، كما يستعمل غراب الذيل لعمل المخروط، كما موضح بالشكل (5.8) .

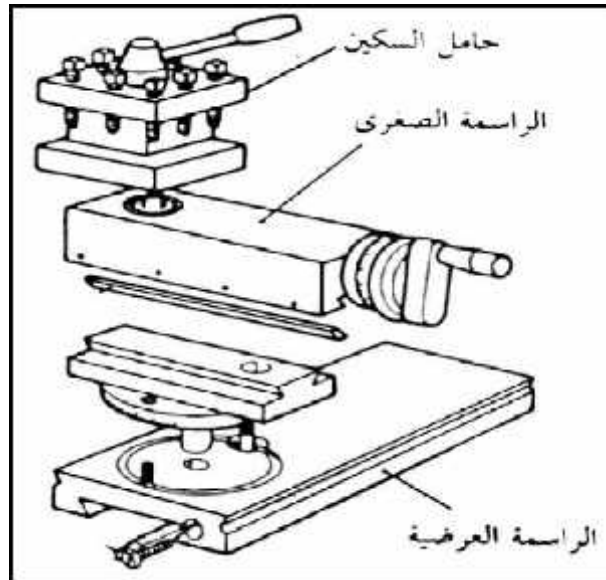




شكل رقم 5.8

**صندوق التغذية:** ويخصص لنقل حركة الدوران الى عمود اللولب وعمود السحب وكذلك لتغيير عدد دورانها بغية الحصول على التغذية اللازمة.

**العربة:** وتستخدم لتحويل الحركة الدورانية لعمود اللولب وعمود السحب الى حركة مستقيمة للرأسمة. وتحتوي على اليات الحركة طوليا وعرضيا للتغذية وقطع القلاووظ، وتحتوي على الرأسمة العليا والرأسمة السفلى. وتستخدم الرأسمة في المخرطة لتحديد عمق القطع، كما تستخدم الرأسمة الصغرى بميلانها بدرجات معينة للحصول على القطع مخروطية الشكل، كما موضح بالشكل (5.9).



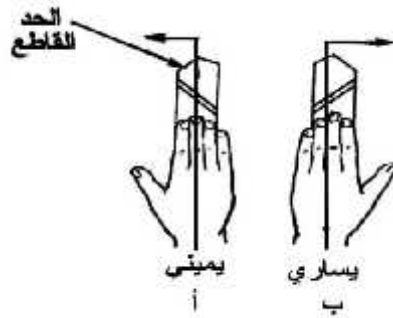
الشكل رقم 5.9

**عمود اللولب:** وهو مخصص لعمل الاسنان الخارجية والداخلية فقط.

**عمود السحب:** وهو مخصص للحركة الاوتوماتيكية للعربة.

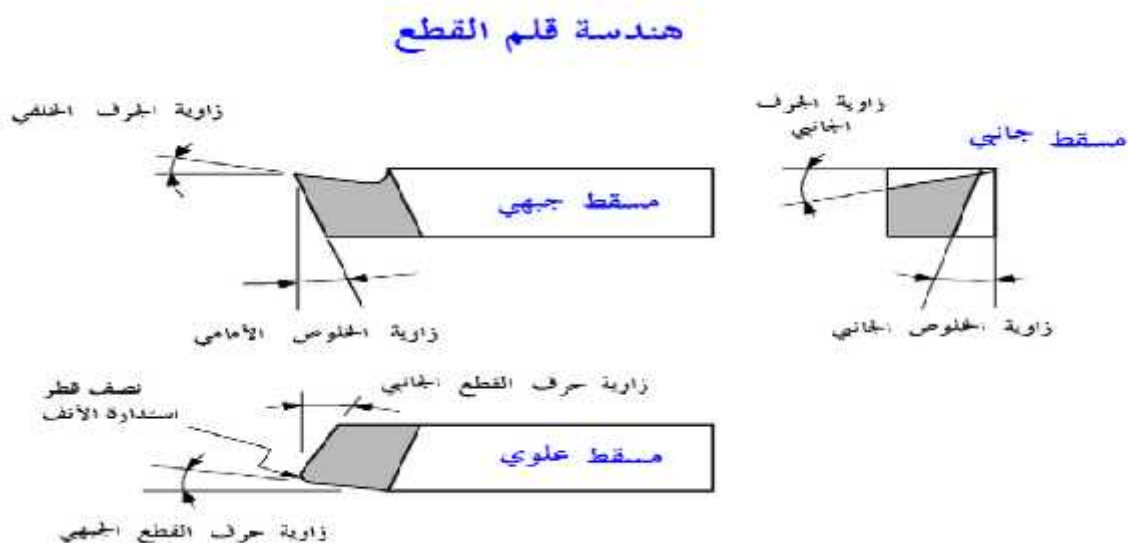
**اقلام الخراطة: Turning Tools** وهي تقوم بعملية فصل المعدن عن المشغولة اثناء عملية الخراطة وتسمى ايضا بسكين القطع، وتختلف من حيث احجامها واشكالها ومقاساتها ويعود هذا التنوع في اقلام القطع الى تنوع عمليات الخراطة التي تنجزها، وتصنف اقلام القطع حسب:

1. اتجاه عملية القطع: يحدد الحد القاطع اتجاه عملية القطع لأنه الجزء الذي يقوم بفصل المعدن عن المشغولة ويكون على نوعين:
  - أ. قلم قطع يميني.
  - ب. قلم قطع يساري.



2. نوع عملية القطع: انواع عمليات القطع كثيرة فمنها عمليات القطع الخارجي الطولية والعرضية وعمليات التسنين والمجاري التشكيلية وكذلك عمليات القطع الداخلي الطولية والتسنين الداخلي وهي متعددة أيضا.
3. نوع معدن الحد القاطع: تصنع حدود الحد القاطع من عدة معادن تختلف في صلابتها ومنها:
  - أ. فولاذ السرعات العالية.
  - ب. الكاربيدات.
  - ج. الماس.
  - د. أكاسيد الخزف.

**زوايا قلم القطع:** يتألف الحد القاطع لقلم القطع من مجموعة من السطوح المائلة بزوايا محددة ويبين الشكل ادناه هذه الزوايا وتعرف هذه الزوايا كما يأتي:



### زاوية الجرف: ( $\gamma$ )

هي الزاوية المحصورة بين سطح القلم الامامي والمستوي العمودي على مستوي القطع والمار عبر الحد القاطع الرئيسي، وهي الزاوية التي تخلق أفضل الظروف لتشويه طبقة القطع ولنشوء الرايش.

### زاوية الخلوص الرئيسية:

هي الزاوية المحصورة بين السطح الرئيسي الخلفي للقلم ومستوي القطع ووظيفة هذه الزاوية هي التقليل من الاحتكاك بين السطح الخلفي للقلم وسطح الشغلة وتتراوح عادة بين 6-12 درجة.

### زاوية الحد القاطع: $\beta$

ووظيفتها هي تحديد سمك وعرض الجزء المنزوع من الشغلة (الرايش) وعادة تساوي 45 درجة لأقلام الخراطة الجانبية.

### سوائل التزييت والتبريد:

تستعمل سوائل التزييت والتبريد للتقليل من تسخن القلم، مما يؤدي الى اطالة عمره ومدة عمله وتحسين ملاسمة السطح المشغل وزيادة انتاجية عملية القطع. ويكن تقسيم السوائل المستعملة في التشغيل على المخارط الى مجموعتين:

1. **المحالييل المائية :** وتمتاز بخواص تبريد جيدة وتتحصر عملية التبريد في امتصاص وتصريف الحرارة الناتجة عند القطع.
2. **الزيوت :** تتمتاز بخواص تزييتية عالية، الا ان خواصها التبريدية اقل من خواص سوائل المجموعة الاولى.

### قواعد صيانة المخرطة:

من الضروري مراعاة كافة قواعد صيانة المخرطة بحيث تكون اجزائها في حالة صالحة للعمل. ولا يمكن تامين عمل الماكينة الطبيعي خلال مدة طويلة الا بالخدمة الجيدة والصيانة الكافية. عليه يجب اتباع هذه النقاط:

1. تنظيف الماكينة من النحاتة (الرايش) يومياً وخاصة تنظيف الموجهات والراسمة والعربة والغراب المتحرك من سائل التبريد والافساح باستعمال فرشاة ناعمة ثم استعمال خرقة قطنية ناعمة.
2. يجب تزييت موجهات الفرش والراسمة والعربة بطبقة رقيقة من زيت المكائن.
3. تحرك العربة يدوياً على امتداد الفرش الى الخلف والامام عدة مرات بغية توزيع الزيت بشكل متساو على سطح موجهات الفرش.
4. ويعتبر تزييت كافة الاجزاء المحتكة في الوقت ذاته احدى القواعد الرئيسية لصيانة الماكينة

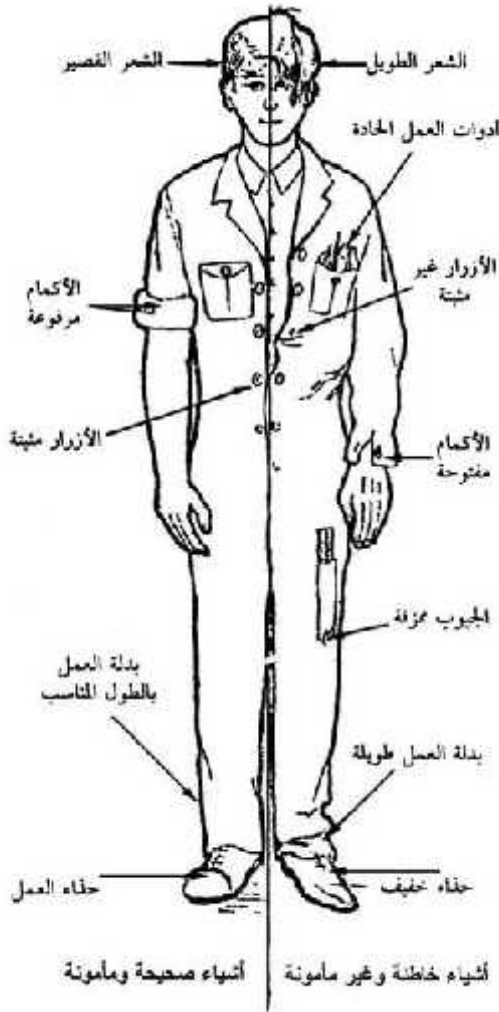


### إرشادات عامة قبل البدء في العمل:

1. يجب الإلمام قبل كل شيء بطريقة تشغيل وإيقاف الماكينة لتلافي وقوع الحوادث وخاصة لمن يكون حديث العهد بتعلم فن الخراطة.
2. عدم لمس أي جزء من الماكينة بدون العلم والتفهم بحقيقة ووظيفة وحركة هذا الجزء.
3. عدم لمس أو مسك باليد الأجزاء المحادة مثل العدد والرايش المتخلف من عمليات الخراطة.
4. أثناء الوقوف ومشاهدة عملية خراطة يجب الابتعاد عن الظرف لعدم تطاير الرايش في الأعين.
5. عدم الإمعان والتدقيق بالنظر لمدة طويلة في الأجزاء الدائرة حيث أن هذا يسبب تعب وضعف في العين.
6. في حالة مراقبة ماكينة يجب عدم التحدث مع شخص آخر أو ترك الماكينة تشتغل فهذا يسبب تلف قطعة العمل أو تلف الماكينة ذاتها.
7. مراعاة اليقظة التامة خاصة عند سماع أي صوت غير عادي بالماكينة فيجب إيقافها والتبليغ عنها فوراً.
8. التأكد من أن اللبس الخاص بالعمل ليس به أي قطع بارزة مثل الأكمام الرباط وذلك لتجنب الحوادث.

### إرشادات عند البدء في التشغيل والعمل على المخرطة:

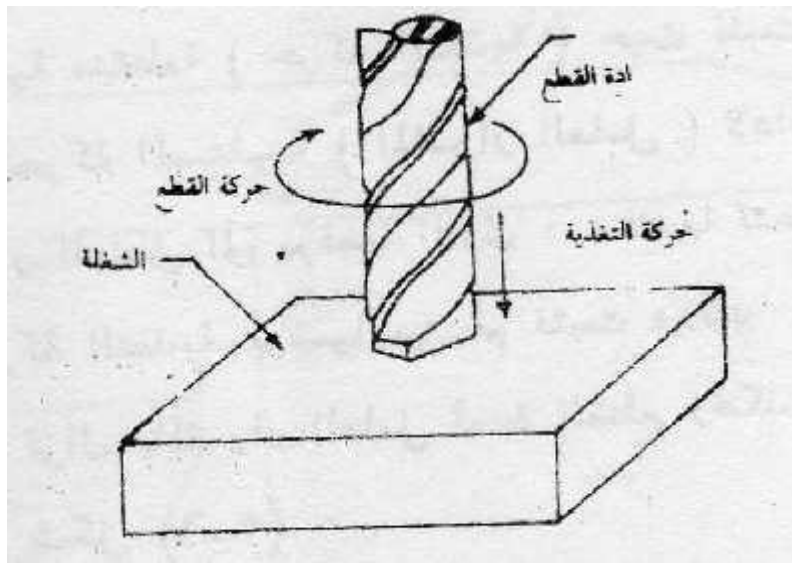
1. الإلمام التام بتعشيق جميع التعاشيق من سرع وتغذية.
2. فهم الرسم جيداً قبل البدء.
3. مراجعة نوع المعدن الخام من حيث نوعه وقياساته.
4. التأكد من ربط قطعة الشغل جيداً.



## ثانياً: عمليات التنقيب

عملية التنقيب drilling هي فتح ثقب نافذة أو غير نافذة في الأجسام الصلبة المصمتة بأداة ثقب حادة (ريشة ثقب) تتحرك حركة دورانية وتقدمية باتجاه محور دورانها. وقد تشمل عملية التنقيب على أعمال أخرى مثل تعميق الثقوب الموجودة أو تقويرها وكذلك عمليات «التخويش» countersinking والتشذيب (البرغلة) reaming.

تتحرك أداة القطع في هذه العملية حركتين رئيسيتين، حركة دورانية (حركة القطع) وحركة محورية (حركة التغذية) وتبقى الشغلة ثابتة أثناء عملية القطع كما موضحه بالشكل ادناه.

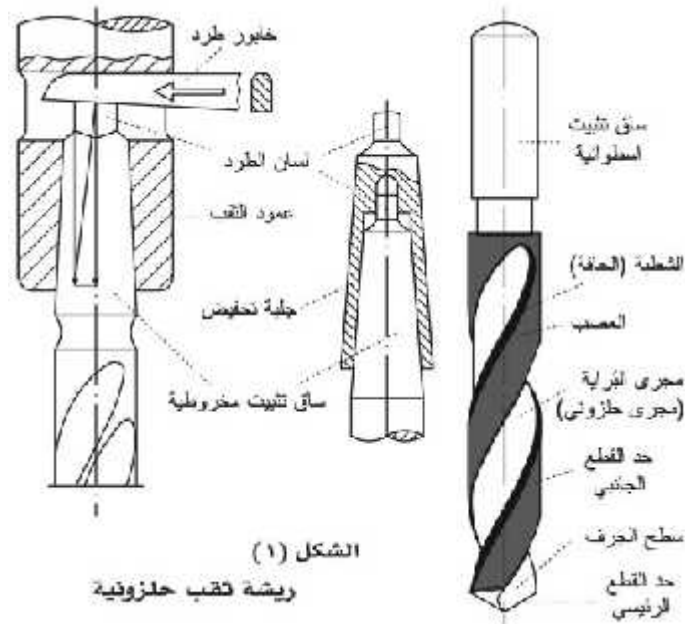


شكل (5.10) عملية التنقيب

وحركة القطع تتم بواسطة نقل الحركة من المحرك الى المحور الحامل لهذه القطع باستخدام بكرات وبواسطة تدوير الذراع يمكن تحريك المحور حركة عمودية وهي حركة التغذية اما المنضدة والتي تثبت الشغلة عليها فيمكن تحريكها عمودياً على عمود المثبت على السرير وذلك لضبط البعد بين أداة القطع والشغلة. تصنع العدد القاطعة ومن بينها ريش الثقب من معادن صلبة خضعت لمعالجة خاصة بالقطع السريع ومنها:

1. **الحديد الصلب الكربوني:** أي الفولاذ الذي يحتوي على نسبة عالية من الكربون تراوح بين 0.9-1.4%. إذ إن معالجة الحديد بالكربون تكسبه قساوة عالية (تصل إلى HRC 60)، وذلك بعد أن يخضع لعملية تقسية hardening وإرجاع tempering. ولكن من مساوئ العدد (الأدوات) المصنوعة من هذا المعدن هبوط قساوتها هبوطاً كبيراً إذا ما ارتفعت درجة حرارتها في أثناء عملية القطع إلى أكثر من 200° درجة مئوية.
2. **الحديد الصلب السريع القطع:** وهو فولاذ يحتوي على كمية كبيرة من أشباهات معدنية أخرى مثل التنغستن W والكروم Cr والكوبالت Co والموليبدنيوم Mo والفناديوم V. وهذا النوع من الفولاذ يحافظ على قساوته الكبيرة (HRC 62-64) حتى في درجات الحرارة العالية التي قد تصل إلى 600° درجة مئوية.

3. الخلائط - السبائك المعدنية التي تحتوي على الكربيدات، وتصنع عادة من مساحيق التنغستن والتيتانيوم المتحدة كيميائياً مع الكربون لتؤلف كربيدات التنغستن أو كربيدات التيتانيوم وهي مقاومة للتآكل وشديدة القساوة.



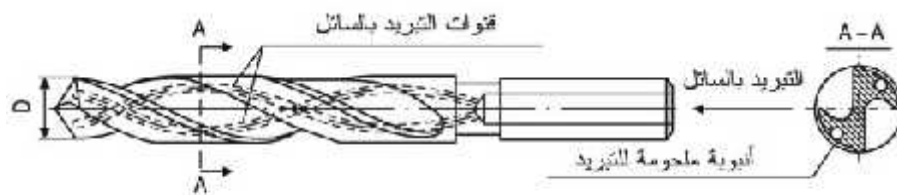
تنقسم ريش الثقب من حيث تصميم الجزء القاطع فيها إلى:

أ. ريش الثقب الحلزونية (اللولبية): وتستخدم عادة في عمل الثقوب غير العميقة نسبياً (طولها أقل من عشرة أضعاف قطرها). تتألف ريشة الثقب الحلزونية كما هو موضح في الشكل 1 من:

1- رأس حاد (قاطع) هو الجزء المخروطي القاطع في الريشة كي يقلل من الاحتكاك في أثناء عملية التنقيب، ويتألف من حدين قاطعين رئيسيين، بزاوية ميل محددة بالنسبة للجسم. تتراوح زاوية ميل الرأس المخروطي القاطع في ريش التنقيب العادية بين  $47^\circ$  و  $55^\circ$  وذلك بحسب قطر الريشة.

2- جسم الريشة: وهو الجزء العامل منها ويكون أسطوانياً ويحتوي على مجرى لولبي مفرد أو مزدوج مهمته إخراج البُرابة (النحاته) ومرور سائل التبريد، وعلى طول هذا المجرى حافة لولبية مشطوبة (شطبة Facet) مهمتها توجيه ريشة المثقب ووضعها مركزياً بالاستناد إلى جدار الثقب.

3- العنق: وهي الجزء ذو الخصور الواقع بين ساق ريشة الثقب وجسمها ومهمتها إحكام مسك الريشة ومنعها من الخروج من الماسك في المثقب (آلة الثقب).

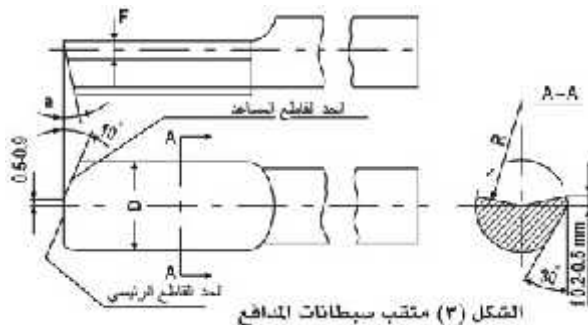


الشكل (2) قنوات التبريد بالسائل في ريش الثقب العميق

4- الساق: وهي الجزء المخصص لثبيت ريشة الثقب في مقرها من الماسك في المثقب وتكون أسطوانية في ريش الثقب ذات الأقطار الصغيرة  $D < 10 \text{ mm}$  ومخروطية في المثاقب ذات الأقطار الكبيرة  $D > 10 \text{ mm}$ ، و تثبت في الماسك بواسطة فكوك متحركة لإحكام الشد أو بواسطة ماسك مخروطي فيه جُلب (jig) bush لإحكام مسك الريشة.

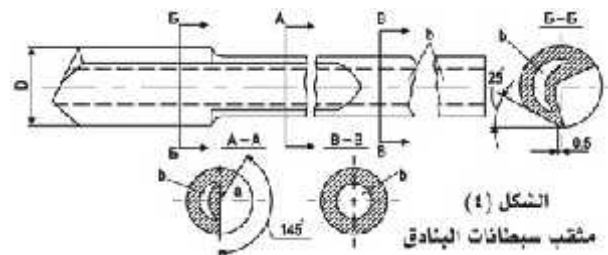
5- القبضة أو لسين التعشيق tenon ويعمل مسنداً لريشة الثقب.

ب - ريش التثقيب العميق: إذا كان المطلوب عمل ثقوب عميقة فإن ما يلزم هو ريش ثقب لولبية طويلة (طولها أكبر من عشرة أضعاف قطرها  $L > 10D$  وتكون زاوية ميل الرأس الحاد فيها 120 درجة. تزود الريشة بقناة مركزية نافذة لمرور سائل التبريد أو بأكثر من قناة تصنع عادة من أنابيب نحاسية تلحم داخل المجاري الطولية للريشة (الشكل 2)، وتعمل هذه الريش بالطريقة نفسها التي تعمل بها ريش الثقب العادية إلا أن حركتها التقدمية تكون بطيئة، لأن متانتها أقل من متانة الريش العادية. وقد تستخدم لهذه الغاية مثاقب سبطانات المدافع gun-barrel drill، وهي تعطي ثقباً أكثر دقة.



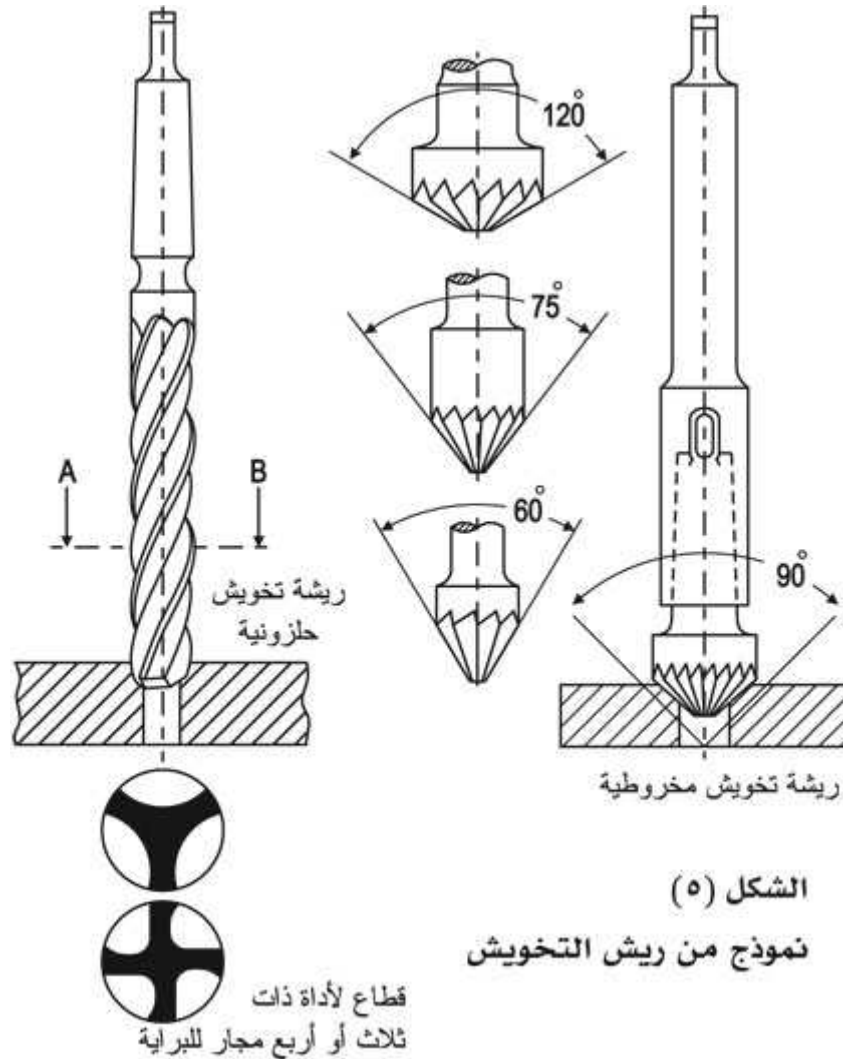
وتكون مثاقب سبطانات المدافع عادة على شكل قضيب أسطواني له حافة ذات حد قاطع رئيسي موجه نحو المثقب بزاوية قائمة، وحد قاطع إضافي بزاوية مقدارها  $10^\circ$  (الشكل 3) من أجل تخفيف الاحتكاك، وتشخذ الزاوية الخلفية من الرأس بحيث تكون  $a = 10^\circ$ . تحافظ هذه المثاقب على اتجاه الثقب مبدئياً عن طريق سطح ارتكاز يوفر لها تماساً محكماً مع جدار السطح المعد للتشغيل. وللتخفيف من احتكاك ريشة الثقب مع جدار الثقب على طول سطح الارتكاز يجعل مستو بزاوية قدرها  $30^\circ$ . إن العيب الرئيسي لهذا النوع من ريش الثقب هو سوء خروج البُرابة، وعدم كفاية التبريد عند التثقيب العميق مما يسبب تآكل الريشة بسرعة.

ولتلافي العيوب السابقة يمكن أن تستخدم ريش ثقب من نوع آخر تدعى مثاقب سبطانات البنادق rifle-barrel drill (الشكل 4) وتتألف من جزء عامل مصنوع من الكربيد المسمنت، وساق مجوفة مصنوعة من الفولاذ الكربوني، ملحومة مع الجزء العامل. ويكون الجزء العامل مزوداً بحافة قاطعة واحدة. ويمر سائل التبريد من ثقب الساق المركزي إلى الحد القاطع في رأس الثقب تحت ضغط كبير فيبرد الريشة ورأسها ويدفع بالبُرابة إلى الخارج عبر القناة a في الوقت نفسه. ومن محاسن هذه الريش أن مردودها كبير، ونتيجة لضغط سائل التبريد تزداد جودة الثقب.



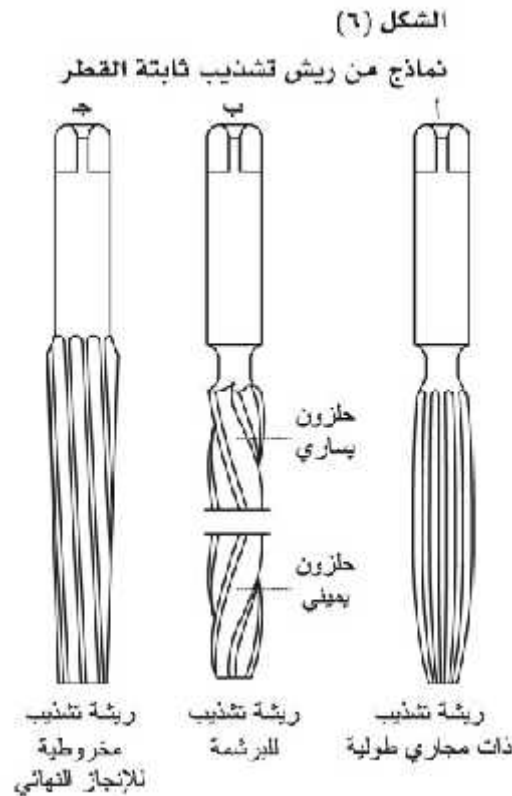
ج - ريش التخویش **cuountersinking tools**: وهي ريش ثقب حلزونية لها ثلاث حواف قاطعة أو أربع «شطبات» على المخروط المقطوع ولا تحتوي عتبة عليا (الشكل 5)، لذلك فإنها لا تستخدم في المواد المصمتة، وإنما لتوسيع الثقوب وتشغيلها. وبما أن هذه الأدوات تحتوي على ثلاث أو أربع شطبات فإنها تعطي ثقباً أكثر دقة ودرجة عالية من النعومة.

في حالات التثقيب الآلي يمكن استخدام ريش تثقيب متعددة الأغراض تقوم بأكثر من وظيفة كعمل الثقوب وتخویشها وفتح سن لولبية فيها في آن واحد، يتم تثبيت ريشة التخویش في الماسك قبل ريشة الثقب وتدار يدوياً أو آلياً.



د - ريشة التشذيب (البرغلة) **reamer**: وهي أداة قاطعة تحتوي على عدد كبير من الحواف والمجاري الطولية، ويشكل الجزء الأمامي المائل لسن ريشة التشذيب حافة قاطعة تنتزع بها طبقة رقيقة من المعدن. تجري عملية التشذيب عادة بعد التثقيب والتخویش وذلك من أجل الحصول على سطوح ملساء جداً ودقيقة المقاييس. وتستعمل لهذه الغاية عادة ريشة تشذيب واحدة أو ريشتان على التوالي (ريشة برغلة خشنة وريشة للإنجاز النهائي). وعند اختيار قطر ريشة التشذيب يجب أن يكون أكبر قليلاً من قطر الثقب (تقريباً 0.02 مم حتى 0.04 مم). وللحصول على ثقب أملس يجب اختيار سائل التبريد اختياراً صحيحاً، فعند تشذيب ثقب في الحديد الصلب يستعمل للتبريد سائل مستحلب أو زيت معدني مكبرت، أما عند تشذيب ثقب الحديد الزهر أو البرونز أو النحاس الأصفر فتجري العملية من دون تبريد. (الشكل 6)



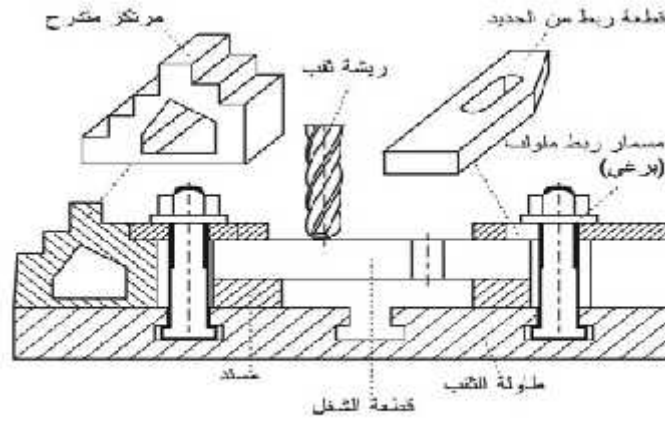


تقسم ريش التشذيب بحسب شكلها إلى ريش مخروطية أو أسطوانية، وتقسم بحسب طريقة استخدامها إلى ريش يدوية وريش آلية. كما تقسم بحسب طريقة تصنيع أسنانها إلى ريش ثابتة وريش قابلة للضبط. من مساوئ ريش التشذيب أنها تتآكل بسرعة مما يؤدي إلى تناقص مقاييس الثقوب.

### مبدأ عملية التنقيب:

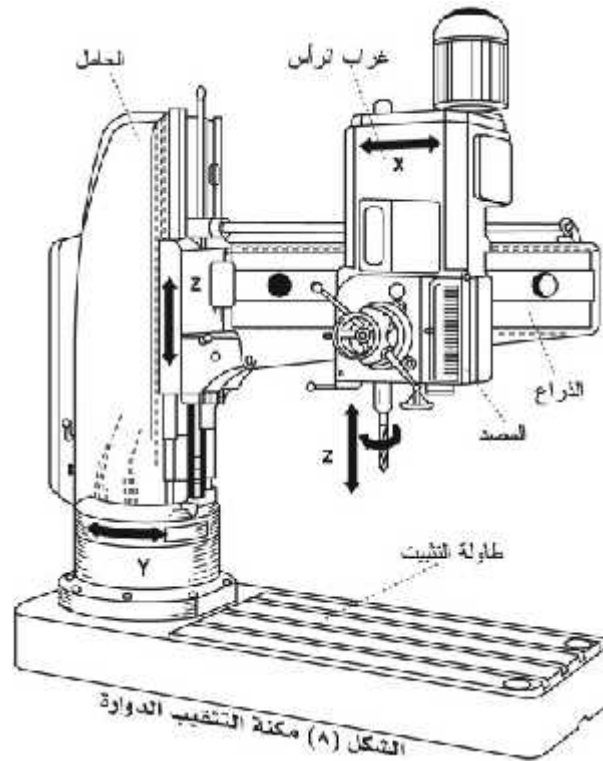
الحركة الرئيسية في عملية التنقيب دورانية، أما الحركة الثانية فهي حركة انزاحية تقدمية feed، وتقوم آلات التنقيب بتوفير الحركتين معاً. ويجب أن تثبت القطعة المراد تنقيبها تثبيتاً تاماً ومحكماً، لأن اهتزاز القطعة أو تزعزعها في أثناء التنقيب قد يؤدي إلى كسر ريشة الثقب، ولتلافي تزعزح الريشة يجب قطع سطح القطعة قطعاً جيداً، بحيث يكون السطح المطلوب ثقبه عمودياً على محور الريشة (الشكل 7). ويجب تشغيل آلة الثقب (المنقب) قبل أن تلامس الريشة القطعة، وتقدم الريشة نحو السطح بحركة ثابتة منتظمة. وينصح عند عمل الثقوب العميقة البدء بعمل ثقب أولي (جزئي) بريشة قصيرة من القطر نفسه، أما سرعة القطع في أثناء التنقيب فتكون أكبر ما يمكن على محيط الريشة وتتناقص هذه السرعة باتجاه المركز. ومن ثم فإن سرعة القطع هي السرعة المحيطة لريشة الثقب.

يمكن عند تنقيب قطعة من الصلب الكربوني المتوسط الصلابة أو الحديد الزهر الرمادي أو البرونز استخدام ريش ثقب مصنوعة من الفولاذ السريع القطع، وتبلغ سرعة القطع في هذه الحالة 20-30 دورة / دقيقة. أما عند تنقيب قطعة من الفولاذ الكربوني المتوسط القساوة بريش ثقب مغلفة بخلائط الكربيد المسمنت فإن سرعة القطع تراوح بين 60 و 80 دورة/دقيقة. وتقاس الحركة التقدمية بمقدار انزياح الريشة في الثقب في الدورة الواحدة للريشة وتقدر بالمليمتر للدورة الواحدة (مم / دورة) وتتم الحركة التقدمية يدوياً أو آلياً.



الشكل (٧) تثبيت المشغولات على طاولة الثقب

تستخدم في عمليات التنقيب أنواع مختلفة من آلات (مكائن) التنقيب، وذلك ابتداء من المثقب اليدوي إلى المثاقب الكهربائية وآلات الثقب المثبتة إلى طاولات ومكائن التنقيب العمودية، وهي تتألف من قاعدة أساسية وطاولة تشغيل وعمود وعراب الرأس (محمل الجزء الدوار) وتستعمل هذه المكائن لإنجاز ثقب يصل قطرها حتى 40 مم. وهناك أيضاً مكنة التنقيب ذات الحامل وهي شبيهة بمكنة التنقيب العمودية غير أنها يمكن أن تنجز ثقباً يصل قطرها حتى 60 مم. إضافة إلى ما تقدم ثمة نوع من مكائن التنقيب تستخدم على نطاق واسع منها المكنة الدوارة (الشكل 8)، من أجل التنقيب المتدرج ويمكن أن تنجز ثقباً يراوح قطرها بين 25 مم و100 مم.



وكذلك تستخدم مكائن تنقيب أفقية يمكن الاستفادة منها في عمل الثقوب وتوسيعها وتخوئتها كما يمكن استخدامها مكنة فرز.

## سوائل التبريد

في عمليات التنقيب تتولد كميات كبيرة من الحرارة على سطوح الاحتكاك وعند قطع البُرارية، تنشأ ضغوط شديدة تسبب تآكل أدوات القطع أو التنقيب المستعملة بسرعة. والوظيفة الرئيسية لسوائل التبريد هي التغلب على هذه المؤثرات بالتبريد والتزييت، وإن عمل سوائل التبريد يساعد في المحافظة على قساوة أداة القطع وإطالة عمرها، كما يقلل من تشوه القطعة المراد إحداث ثقب فيها، وتمنع التحام البُرارية بأداة القطع وتزيد في نعومة السطح.

ويجب أن تتوفر في سوائل التبريد مجموعة شروط أهمها:

1. أن لا تسبب صدأ آلات القطع أو الأجزاء المشغلة.

2. أن توفر الحماية من الجو المحيط.

3. أن لا يصدر عنها دخان في أثناء التشغيل أو التخزين.

وتصنف سوائل التبريد على النحو التالي:

أ. **سوائل التبريد المائية:** كالزيوت القابلة للانحلال في الماء والسوائل التي أساسها مائي، وهي محاليل كيميائية تُخفف لزوجتها بإضافة الماء عند التشغيل، ومعظمها تطوير للمحاليل المائية البسيطة (كربونات الصوديوم أو الصابون)، وقد تكون صيغها معقدة أحياناً وتشتمل على عوامل ترطيب صناعية، أو تحتوي على نترات الصوديوم عنصراً رئيسياً. وفيما يلي مثال عن تحضير سائل تبريد مائي:

- كربونات الصوديوم أو ثلاثي فوسفات الصوديوم: 0.5-0.75 %

- صابون صوديومي خالٍ من شوارد الكلور: 1-0.5 %

- نترات الصوديوم: 0.25 %

- ماء يكمل حتى 1 كغ محلول.

طريقة العمل: يذاب الملح القلوي بدرجة حرارة 80<sup>0</sup> درجة مئوية ثم يضاف نترات الصوديوم والصابون (مبشوراً) ويحرك المزيج باستمرار مدة 30-50 دقيقة.

ب. **سوائل التبريد الزيتية:** وهي زيوت لا تحتوي على الماء وتشتمل على زيوت معدنية وزيوت شحمية وزيوت مركبة. وفيما يلي طريقة تحضير سائل تبريد زيتي:

- حمض الزيت: 10 %  $\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_7 \text{CH}=\text{CH} (\text{CH}_2)_7 \text{COOH}$

- ثالث إيثانول أمين: 4 %

- زيت معدني: 86 %

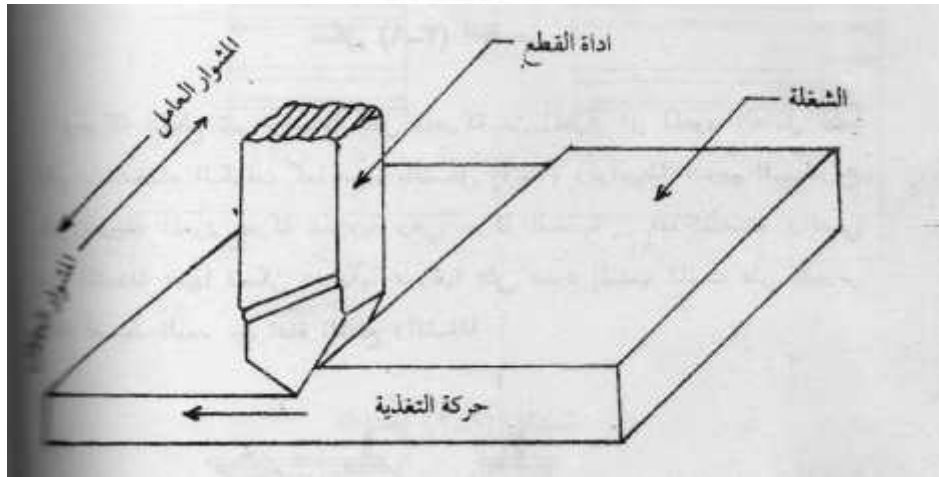
طريقة العمل: يحرك الحمض مع الزيت المعدني تحريكاً جيداً ويضاف ثالث إيثانول أمين (عامل مستحلب) ويحرك المزيج مدة 15 دقيقة.

يستخدم في حالات التنقيب سائل تبريد صابوني أو مستحلب، أما في حالات التشغيل العنيفة مثل التقوير أو حين تستخدم أدوات قطع باهظة الثمن فتستخدم الزيوت المكبرثة.



### ثالثاً: عمليات القشط

تتحرك أداة القطع حركة مستقيمة (حركة القطع) اما الشغلة فتتحرك حركة عرضية (حركة التغذية) وتختلف طريقة تشغيل المعدن بالقشط عن الخراطة والتقيب حيث ان حركة القطع المستقيمة تتكون من المشوار العامل فقط والمشوار العاقل اما عملية القطع فتتم في المشوار العامل فقط ولذلك فان الشغلة تتحرك حركة عرضية متقطعة ( حركة التغذية ) حيث تثبت الشغلة ولحين إزالة طبقة من المعدن بالحركة المستقيمة ( المشوار العامل ) لأداة القطع ومن ثم تعود القطع بالمشوار العاقل الى موقعها الاول وعندما تتحرك أداة القطع مجردا تتحرك الشغلة حركة التغذية عرضيا ومن ثم تثبت وذلك ليتسن تقديم طبقة جديدة من المعدن تزال بالمشوار العامل لعدة القطع وهكذا تتم عملية تشغيل المعدن بالقشط .



شكل (3) عملية القشط

ويحتوي بدن المقشطة على كافة الاجهزة التي تحول حركة المحرك الدورانية الى حركة في اجزاء المقشطة المختلفة من اجل انجاز عملية القشط ويحمل البدن الرأس الذي ينزلق على البدن بصورة مستقيمة بواسطة منزلقات افقية ويحتوي البدن على حامل او ماسك أداة القطع اما المنضدة فيمكن تحريكها عموديا لتثبيت البعد الازم بين أداة القطع والشغلة وتتحرك المنضدة على البدن بواسطة منزلقات عمودية وتستند المنضدة بواسطة المسند المثبت على السرير الذي يحمل هذا الاخير البدن والمحرك ايضا.

### المقشطة :

تعتبر عمليات الكشط وعمل المجاري او الحزوز من العمليات التشغيلية الهامة للأسطح الافقية والراسية المائلة وتختلف طريقة ازالة الرايش في المقاشط عن المخارط والفريز في ان الرايش يزال على هيئة شرائط طولية.

### انواع المقاشط:

- 1- المقاشط الناطحة.
- 2- المقاشط العربية.
- 3- المقاشط الراسية.

### عمليات المقشطة:

- 1- تسوية الاسطح المائلة .
- 2- عمل المجارى المائلة .
- 3- عمل الحزوز .
- 4- مجاري متموجة غنفارية .

### انواع عدد القطع

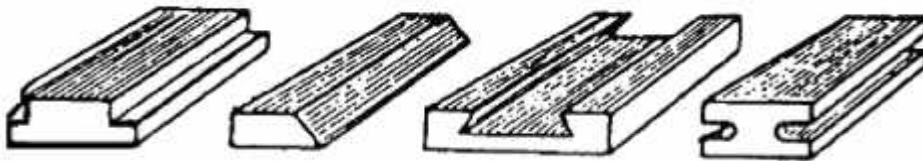
- 1 - عدد مزدوجة  
مثل سكينه الفريزة والمنشار والبنطة وحجر التجليخ والمبرد
- 2 - عدد ذات حد واحد  
مثل المسمار وذنبه العلام والاجنه وقلم القشط وقلم الخراطة

### مواصفات عدد القطع

- 1 - ان يكون صلابة الحد القاطع اعلى من صلابة الشغلة
- 2 - ان يكون طرف الحد القاطع حاد جدا
- 3 - ان يكون رخيص الثمن
- 4 - ان تتوافق القوى اللازمة في احداث عملياته القطع والتشغيل

### انواع الحد القاطع

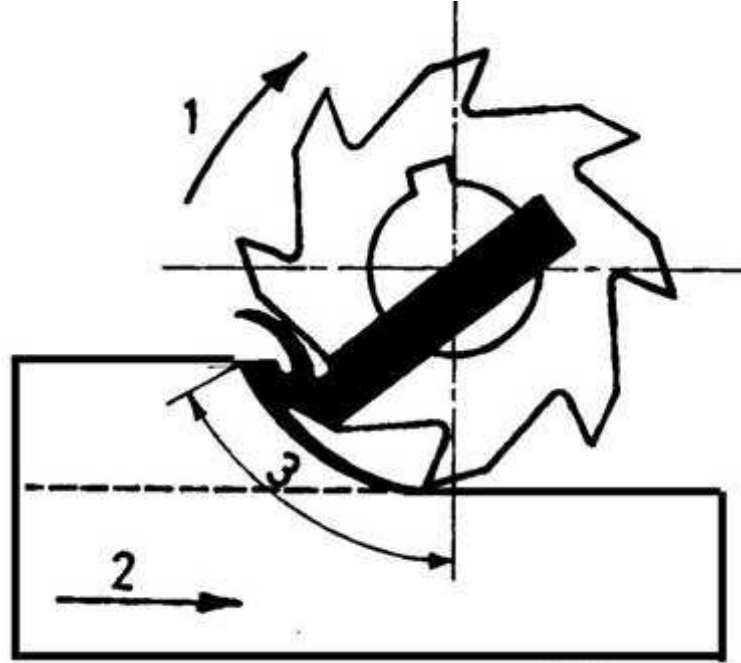
- 1 - قلم تسوية اسطح عدلة ومائلة
- 2 - قلم فتح مجارى عدلة
- 3 - قلم فتح مجارى غنفارية (متموجة)
- 4 - قلم فتح مجارى حرف تى يمين وشمال
- 5 - قلم عمل زوايا قائمة يمين وشمال



شكل يوضح نواتج مختلفة لعمليات القشطة

## رابعاً: عمليات التفريز

**التفريز:** هي عملية ازالة جزء من معدن المشغولة بواسطة اداة قطع دوارة متعددة الاسنان مثبتة على محيطها تسمى بسكين التفريز، وكل سن من هذه الاسنان يمثل اداة قطع بسيطة ذات حد واحد،

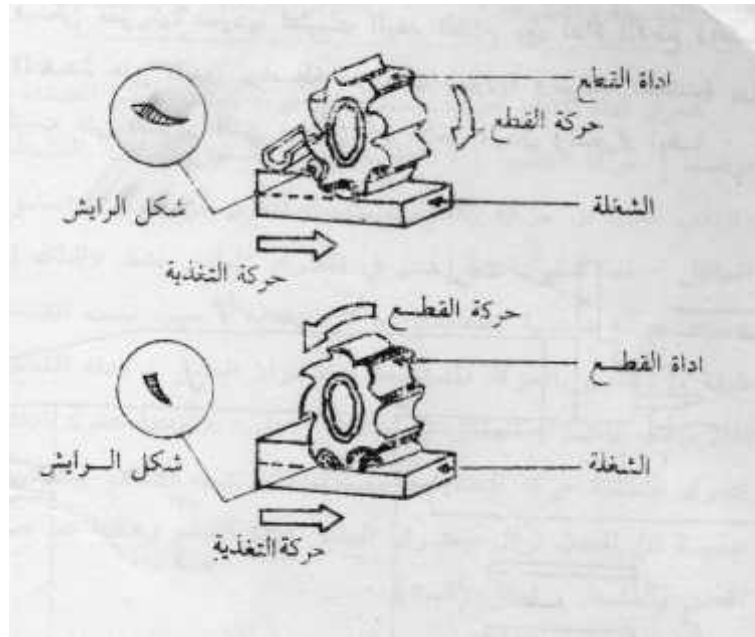


آلية العمل في عمليات التفريز

1. الحركة الرئيسية الدورانية (حركة القطع) لسكين التفريز.
2. حركة التغذية للمشغلة.
3. عملية القطع لسكين التفريز.

أداة القطع في التفريز تحتوي على عدة حدود قاطعة بخلاف ادوات القطع في عمليات التشغيل الأخرى كالخرطة والقشط. وفي عملية التفريز تتحرك أداة القطع حركة دورانية (حركة القطع) اما القطعة المشغلة (الشغلة) فتتحرك حركة مستقيمة عمودية على محور دوران أداة القطع (حركة التغذية)

تقاس الحركة الرئيسية لسكين التفريز بعدد الدورات في الدقيقة الواحدة (دورة / دقيقة)، اما سرعة التغذية فتقاس بمقدار حركة طاولة ماكينة التفريز، المثبت عليها الشغلة بالنسبة الى سكين التفريز، هي (ملم / دقيقة). ونظر لتعدد حدود القطع لسكاكين التفريز، يمكن ازالة حجم كبير من الرايش في عملية تفريز واحدة، كما ان السطوح المشغلة تتميز بجودتها، اي نعومة السطح واستوائه. يقوم كل سن بفصل الرايش عن الشغلة في جزء من دورة السكين، وبعدها يتوقف عن عملية القطع، اي انه يمر بشوط عاطل، بالرغم من استمرار سكين التفريز بالدوران، وهذا يؤدي الى ما يسمى بالتبريد الذاتي لعدة التفريز. فضلا عن تشغيل سطوح مستوية، يمكن تفريز شغلات ذات اشكال هندسية معقدة كالمسننات والتروس، وذلك باستخدام سكاكين تفريز ذات اشكال مختلفة، وباستعمال طرق خاصة



التفريز الاعتيادي والمتسلق

وهناك عملية تفريز افقية حيث توجد حدود القطع ( اسنان القطع ) على محيط أداة القطع او تفريز رأسي ( عمودي ) وتوجد حدود القطع في هذه الحالة على وجه عدة القطع كما ان هنالك تفريز اعتيادي شكل (أ) وتفريز متسلق (ب) وفي عيوب التفريز الاعتيادي كثرة الاهتزازات التي تتولد اثناء عملية القطع كنتيجة للقوى الرافعة المتكررة والتي تؤثر بدورها على جودة السطوح المشغلة اما بالنسبة للتفريز المتسلق فان أداة القطع تتحرك حركة معكسة لحركة أداة القطع في التفريز الاعتيادي وتمتاز هذه الطريقة بقلّة الاهتزازات اثناء عملية القطع بالاضافة لكون الرايش يتجمع خلف أداة القطع وليس امامها كما يحدث في التفريز الاعتيادي لذا فان هذه الطريقة لا تحتاج الى إزالة الرايش المستمر التي قد يسبب نتيجة لتراكمه احيانا امام أداة القطع الى كسرها.

### ماكينات التفريز

اهم انواع ماكينات التفريز المستعملة هي:

1. ماكينات التفريز العمودية vertical milling machines
2. ماكينات التفريز الافقية horizontal milling machines
3. ماكينات التفريز الجامعة الاغراض universal milling machines

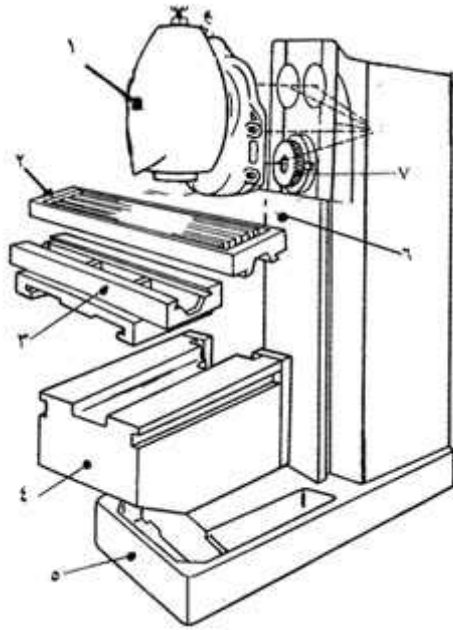
### ماكينة التفريز العمودية

هي احدى ماكينات التفريز التي تستخدم لأعمال التفريز العمودي لمختلف الاعمال، وسميت بالعمودية لوجود محور رأس التفريز بشكل عمودي بالنسبة لطاولة الماكينة، وهي تشبه من حيث الاجزاء الرئيسية ماكينة التفريز الافقية. عدا الذراع العلوي فهو غير موجود في ماكينات التفريز العمودية.

لاجزاء الرئيسية لماكينة التفريز العمودية

يبين الشكل ماكينات التفريز العمودية وتظهر عليها الاجزاء الرئيسية الاتية:

1. رأس التفريز: يركب على القائم، ويعمل على حمل سكاكين التفريز كما يمكن امالته في كلا الاتجاهين من موضع الصفر.
2. تتركب على العربة ولها ثلاث حركات طولية وعرضية وعمودية.



3. العربة : تركب على الركبة وتتحرك العربة حركة

عرضية .

4. الركبة : تتحرك حركة عامودية على القائم .

5. القاعدة : وتصنع من حديد الزهر , ويوجد بها خزان سائل التبريد .

6. القائم , عليه جميع اجزاء آلة التفريز , وفي داخله يوجد صندوق السرعات , ومحرك راس التفريز .

7. مسنن نقل الحركة : ويقوم بنقل الحركة الى راس التفريز .

استخدامات ماكينة التفريز العامودية

1. تسوية وتشكيل السطوح المستوية .

2. فتح الثقوب وتوسيعها .

3. تشكيل المجاري على السطوح الاسطوانية .

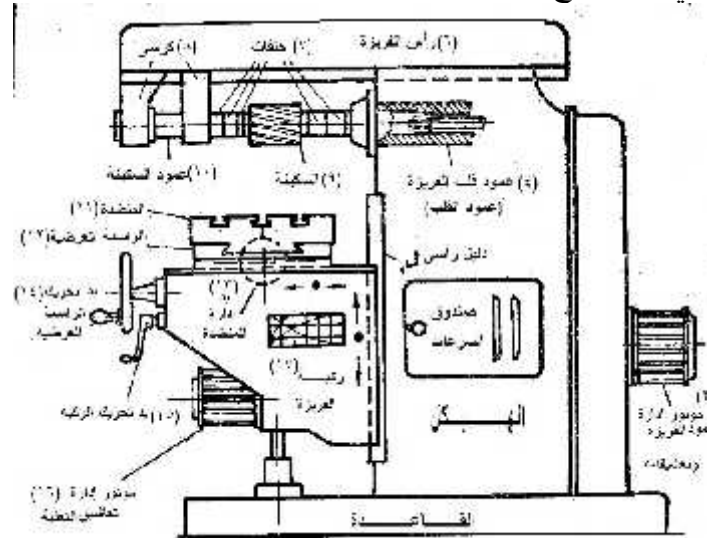
4. .

5. تفريز السطوح المائلة .

ماكينات التفريز الافقية

وهي ابسط انواع مكنات التفريز المستعملة وتتميز بان عمود الدوران الحامل لسكين التفريز افقي ومواز للطاولة وتكون فيها حركة الطاولة في ثلاثة اتجاهات هي الاتجاه الطولي والعرضي

ويستخدم في هذا النوع من المكنات سكاكين تفريز اسطوانية وجانبية وجبهية.



يوضح رسم تخطيطي للفريزة الأفقية العامة

الاجزاء الاساسية لماكنة التفريز الافقية

1. القاعدة : وتصنع من الحديد الزهر الرمادي , وهي ذات مئانة عالية قابلة لامتصاص الاهتزازات

الناجمة عن عملية .



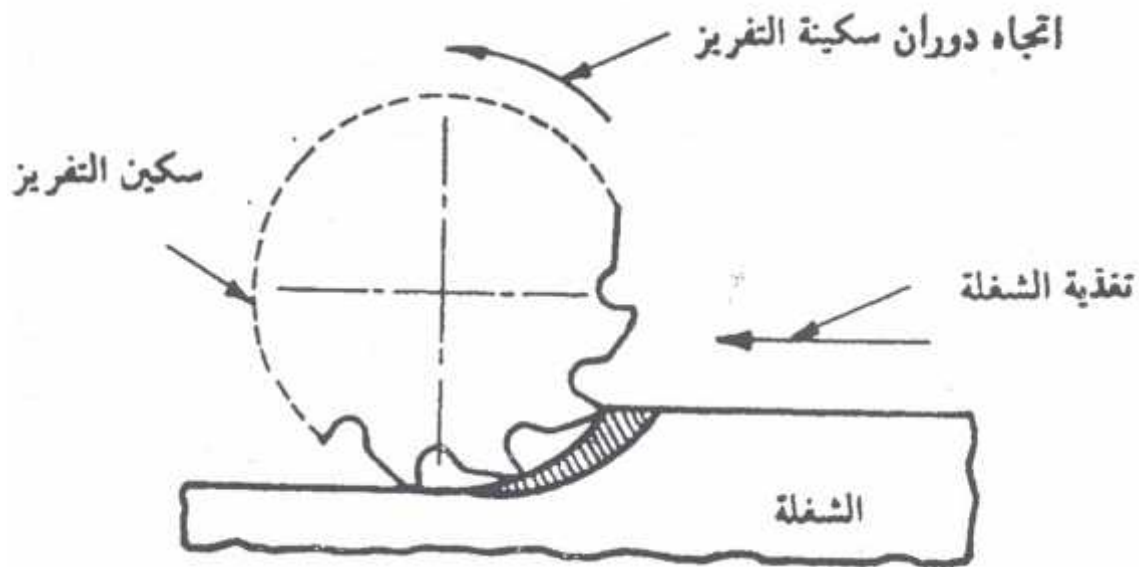
2. الهيكل: وهو صندوق يحتوي على الأجزاء الرئيسية لماكنة التفريز وهي: المحرك الكهربائي، الأحزمة الناقلة للحركة، آلية نقل الحركة، وصندوق تروس التغذية، والذراع العلوي، الطاولة.
3. الذراع العلوي: يكون في أعلى بدن الماكينة ويكون في وضع أفقي ويستعمل في ربط حامل سكاكين التفريز.
4. الركبة: وتصنع من حديد الزهر وتنزلق إلى الأعلى والأسفل.
5. الطاولة (مائدة الماكينة): وتستقر بواسطة دلائل خاصة وتتحرك حركة طولية وإن حركة الطاولة والبرج هي التي تحدد مقدار التغذية الطولية والمستعرضة الرئيسية.
6. عمود الدوران: يكون عمود الدوران مجوفاً، ويصنع عادة من الصلب ويكون محمولاً بصورة أفقية على كرسي تحميل دقيقة الصنع ودوره هو نقل الحركة الدورانية إلى سكين التفريز.

#### استخدامات ماكنة التفريز الأفقية

1. فتح جميع أنواع أسنان التروس العدلة والحلزونية.
2. تشكيل المجاري المختلفة.
3. تسوية الأسطح وتشكيلها.
4. قطع المجاري اللولبية للأسطح الأسطوانية.

#### طرق التفريز:

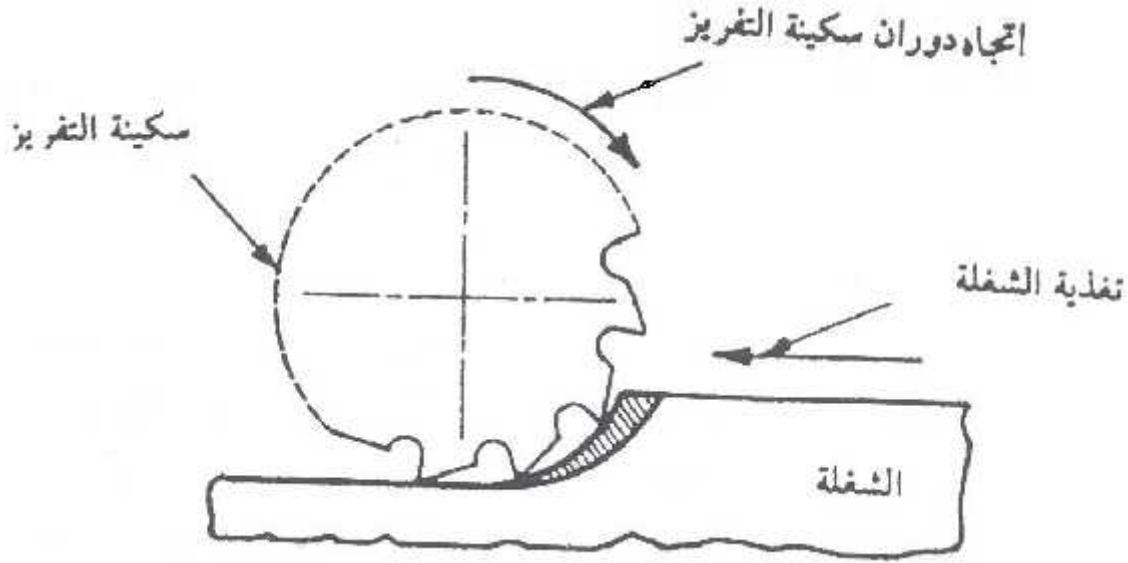
1. التفريز العكسي: يكون فيه اتجاه دوران سكين التفريز عكس اتجاه حركة التغذية للشغلة كما في



يوضح التفريز العكسي

تبدأ سكين التفريز بالقطع من أقل سمك للرأيش درج حتى تصل إلى أكثر سمك للرأيش لحظة ترك سن سكين التفريز للشغلة. ويكون الرأيش المنفصل على شكل (نصف هلال). من عيوب هذه الطريقة لا تبدأ سكين التفريز بالقطع مباشرة، فإنها تنزلق أولاً على الشغلة، ويستمر الانزلاق حتى يصبح سمك المعدن الموجود أمام الحد الفاطع للسن أكبر من القدر الذي يسمح بالانزلاق، ومن ثم تبدأ عملية فصل الرأيش. تعمل قوة القطع على رفع الشغلة عن طاولة ماكنة التفريز، وهذا يتطلب التحكم التام في قوة تثبيت الشغلة على الطاولة.

2. التفريز المتماثل: يكون اتجاه دوران سكين التفريز في نفس اتجاه حركة التغذية للمشغلة، كما ف



يوضح التفريز المتماثل

تبدأ سكين التفريز بعملية القطع مبتدئة بأكبر سمك للرأش، وتستمر عملية القطع حتى تصل سمك الرأش إلى أقل سمك له، ويتلاشى لحظة ترك سكين التفريز معدن الشغلة المراد تفريزها في نهاية عملية القطع، يكون الرأش المنفصل على شكل نصف هلال أيضاً. من عيوب هذه الطريقة، أن طاوله الماكنة تتعرض إلى هزات عنيفة بسبب وجود قوة قطع متقاطعة وصلامة الأمر الذي يؤدي إلى تلف أو كسر اسنان سكاكين التفريز، كما يؤثر على جودة السطوح المشغلة

### تعريف التروس وانواعها

الترس هو عجلة مسننة، يحتوي محيطها على عدد من الاسنان ذات شكل خارجي. ويمكن تشكيل الاسنان بطريقة القطع بواسطة سكاكين تفريز لها حدود قاطعة بشكل الفجوات بين الاسنان. وتستعمل التروس بصورة عامة في نقل الحركة الدورانية من محور إلى آخر وخاصة عندما تكون المسافة بين هذه المحاور صغيرة نسبياً. وتتم عملية نقل الحركة هذه دون انزلاق وذلك اسنان احد التروس في فجوات الترس الآخر. ويمكن تحويل الحركة الدورانية إلى حركة مستقيمة ترس وقضيب مسنن ( الجريدة المسننة والترس المعشق معها).

### انواع التروس

يمكن تصنيف التروس إلى ثلاثة مجاميع هي:

1. التروس الاسطوانية: تستعمل هذه التروس عادة في نقل الحركة بين المحاور المتوازية التي تقع في مستوى واحد. وتنقسم هذه التروس عادة من حيث اتجاه الاسنان بالنسبة لمحور الترس إلى تروس اسطوانية مستقيمة الاسنان، وإلى تروس اسطوانية مائلة الاسنان.
2. مخروطية: تستعمل هذه التروس بصورة رئيسية في نقل الحركة الدورانية بين المحاور المائلة المتقاطعة (أي المحاور غير المتوازية والتي تقع في مستوى واحد).

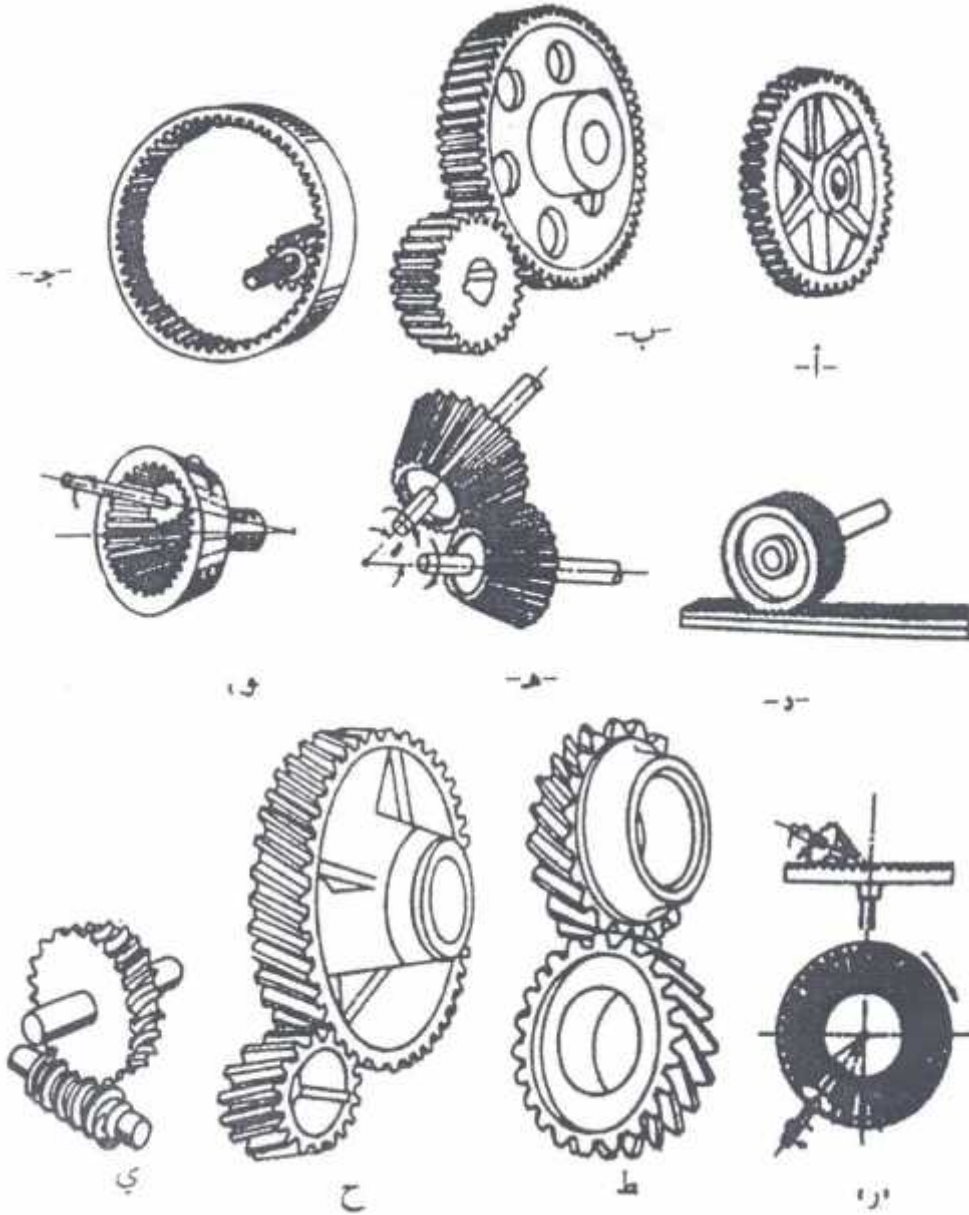
أما الشكل الاساسي لهذه التروس فهو المخروط الناقص. وتنقسم هذه التروس من حيث شكل

:

تروس مخروطية مستقيمة الاسنان، وإلى تروس مخروطية مائلة الاسنان.



3. التروس اللولبية : تستعمل هذه التروس في نقل الحركة بين المحاور التي لا تتقاطع في الفراغ ، اي التي لا تقع في مستوى واحد، وتضم هذه المجموعة التروس اللولبية الحلزونية والتروس البريمية (الحلزون).



يوضح

- ( ذو اسنان مستقيمة (ترس
- . تروس اسطوانية معتدلة مسننة خارجياً
- اسطوانية معتدلة مسننة داخلياً (تروس حلقيه)
- جريدة مسننة والترس المعشق معها
- هـ- مخروطية مسننة خارجاً
- مخروطية مسننة داخلياً
- مخروطية تاجية
- حلزونية الاسنان
- لولبية الاسنان
- البريمة (الحلزونية) والترس الحلزوني المعشق معها.

### مصطلحات أسنان التروس:

#### 1. Addendum Circle:

هي الدائرة التي تمر بقمم أسنان الترس أي أنها تمثل السطح الخارجي لقرص الترس.

قطر دائرة القمه = قطر دائرة الخطوة +  $2 \times$

$$\times = \quad \times 2 + =$$

$$\times 2 + \times =$$

$$(2 + ) \times =$$

$$(2 + ) \times = \text{قطر دائرة القمه} = \text{المودول} \times$$

#### 2. Dedendum Circle :

هي الدائرة التي تمر بجذر الفراغ بين أسنان الترس.

$$\times 2 - =$$

$$\times = \quad \times 1.2 \times 2 - =$$

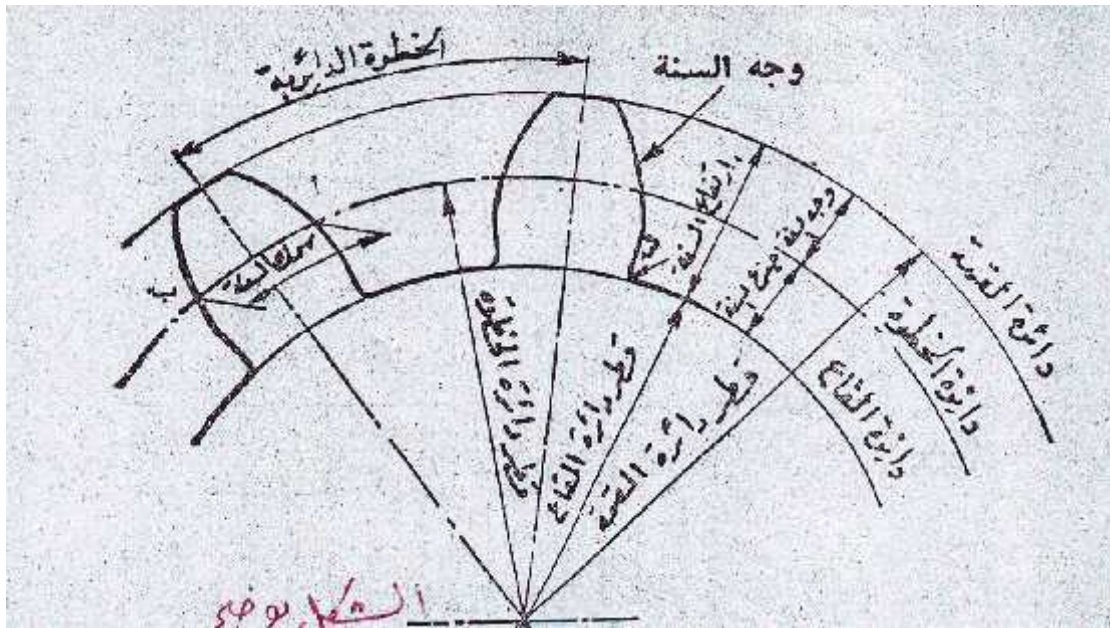
$$\times 2,4 - \times =$$

$$(2.4 - ) \times =$$

#### 3. Pitch Circle (P. C.) :

هي دائرة وهمية تقع بين دائرة القمه ودائرة القاع، ويتم عندها تعشيق أسنان الترس القائد

$$\times = \quad \times =$$



#### 4. الخطوة الدائرية (خد) : (C.P.) Circular Pitch

هي الدائرة التي يتم تقسيم اسنان الترس على محيطها بخطوات معينة ثابتة . اي ان جميع اسنان الترس تقع على محيط الترس وعلى مسافات متساوية بين بعضها وتسمى هذه المسافات المتساوية بالخطوة الدائرية كما يمكن تعريفها هي المسافة بين نقطتين متماثلتين على سنيين متتاليتين مقاسة على دائرة الخطوة.

$$\frac{\text{محيط دائرة الخطوة}}{\text{عدد اسنان الترس}} = \text{الخطوة الدائرية (خ)}$$

5. الموديول (M) : ( )  
هو وحدة قياس أسنان الترس (ن) ويساوى الخطوة الدائرية مقسوما على النسبة الثابتة. أو هو رقم نمطي يدل على الطول الذي تشغله كل سنة من قطر دائرة الخطوة أى يساوى قطر دائرة

$$\text{الموديول (م)} = \frac{\text{الخطوة الدائرية}}{\text{النسبة الثابتة}} = \frac{\text{خ}}{\text{ط}} \text{ (ملم)}$$

$$\text{الموديول (م)} = \frac{\text{قطر دائرة الخطوة}}{\text{عدد اسنان الترس}} = \frac{\text{ق}}{\text{ع}} \text{ (ملم)}$$

6. Addendum : (1 )  
هى المسافة نصف القطرية المحصورة بين دائرة القمة ودائرة الخطوة.

$$= \times 1 =$$

7. Dedendum: (2 )  
هى المسافة نصف القطرية المحصورة بين دائرة الخطوة ودائرة القاع.

$$\times 1.2 =$$

8. Tooth depth : ( )  
هى المسافة نصف القطرية المحصورة بين دائرة القمة ودائرة القاع.

$$+ =$$

$$\times 1,2 + =$$

$$\times 2,2 =$$

9. الخطوة القطرية : Diameter Pitch ويرمز لها بالرمز D.P.  
وهى تدل على عدد الأسنان لكل بوصة من قطر دائرة

10. :

وهو المسافة بين القطر الخارجى القائد والقطر الداخلى للترس المنقاد أو العكس صحيح

$$= 0.167 \times \text{الموديول}$$

11. سمك السن (ك): يمكن حساب سمك السن عند دائرة الخطوة كما يلي:-

$$\text{ك} = \frac{\text{خ}}{2} = \frac{\text{ط} \times \text{م}}{2} = \frac{3.14 \times \text{م}}{2} = 1.57 \times \text{م (ملم)}$$

12. طول السن (ب) : وهى المسافة المحصورة بين وجهي الترس .

$$10 \quad 6 =$$

13. المسافة بين مركزي الترسين المعشقين (ل):-  
ل = نصف قطر دائرة التقسيم للترس القائد + نصف قطر دائرة التقسيم للترس المنقاد

$$\therefore \text{ل} = \frac{\text{ق}_2}{2} + \frac{\text{ق}_1}{2} = \frac{\text{ع}_2 \times \text{م}}{2} + \frac{\text{ع}_1 \times \text{م}}{2} = \frac{(\text{ع}_2 + \text{ع}_1)}{2} \text{ (ملم)}$$

$$\text{الموديول} = \frac{(\text{عدد اسنان الترس القائد} + \text{عدد اسنان الترس المنقاد})}{2}$$

المسافة بين محوري الترسين المعشقين =

## خامساً: عمليات التجليخ



تعرف عملية التجليخ بانها عملية تشطيب دقيق طبقة رقيقة جدا من المعدن عن طريق اداة تسمى حجر التجليخ وتختلف ماكينة التجليخ عن ماكينات التشغيل السابقة على انها تملك الاف من الاحرف

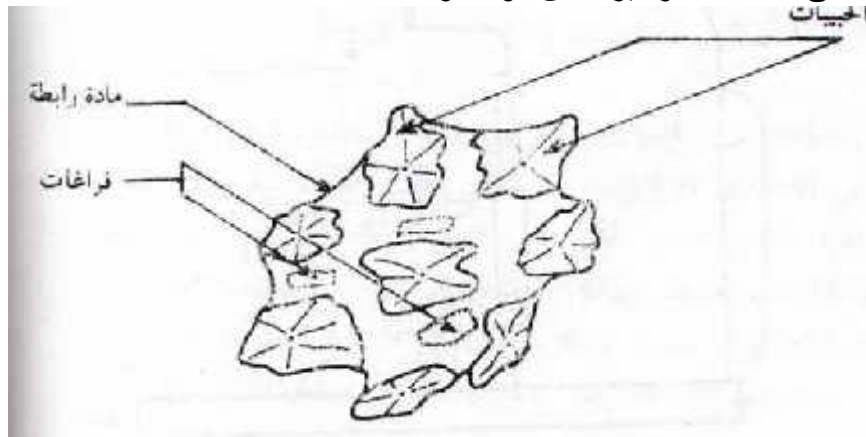
### الغرض من التجليخ:

- 1- التشطيب النهائي للسطوح بدرجة تنعيم عالي .
- 2- عالية من .
- 3- والاقلام وسكاكين الفريز .

### انواع عمليات التجليخ :

- 1- تجليخ
- 2- تجليخ
- 3- تجليخ
- 4- تجليخ

اداة القطع في التجليخ (حجر الجليخ) عبارة عن اجزاء او حبيبات صلادة صغيرة نسبيا كأكسيد الألمنيوم، كاربيد السليكون، الماس الطبيعي او الاصطناعي ترتبط مع بعضها بواسطة مادة رابطة كالطمي، المطاط ، وغيرها من مواد الربط .



(5) أداة حجر التجليخ

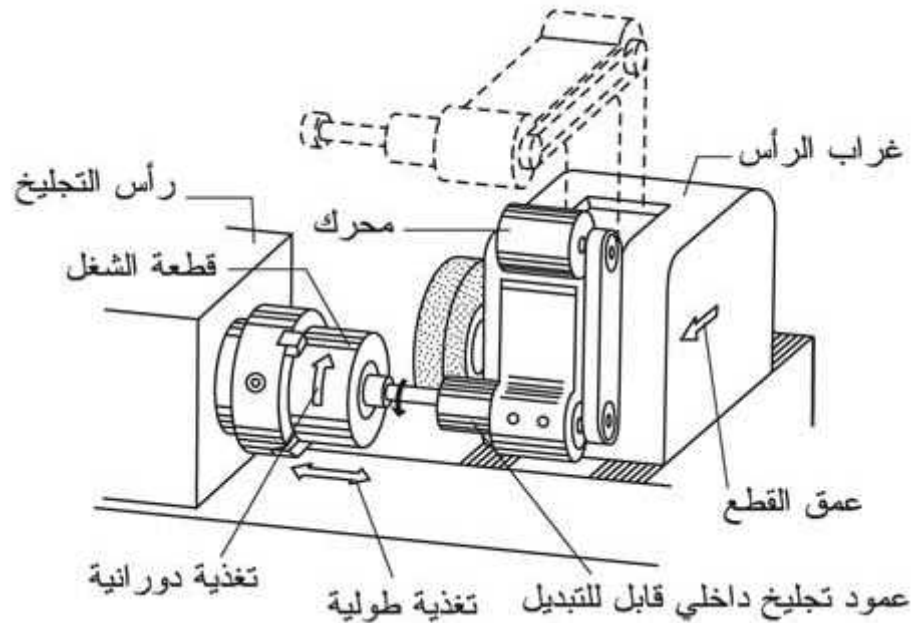
ومن الممكن تقسيم اهم عمليات التجليخ الى نوعين تنجز بواسطة مكائن خاصة معدة لهذا الغرض. فعند تجليخ السطوح الاسطوانية تتحرك اداة القطع حركة دائرية (حركة القطع) اما الشغلة (القطعة قيد التشغيل) فتتحرك حركة دورانية مستقيمة متقطعة (حركة التغذية) اما بالنسبة للنوع الثاني (تجليخ السطوح المستوية) فتتحرك اداة القطع حركة دورانية (حركة القطع) وحركة متقطعة مستقيمة موازية لمستوي الشغلة (حركة التغذية) بينما تتركب حركة الشغلة في هذا النوع



من التجليخ من المشوار العامل والمشوار العاطل والتجليخ يتم في المشوار العامل فقط. وقد وجد اختلافا كبيرا بين ماكيز تجليخ السطوح الاسطوانية وماكيز تجليخ السطوح المستوية ولكن اساس عمل هذه الماكيز مشابه فان حركة المحرك تنتقل الى كافة اجزاء ماكينة التجليخ بواسطة اجهزة خاصة وتزودها بالحركات الدورانية والحركات المستقيمة المنقطعة كما انه من الممكن تغيير كافة الحركات وحسب متطلبات عملية التجليخ.

فعند تجليخ السطوح الاسطوانية تربط الشغلة بين مركزين يتحان للشغلة الحركة الدورانية ثم تقرب اداة التجليخ والتي تدور بسرعة عالية جدا من الشغلة وحسب عمق القطع المطلوب والذي لا يتجاوز عادة البعض من اجزاء المليمتر. وعند ذلك تبدأ عملية تجليخ سطح الشغلة الذي يكون ماس مع اداة القطع ومن ثم تتحرك الشغلة ذاتيا حركة مستقيمة ولمسافة قصيرة (حركة التغذية) وذلك لكي يمكن وضع جزء جديد من سطح الشغلة في تماس مع اداة القطع. تستمر هذه العملية لحين انتهاء تجليخ سطح الشغلة كليا وحسب الطلب. انا بالنسبة لتجليخ السطوح المستوية فان منصدة الماكينة المتحركة تجهز بقوة مغناطيسية وذلك

وبعد تثبيت عمق القطع تتحرك الشغلة في المشوار العامل وتحدث عملية التجليخ اما الشغلة فتعود في نهاية المشوار العاطل الى موقعها الاول وعند البدء بالمشوار العامل الثاني تتحرك اداة القطع ذاتيا حركة مستقيمة قصيرة (حركة التغذية) ولهذا يتم تجليخ جزء جديد من سطح الشغلة. تتكرر هذه العملية الى ان تنتهي عملية تجليخ السطح المطلوب. ان القطع المنتجة بالتشغيل قد تنجز عليها عملية واحدة او أكثر من عمليات التشغيل وفي كثير من الاحيان وخاصة عند تكرار انتاج قطعة معينة بشكل دوري منتظم يلجا المصممون الى جمع أكثر لية واحدة من عمليات التشغيل في ماكينة واحدة وعلى هذا الاساس يتم انتاج القطعة باستخدام ماكينة واحدة وان تعددت واختلفت العمليات الجارية عليها وهذا قد ادى الى تعقيد الماكيز ولكن تبقى معتمدة على نفس اساس التشغيل.



آلة التنعيم بواسطة التجليخ

## الفصل السادس

### عمليات القطع

عمليات القطع من عمليات التشغيل تتم على المواد المراد تشغيلها لغرض الحصول على أجزاء ذات ابعاد واشكال مختلفة حسب القياسات المطلوبة والمحددة.

وهناك العديد من عمليات القطع بخلاف الطرق التي تم اخذها مسبقاً بالفصول السابقة منها: -

1. عمليات القطع بالقوالب الجاهزة ( ).
  2. عمليات القطع بالمناشير المختلفة.
  3. عمليات القطع بالسلك.
  4. عمليات القطع بالمكائن المؤتمتة CNC.
  5. عمليات القطع الحديثة بالبلازما والليزر.
- ولفهم العمليات بشكل مفصل سيتم شرح تلك الطرق بصورة : -

#### اولاً: عمليات القطع بالقوالب الجاهزة بالكبس (الضغط )

تتنوع اشكال واحجام المكابس بتنوع مهامها ونمط مواصفات المكبس بالوزن الذي يسلطه المكبس على

يها. هناك مكابس صغيرة

او اقل وهناك مكابس كبيرة تصل الى ما يزيد عن 100 – 150

وهكذا . والذي يهمننا في الورش والمصانع وما يطلبه

هو الحد الذي يصل 20 – 150 .



مكابس هيدروليكية مختلفة متوسطة وكبيرة

لقد صممت المكابس لغرض الحصول على منتج ما بطريقة القوالب التي يمكنها انجاز المنتج عن طريق تشغيلها بواسطة هذا

العلوي وعادة يكون هو الجزء

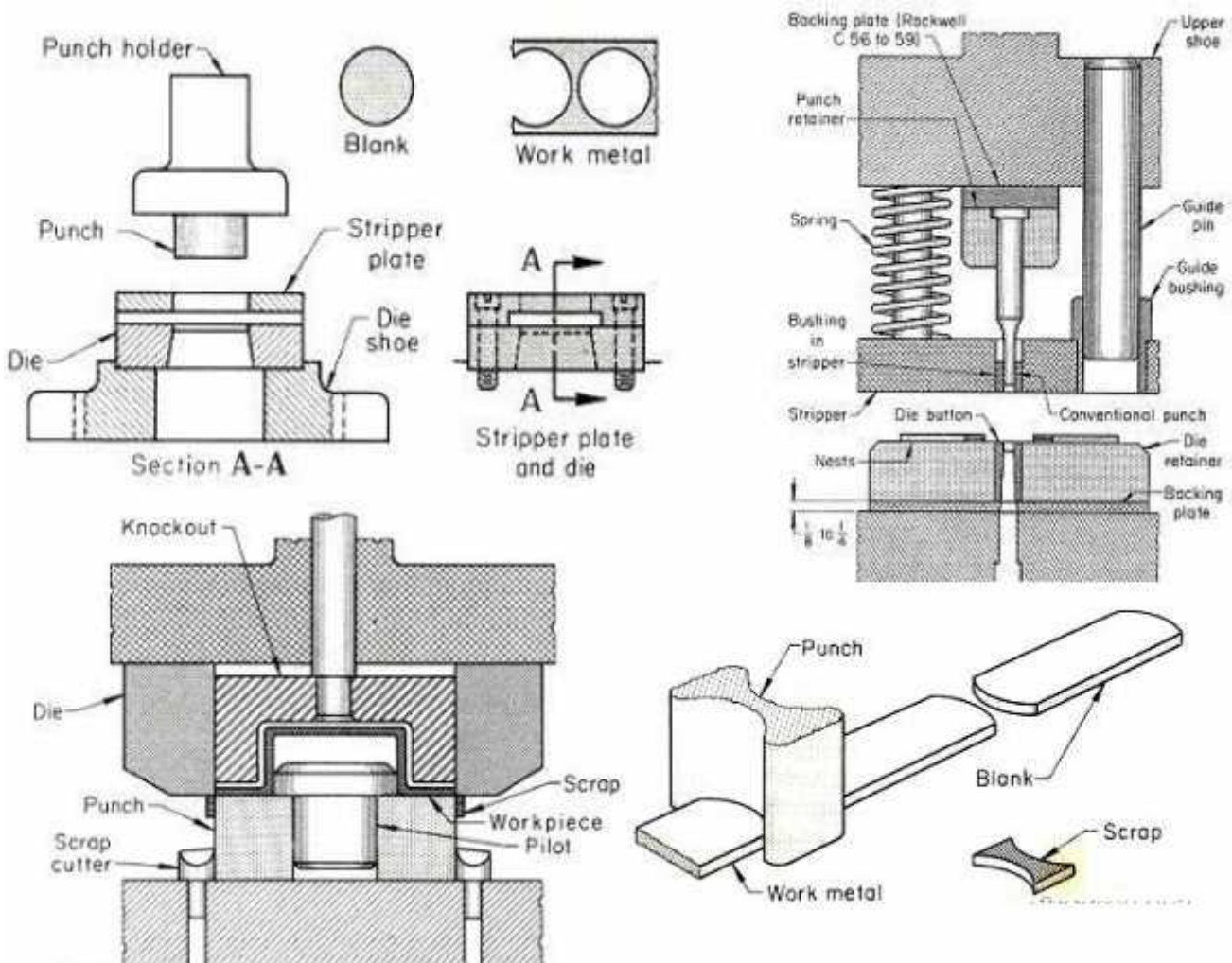
تختص المكابس بإنتاج الكثير من الاشكال الجاهزة بواسطة القوالب المصممة ضمن مراحل كبس عديدة، واحدة وهذا حسب فعالية وقابلية القالب وشكل المنتج المطلوب عمله.

ادة ما يتم تشغيل (البليت) وهي طبقات من الصفيح

قياسي) يتم تعريفها عن طريق قياس السمك لكل طبقة، وهناك النظام الانكليزي ( اجزاء البوصة ) للقياس . او النظام العالمي المتري ( ) .

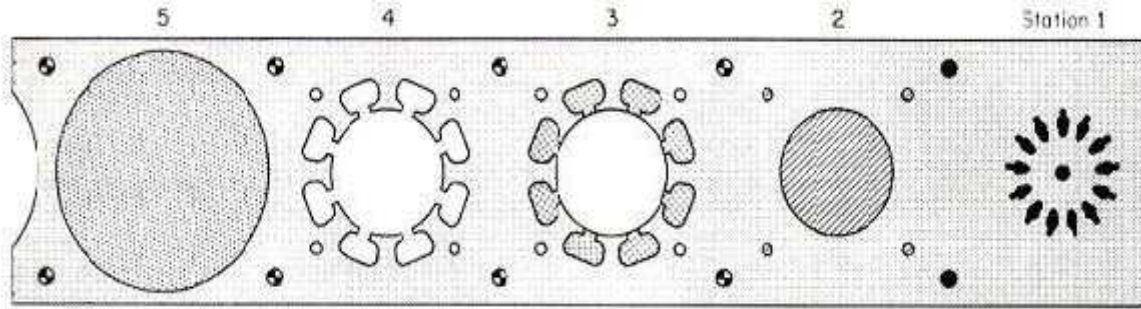
ويتم تجهيز الخامة بحيث تقطع طبقات البليت الى عدة ( ) المطلوبين، ويجري دهنها بزيت المحركات احيانا ليسهل عملية الكبس وليحا

بإمكان القوالب المثبتة على المكبس ان تنجز الكثير من الاعمال كالثني والقص والتثقيب المنتظم والتشكيل الدائري او المربع وذلك حسب التصميم المطلوب .



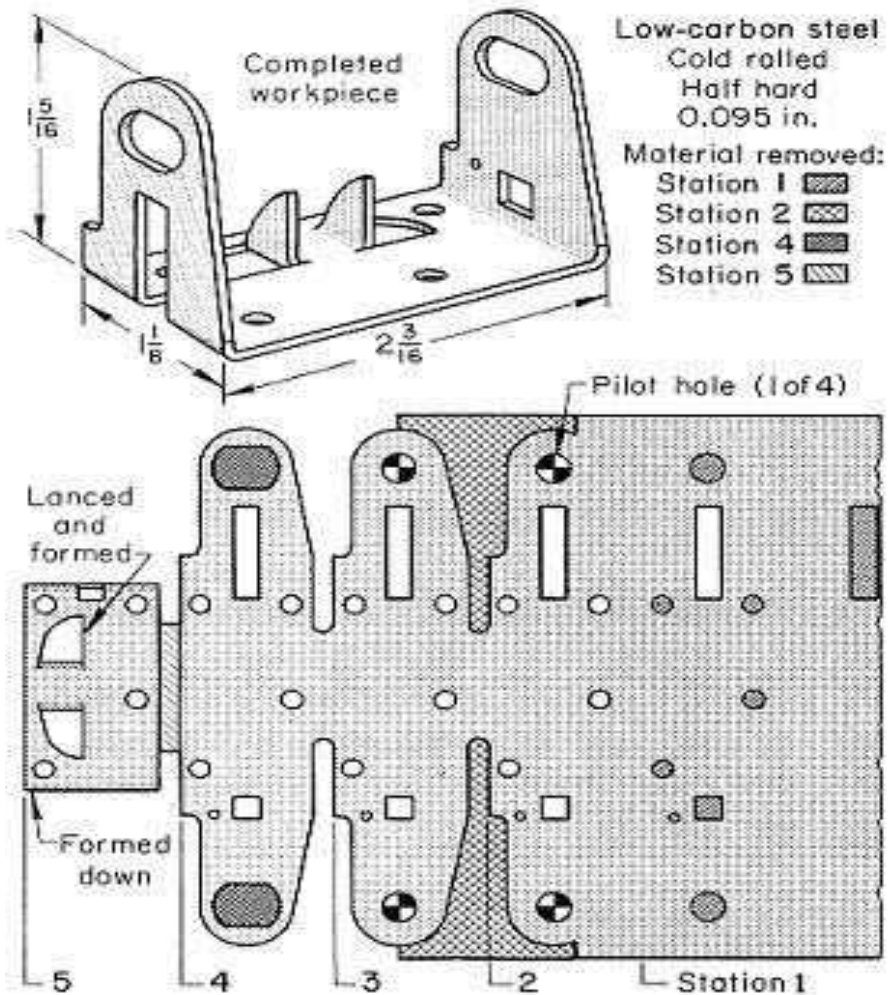


وهذه بعض الأشكال التي يمكن الحصول عليها



Material removed in station 1 ■, 2 ▨, 3 ▩, 4 idle, 5 ▤

Station 1: Pierce pilot holes, rotor slots, and rotor-shaft hole. Station 2: Pierce stator rivet holes and blank rotor. Station 3: Pierce stator slots. Station 4: Idle. Station 5: Blank stator.



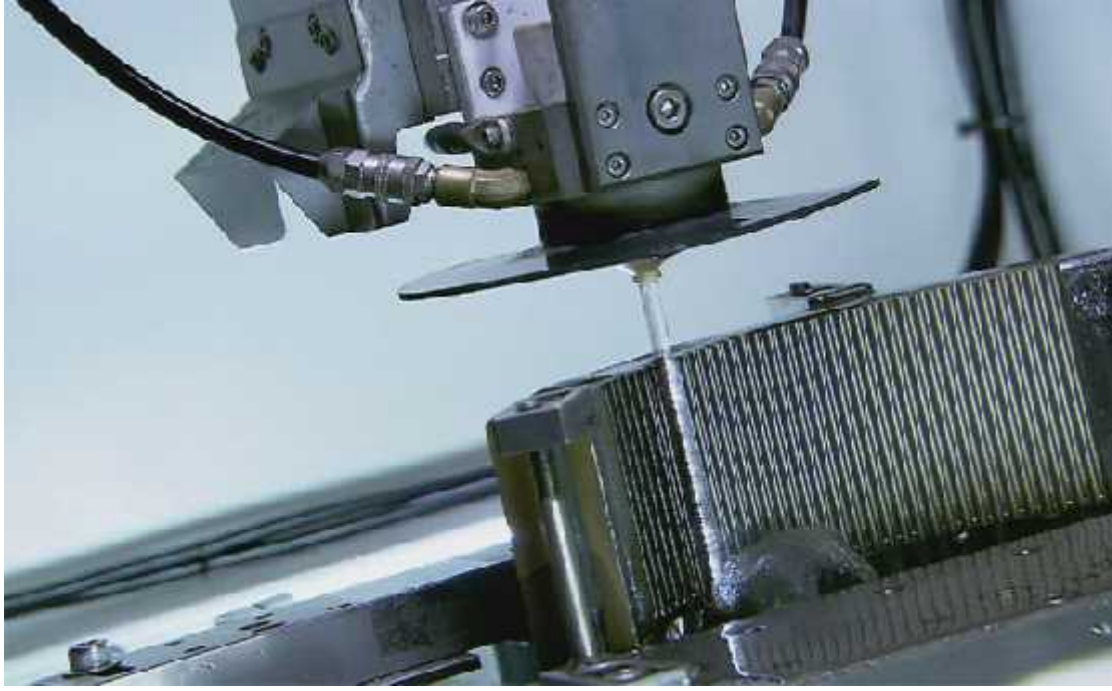
## ثانياً: عمليات القطع بالمناشير المختلفة

لكل مادة هناك منشار خاص بها، فهناك مناشير للحديد ومناشير للخشب ومناشير لـ .  
سنان في السنتيمتر الواحد ونوع  
مادة أداة النشر لها أهمية خاصة ومواصفات محددة لنوع المادة المراد استخدامها لها.  
وتقسم المناشير :-  
. مناشير يدوية.  
. مناشير ميكانيكية تعمل بالوقود او الكهرباء.



## ثالثاً: عمليات القطع بالسلك.

هي الات تستخدم سلكاً مصنوعاً من سبيكة النحاس الأصفر ذا قطر صغير جداً (0.1- 0.3 )  
يتم ربط مستويين علوي وسفلي، حيث يقوم السلك بقص المعدن K  
ويتم اقتلاع المعدن بالتآكل الناجم عن الشرر المتولد من ويكون  
بين المعدن والسلك 0.03 تقريباً.  
يتحرك السلك بين نقطتين علوية وسفلية. النقطة العلوية تتحرك وفق المحورين V U والسفلية  
وفق المحورين Y X .  
النقطة العلوية تتحرك بشكل مستقل عن النقطة السفلية وبذلك يمكن . ويتم  
تحديد المسافة الرأسية بين النقطتين العلوية والسفلية وفق Z  
قطعه.



#### رابعاً: عمليات القطع بالمكائن المؤتمتة

لقد تم شرح عمليات القطع بالخراطة والمخرطة التقليدية ولكن حديثاً أصبحت مكائن الخراطة تعمل وفق برنامج معد سلفاً بحيث تكون عمليات تغيير زوايا ومواقع قلم القطع تتم اوتوماتيكياً.





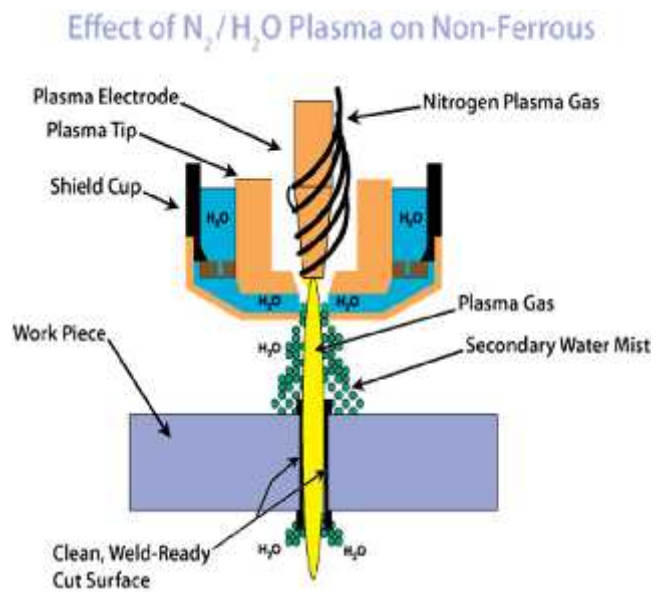
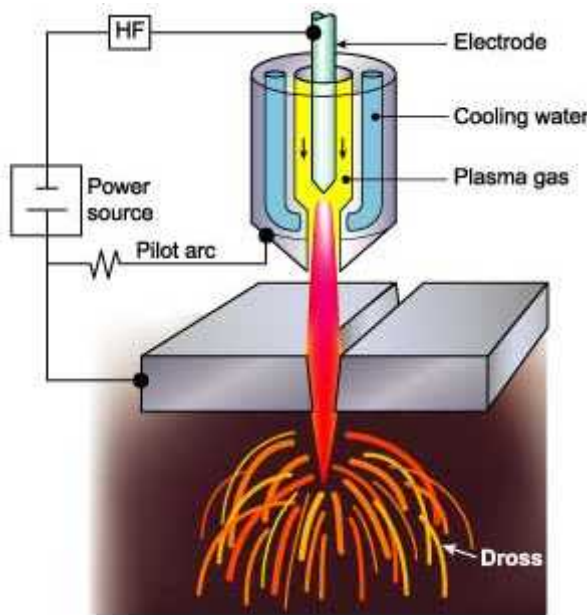
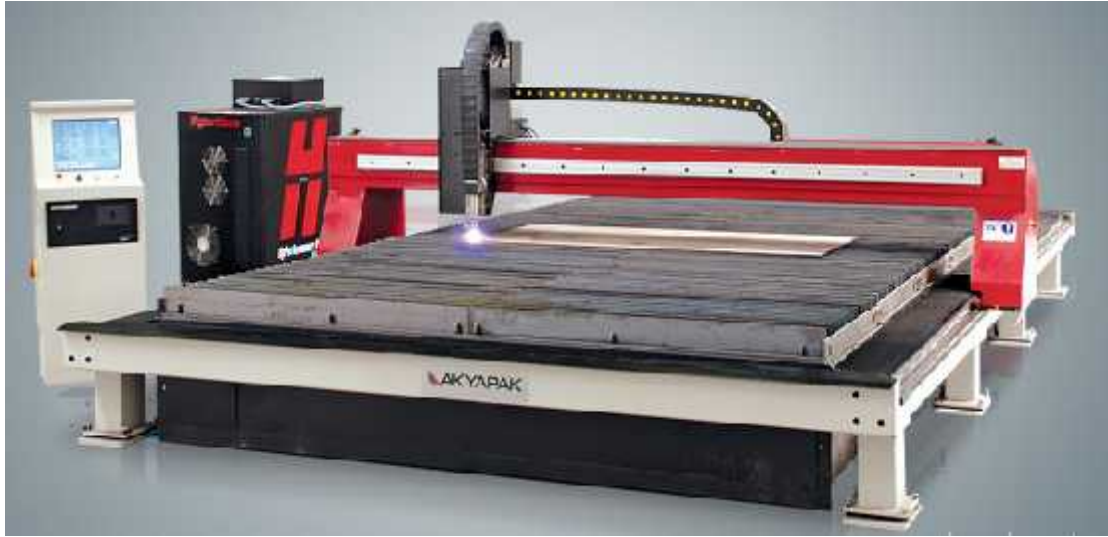
## CNC

### خامساً: طرق القطع الحديثة بالبلازما والليزر

هـ غاز متأين جزئياً أو كلياً، ويتألف من ذرات وجزيئات معتدلة ومن شوارد (أيونات) وإلكترونات. ويمكن عد الغاز المشرد كهربائياً الحالة المثلى للبلازما. تنتج البلازما في معدات

بتيار مستمر. وأكثر طرائق الحصول على البلازما شيوعاً هي تلك التي يستخدم فيها الغاز لزيادة قوس تشتعل في قناة ضيقة نسبياً ومبردة بالماء. يتم اختيار قطر الإلكترود ونوعية الغاز المشكل المطلوب توافرها في عملية الـ .

المعادن الحديدية وغير الحديدية وسبائك أخرى كثيرة تستعمل في الصناعات المختلفة مثل صناعة الطائرات والإلكترونيات والسفن والصناعات البتروكيميائية وغيرها



## القطع بالليزر

القطع بالليزر (Laser cutting) هي تكنولوجيا تستخدم الليزر لقطع المواد، وعادة ما تستخدم في التطبيقات الصناعية، ولكنه بدأ استخدامها أيضا من قبل الشركات الصغيرة والهواة. القطع بالليزر باستخدام الكمبيوتر لتوجيه أشعة الليزر عالية الطاقة إلى المادة التي يراد قطعها. المو

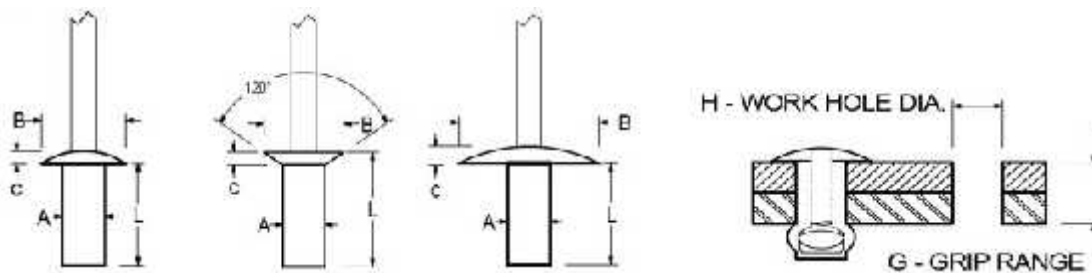
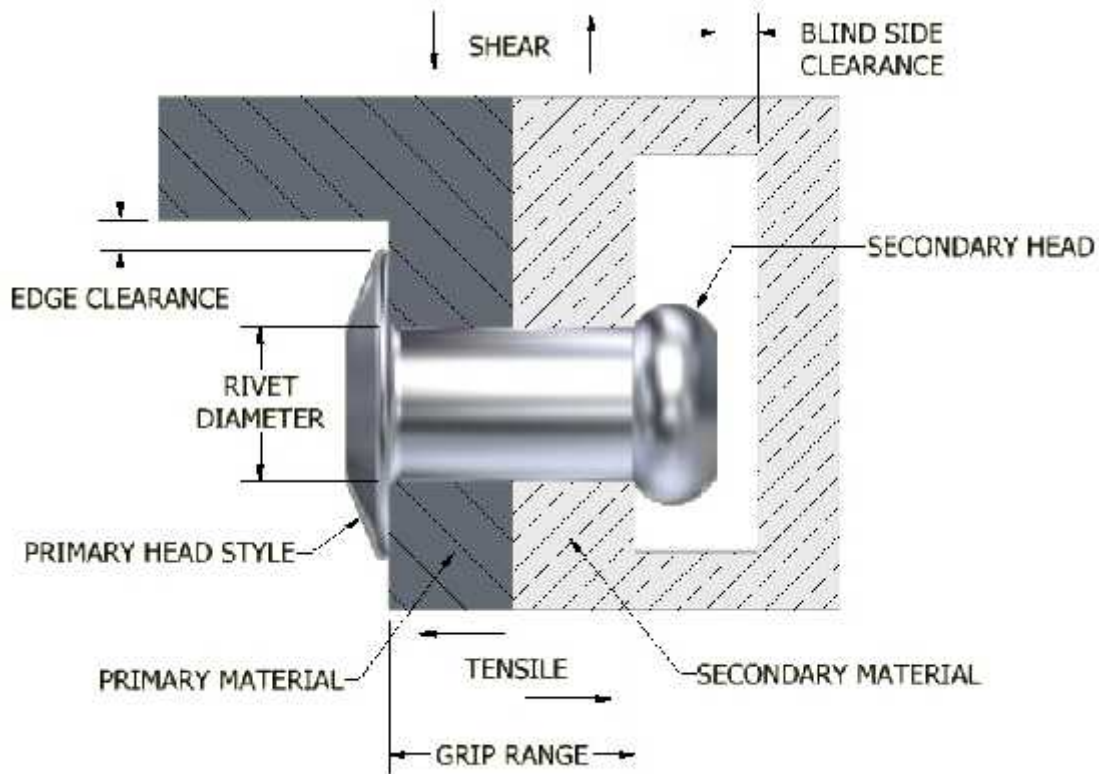
درجة عالية من الدقة. تستخدم قواطع الليزر الصناعية لقطع مواد مستوية أو اسطوانية.



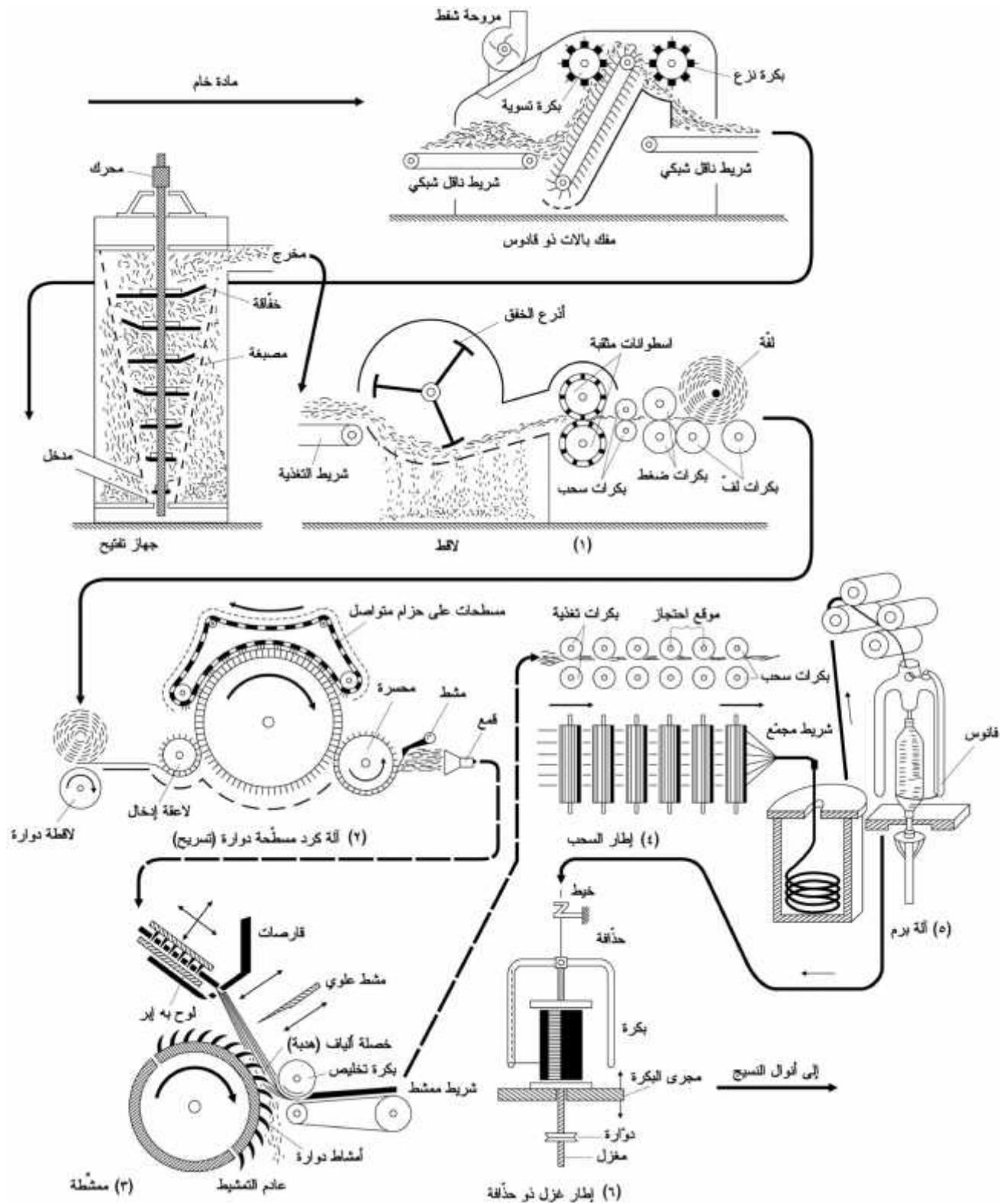
## الفصل السابع

### عمليات خاصة

1. عمليات الربط بالرافتز (التونج):-

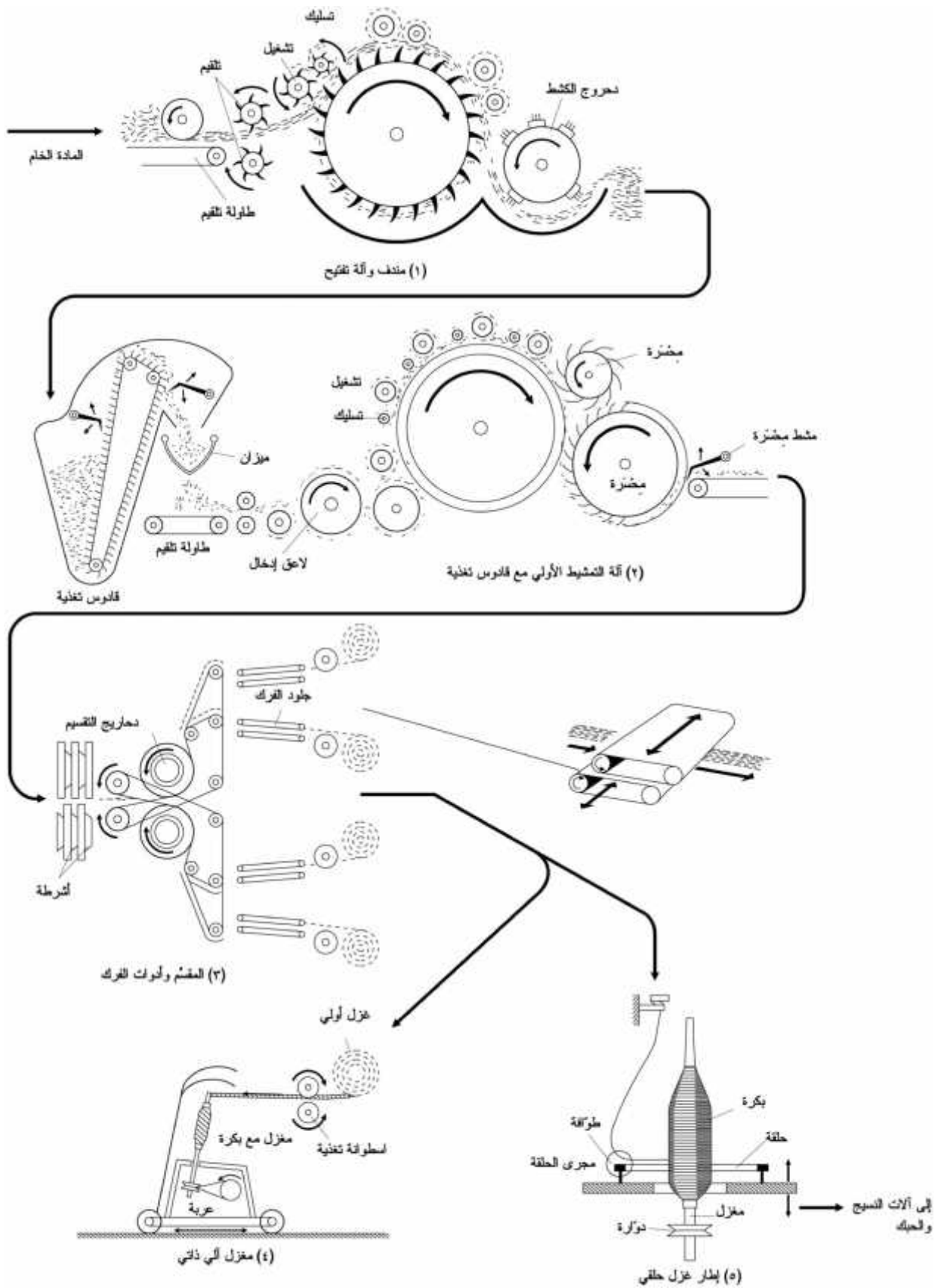


## 2. عمليات الغزل والنسيج والخياطة :

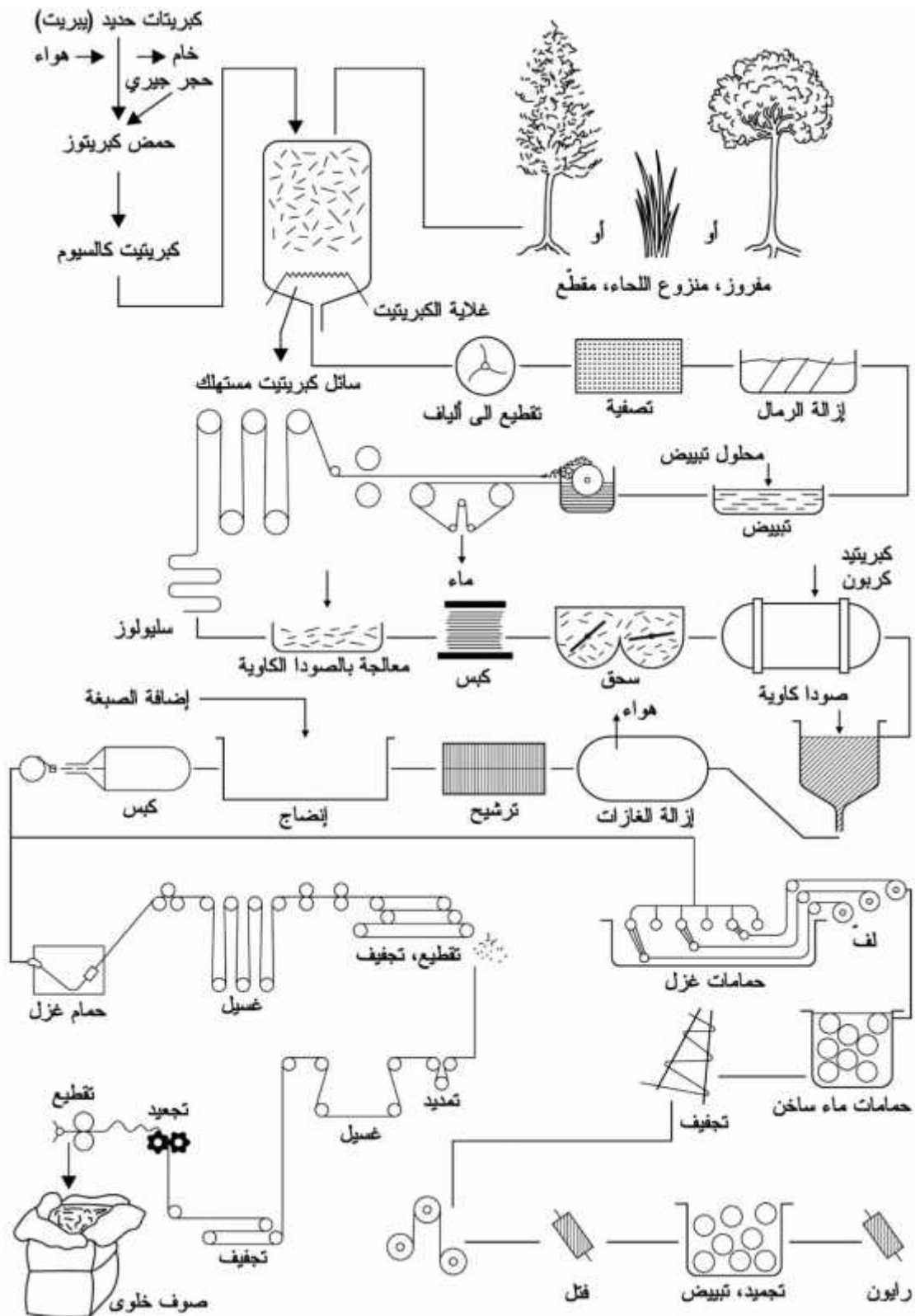


مخطط يوضح عملية النسيج





## مخطط يوضح عملية الغزل والنسيج



## مخطط يوضح عمليات تصنيع القطن

**Embellish it with Embroidery**  
 70 STITCHES, 5 FONTS, 120 FRAME PATTERNS  
 ▶ Large 4" x 4" embroidery field  
 ▶ Ideal for home décor, crafting & personalized gifts  
 ▶ Sew & embroider clothing, monogram towels & shirts  
 ▶ 1000's of additional embroidery designs available

**Design it with Sewing**  
 67 MANUAL STITCHES, 98 UTILITY FUNCTIONS  
 ▶ Large touch screen LCD  
 ▶ Quick-Set drop-in bobbin for fast and easy replacement  
 ▶ Super easy results threader saves wear and tear on eyes/fingers

**Easy to view back-lit display**  
 Touch the icon to select your design from built-in embroidery patterns, frame shapes, lettering fonts or optional memory cards\*. \*Requires additional purchase.

**Large 4" X 4" embroidery area**

**Brightly lit LED work area**

**Quick set bobbin**

**Free arm**

**On screen instructions make learning quick and easy**

**Easy Computer Connectivity**  
 Easily import designs directly from your computer

**Built-in automatic threading system**

ماكينة خياطة منزلية حديثة تعمل بالكمبيوتر ويمكن برمجتها