مصلحة الكفاية الإنتاجية والتدريب المهني
برنامج تطوير منظومة التعليم والتدريب المهني من أجل التشغيل
المقدم من البنك الإسلامي للتنمية لتطوير مهنة الخراطة

معهد بيان العالمية
للتدريب والاستشارات وخدمات السلامة الصناعية

كتاب: هندسة الإنتاج

Production Engineering

للسنة الأولى

للمهن الميكانيكية والمعدنية

إعداد: بيان العالمية للتدريب
مراجعة: د م . هانى السيد عبد الحليم
كلية الهندسة – جامعة عين شمس

إشراف عام : مدير المكون
مهندسة : مديحة رفعت محمد
المراجعة الفنية والتصميمية
مهندس : سيد كامل محمد جاد

العام التدريبى
٢٠١٦/٢٠١٧

حقوق الطبع والنشر محفوظة لمصلحة الكفاية الإنتاجية والتدريب المهنى

الفهرس والمحتويات

الباب	الموضوعات / العناصر	عدد الحصص	عدد الساعات	رقم الصفحة	متطلبات التنفيذ
الباب الأول تشكيل المعادن (بدون قطع)	١-١ السباكة	٨	٦	**٣**	**المكان:** - فصل تعليمى - معمل CAD **المساعدات التدريبية :** بروجيكتور - فيديو - وسائل الإيضاح - وحدة محاكاه – رسومات ولوحات - برنامج CAD - إخرى عند الحاجة
	١-٢ الحدادة	٤	٣	**١٦**	
	١-٣ الدلفنة (الدرفلة)	٤	٣	**٢٠**	
	١-٤ البثق	٤	٣	**٢٣**	
الباب الثانى اللحام	٢-١ اللحام بالصهر	١٢	٩	**٢٧**	
	٢-٢ اللحام بالضغط	١٢	٩	**٣٨**	
الباب الثالث طرق قطع المعادن غير التقليدية	مقدمة: ٣-١ الحفر بالشرارة	٤	٣	**٤٢** **٤٣**	
	٣-٢ القطع بالسلك	٤	٣	**٤٧**	
الباب الرابع الدلائل والمثبتات	٤-١ مقدمة وتعريفات	**٢**	١,٥	**٥٠**	
	٤-٢ الدلائل (أنواع ومميزات وإستخدامات)	**٦**	٤,٥	**٥٣**	
	٤-٣ المثبتات (أنواع ومميزات وإستخدامات)	**٦**	٤,٥	**٦٠**	
	مراجعة وإختبار	٨	**٦**		
	إجمالى عدد الحصص	**٧٢**	**٥٤**		

الباب الأول: تشغيل المعادن (بدون قطع)

١-١ السباكة

١-٢ الحدادة

١-٣ الدلفنة (الدرفلة)

١-٤ البثق

١-١- السباكة :(Casting)

سباكة المعادن

تصهر المعادن وتصب في قوالب تحتوي علي فجوات ذات أشكال خاصة وأبعاد محددة ، وعندما تتجمد المعادن فإن القطع المصنعة تكتسب أشكال ومقاسات الفجوة التي صبت فيها ، وتسمي المنتجات المشكلة بهذه الطريقة بالمسبوكات.

عرفت هذه الصناعة من حوالي أكثر من أربعة آلاف عام قبل الميلاد ، وقد اعتبرت من أقدم الصناعات التي عرفها الإنسان ، ومن الطبيعي أن صناعة سباكة المعادن قد تطورت ، شأنها شأن الصناعات الميكانيكية الأخري.

ويتناول هذا الباب سباكة المعادن في القوالب والطرق المختلفة لختم القوالب الرمليه (الختم في الريزق – الختم في الأرض – الختم بالفورمة – الختم بالماكينات)، كما أنه سيتعرض لمميزات التشكيل بالسباكة ، وعيوب المسبوكات المصنعة وأسبابها وطرق تلافيها.

تعريف سبالكة المعادن Casting Definition

هي عملية تشكيل معدن عن طريق صهره ، ثم صبه في قالب به فجوات ذات أشكال وأبعاد معينه ، وعندما يتجمد المعدن فإن المنتج يكتسب شكل ومقاسات الفجوة التي صب فيها ، ويسمي المنتج المشكل بالمسبوك ثم ينظف المسبوك وتزال الزوائدالموجودة به.

يمكن اعتبار الجزء المسبوك كمنتج نهائي ، أو إعتباره منتج نصف مصنع ، حيث تجري عليه عمليات التشطيب عن طريق آلات التشغيل بالقطع.

أساليب وطرق السباكة: Casting Processes

السباكة هي عملية صهر للمعادن وصبها في قوالب معدة مسبقًا لهذا الغرض ،حيث يملأ المعدن المنصهر الفراغ المشكل بالقالب ، وعندما يتجمد المعدن بالقالب ، يتخذ هيئة وأشكال هذه الفراغات.

توجد أساليب كثيرة لسباكة المعادن أهمها الآتي-:

١. السباكة في القوالب الرملية.
٢. السباكة في القوالب المعدنية.
٣. السباكة بالطرد المركزي.
٤. السباكة بالشمع الضائع.

وسوف يتم عرض هذه الأساليب تفصيليا فيما بعد:

قوالب السباكة: Casting Mould

القالب هو أداة تشكيل التي يستخدمها فني السباكة ، ولا يمكن عمل مسبوكات جيدة بدون تصنيع قوالب جيدة.

يحتوي القالب علي تجويف له شكل وأبعاد القطعة المراد تشكيلها ، ودليك (قلب) الذي يشكل الفراغ الداخلي بالقطعة المسبوكة (يستخدم الدليك في حالة المشغولات التي تحتوي بداخلها علي فراغات).

يمكن تصنيع قالب السباكة لكي يصب فيه مرة واحدة ، أو ليصب فيه عدة مرات ، أو للإنتاج الكبير بأعداد كبيرة جدا.

أنواع قوالب السباكة: Types of Casting Mould

توجد أنواع مختلفة لقوالب السباكة أهمها:

القوالب الرملية :Sand Moulds

تسمي بالقوالب الوقتية ، وتستخدم لسباكة قطعة واحدة فقط ، ثم تكسر عند إخراج المنتج المسبوك ، ويمكن استخدام مواد القالب في صناعة قالب آخر جديد ، والرمل المستخدم يمكن أن يكون طبيعيا أو صناعيا بمواصفات خاصة.

القوالب الدائمة: Permanent Moulds

تصنع القوالب الدائمة من الزهر العادي أو من الصلب ، وتستخدم في إعادة سباكة أي قطعة مرات عديدة .. أي بإنتاج كمي بالجملة ، ولكن يقتصر استعمالها علي إنتاج المسبوكات ذات الأحجام الصغيرة.

تصنع بعض أنواع هذه القوالب من الخزف ، وذلك لإستخدمها في الإنتاج المتوسط، حيث أن هذا النوع قادر علي سباكة أكثر من ٤٠ قطعة دون أن يستهلك.

القوالب المعدنية: Metal Moulds

تختلف هذه القوالب عن النوعين السابقين في طريقة الصب ، حيث يندفع المعدن إلي فراغ القالب تحت ضغط عالي ما بين :Kg / cm^2 ٧٠٠٠ - ٧٠ ، وتستخدم هذه القوالب في السباكة الآلية.

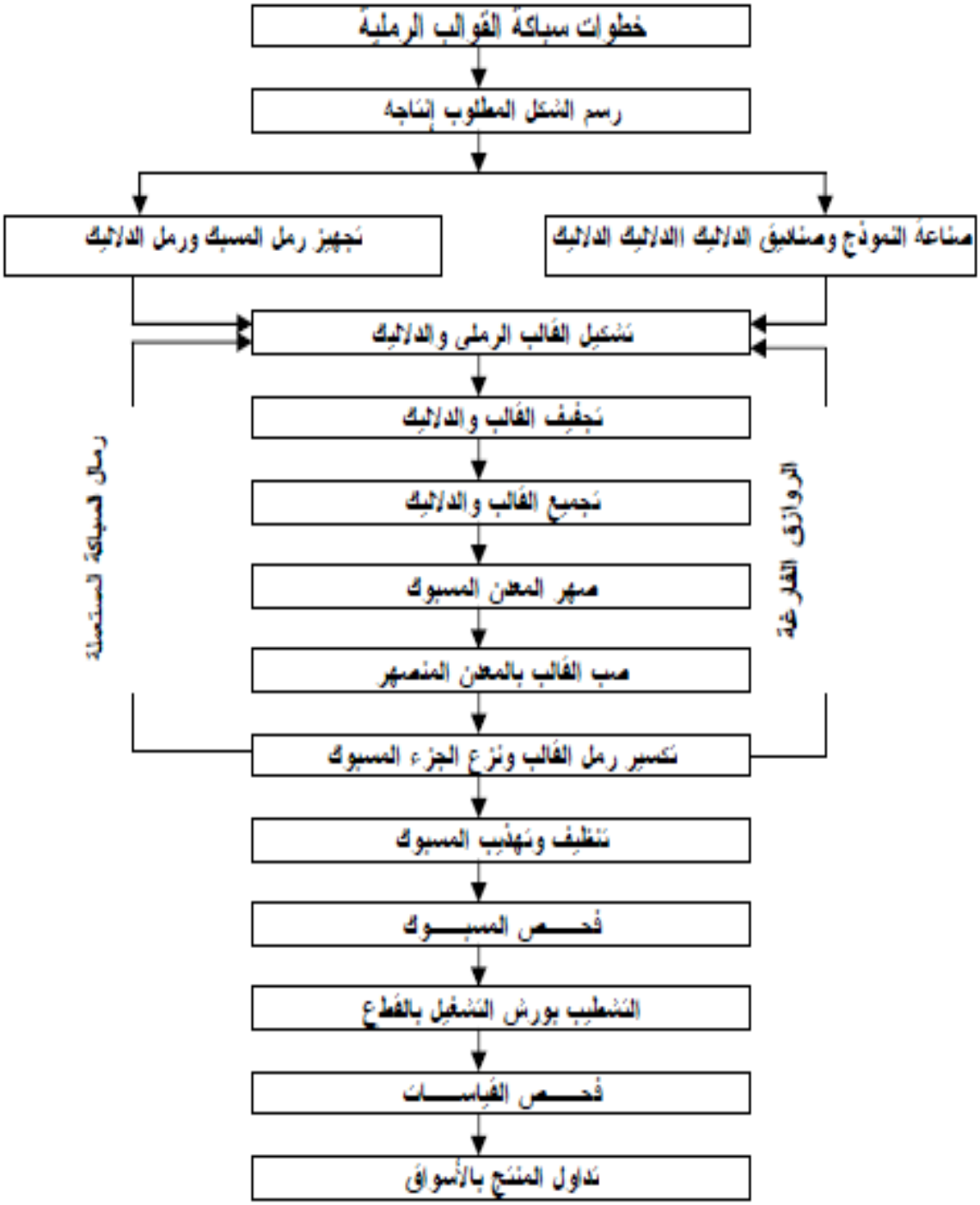
السباكة في القوالب الرملية: Sand Moulds Casting

للحصول علي منتج معدني مصبوب عن طريق سباكة القوالب الرملية ، فإنه يجب القيام بعدة عمليات أساسية هي:

١- تشكيل وتجهيز النموذج.
٢- تجهيز القالب الرملي.
٣- تجهيز الدليك .. في حالة وجود فراغ في الجزء المراد سباكته.
٤- صهر المعدن.
٥- صب المعدن المنصهر في القالب.
٦- نزع القطعة (المسبوك) من القالب وتنظيفها.
٧- فحص المسبوكات.

خطوات السباكة الرملية: Steps Of Sand Casting

يمكن تلخيص خطوات العمل لإنتاج المشغولات المختلفة بطرقة السباكة فى القوالب الرملية فى تسلسل المراحل التالية :



أولا: تشكيل وتجهيز النموذج: Pattern Preparation and Forming

ويسمي النموذج بالأورنيك ، ويجهز بالشكل الخارجي للجزء المراد إنتاجه بالسباكة، ويعتبر النموذج من الأمور الهامة والضرورية ، حتي ولو كان المنتج المطلوب قطعة واحدة فقط ، علما بأنه بالإمكان الحصول علي عدة مصبوبات باستخدام نموذج واحد .

لذلك فإن تجهيز النموذج الملائم ، هو الخطوة الأولي في عملية صب المعدن في القالب.

يصنع النموذج (الأورنيك) من أجود أنواع الخشب ، مثل خشب الصنوبر الأبيض، وذلك في حالة عدم زيادة العدد المطلوب سباكته عن ٣٠ قطعة .

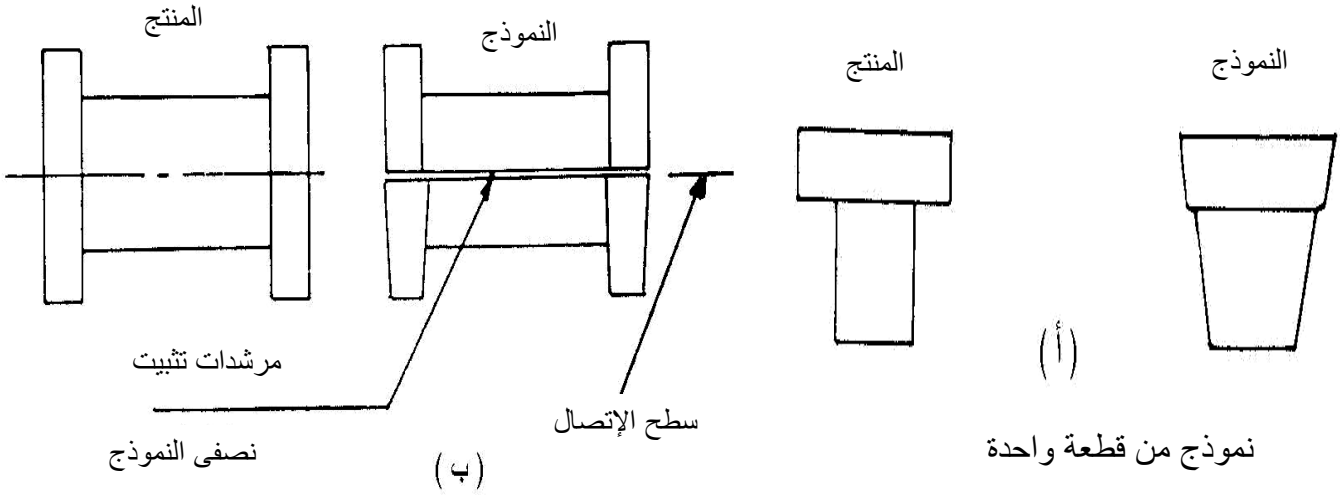
كما تستعمل الأخشاب الصلدة مثل خشب الماهوجني والبلوط والزان ، وذلك في حالة تجهيز ١٠٠ قالب تقريبا.

ويوصي القائمين علي عمليات السباكة من ذوي الخبرات الطويلة عند تجميع القطع الخشبية لصناعة النموذج ، أن تكون اتجاه الياف القطع مخالفة لبعضها البعض ، وذلك للمحافظة علي شكل النموذج وعدم إلتوائه ، كما يفضل أن يطلي النموذج (الأورنيك) بالزيت أو بالورنيش للمحافظة عليه من الرطوبة ، بالإضافة إلي الحصول علي أسطح ناعمة.

وفي حالة الإنتاج الكمي (إنتاج القطعة الواحدة إنتاجا متماثلا بالجملة) فإنه يجب إستخدام نماذج معدنية ، وأكثر أنواع النماذج المعدنية انتشارا هي النماذج المصنوعة من الألومنيوم.

يشكل النموذج حسب شكل وأبعاد الجزء المراد سباكته ، وذلك بعمل فجوة في القالب الرملي ، بحيث يمكن نزعه (إخراجه) من القالب بدون تحطيم أو تشويه لشكل الفجوة.

يمكن عمل النموذج (الأورنيك) من قطعة واحدة إذا كان شكل المنتج المطلوب سباكته يسمح بذلك ، كما هو موضح بالشكل (أ) ويلاحظ أن النموذج يشكل بإستدقاق (بزاوية ميل) وذلك لسهولة نزعه من القالب دون تشوه الفجوة ، كما يمكن تشكيل النموذج من قطعتين أو أكثر في حالة تعذر تشكيله من قطعة واحدة كما ماهو موضح بالشكل (ب)



نموذج من قطعة واحدة

نموذج من قطعتين

الشروط الواجب مراعاتها عند تصنيع النماذج:

يراعي عند تصنيع النماذج المختلفة أن تكون مطابقة لشكل وأبعاد القطع المراد سباكتها ، مع الأخذ في الاعتبار إضافة أبعاد مناسبة للسماحات (الانكماش المتوقع والزيادات الأخري) كالآتي :

١- سماح الإنكماش Shrinkage Allowance

يجب أن تكون أبعاد النموذج أكبر قليلا من أبعاد الشكل المطلوب سباكته ، وذلك لتعويض مقدار الانكماش الذي يحدث للمعدن بعد تجمده ، ومن ثم فإن فني النماذج يضع كل أبعاد النموذج باستخدام مسطرة خاصة تسمي بمسطرة الانكماش كالموضحة بالشكل التالي:

مسطرة الانكماش

مثال:

جزء مسبوك من حديد الزهر طوله متر واحد ، يتقلص بمقدار ٩ ملليمتر .. هذا يعني أن جزء طوله ١٠٠٩ ملليمتر يصل طوله بعد الانكماش إلي ١٠٠٠ ملليمتر.. أي واحد متر.

لذلك فإن مسطرة الانكماش في حديد الزهر تصنع بحيث يكون طولها الفعلي ١٠٠٩ملليمتر ، وتقسم المسطرة علي أجزاء متساوية علي أساس أن طولها متر واحد . كما لو كانت مسطرة عادية.

وفي حالة النحاس الأصفر ، والمعادن الأخري فإنه يتم تعويض الانكماش في الطول علي مساطر أخري بنفس الكيفية طبقا لنسبة الانكماش بكل معدن.

وفيما يلي جدول يوضح الانكماش التقريبي الذي يحدث لبعض المعادن.

الانكماش التقريبي لبعض المعادن

المعدن	الانكماش التقريبي لكل متر	النسبة
حديد زهر	8 – 9 ملليمتر	120 : 1
صلب	16 – 18 ملليمتر	60 : 1
نحاس اصفر	16 –18 ملليمتر	60 : 1
ألومنيوم	13 ملليمتر	77 : 1

٢- سماح التشغيل Machining Allowance

عادة يضاف أبعاد علي الأسطح الخارجية للمشغولات المصنعة بالسباكة الرملية ، كما تخفض أبعادها الداخلية ، وذلك لإجراء عمليات التشطيب بإستخدام آلات القطع المختلفة وتختلف قيم هذه الأبعاد (قيم سماح التشغيل المضافة علي المشغولات المسبوكة) ، وذلك باختلاف نوع المعدن المشكل ، وبصفة عامة فإن قيمة سماح التشغيل للمسبوكات الحديدية المختلفة لكل بعد هي ٣ ملليمتر ، أما قيمتها في المسبوكات الغير حديدية فهي ١,٥ملليمتر.

٣- سماح السحب: Drawing Allowance

عند سحب (نزع) النموذج من القالب ، قد تتسبب الأسطح الرأسية في انهيار أو تشويه شكل الفجوة المشكلة ، ويمكن تلافي ذلك من خلال تصنيع الأسطح الرأسية بالنموذج (بزاوية ميل بسيطة من ١ إلي ٣ درجات) ، وذلك لتهيئة خلوص بين النموذج والقالب الرملي في اللحظة التي يبدأ فيها سحب النموذج.

٤- دوران الأركان Fillets

يراعي تجنب تصنيع النموذج بأركان حادة ، لتجنب انهيار القالب عند سحب النموذج ولذلك يجب تصنيع النماذج بصفة عامة بحيث تكون أركانها مستديرة.

٥- ركائز الدليك Core Prints

عند سباكة مشغولة بها تجويف ، فأنه يجب تشكيل دليك من الرمل له شكل وأبعاد التجويف ، مع الأخذ في الاعتبار الأبعاد المعادلة لحساب السماحات اللازمة ، كما يجب تزويد النموذج بركائز لكي تعمل علي صنع فجوة يرتكز عليها الدليك (القلب)، وذلك لضمان دقة صنع الدليك بالنسبة لفراغ النموذج.

٦- سطح الإتصال Parting Surface

عند تصنيع النموذج المكون من جزءين يراعي إختيار سطح الإتصال بحيث يمكن تجميع كلا الجزءين مع بعضهما البعض بسهولة عن طريق مرشدات التثبيت بكل منهما، كما يؤدي هذا السطح ، وهو سطح الاتصال والانفصال ، علي إخراج كلا جزئي النموذج من القالب الرملي بجزئي الريزق بسهولة.

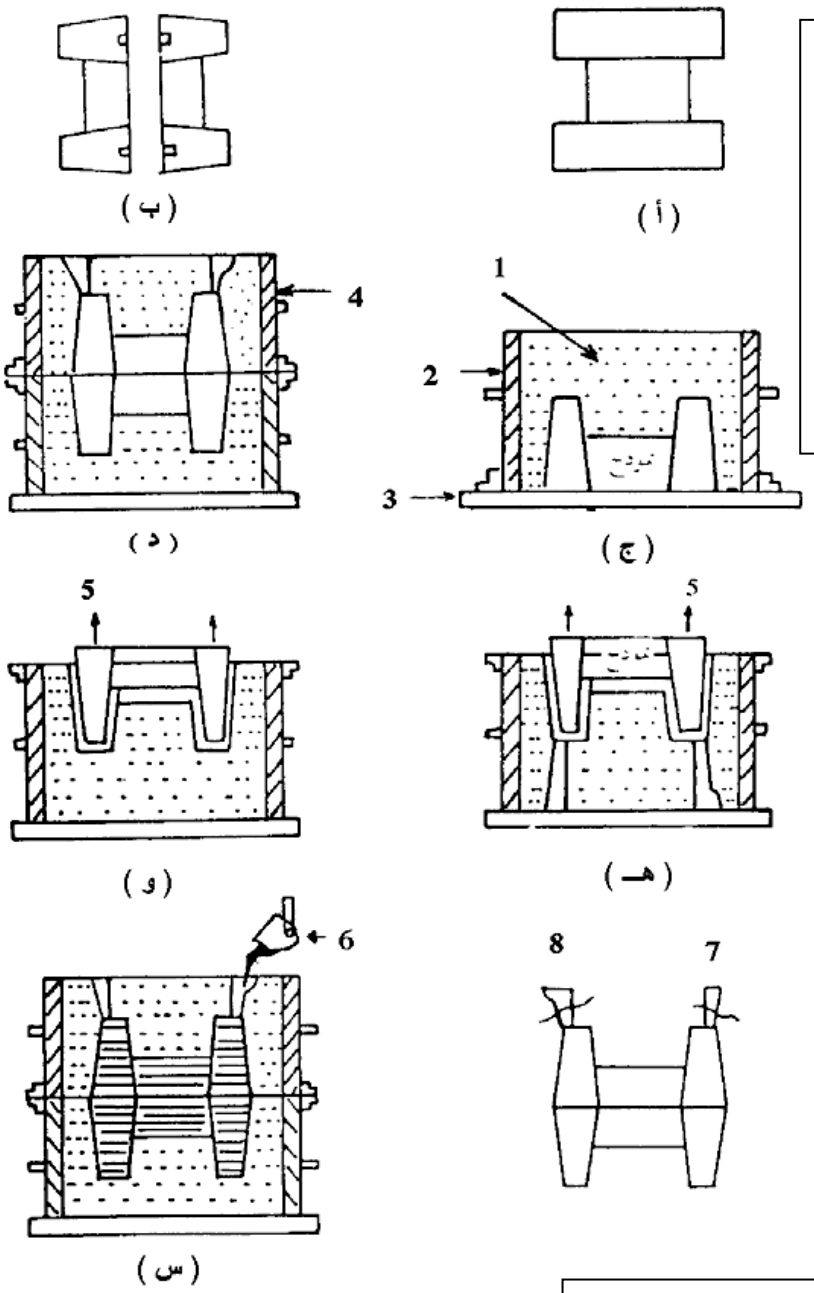
خواص النموذج Pattern Properties

يجب صناعة النماذج المختلفة (الأرانيك) من مواد بالخواص التالية :

١- سهلة التشكيل.
٢- خفيفة الوزن.
٣- مقاومة للتآكل.
٤- يمكن طلاء أو صقل أسطحها.
٥- لا تتأثر أبعادها بالرطوبة.

ثانيا: تجهيز القالب الرملي Sand Mounding Preparation

تسمي هذه الطريقة بطريقة السباكة في القوالب الرملية أو الختم في الريزق ، حيث تجري عملية تجهيز القالب الرملي لإنتاج المسبوك بالشكل المطلوب باستخدام ريزق بالحجم المناسب ، بحيث لا تقل الأبعاد حول النموذج وجدران الريزق عن٥٠ ملليمتر، وذلك للسماح لعملية الدك حول النموذج ، ليتماسك القالب الرملي . ويتم طبع (ختم) القالب الموضحة بالشكل التالي :



١. رمل.
٢. الجزء الأسفل للريزق.
٣. لوحة خشبية مستوية.
٤. الجزء العلوي للريزق.
٥. نزع نصفي النموذج من جزئي الريزق العلوي والسفلي.
٦. صب المعدن المنصهر في القالب.
٧. مجري الصب.
٨. مجري المصعد.

تسلسل خطوات تجهيز القالب الرملي بالريزق
(أ) الجزء المطلوب سباكته.
(ب) نموذج من جزئين

وذلك من خلال تسلسل خطوات العمل كالأتي:

١- يوضع النصف الأسفل للنموذج علي اللوحة الخشبية ، بحيث تكون في وسط الريزق تماما.

٢- يوضع الرمل المستخدم في صناعة القالب في الريزق مع الدك بعناية حول النموذج وباقي الريزق ، بحيث يبدأ بالرمل الجيد وينتهي برمل المسبك المستعمل ، حتي يمتلئ الريزق تماما ، ويسوي سطح الريزق بعد دكه جيدا باستعمال مسطرة مستوية.

٣- يرفع الجزء الأسفل للريزق بمحتوياته مع اللوحة الخشبية ويقلب بحيث يكون نصف النموذج في قمة الريزق ، وينظف السطح بفرشاة تنظيف.

٤- يوضع النصف الثاني للنموذج فوق النصف الأول كما هو موضح بشكل (د)، ويضمن انطباق جزئي النموذج اعتمادا علي دلائل تثبيت النموذج ، كما يوضع الجزء العلوي للريزق فوق الجزء السفلي ، ويثبتان من خلال خوابير التثبيت الخاصة بذلك ، ويرش السطح برمل فصل أو بمسحوق فحم.

٥- توضع خشبتي المصب والمصعد في مكانهما ، ويمكن تثبيتها بوضع كمية من الرمل حولهما ، ويوضع الرمل داخل الجزء العلوي للريزق ، ويدك جيدا ، كما حدث في الجزء الأسفل للريزق ، حتي يصل تماسك الرمل إلي قوة التماسك المطلوبة ، ويسوي بمسطرة مستوية.

٦- يرفع الريزق العلوي ، وينزع نصفي النموذج من جزئي الريزق السفلي والعلوي بحرص شديد حتي لا يتهدم الرمل كما هو موضح بشكلي (هـ ، و).

٧- تعالج الأجزاء التي تهدمت ، وتسوي الأسطح ويرش مسحوق الفحم الخشبي لنعومة أسطح الجزء المسبوك.

٨- التأكد من عدم انسداد فتحة الصب واتصالها بفجوة القالب.

٩- يوضع الجزء العلوي للريزق فوق الجزء السفلي ، ويثبتان من خلال خوابير التثبيت الخاصة بالريزق.

١٠- توضع أثقال لمنع رفع المعدن المحتمل للجزء العلوي للريزق أثناء عملية الصب.

١١- يجفف القالب في أفران التجفيف للتخلص من الرطوبة الزائدة ، وبذلك يزداد تماسكه وترتفع مقاومته للإجهادات ويكون القالب في هذه الحالة جاهز لصب المعدن . ومن ثم يصب المعدن المنصهر في فتحة الصب بالقالب الرملي كما هو موضح بشكل (س).

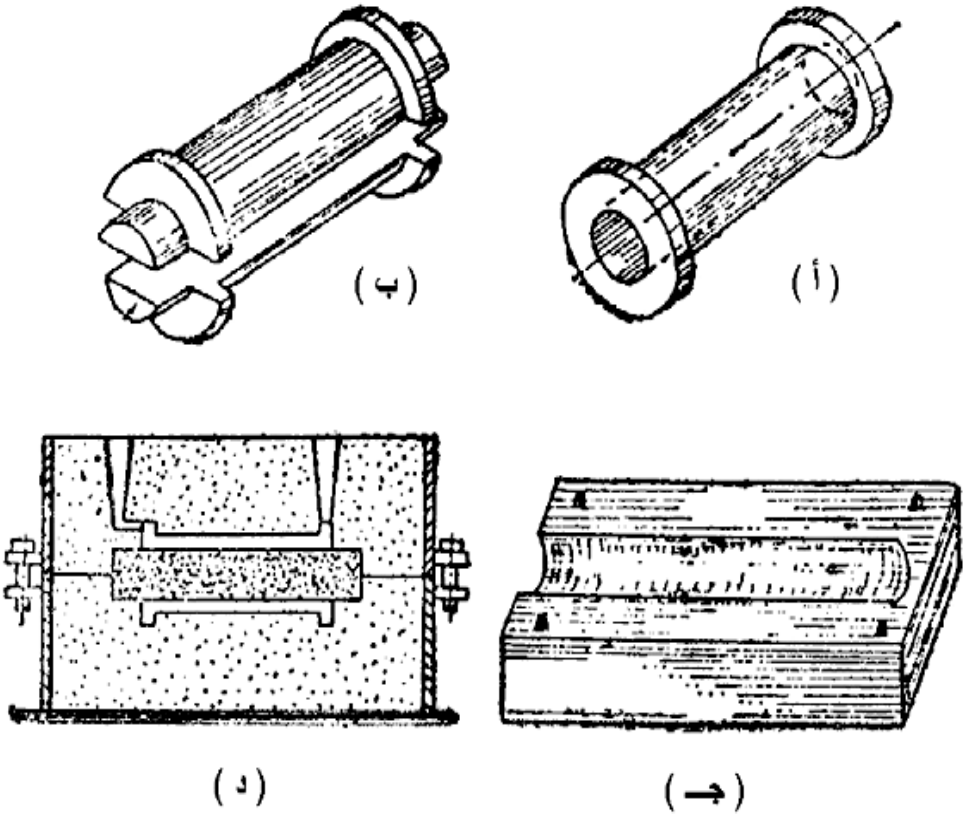
أما القوالب التي تستخدم لأكثر من مرة بمعدن من سبيكة واحدة ، فيمكن صنعها من الجبس أو المصيص ، بحيث يمكن فتحها وإخراج الجزء المسبوك منها ، ثم تغلق لاستخدامها في السبيكة التالية دون أن تتهدم أو تتشوه .

كما تصنع قوالب متشابهة من حديد الزهر لاستخدمها في الإنتاج الكمي .. أي لعدة آلاف من المسبوكات.

تجهيز الدليك: Preparation of Core

يمثل الدليك التجويف الداخلي للقطعة المراد سباكتها ، مضافا اليها ركائز تساعد علي تثبيته في مكانه داخل تجويف القالب ، لذلك فإن شكل النموذج يكون مماثلا لشكل القطعة المراد سباكتها مضافا اليها الدليك وركائزه ، حيث يتم تجهيز الدليك داخل صندوق الدليك الذي يصنع في أثناء صناعة النموذج.

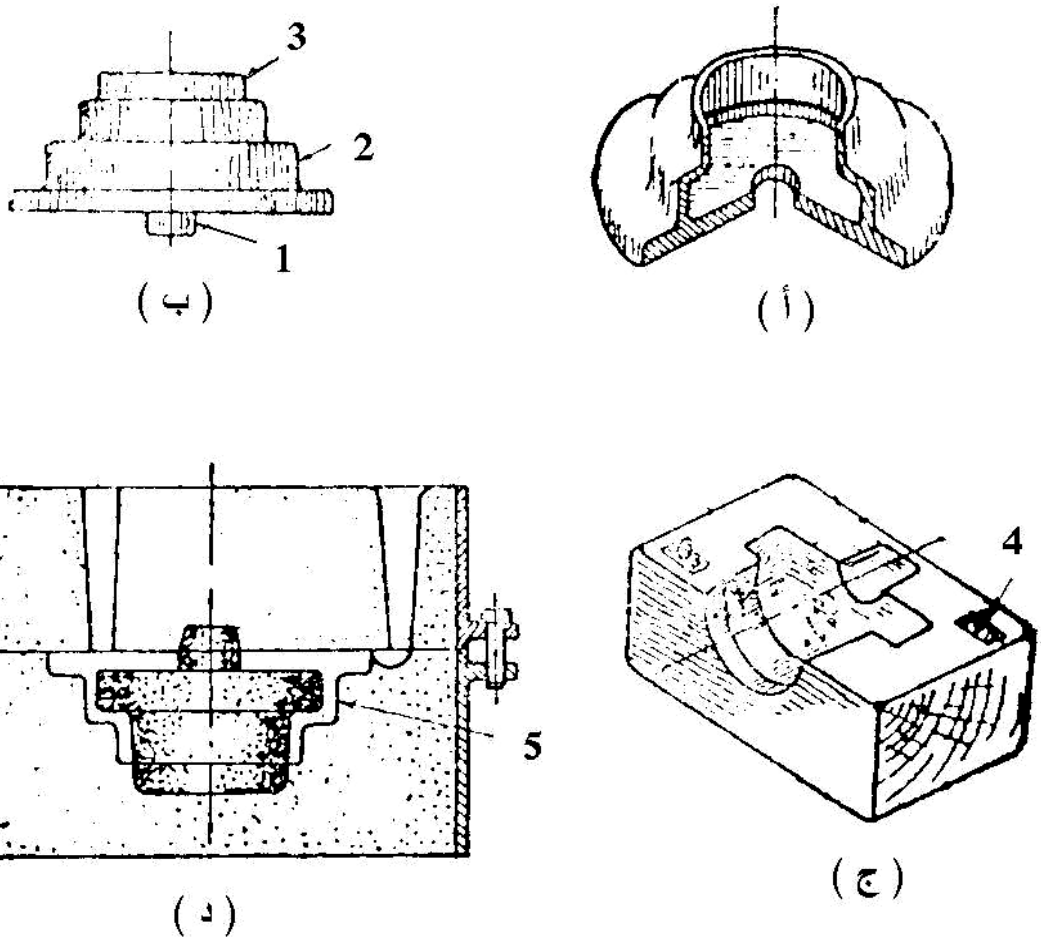
ويوضح الشكل التالي الماسورة (أ) بها تجويف ،



تجهيز قالب يحتوى على دليك بشكل أفقي
(أ) ماسورة بها تجويف.
(ب) نموذج من جزئين يحتوي علي ركائز.
(ج) أحد نصفى صندوق الدليك.
(د) القالب الرملي يحتوي بداخله علي دليك مثبت بوضع أفقي.

لذلك يجب تجهيز النموذج (ب) من جزئين بحيث يلتقيان عند السطح الفاصل بين الجزء العلوي والسفلي بالريزق، كما يجب صنع صندوق الدليك كما هو موضح لأحد نصفيه المتماثلين(ج) ، كما يوضح (د) القالب يحتوي بداخله علي الدليك الذي يكون التجويف الداخلي للماسورة، ويثبت بشكل أفقي ولذلك يسمي بالدليك الأفقي ، ويكون القالب في هذه الحالة جاهز للصب بعد تجفيفه.

علما بأن الدليك يثبت في كثير من الأحيان بوضع رأسي الذي يوضح قطاع للجزء المطلوب إنتاجه (أ) حيث ثبت القالب الذي يحتوي بداخله علي الدليك بشكل رأسي . كما هو موضح بالشكل التالي:



تجهيز قالب يحتوى على دليك بشكل رأسي

(أ) قطاع في النموذج المطلوب سباكته.
(ب) النموذج المشكل ويحتوى على ركيزة الدليك.
(ج) أحد نصفى صندوق الدليك.
(د) القالب معد لصب المعدن المنصهر.

١. ركيزة الدليك السفلي.
٢. النموذج.
٣. ركيزة الدليك العليا.
٤. مسمار تثبيت صندوق الدليك.
٥. فجوة الصب للجزء المطلوب سباكته

رابعا : صهر المعادن Metals Melting

تعتبر عملية صهر المعادن وإجراء عملية الصب بالطرق الصحيحة من أهم عناصر المسبوكات الجيدة ، حيث يجب صهر المعدن دفعة واحدة ، وليس علي مراحل متقطعة ، وفصل الخبث عن المسبوكات ، كما يجب أن تتميز السبائك المستعملة بخواص ميكانيكيه جيدة.

خامسا : صب المعدن المنصهر في القالب: Metals casting

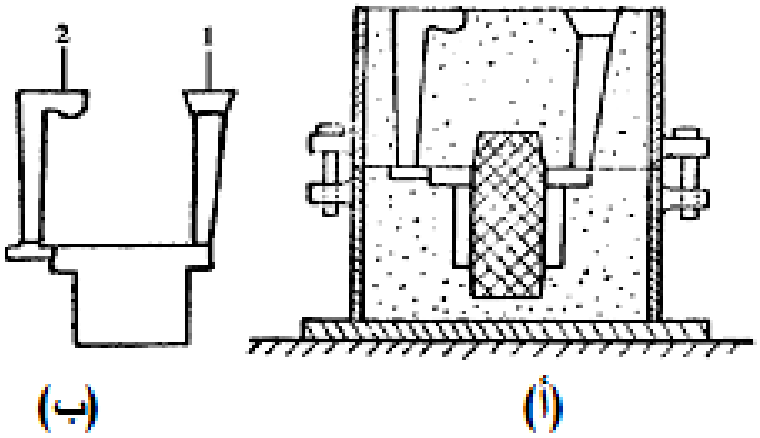
يصب المعدن المنصهر في فراغ النموذج المعد بالقالب مع ملاحظة أن يكون معدل تدفق المعدن المنصهر بتغذية مناسبة ومستمرة بدون إنقطاع.

سادسا: نزع القطعة المسبوكة وتنظيفها:

Removing and Cleaning of a Coasted Work piece

بعد تجمد الجزء المسبوك تمامًا ووصول تبريده الي الدرجة المناسبة ، يكسر القالب الرملي عن طريق ماكينات هزازة خاصة ، ويمكن الاستفادة من رمل القالب واستخدامه بعد خلطه مرة أخري .

ومن خلال تكسير القالب الرملي يظهر الجزء المسبوك المنتج ملتصقا به رؤوس التغذية (قناتي الصب والمصعد) كما يوجد علي أسطحه قدرًا من الرمل المحترق والملتصق به كما هو موضح بالشكل التالي:



شكل الجزء المسبوك بعد خروجه من القالب الرملي

(أ) القالب الرملي.

(ب) الجزء المسبوك.

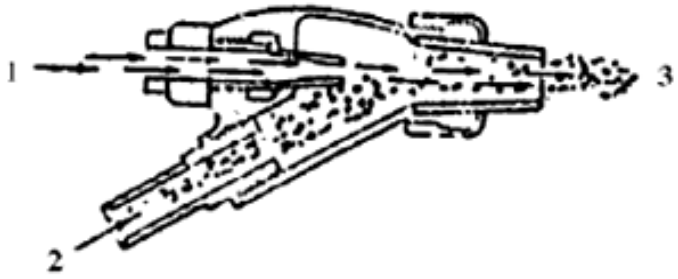
١. قناة الصب.

٢. قناة المصعد.

وتجرى عملية تنظيف الجزء المسبوك على مرحلتين هما:

المرحلة الأولي:
تشتمل علي إزالة (فصل) لقنوات رؤوس التغذية وأي زوائد أخري ، ويستخدم لهذا الغرض مطارق مناسبة للطرق – مناشير يدوية – قرص التجليخ القاطع– ماكينات القطع باللهب (الأكسوجين والإستيلين) ولتجنب مثل هذه العمليات التي قد تحدث تلفيات بالجزء المسبوك عند إزالة رؤوس التغذية ، يفضل تصغير أقطار مداخل مجاري قناتي الصب والمصعد عند إعداد القالب الرملي .. بحيث يكون بشكل مخروطي (قطره الأصغر ملاصقا بالجزء المصبوب) أو بأي شكل يسهل إزالته بالطرق بعد تجمده.

المرحلة الثانية:
تشتمل علي إزالة الرمل المحترق والملتصق بأسطح الجزء المسبوك ، وتتم هذه العملية بإحدي الطرق التالية:
(ا) يوضع الجزء المسبوك علي ماكينة هزازة وذلك للتخلص من الرمل الموجود بالفراغات الداخلية وما بها من دلاليك.
(ب) تقليب المسبوكات عن طريق ماكينات تحتوي علي طواحين أو براميل خاصة ، بحيث ترتب المسبوكات بأوضاع تمنع الحركة بين القطع لعدم كسرها، ويضاف قطع صغيرة علي شكل كرات معدنية ، تساعد هذه القطع علي عملية تنظيف المسبوكات وتلميعها أثناء دوران البرميل ، بالإضافة إلي التخلص من الزعانف والزوائد الأخري ، كما تؤدي هذه العملية الي مميزات أخري وهي تخفيض الاجهادات الموجودة بالمسبوكات بعد تجمدها، والتي تنشأ نتيجة تقلصها من حالة الانصهار الي حالة التجمد.
(ج) التنظيف بطريقة القذف بالرمل ، حيث يتم تنظيف المسبوكات بهذه الطريقة باستخدام مسدس هواء مضغوط قاذف للرمل ، حيث يمر الهواء المضغوط من خلال غرفة بها خليط من الرمل ومجروش معدني ، يندفعان بصورة عاصفة قوية شديدة ، وتسلط علي المسبوكات فتنظفها . وبعد الانتهاء من عملية تنظيف المسبوكات من الرمل الملتصق بها ، تهذب أماكن كسر المصبوبات والزعانف والزوائد الغير مرغوب فيها والشكل التالى يوضح أحد أنواع مسدسات قذف الرمال:



مسدس قَاذف للرمل

1. هواء مضغوط.
2. خليط من الرمل ومجروش معدني.
3. الخليط بصورة عاصفة شديدة الاندفاع.

سابعا: فحص المسبوكات: CASTING INSPECTION

تجري عملية فحص للمسبوكات بعد الانتهاء من تنظيفها ، وتعتمد طريقة الفحص علي الموصفات الفنية الموضوعة ، ومن الطبيعي كلما كانت المواصفات أكثر دقة .. كلما أرتفع ثمن المنتج وتتفاوت عمليات الفحص حسب درجة أهمية المسبوكات المنتجة والتي تتضمن إحدي أو كل العمليات التالية-:

(أ) الفحص النظري: Theoretical Inspection

تكتشف بعض عيوب المسبوكة بمجرد النظر مثل الشروخ ، أو عدم إكتمال المسبوك، أو عدم تطابق المسبوك مع الشكل المطلوب .. وما شابه ذلك من عيوب.

(ب) الفحص بأدوات القياس :Inspection By Measuring Tools

تراجع الأبعاد والأقطار باستخدام أدوات القياس المناسبة.

(ج) الفحص الكيميائي :Chemical Inspection

وتتم للتأكد من مطابقة مواصفات المعدن المسبوك مع المواصفات المطلوبة.

(د) الفحص الميكانيكي: Mechanical Inspection

وتتم للتأكد من اكتساب المسبوك الصفات الميكانيكية المطلوبة.

(هـ) الفحص الأشعاعي: Radiological Inspection

يتم ذلك عن طريق أشعة إكس ، أو باستخدام الموجات فوق الصوتية ، للكشف عن احتمال وجود شروخ أو فجوات دقيقة ، أو جيوب من الرمل داخل الجسم المسبوك.

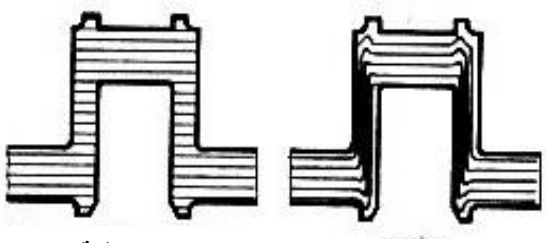
١-٢- الحدادة (Forging)

الحدادة :

الحدادة هي تغيير شكل الخامات الطروقة بدون قطع بالطرق أو الضغط ، وتنجز علي الساخن باستخدام عدة تشكيل أو بدونها .

وعلي عكس التشكيل بالقطع من خامة مصمتة ، لا يحدث هنا تمزيق للالياف في المطروقات (كما بالشكل المقابل) .

لذا تتميز البنية هنا بشدة كثافتها وإرتفاع مستوي متانتها لذا فإنها تستخدم فى عمل الأجزاء التى تحتاج إلى متانه مثل: الأعمده المرفقيه وأذرع التوصيل.



مسار الألياف

قابلية الخامات للطرق :

لا تكون المعادن قابلة للطرق إلا حين ترتفع قابليتها للتشكيل بدرجة كبيرة بعد التسخين ، في الوقت الذي تقل فيه مقاومتها لتغير الشكل .ويتطلب التشكيل علي الساخن أقل قدر من الشغل لازدياد قابلية المعدن للتغير الشكلي بارتفاع درجة حرارته .

وأهم المواد القابلة للتشكيل بالطرق هي : الفولاذ ، والألومنيوم وسبائك الألومنيوم اللدنة ، والنحاس وسبائك النحاس اللدنة ، وتتوقف قابلية الفولاذ للطرق علي تركيبه ، وتتأثر بشكل خاص بنسبة الكربون فيه .

ومن المعادن الغير قابله للطرق الحديد الزهر لعدم تعجنه بالتسخين .

درجات حرارة الحدادة :

تتوقف درجات حرارة الحدادة علي نوع الفولاذ. ولتلافي الخطأ يجب اتباع ارشادات المعاملات الحرارية التي تعدها مصانع الفولاذ ، ويجب تسخين الفولاذ اللين اللاسبيكي (أقل من ٠,٤ % كربون) تسخينا سريعا ومنتظما حتي درجة الطرق . (أنظر الجدول التالي):

درجات حرارة الحدادة			
المادة	درجة حرارة الطرق م°		لون التوهج عند درجة الحرارة
	الأبتدائية	النهائية	الأبتدائية	النهائية
فولاذ إنشاء St ٣٧	١٢٥٠ م°	٧٥٠ م°	أبيض	أحمر كرزي داكن
فولاذ عدة لا سبيكي	١٠٠٠ م°	٨٠٠ م°	برتقالي	أحمر كرزي فاتح
فولاذ السرعات العالية	١١٥٠ م°	٩٠٠ م°	أصفر فاتح	أحمر ساطع

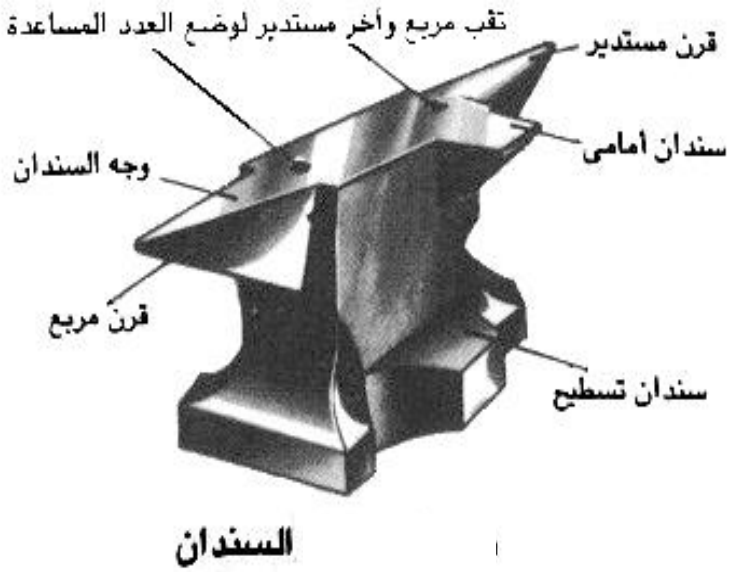
عدد وأدوات الحدادة :

- كور وأفران الحدادة:

كور الحدادة هو من الأدوات الرئيسية للحدادة ويستخدم في تسخين المطروقات الصغيرة، حيث يتم تسخين المشغولات فيه بإستخدام أنواع عديدة من الوقود مثل الفحم النباتي أو السولار أو غيرها وتدفق الحرارة الي داخل الكور بإستخدام مروحة.

أما أفران الحدادة فإنها تستخدم في تسخين المطروقات الكبيرة ، وهذه الأفران مغلقة مما يقلل من فقد الحرارة ويتم ذلك بإستخدام أنواع عديدة من الوقود الغازي مثل الغاز الطبيعي.

- السندان



السندان

يعتبر السندان المنضدة الفعلية لأشغال الحدادة ، وغالبا ما يكون مرتكزا علي قاعدة خشبية لإمتصاص الصدمات والإرتجاجات الناجمة عن الطرق ، أما وجه السندان فيوجد به ثقبان أحدهما مستدير والثاني مربع ويستخدمان في تثبيت جذوع العدد اليدوية المختلفة كالقاطع الذي يستخدم في القطع والجذع المدبب الذي يستخدم في عمل ثقوب مستديرة والقرن للفصل والثني والملف لإنتاج مرتكزات الأعمدة .

(كما هو موضح بالشكل المقابل) .

- مطرقة الحدادة

وتعرف أيضا بالمطرقة اليدوية وتزن من ١ إلي ٢ كجم وتستخدم بيد واحدة (مطرقة اليد الواحدة) .

وفي الأشغال الكبيرة يستعين الحداد بالمرزبة ويرفعها بكلتا يدية (مطرقة اليدين) وتزن من ٣ إلي ١٥ كجم .

وكثيرا ما يستخدم الحداد مطارق مساعدة ، مثل أجنة القطع للقطع والشق ، والسنبك للتثقيب ، ومطرقة الطبع لتشطيب الحواف الحادة ومطرقة التسوية لتنعيم الأسطح والمطرقة الحلقية للبسط وتشكيل الأركان المستديرة .

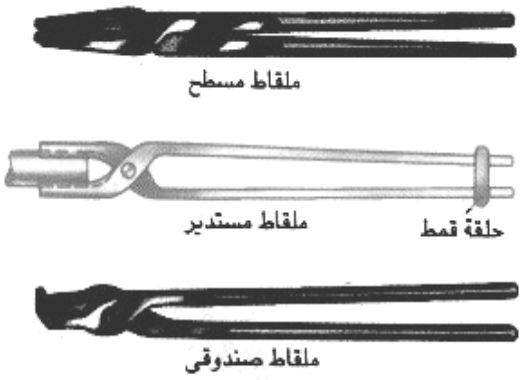
وتستخدم منجلة الحدادة القوية لربط وثني المطروقات . أما زهرة الحدادة فتستخدم في التخريم أو التسطيح أو التشكيل .

- الملاقط والعدد المساعدة:

الملاقط:

وتستخدم ملاقط (زرديات) الحدادة ذات الفكوك المتنوعة في مسك المشغولات ، ويجب أن يكون مقبضا الملقاط.

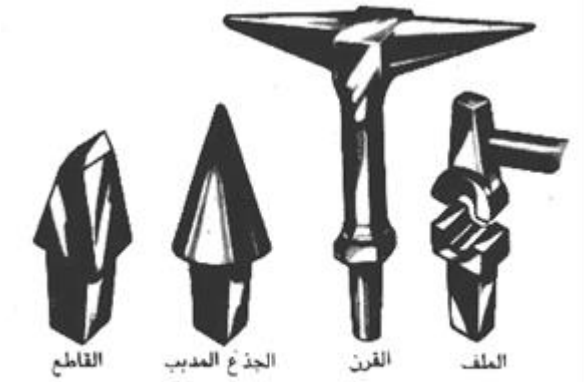
وتساعد حلقات القمط الموجودة علي المقبضين علي إراحة اليد .



ملاقط الحدادة

العدد المساعده للسندان:

كما تستخدم عدد مساعدة للسندان في عمليات التشكيل المختلفة، كما بالشكل التالى



العدد المساعدة للسندان

<u>ماكينات الحدادة :</u>

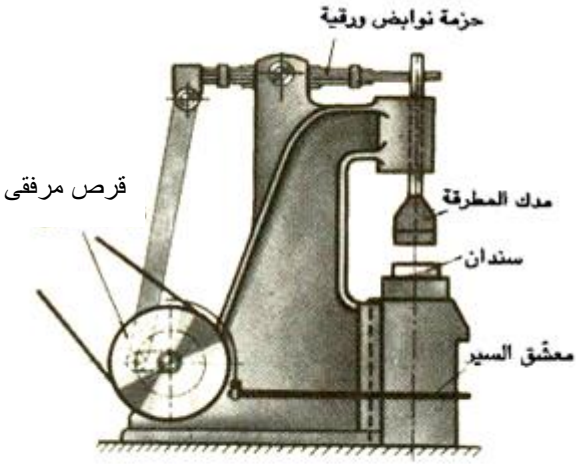
لا تكفي القوة العضلية لتشكيل المشغولات الكبيرة بالحدادة .

لذا تستخدم مكنات حدادة ومنه طارق والمكابس الالية .

المطارق الالية :

وتتميز المطارق الالية بعملها السريع والرخيص ، إلا أن من عيوبها عنف الهزات التي تحدثها والضوضاء الصادرة عنها ، كما أن الطرقات السريعة المتلاحقة لا تعجن الخامة كلية حتي القلب .

والشكل المقابل يوضح أحد أنواع المطارق الالية:



مطرقة نابضة

عمليات الحدادة :

يمكن تقسيم عمليات الحدادة إلي نوعين أساسين هما :

- الحدادة الحرة
- الحدادة المقيدة (حدادة الاسطمبات) .

ففي الحدادة الحرة يشكل الحداد المعدن بواسطة مطارق يدوية أو الية أو مكابس حدادة مستخدما عدد بسيطة أما في الحدادة المقيدة (حدادة الاسطمبات) فتشكل المشغولة في قوالب (اسطمبات) تتميز بانضغاط مقاساتها إلي حد كبير .

والقوالب عبارة عن أجسام من الفولاذ تتكون من جزئين علوي وسفلي بهما تجاويف تناظر الشكل النهائي للمشغولة.

ويمكن التمييز بين المطروقات العادية والمطروقات الدقيقة وفقا لدقة المقاسات والشكل .

وتستخدم الحدادة المقيدة في الانتاج الكمي ، وتتميز منتجاتها بدقة مقاساتها وإرتفاع متانتها .

ويتم تخليص المشغولة المشكلة في القالب بالطرق أو الكبس من الزوائد المعدنية (الرائش) بواسطة عدة قص .

وغالبا ما تطرق المشغولات الصغيرة بسيطة الشكل في خطوة عمل واحدة ، بينما يمر تشكيل المشغولات الكبيرة – لأسباب فنية – بعدة مراحل تكتسب فيها هذه المشغولات أشكالا مرحلية متنوعة .

ويمكن توسيع مجال حدادة القوالب وجعلها اقتصادية بإضافة عمليات لحام أو كبس أو تسطيح اليها .

قواعد العمل عند عمليات الحدادة:

- يجب مراعاة تعليمات الشركات الموردة للخامات بالنسبة للمعالجة علي الساخن ، للحصول علي مطروقات عالية الجودة .
- يؤدي التسخين السريع للفولاذ إلي إجهادات داخلية وتشرخات عند تشغيله لاحقا .
- لا يجوز أن تكون الخامة " باردة " أكثر من اللازم ، أي أن يتم طرقها في درجة أقل من الدرجة الحرجة الدنيا ، مما يتطلب مجهودا أكبر ويجعل الخامة قصيفة وقابلة للتشقق .
- يجب تجنيب وجه السندان ضربات المطرقة وإلا انطبعت علي المطروقة مما يؤدي إلي تشويه سطحها .
- تستخدم الملاقط (الزرديات) ذات حلقات القمط للتخفيف عن اليد أثناء الامساك بالمطروقات الثقيلة .
- لتفادي الاصابة بالحروق تفحص درجة حرارة المطروقات قبل لمسها أو الامساك بها .
- قد يتسبب الرائش في اصابات ، لذا يجب تجليخ الرايش المتبقي أو الزائد علي عدد الحدادة .

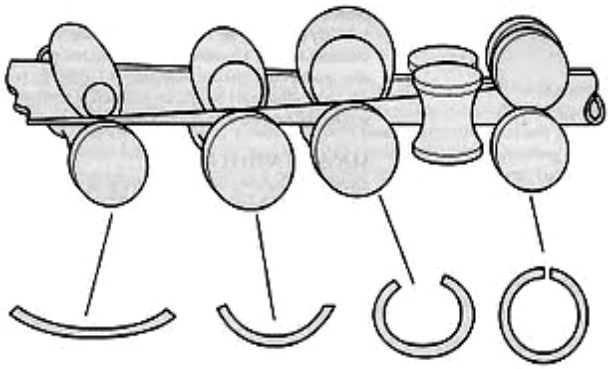
١-٣- الدرفلة (الدلفنة): Rolling

الدرفلة:

هي عملية التشكيل اللدن للمعادن بتقليل سمك أوتغيير مساحة مقطع المعادن (البارد/ الساخن) عن طريق تطبيق قوي ضاغطة للشغلة من خلال الدرافيل (Rolls).

ويتم ذلك بإدخال المعدن عدة مرات بين درافيل وذلك حسب نسبة التخفيض المسموح بها للمعدن المراد درفلته ، وتدرفل الألواح والشرائح التي تصنع منها المواسير والشرائط علي درافيل ملساء ويتم التحكم في سمك الأجزاء المدرفلة عن طريق تغيير المسافة بين الدرافيل .

والشكل التالى يوضح فكرة عملية الدرفلة



ملاحظات:

- عندما يراد درفلة سمك كبير جداً للحصول علي سمك صغير جداً يجب إستخدام عدد من أجهزة الدرافيل المنتظمة بالتعاقب.

- يجب الحفاظ علي درجة حرارة المعدن أثناء الدرفلة المستمرة حتي ولو تم تسخين المعدن بعد كل عملية درفلة وإلا أصبحت العمليه عملية تشكيل علي البارد.

- عملية الدرفلة أما أن تكون بهدف تغيير الأبعاد أو بهدف تغيير في الشكل .

الدرفلة علي البارد :

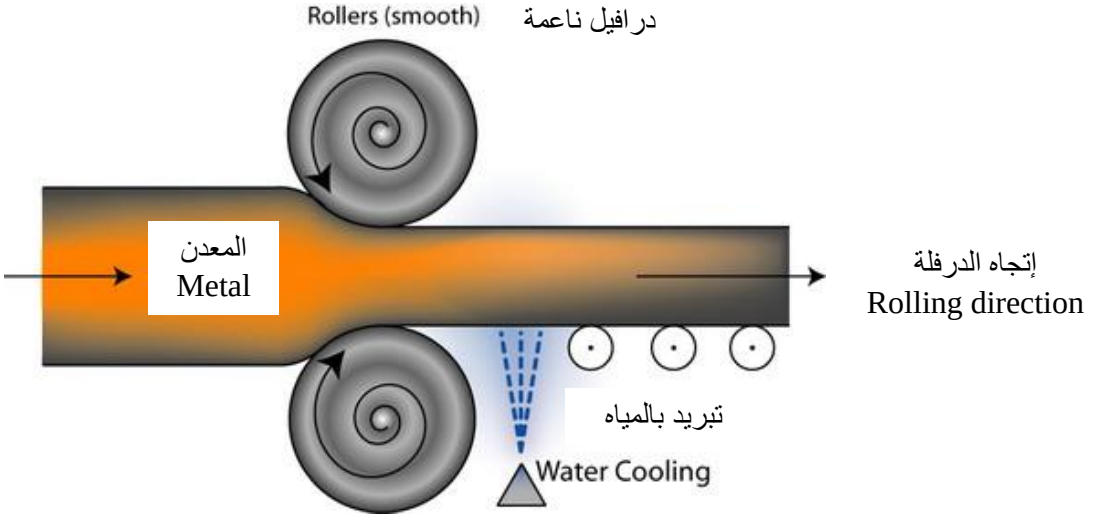
وتتم عملية الدرفلة في هذه الحالة علي المنتجات في درجات حرارة منخفضة عن درجات الدرفلة علي الساخن بكثير ، ولكن بالرغم من أنها معروفة باسم الدرفلة علي البارد إلا أن المعدن ترفع درجة حرارته ذاتيا ولذا نجد أن نسبة التخفيض عامة في هذا النوع من الدرفلة أقل بكثير عن الدرفلة علي الساخن.
وتتم عملية الدرفلة في بعض الأحيان علي ماكينات مزودة بأربعة درافيل ولكن يجب تنظيف الألواح المراد إجراء الدرفلة علي البارد عليها قبل إجراء عملية الدرفلة وذلك بإزالة طبقة الاكاسيد التي ربما تكون موجودة عليها وذلك باستخدام محاليل حمضية .

ومن أهم مميزات طريقة الدرفلة علي البارد :

١. الحصول علي سطوح لها درجة تشطيب عالية خالية من الأكاسيد .
٢. الحصول علي منتجات بأبعاد لها دقة عالية .
٣. تحسين بعض الخواص الميكانيكية للمعدن .
٤. ارتفاع الصلادة للمعدن .

الدرفلة علي الساخن :

تتم عملية الدرفلة علي الساخن وذلك بعد تسخين كتل الصلب داخل أفران خاصة بعد تركها فترة مناسبة داخل الفرن حتي نضمن تجانس توزيع الحرارة داخل كتلة الصلب الساخنة حتى يمكن الحصول على المنتج المطلوب.
حيث تتم عملية الدرفله بين درفيلين، وتصل الحركة الي الدرفيلين عن طريق محرك كهربائي ذو قدره عالية فقابض المحرك الكهربائي ومنها الي مخفض السرعة والذي يحتوي علي مجموعة تروس ويتصل الترس بالحدافه والتي تقوم بتنظيم واختزان الطاقة أثناء التشغيل .

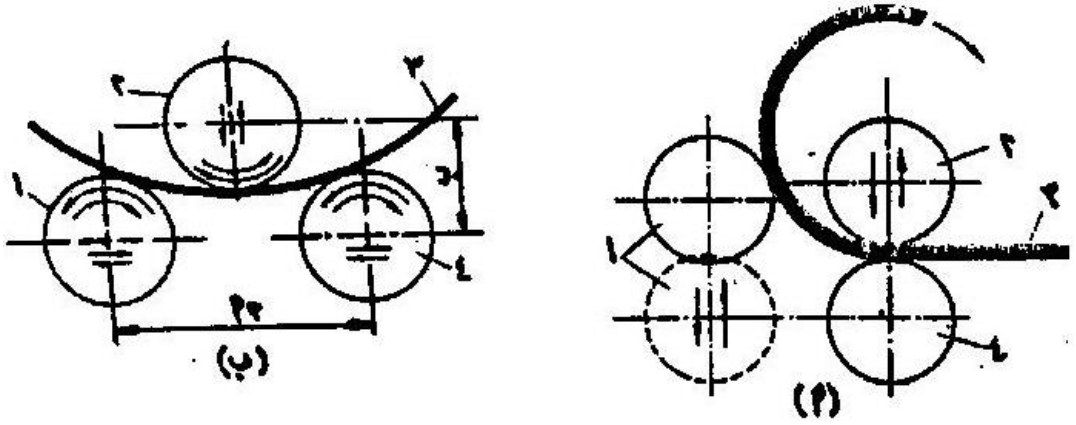


وعن طريق القابض الرئيسي يتم نقل الحركة الي الصندوق والموجود بداخله اثنين من الاسطوانات المسننة ، ومركب علي الإسطوانة المسننة العلوية عمود لإدارة الدرفيل العلوي أما الاسطوانة المسننة السفلية لإدارة الدرفيل السفلي والدرفيلين مركبين علي شاسيه القاعدة .

ماكينات التشكيل بالاسطوانات (الدرافيل)

توجد عدة أنواع من ماكينات التشكيل بالإسطوانات (الدرافيل) منها اليدوي ومنها الآلي :

ماكينات التشكيل بالاسطوانات ذات ثلاثة أو أربعة درافيل :



رسم تخطيطى يوضح تشكيل الأسطوانات
أ- بإستعمال ماكينة درافيل ثلاثية
ب- بإستعمال ماكينة لها ضبعة تشكيل

تشكيل الإسطوانات من ألواح الصاج علي البارد بإستعمال ماكينات لها ثلاث درافيل أو ماكينات تشكيل أخري ، وتتشكل الإسطوانات علي ماكينات الدرافيل الثلاثية ، ويمكن رفع وخفض الدرفيل (١) لأعلي ولأسفل كما هو موضح في (شكل ١ أ) ، أما الدرفيل رقم (٢) فيمكن ضبطه مع الدرفيل السفلي (٤) للإمساك بالشريحة المعدنية (٣) وتتحرك الشريحة بواسطة قوي الإحتكاك الناتج من دوران الثلاث درافيل والشغلة نفسها ، مكونة الشكل الاسطواني .

ويتضح في (شكل ١ ب) ثلاث درافيل لماكينة عمل منحنيات طبقا لضبعة معينة ، وتتحرك الشريحة رقم (٣) بين الدرفيل العلوي (٢) والدرفيلين السفليين (١ ، ٤) .

وتتم عملية الإنحناء أثناء التشغيل بضغط الدرفيل العلوي علي الشريحة لأسفل .

ويمكن تقريب المسافة بين الدرفيلين أو إبعادهما وهذا يتوقف علي نصف قطر المنحني المطلوب . فإذا كان قطر المنحني المطلوب كبير يتم تقريب المسافة بين الدرفيلين (١ ، ٤) ، وإذا كان القطر المطلوب صغير يتم إبعاد الدرفيلين (١ ، ٤) وإنزال الدرفيل (٢) حتي يتجاوز سطحى الدرفيلين .

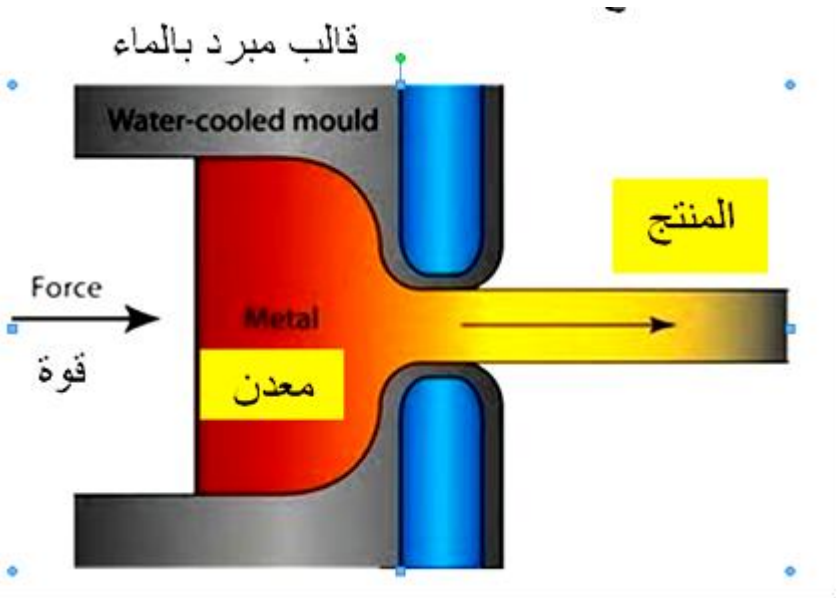
ويتم الحصول علي الأشكال الاسطوانية بتمرير الشريحة أكثر من مرة بين الدرافيل وتغيير إتجاه المنحني كل مرة حتي يتحقق الشكل المطلوب .

١-٤- البثق (Extrusion)

تشكيل المعادن بالبثق

البثق هي عملية تشكيل للمعدن تستخدم لانتاج اعمده بمقاطع ثابتة الشكل حيث يتم ضغط المادة المعدنية أو البلاستيكية خلال فوهة البثق (إسطمبة) لها نفس الشكل المقطعي المطلوب.

ومن أهم مميزات عملية البثق عن العمليات الأخري قدرتها علي إنتاج أشكال مقطعية غاية في التعقيد، كما أنها تنتج منتجات نهائية ذات جودة سطح عالية



قد تكون عملية البثق مستمرة لإنتاج أطوال كبيرة أو غير مستمرة لإنتاج أطوال قصيرة نسبيا.

وقد يتم أيضا التشكيل بالبثق علي الساخن أو علي البارد .

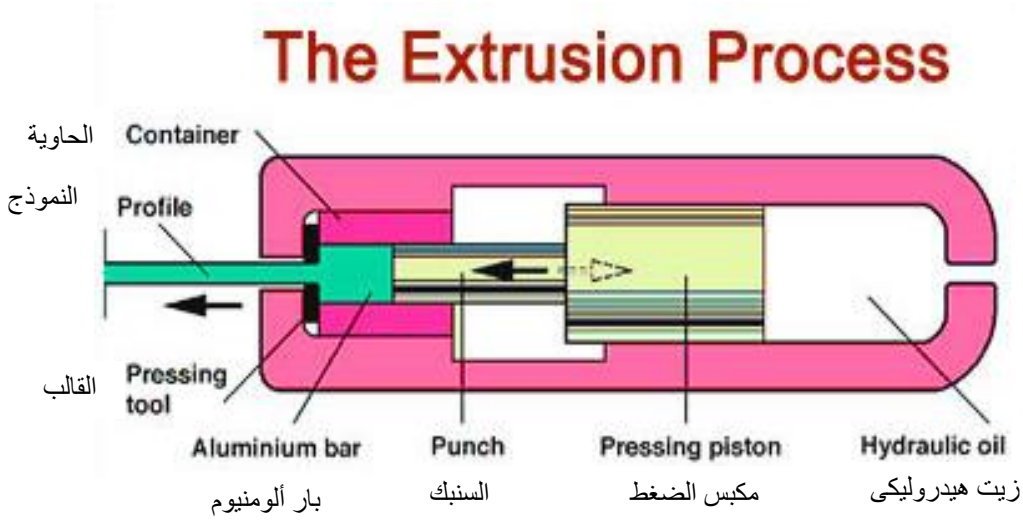
عينات الومونيوم مشكلة بعملية البثق

خطوات البثق

تبدأ عملية التشكيل بتسخين الخام ليصبح طريا ثم يتم تحميله في الوعاء المكبس حيث يُكبَس لينفذ من الإسطمبة، وقد يتم معالجة المنتج النهائي لتحسين خواصه بالتشكيل علي البارد او بالتشكيل علي الساخن.

البثق علي الساخن:

عمليات البثق



تتم عملية البثق في الوعاء المسخن للحفاظ علي المعدن من التصلب أثناء التشكيل، ولتسهيل خروج المعدن من الإسطمبة. تتم معظم عمليات البثق علي الساخن في مكابس هيدروليكية أفقية لها قوة تحميل من ٢٥٠ إلي ١٢٠٠٠ طن ويتراوح الضغط المؤثر علي المكبس من ٥٠٠٠ إلي ١٠٠،٠٠٠ باوند لكل بوصة مربعة , وبالتالي قد يحتاج إلي تزييت وقد يكون التزييت بالزيت أو بالجرافيت لتقليل درجة الحرارة أو قد يكون بالزجاج المطحون لرفع درجة الحراره أثناء التشكيل، ولكن بهذه الطريقة نتكلف علاج خشونة السطح بإجراء بعض عمليات التشغيل عليه.

البثق علي البارد:

يتم البثق علي البارد في درجة حرارة الغرفة أو ما يقاربها، ويتميز البثق علي البارد عن البثق علي الساخن بالآتى:

- قلة عملية الاكسده.
- الحصول على متانه أعلي نتيجة للتشكيل علي البارد.
- الحصول علي أبعاد بسماحات مقاربة جدا للنهائية.
- الحصول على جودة سطح عالية.

عيوب البثق

- **شروخ السطح** :وتحدث عندما ينفصل السطح المبثوق من الإسطمبة وقد تكون أسبابه زيادة درجة الحراة أو سرعة البثق أو قوة الاحتكاك وقد يحدث أيضا إذا كانت درجة الحرارة منخفضة بحيث يلتصق المعدن بالإسطمبة أثناء الخروج.
- **شروخ داخلية** :عند تولد شروخ داخل المعدن فإنها تتجمع عند خط المنتصف مكونة حالة اجهاد شد هيدروستاتيكي مشابه لما يحدث في عينة اختبار الشد عند مرحلة تكون الرقبة في الانهيار.

أشهر المعادن التي يتم بثقها:

- **الالومونيوم:** هو ما يتم بثقه عادة وقد يتم علي الساخن بعد تسخينه لدرجة حرارة من (٥٧٥ إلي ١١٠٠ °ف) (٣٠٠ إلي ٦٠٠ °س) أو علي البارد، ومن أمثلة ما ينتج من الألومنيوم بالبثق الإطارات المعدنية وقطاعات الألوميتال.
- " **النحاس:** ويتم بثقه علي الساخن بعد تسخينه لدرجة حرارة من (١١٠٠ إلي ١٨٢٥ °ف) (٦٠٠ إلي ١٠٠٠ °س) ويصنع منه الأنابيب والمواسير والأسلاك واللحام الإلكتروليتي، ويتم عادة إنتاج النحاس بالبثق بضغط حوالي ٦٩٠)ميجا باسكال.
- **الرصاص والقصدير**: ويتم بثقه عند درجة حرارة قصوي (٥٧٥ °ف) (٣٠٠ °س) ويصنع منه أيضا الأنابيب والمواسير والأسلاك والكابلات، وقد يستخدم الرصاص المذاب كمادة خام في البثق العمودي.
- **الماغنسيوم**: ويتم بثقه علي الساخن بعد تسخينه لدرجة حرارة من (٥٧٥ إلي ١١٠٠ °ف) (٣٠٠ إلي ٦٠٠ °س) ويصنع منه أجزاء الطائرات وتستخدم في بعض أجزاء الصناعات النووية، وتعتبر قابلية الماغنسيوم للبثق معادلة لقابلية الألومنيوم تقريبا.
- **الزنك:** ويتم بثقه علي الساخن بعد تسخينه لدرجة حرارة من (٤٠٠ إلي ٦٥٠ °ف) (٢٠٠ إلي ٣٥٠ °س) ويستخدم في صناعة الأعمدة والقضبان والأنابيب وصناعة الأجزاء الصلبة في الحاسبات.
- **الحديد:** ويتم بثقه علي الساخن بعد تسخينه لدرجة حرارة من (١٨٢٥ إلي ٢٣٧٥ °ف) (١٠٠٠ إلي ١٣٠٠ °س) ويصنع منه الأعمدة أيضا ويستخدم في البثق عادة صفائح الحديد الكربوني وأحيانا من الحديد السبائكي أو الحديد غير المجهد.
- **التيتانيوم:** ويتم بثقه علي الساخن بعد تسخينه لدرجة حرارة من (١١٠٠ إلي ١٨٢٥ °ف) (٦٠٠ إلي ١٠٠٠ °س) ويصنع منه أجزاء الطائرات وحمالات المقاعد وحِلَق المحركات وفي أغراض إنشائية أخري.

الباب الثانى: اللحام

- ٢-١- اللحام بالصهر
- ٢-٢- اللحام بالضغط

٢-١- اللحام الحراري (بالصهر): Fusion Welding

مقدمة:

اللِّحام Welding : هو طريقة وَصْلِ قطعتين من المواد الفلزية وصلاً دائماً عن طريق التسخين لدرجة الصهر، ويستخدم اللحام في تصنيع العديد من المنتجات، مثل السيارات والأدوات المنزلية والأثاث، كما تَسْتَخدم شركات الإنشاءات اللحام في بناء الجسور والمباني وغيرها من المنشآت وأعمال الصيانة . وينطوي إنتاج المعدات علي استخدام عمليات لحام متناهية الدقة والتعقيد ، وهذا ليس مجالنا الأن وسوف نتعرض فقط الي اللحام بالصهر.

الأشكال الشائعة لوصلة اللحام كما هو موضح بالشكل التالى:

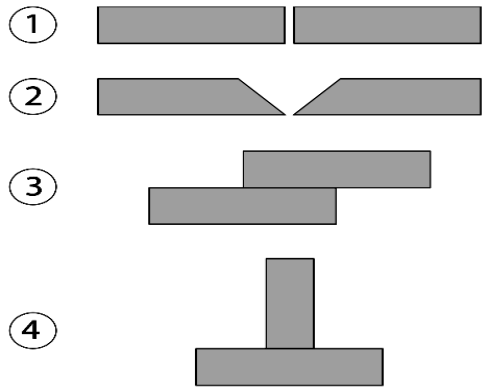
Common welding joint types:

(١) Square butt joint, (وصلة تناكبية)

٢) Single-V preparation joint) (v مفردة حرف),

(٣) Lap joint, (وصلة تراكبية)

(٤) T-joint.(T وصلة حرف)

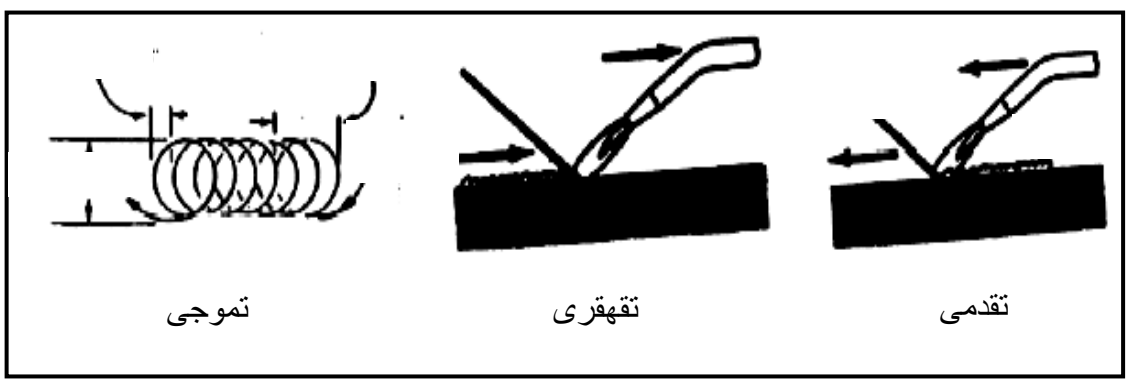


حركات اللحام: Welding Movements

يقصد بها كيفية تحريك المشعل ومادة الحشو (سلك اللحام) ويوجد أنواع أساسية هى:

١- التقدمي Forehand
٢- التقهقرى Backhand
٣- تموجى Ripple

ويفضل الأول في حالة كبر بركة اللحام Wide bead .
يتم أثناء تقدم المشعل تحريكه يسره ويمنه أو في حركة دائرية وذلك لتفادي تركيز اللهب علي موضع واحد وضمان صهر منطقة كبيرة .
والشكل التالي يوضح حركات اللحام :



استخدامات اللحام

يستخدم اللحام في كثير من الاعمال مثل:

١- عمليات تصنيعية (تصنيع الانابيب بلحام طولي او حلزوني، وتصنيع بعض المعدات والالات الحديثة).

٢- عمليات التجميع (ربط الاجزاء المختلفة باللحام).

٣- عمليات الصيانة الإصلاحية المختلفة (لحام الأجزاء المكسورة ,الشروخ ,تزويد الأجزاء المتآكلة).

٤- عمليات القطع (قطع الصاج , قطع الانابيب).

٥- عمليات التسخين (في عمليات التجميع).

٦- عمليات المعالجة الخرارية (تسخين الأجزاء وتبريدها)

ملابس وأدوات الوقاية والسلامة في اللحام :

هناك العديد من ملابس وأدوات الوقاية التي يستعملها الفنيون لوقاية أنفسهم أثناء عملهم داخل الورش أو في مناطق العمل الأخري ولكن هناك ملابس خاصه بأعمال اللخام وهى:

١. **نظارة اللحام**

وتستخدم لحماية العينين من أشعة اللحام .

٢. **القفازات (الكفوف)**

وهي مصنوعة من الجلد أو القماش المقاوم للحراره ومتوفرة بأشكال ونوعيات مختلفة.

٣. **المريلة**

تستخدم لحماية الجهة الأمامية من الجسم من الأشعة والشرر أثناء اللحام .

كما في الشكل المقابل.

صهر الأجزاء

تستخدم الحرارة في اللحام بالصهر، حيث يتم صهر الأجزاء المراد وصلها بالحام جزئيا، وعندما تبرد وصلة لحام الفلز المنصهر وتتصلَّد فإن القطعتين تندمجان معاً بوساطة وصلة لحام تبلغ مقاومتها مقاومة أي جزء آخر من الفلز.

وتستخدم فى معظم عمليات اللحام بالصهر فلز حشو يضاف إلي اللّحام في صورة قضيب لحام أو قطب كهربائي مستهلك .حيث تؤدي حرارة عملية اللحام إلي صهر اللحام أو القطب الكهربائي وخلطه مع الفلز الأصلي، ويؤدي ذلك إلي حشو وصلة اللحام ورفع مقاومتها، ويطلق علي خط اللحام المكون من المادة المالئة المتصلدة والفلز الأساسي إسم منطقة الصَّهر .

وفي معظم عمليات اللحام بالصهر، يجب عزل الفلزات الساخنة عن غازات الهيدروجين والنيتروجين والأكسجين الموجودة في الهواء الجوي.

ويجب أخذ هذه الاحتياطات نظراً لأن ذوبان هذه الغازات في المواد الفلزية يجعل اللحام هشًا.

ويمكن إتمام العزل عن طريق:

١- رش الفلز أثناء اللحام بغاز خامل مثل الأرجون أو ثاني أكسيد الكربون .

٢- إضافة صهور لا فلزي إلي الفلزات قبل اللحام، حيث تصهر حرارة اللحام الصهور الذي يغطي بدوره الفلزات ويعزلها.

٣- أن تجري عملية اللحام في الفراغ بدون وجود الهواء الجوي .

أنواع اللحام الحراري (بالصهر):

ينقسم اللحام الحراري الي : الكهربي ، الغازي ، المونة ، الثرميت

وسوف نتعرض فقط لكل من: اللحام الكهربي واللحام الغازي

١- اللحام بالقوس الكهربي: Shielded metal arc welding

فكرة اللحام :

يتم توصيل القطعة (المعدن الأساسي) كقطب موجب ، والألكترود يوصل كقطب سالب (قطبية مباشرة أو العكس) بإستخدام تيار متردد أو مستمر.

ويعرّف القوس الكهربائي أنه عملية تفريغ مستمرة للتيار الكهربائي في وسط غازي متأين موجود بين قطبين (إلكترودين) صلبين أو سائلين ويغذيهما توتر كهربائي ، وعملية التفريغ هي المنبع الحراري المستخدم للصهر الموضعي عند اللحام.

وعند خدش القطعة بالإلكترود يحدث إغلاق للدائرة الكهربائية وترتفع درجة حرارة مقدمة الإلكترود وتنصهر ، وعند إبعاد الإلكترود قليلا عن القطعة (الثغرة) يستمر إغلاق الدائرة الكهربائية عبر حدوث تفريغ كهربي (أي إنطلاق للألكترونات من الإلكترود وإصطدامها بسرعة عالية جدا بالقطعة)، مما يسبب إرتفاع شديد لدرجة حرارتها حتي تنصهر ، وبامتزاج المصهورين وتجمدهما معا تتكون درزة (بنطة) اللحام .

ويجب المحافظة علي بعد وضع ثابت بين الإلكترود والقطعة حتي لا يتوقف التفريغ الكهربي.

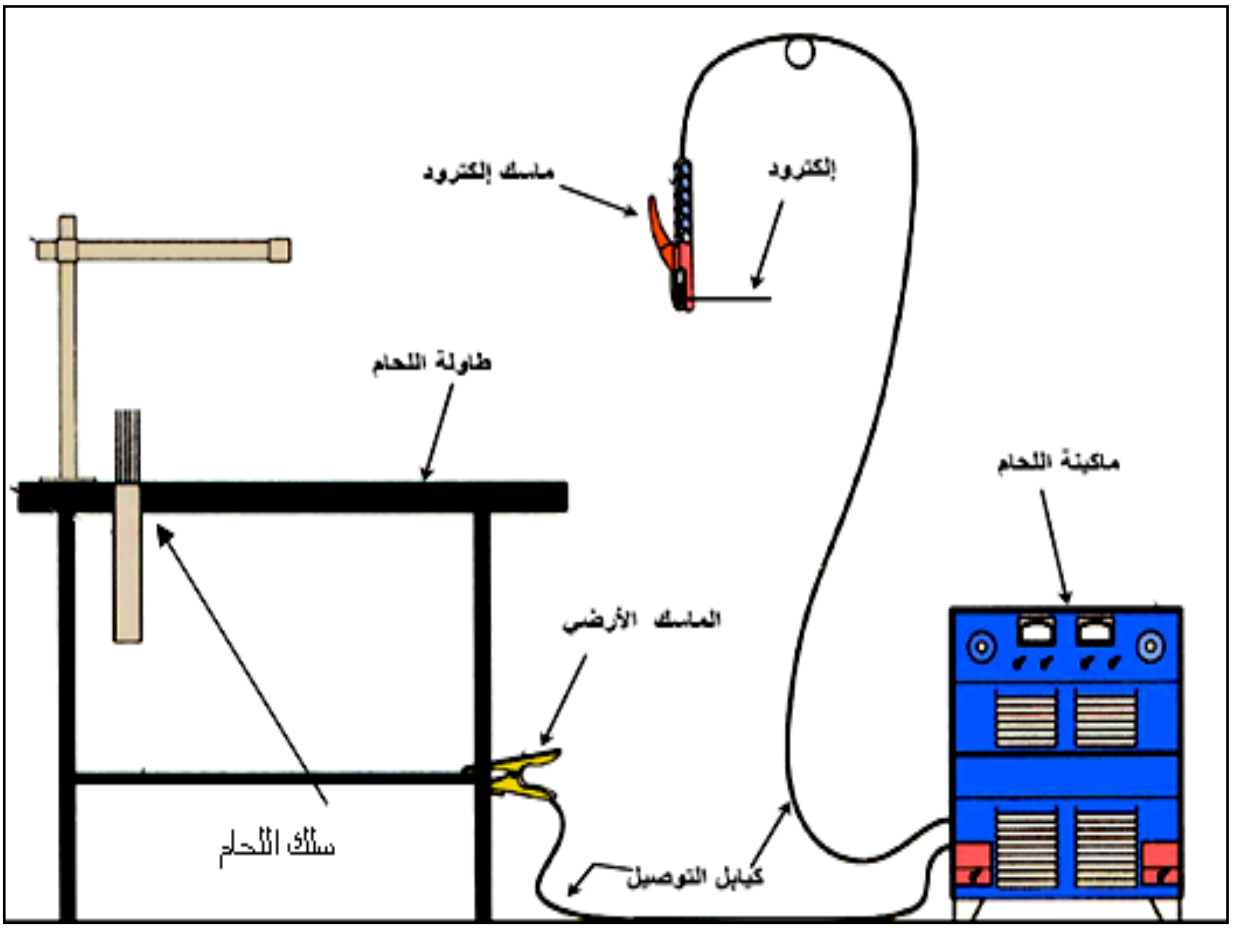
ويتميز لحام القوس الكهربائي بإرتفاع درجة الحرارة مما يؤدي لسرعة اللحام وكذلك صغر المنطقة المتأثرة بالحرارة (Heat Affected zone) مما يضمن جودة اللحام وحماية حوض اللحام من دخول غازات الهواء الجوي مما يضمن جودة الدرزة .

وتتفوق طريقة اللحام بالقوس الكهربائي علي سائر الطرائق الأخري حتي إنها تبلغ ٩٠% من مجموع استخدامات طرائق لحام الصهر المختلفة.

مجموعة اللحام بالقوس الكهربى (ترنس اللحام وملحقاته):

تعتمد عمليات اللحام بالقوس الكهربائي علي تيار كهربى عالي يساعد علي صهر المعدن وأسلاك اللحام في آن واحد ولما كان هذا الشيء لا يتوفر في الطاقة الكهربائية العامة المستخدمة في حياتنا اليومية لذلك صممت ماكينات اللحام بأنواع وأحجام وقدرات مختلفة لإتمام جميع عمليات اللحام ، وسوف نقوم بالتعرف علي ماكينات اللحام ذات المحول والموحد (AC - DC) وهي الأكثر استخداما .

و الشكل التالي يوضح الأجزاء الأساسية لماكينة اللحام بالقوس الكهربى :



الملحقات المساعدة للحام بالقوس الكهربي

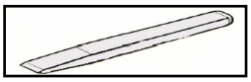
١. الأدوات والعدد اللازمة في عمليات اللحام :

هناك بعض العدد والأدوات المساعدة التي يحتاجها الفني أثناء عمله في لحام القوس الكهربائي :

أ) مطرقة الطرق والتعديل :

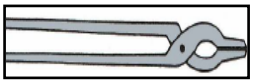
يوجد منها أنواع مختلفة في الشكل والحجم ويجب إختيار الحجم المناسب .

ب) أجنة تنظيف :



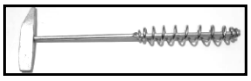
تستخدم لتنظيف الخبث الناتج عن اللحام وإزالة الرايش .

ج) الملقط :



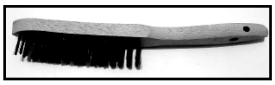
ويستخدم لمسك المشغولات الحارة والباردة ويكون ذراعه طويل وفكه في حالة جيدة

د) شاكوش التنظيف :



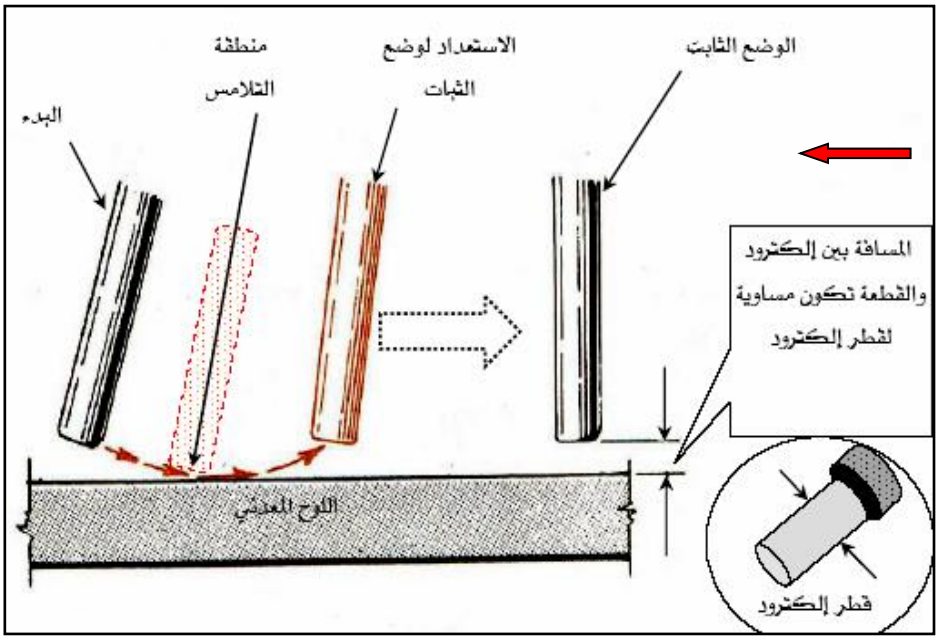
ويستخدم في إزالة خبث اللحام وذرات المعدن المتناثرة علي جنبي خط اللحام ، ويكون طرفيه بحالة جيدة.

هـ) فرشة التنظيف :



وهي فرشة من أسلاك الحديد وتستعمل لتنظيف درزات اللحام وإزالة الصدأ .

إشعال القوس الكهربي :



إشعال القوس الكهربي يتم بملامسة طرف إلكترود اللحام مع سطح القطعة ثم يسحب إلي أعلي مسافة لا تتجاوز المسافة اللازمة لإبقاء القوس ، والتي تساوي قطر الإلكترود تقريباً, وتشبه هذه الحركة حركة إشعال عود الثقاب (الكبريت) . كما في الشكل المقابل وبعد إشعال القوس يجب أن يكون القوس قصيراً كلما أمكن ذلك أثناء عملية اللحام ولا تتجاوز المسافة المطلوبة (قطر معدن إلكترود) لأن القوس الطويل ينتج عنه لحام ضعيف لوصلة اللحام، وللوصول إلي أفضل نتائج في عمليات اللحام يجب أن يكون القوس مستقراً أو متزنا وثابتا حتي يمكن إنتاج لحامات ناعمة وجيدة .

العوامل الهامة التي تؤثر علي إستقرارية القوس:

- طبيعة الدائرة التي تغذي التيار.
- ونوعية الإلكترود .
- الأداء الخاطئ.
- بخار الماء (الرطوبة) اللذان يتسببان في عدم إستقرارية القوس أو إنحرافه .

زوايا اللحام :

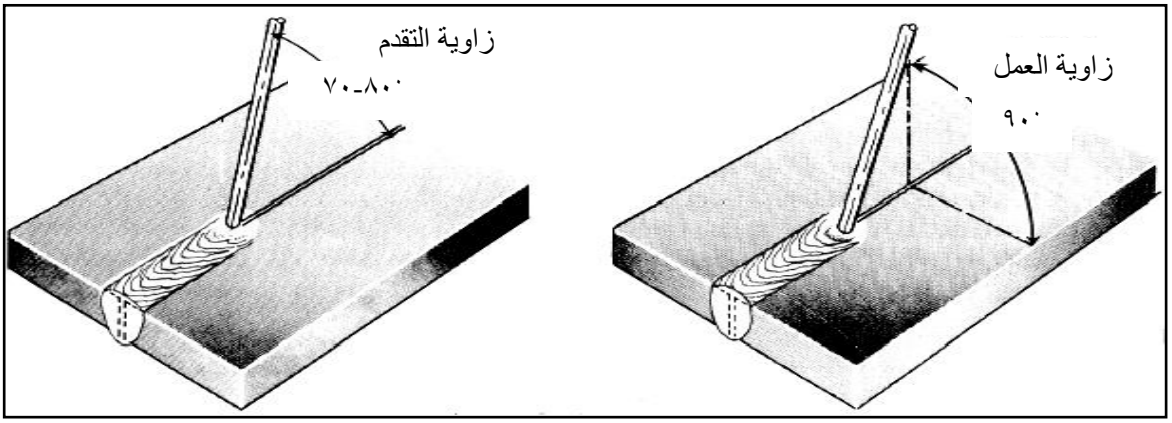
إن التحكم في ميل الإلكترود علي سطح قطعة العمل علي نحو ثابت وبزاوية معينة أثناء إستمرار عملية اللحام مهم جدا حيث أن ذلك له تأثير كبير في تكوين وتحديد حجم وشكل درزات (بنط) اللحام وكذلك ترسيبها في المكان الصحيح في القطعة خاصة في اللحام الزاوي (تراكبي – زاوية داخلية) .

وعموما يوجد للإلكترودات زاويتان هما :

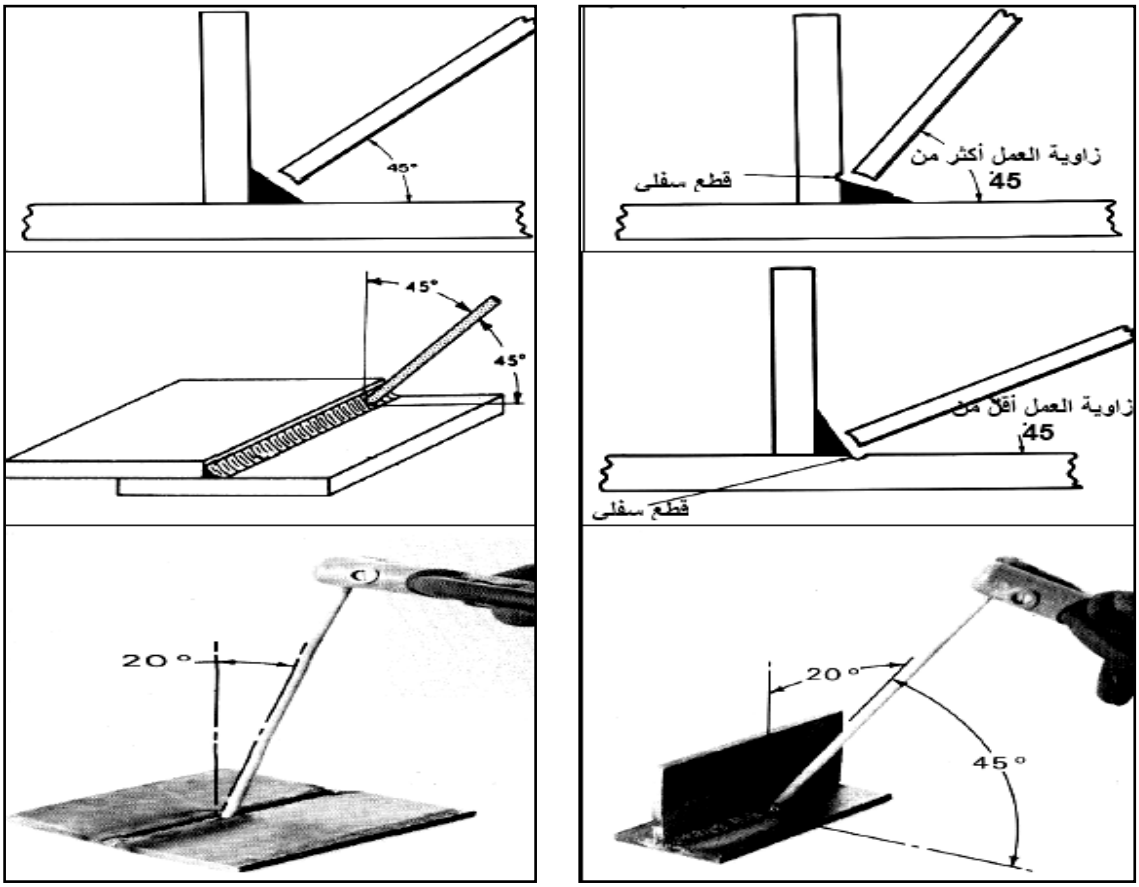
زاوية التقدم :

وهي زاوية ميل الإلكترود عن المحور الرأسي بمقدار (٧٠°– ٨٠°) عن سطح القطعة في إتجاه سير اللحام

زاوية العمل: وهي الزاوية الجانبية وتكون حوالي ٩٠° . والشكل التالى يوضح ذلك :



وتختلف زاوية العمل مع إختلاف شكل ووضع الوصلة ، والأشكال الآتية توضح ذلك:



قواعد العمل والسلامة عند اللحام بالقوس الكهربى:

عند اللحام بالقوس يجب مراعاة ما يلي :

١) يجب ألا يزيد جهد تيار اللحام عن ٨٠ فولت عند اللحام بالتيار المتغير، وعن ١٠٠ فولت عند إستعمال التيار المستمر.

٢) يجب توصيل أجسام وأغطية ماكينة اللحام ، وكذلك طاولة اللحام بالأرض جيداً .

٣) التأكد بإستمرار من كفاءة وجودة كابلات اللحام (لأن الكابلات التالفة تكون خطراً علي عامل اللحام وزملائه).

٤) اللحام بذراعين مكشوفين أو مع تعرية النصف الأعلي من الجسم يعرض العامل لخطر الإشعاع .

٥) يجب عند اللحام بالقوس الكهربي إحاطة موقع العمل بحاجز يمنع عن الغير أذي الضوء الباهر .

٦) يجب إرتداء فني اللحام الكهربي جميع مهمات الوقاية (القياسية) للحماية من الإشعاعات والغازات الضارة أوالجسيمات المتطايرة .

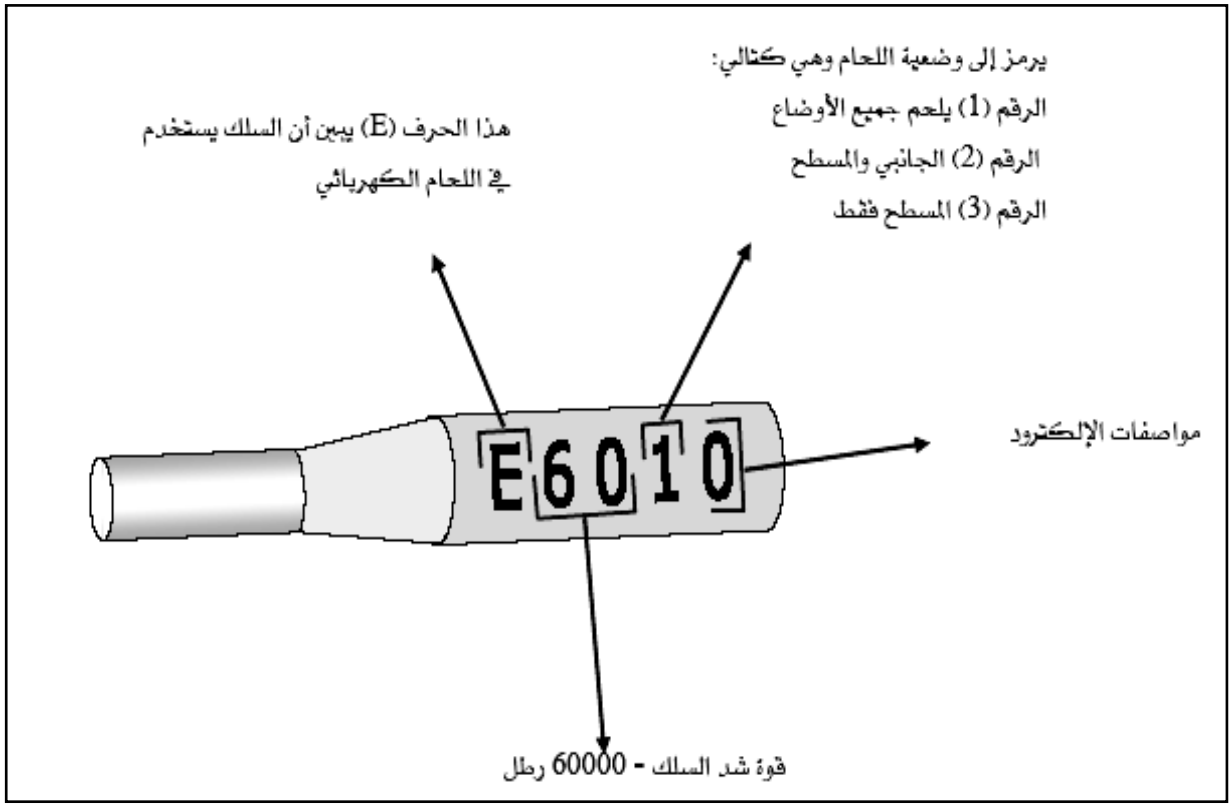
٧) يجب التأكد من وجود معدات الآمان الصناعي للحماية من مخاطر الحرائق والكهرباء.

٨) يجب عمل كشف طبي دوري للعاملين في مجال اللحام .

٩) يجب عمل قياس مستوي مهارة للعاملين في مجال اللحام دورياً.

إلكترودات (أسلاك اللحام):

هي عبارة عن أسلاك تستخدم للملو أثناء اللحام ، وهي مغلفة بمادة تشبه البودرة تحتوي علي مواد كيميائية تحسن خواص اللحام ، وتختلف علي حسب أنواعها وأرقامها ، وكل نوع له مواصفاته الخاصة ، ولها أرقام تدل علي معاني ومواصفات . كما في الشكل التالي :



جدول يوضح العلاقة بين سمك المعدن وقطر الإلكترود و التيار الكهربي:

قطر إلكترود اللحام	سمك المعدن التقريبي للخطوة المفردة (بوصة)	التيار الأدني أمبير	التيار الأقصي أمبير
١٦/١	١٦/١	٢٠	٤٠
٣٢/١	٣٢/٣	٣٠	٨٠
٨/١	٨/١ – ٤/١	٥٠	١٢٠
٣٢/٥	٨/١ – ٤/١	٧٥	١٧٠
١٦/٣	١٦/٣ – ٤/١	١٠٠	٢١٠
٣٢/٧	١٦/٣ – ٤/١	١٢٠	٢٥٠
٤/١	١٦/٥ – ٤/١	١٦٠	٣٣٠
١٦/٥	٨/٣ – ١٦/٥	٢٠٠	٤٢٠

ملاحظات :

١. يتم إختيار أقطاب اللحام المغلفة بحيث يتوافق معدنها مع المعدن المراد لحامه .

٢. تميز أقطاب اللحام المغلفة برموز معينة " مثل E٦٠١٠ . E٦٠١٢.....إلخ "
حسب مواصفات جمعية اللحام الأمريكية (AWS)

٢- اللحام الغازى: Gas welding (oxy-acetylene)

تستخدم مع الأكسجين غازات عديدة للحام مثل الميثان ، البروبان والبروبلين أما الأكثرها شيوعا في الاستخدام فهو الأستيلين Acetylene C_2H_2 ، ينتج الأستيلين عبر إضافة الماء لكربيد الكالسيوم أو العكس ويتم تداوله في أسطوانات خاصة معبأة بمادة إسفنجية وأسيتون وذلك لأن الأستيلين غير مستقر .

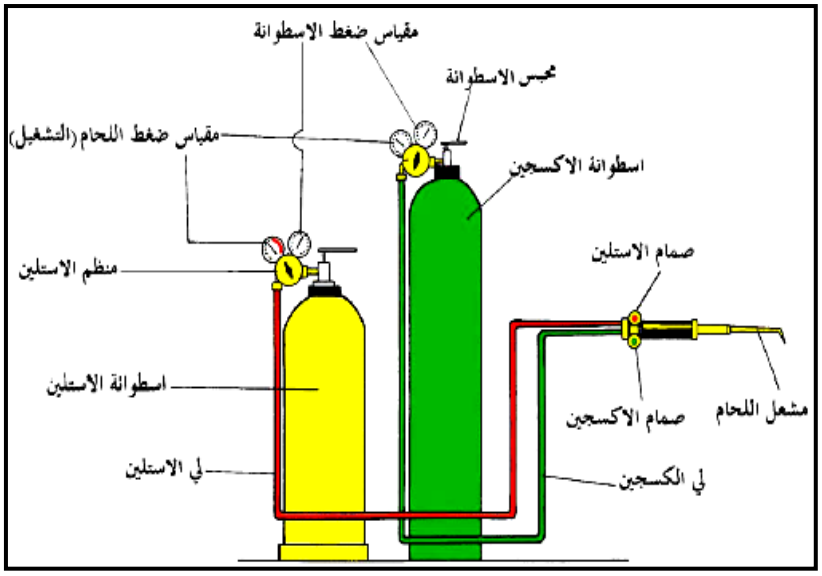
ويصلح اللحام بالغاز بصفة خاصة لوصل الألواح المعدنية التي تراوح سماكاتها بين يتم مراجعتها مع الزقم التالى "بين ١و ١٠ مم".

إستخدامات اللحام الغازي

تنحصر في لحام الألواح التي تراوح سماكاتها بين ١ و١٠ مم، وقد يستخدم في الحالات التي يتعذر فيها الوصول بسهولة إلي مواضع الوصلات المراد لحامها، ويمكن باستخدام غاز الأستيلين الحصول علي درجة حرارة لحام تصل الي ٣٢٠٠ درجة مئوية ، في حين لا تزيد درجة حرارة اللهب الناتج من استخدام الهدروجين علي ١٩٠٠ درجة. ولهذا، يفضل الهدروجين في لحام الصفائح والأنابيب المعدنية الرقيقة الجدران، في حين يستخدم الأستيلين في الصناعات الهندسية للحام المقاطع الكبيرة (وخاصة الوصلات الفولاذية)

فكرة اللحام الغازي :

يسلط اللهب علي بؤرة اللحام (Weld pool) وسلك اللحام (Filler) مما يؤدي لانصهارها عند إبعاد اللهب يمتزج المصهوران وتتكون درزة (بنطة) لحام (Bead) والشكل التالي يوضح فكرة اللحام الغازي ومعداته:



١. الأسطوانات Cylinders :

يتم تمييز أسطوانة الأكسجين باللون الأخضر وسعتها (غالبا ٢٤٤قدم^3) وهي دائما أكبر حجما من أسطوانة الأستيلين التي تتميز باللون الأصفر وسعتها (من ١٠ إلي ٣٩٠ قدم^3) , ويوجد علي الأسطوانات لوحة تحتوي علي معلومات عن الأسطوانة وعن ضغط الغاز ، ضغط التشغيل ، تاريخ فحص الأسطوانة ، تاريخ الفحص القادم والجهة الفاحصة ... إلخ.

٢) مقاييس الضغط Pressure gauges :
يوجد علي قمة الأسطوانة مقياسا ضغط إحداهما يوضح الضغط بالأسطوانة والآخر يوضح ضغط التشغيل .

٣) منظمات الغاز (أكسجين - أستيلين) : Regulators
إن فائدة المنظم هي : تخفيض الضغط العالي للغاز الموجود في الأسطوانة إلي ضغط العمل ، وأيضا تنظيم خروج الغاز للحام بغض النظر عن تغير كمية ضغط غاز الأسطوانة ، ولكل غاز منظم خاص به .
وهو متصل بمقياس ضغط التشغيل ومهمته تخفيض الضغط من ضغط الأسطوانة لضغط التشغيل
كما في الشكل التالي:

منظم الأكسجين

منظم الأستيلين

٤) صمام الأمان Safety Valve :
ومهمته هو ضمان خروج الغاز عند زيادة الضغط لتفادي إنفجار الأسطوانة .
٥) المشعل (البوري) Torch :
ومهمته توفير وتوجيه اللهب المناسب للحام ، ويوجد منه مقاسات مختلفة تبعا لسمك المعدن الأساسي (Base Metal) المراد لحامه (٠,٢ إلي ٣مم) . ويمكن تغيير فونية البوري .
٦) الخراطيم Hoses :
تصنع من المطاط ومهمتها توصيل الغاز من الأسطوانة للمشعل ، يميز خرطوم الأكسجين باللون الأخضر وخرطوم الأستيلين باللون الأحمر . والشكل المقابل يوضح معدات لحام الأكسي أستيلين

أنواع اللهب Flame types: يتم تغيير نسبة الأستيلين والأكسجين وذلك تبعا لنوع المعدن الذي يتم لحامه.
توجد ثلاثة أنواع من اللهب وهي :

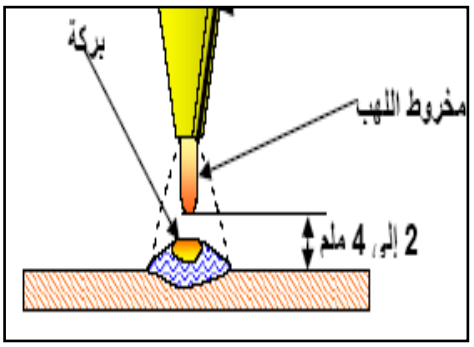
١- **اللهب المكربن Carburizing flame :**
وفيه تكون نسبة الأستيلين أكبر من الأكسجين ويستخدم للحام المعادن سهلة التأكسد .

٢- **اللهب المؤكسد Oxidizing flame :**
وفيه تكون نسبة الأكسجين هي الأكبر ويستخدم لضمان توافر حرارة أعلي .

٣- **اللهب المتعادل Neutral flame :**
وفيه تتساوي نسبة الأكسوجين والأستيلين ويحبذ غالبا إستخدامه في اللحام .

ويتكون اللهب من مخروطين أو ثلاثة تبعا لنسبة خلط الغازين .
تبلغ درجة الحرارة في المخروط الأول ١٠٠٠ ° م وعند نهاية المخروط الثاني ٣٠٠٠ ° م وفي مركز اللهب الأمامي ١٨٠٠ ° م . ويفضل تسليط المنطقة ذات الحرارة القصوي علي سلك اللحام وعلي بركة اللحام لضمان سرعة الصهر .

المسافة بين المخروط الداخلي وقطعة العمل :



وهي المسافة المحصورة بين طرف مخروط اللهب الداخلي وبركة إنصهار المعدن الأساسي والتي يجب أن تكون من (٢-٤مم) كما في الشكل المقابل ،
ويتغير ذلك حسب مقاس رأس اللحام وسمك القطعة وحجمها .
وعندما تكون المسافة الكبيرة جدا تمدد وتنشر الحرارة علي المعدن فيصعب التحكم في منطقة الأنصهار .
المسافة القريبة جدا تسبب إرتفاع حرارة المشعل أو إرتداء اللهب أو إلتصاق ذرات المعدن في فوهة الرأس فتحدث فيه فرقعة متقطعة ويسبب ذلك تناثر المعدن المنصهر خارج منطقة الإنصهار .

خطوات إشعال بوري اللحام (اللمبة) :

١. يتم أولا تحديد سمك القطعة التي سوف يتم لحامها .
٢. إختيار فونية اللحام حسب سمك القطعة .
٣. يتم فتح صمام الأكسجين الموجود علي البوري ثم فتح مسمار الضغط الموجود علي المنظم وذلك لضبط ضغط التشغيل، ثم قفل الصمام الموجود علي البوري .
٤. بنفس الطريقة يتم ضبط غاز الأستيلين ثم قفل الصمام بشكل سريع وذلك لخطورة غاز الأستيلين
٥. يجب إرتداء نظارة الوقاية لحماية العينين من الضوء الساطع للهب عند الإشعال .
٦. إمسك البوري باليد اليمني وباليد الأخري افتح صمام الأستيلين بمقدار (٨/١) لفة أي (٣مم) تقريبا .
٧. يجب إستعمال الولاعة الأحتكاكية لإشعال الغاز .
٨. إستمر في فتح صمام الأستيلين ببطء لكي يتلاشي الدخان من اللهب وتنفصل بداية اللهب عن فوهة رأس اللحام.
٩. إفتح صمام الأكسجين ببطء وإستمر حتي يتحدد شكل اللهب المخروطي وبذلك يكون قد تحقق الهدف من تشغيل وحدة اللحام .

جدول يوضح العلاقة بين سمك الصاج وضبط بوري اللحام

مقاس طرف البوري	مقاس المثقب	سمك المعدن	ضغط الاستيلين رطل / البوصة	ضغط الأوكسجين رطل / البوصة
0	65	1/32"	5	7 – 18
	60-56	1/16"	5	8 – 20
1	56-54	3/32"	5	12 – 20
2	54-53	1/8"	5	14 – 24
3	53-50	3/16"	5	16 – 25
4	50-46	1/4"	5	20 – 29
5	46-44	3/8"	5	24 – 33
	40	1/2"	5	30 – 40
6	30-29	5/8"	5	30 – 40
	23	3/4"	5	30 – 32

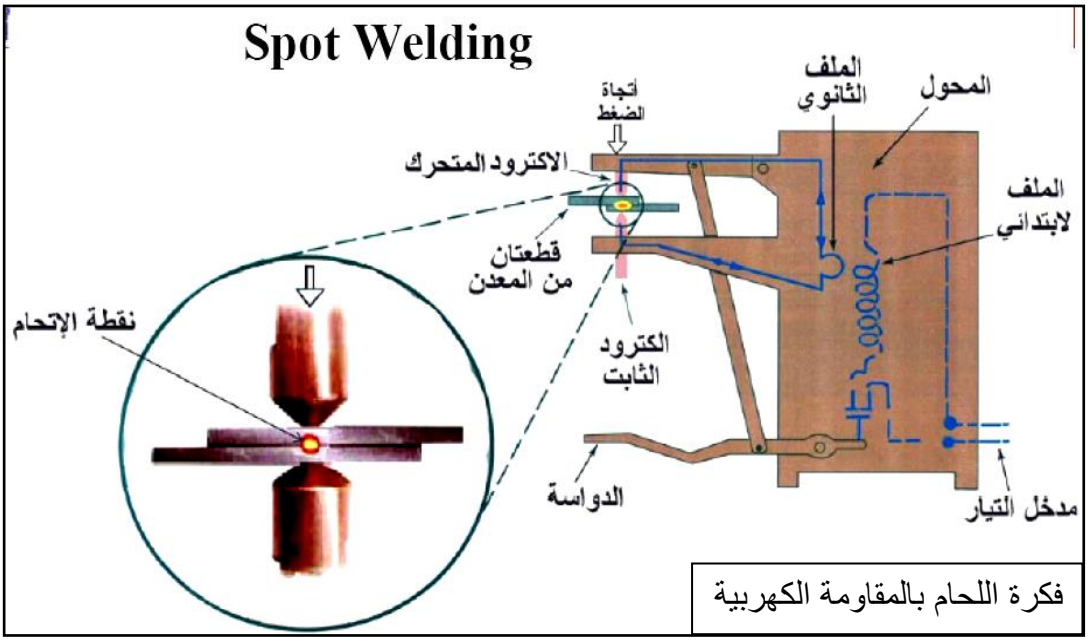
٢-٢- اللحام بالضغط Press Welding

تتم عملية اللحام بالضغط عند درجة حرارة أقل من درجة حرارة إنصهار المعدن المراد لحامه ؛ وذلك بتسليط ضغوط خارجية يمكن لحام القطعتين وهما في الحالة الصلبة شريطة أن تكون هذه الضغوط كافية لإحداث إنفعالات لدنة في سطحي القطعتين المراد وصلهما.
وتشمل هذه المجموعة: لحام المقاومة ، اللحام الاحتكاكي، اللحام بالتطريق.

وسوف نقوم بشرح بعض هذه الأنواع بشئ من التلخيص الذي يوضح فكرته ونظرية عمله

اللحام بالمقاومة الكهربائية: Resistance welding

هي إحدى طرق اللحام التي تستخدم فيها الحرارة والضغط وتتولد الحرارة نتيجة لمرور تيار كهربي له شدة عالية وفولت منخفض لفترة زمنية قصيرة محددة في الموضع المراد لحامه من الجزء. وتتم عملية اللحام في النقطة أو المكان الذي ارتفعت حراراته وذلك بالضغط بواسطة قطبية.
تعتبر هذه الطريقة في اللحام من الطرق السهلة في إتمامها وكذلك لها قدرة إنتاجية عالية لذا فهي تعتبر طريقة اقتصادية بالنسبة لسعر التكلفة لو قورنت بالطرق الأخرى بالرغم من ارتفاع سعر ماكينات اللحام بالمقاومة وتمتاز أيضا أن في هذه الطريقة إمكانية لحام المعادن الغير متشابهة.
تستخدم هذه الطريقة عادة في لحام الألواح الصغيرة السمك للمعادن المختلفة سواء كانت حديدية أو غير حديدية وتتم عند ضغط القطعتين بالإلكترودين النحاسيين يمر التيار الكهربائي ذو التيار المستمر (Direct current) خلال المعدن الأساسي ويلاقي أكبر مقاومة عند الحد الفاصل بين القطعتين وينتج عن ذلك تولد حرارة عالية تؤدي لتعجن المعدن ، ثم يتم فصل التيار الكهربائي ، ثم الضغط بالإلكترودين مما يؤدي لحدوث تلاحم في المنطقة المتعجنة .
ويتراوح قطر دائرة اللحام بين (١،٥ - ١٣ مم)، ويجب إتمام عملية اللحام دون وصول المعدن لحالة السيولة وفي أضيق وقت ، ويجب أن يكون اللحام ذو مقاومة عالية عند إجراء إختبارات الشد والتمزيق.
والشكل التالي يوضح ذلك :



فكرة اللحام بالمقاومة الكهربية

مميزات هذا اللحام:

١- سرعة تنفيذه .
٢- المظهر الجيد لتواري الدرزة (بنط اللحام) .
٣- إمكانية تنفيذه آليا بسهولة .
٣- مخاطر أقل من الأنواع الأخري .

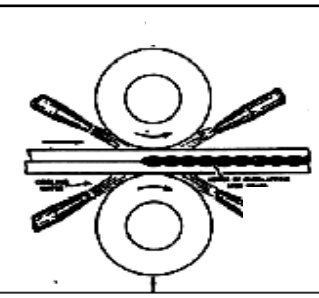
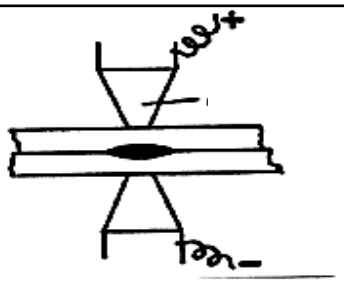
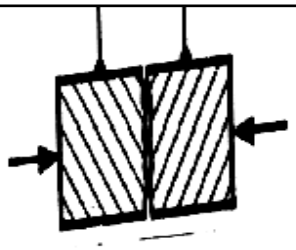
أنواع لحام المقاومة الكهربائية الشائعة :

١- لحام البقعة Spot welding : الذي يكثر إستخدامه في لحام هياكل السيارات وذلك بالربيوت .

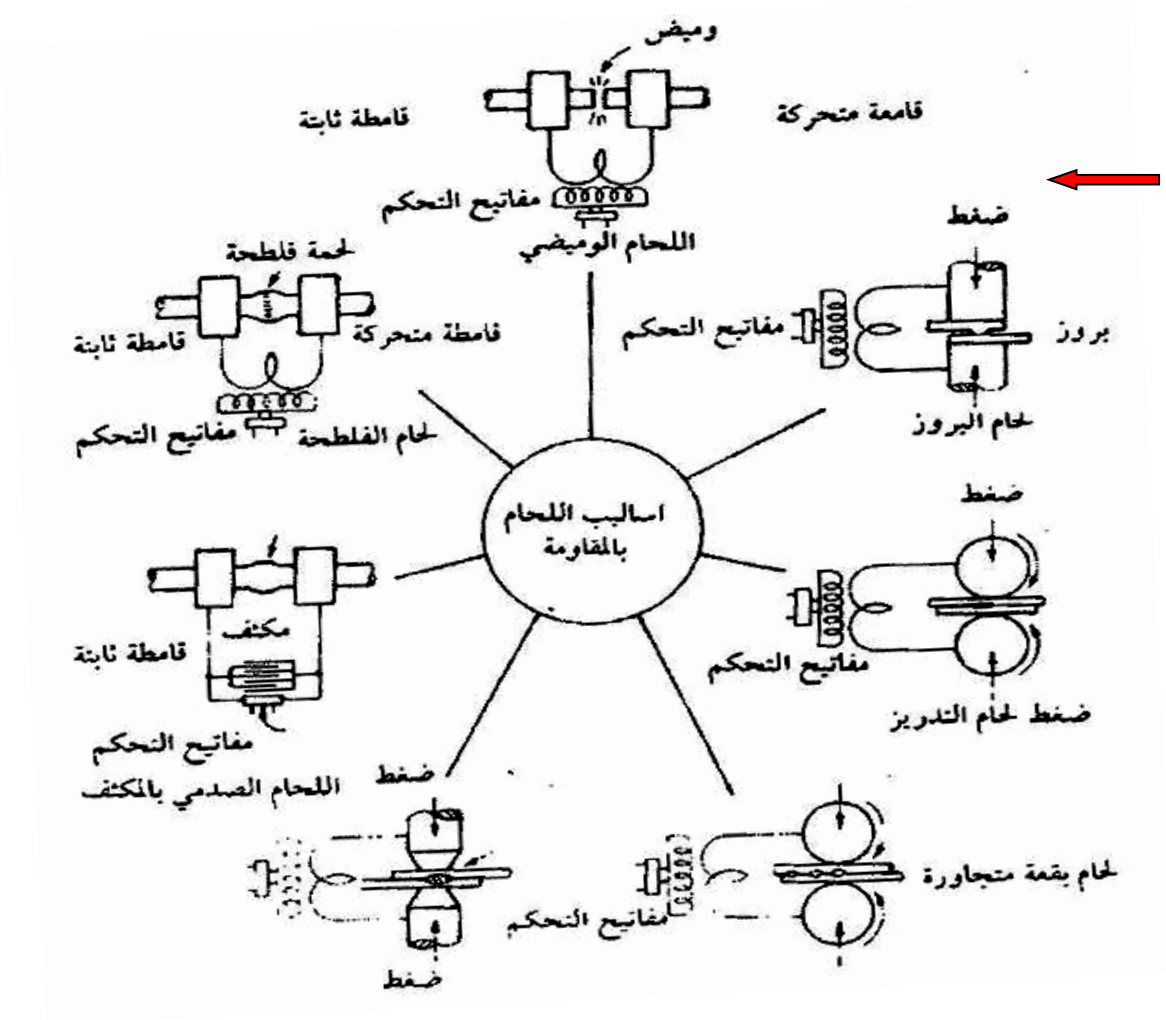
٢- اللحام الشريطي Seam welding : (بقع متلاصقة أي مستمره) ويستخدم في لحام الصفيح .

٣- اللحام الومضي Flash welding : ويستخدم في لحام القضبان حيث تتعجن مقدمتهما نتيجة لمرور التيار ووجود مقاومة عالية ، ويوقف التيار ويتم الضغط .

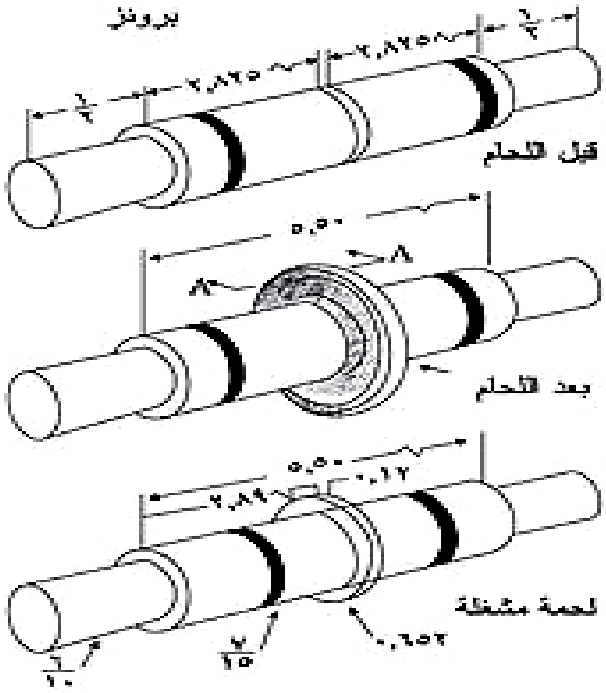
والشكل التالي يوضح هذه الأنواع :

		
اللحام الشريطي	لحام البقعة	اللحام الومضي

وهناك أنواع إخري للحام بالمقاومة الكهربية ، والشكل التالي يوضح هذه الأنواع :

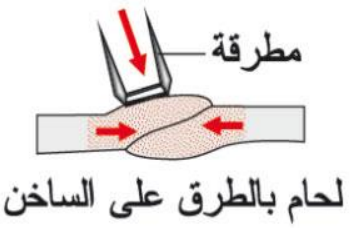


- اللحام الإحتكاكي



يعد اللحام الاحتكاكي أحد طرق اللحام بالضغط، وفيه يتم تسخين حواف القطعتين المراد وصلهما بالحرارة الناشئة من احتكاك سطحي هاتين القطعتين عند تدوير إحداهما وهى فى حالة تماس مع الأخري وهي ثابتة مع تسليط قوة ضغط محورية متزايدة عليهما؛ وعند بلوغ حد معين لسرعة الدوران والضغط توقف الحركة فجأة ويبقي الضغط مسلطاً لتتم عملية اللحام، ويستعمل اللحام الاحتكاكي علي نطاق واسع في لحام غرف الاحتراق المسبق في محركات الديزل ومرتكزات الدوران وأذرع التوصيل والأسطوانات والوصلات المحورية ومحاور القيادة الأمامية للمركبات وأعمدة الصبابات وغيرها. ويقتصر اللحام الاحتكاكي عموماً علي القطع ذات المقاطع الدائرية أو القريبة 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 والقوي المحورية المرتفعة وأن تقاوم الصدمات.

- اللحام بالتطريق



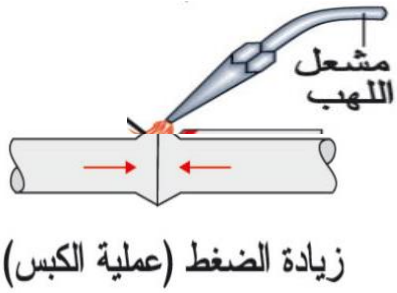
يعد اللحام بالتطريق (اللحام بالحدادة) أحد طرق اللحام بالضغط، وهو الأسلوب االتقليدي لوصل المعادن الذي كان مستخدماً في القرون السابقة، ويتلخص في تسخين منطقة الوصل للقطعتين المراد لحامهما في كور الحدادة أو في فرن مناسب إلي درجة الحرارة المطلوبة (التعجن) ثم وضع إحداهما فوق الأخري وتطريقهما يدوياً أو اليا أو بالمكبس حتي تلتحما في وحدة واحدة، وتعتمد قوة الصدم أو الضغط اللازمة علي 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 إلي درجة حرارة عالية، وتتكون عندئذ قشور أكسيدية علي السطوح، وإن لم تكن هذه الأكاسيد في حالة من الميوعة التى تسمح بطردها خارج منطقة اللحام، فإنها تمنع تلاحم القطعتين تلاحماً جيداً، لذلك يجب العمل علي منع الأكسجين من الوصول إلي المعدن الجاري تسخينه، وتستعمل لهذا الغرض مساعدات صهر مختلفة لخفض درجة انصهار هذه الأكاسيد ومنع زيادة التأكسد.

أما أساليب لحام التطريق 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.

- اللحام بالغاز والكبس



زيادة الضغط (عملية الكبس)

يشبه مبدأ اللحام بالغاز والكبس مثيله في اللحام بالتطريق، ولكن تسخين القطع المراد لحامها بهذه الطريقة يتم باستخدام اللهب الناتج من احتراق الغازات، ويمكن التحكم باستطاعة هذا اللهب وتركيزه بدقة علي النقاط المراد تسخينها قبل الضغط عليها، ويتم التسخين إما تدريجياً مع الضغط علي النقطة الساخنة، أو تسخين المقطع المراد لحامه كاملاً مع الضغط في آن واحد، وفي الحالة الثانية يُسخن المقطع جانبياً أو تُسخن الحواف فقط؛ فإذا كان التسخين من الجانب فإنه يمكن تطبيق الضغط علي القطع في أثناء التسخين باللهب، أما إذا سُخنت الحواف فقط، فيجب إبعاد اللهب قبل تسليط الضغط علي القطع، ولما كان إبعاد اللهب بفاصل زمني قصير حتي لحظة تسليط الضغط، يؤدي إلي تأكسد سطوح الحواف بفعل أكسجين الهواء، فإن تسخين هذه الحواف يجب أن يتم حتي حالة الانصهار، بهدف عصر المصهور السطحي المؤكسد خارج منطقة اللحام لدي تسليط الضغط، ثم يتم لحام سطحي الحواف النظيفين تماماً والخاليين من الأكاسيد ويستخدم لهب الأكسي - أستيلين عادة لتسخين المقطع؛ إذ تصل درجة حرارة هذا اللهب إلي ٣٠٠٠ درجة مئوية، وتستخدم طريقة اللحام بالغاز والكبس في إجراء اللحامات التناكبية للأنابيب ومجموعة الوصلات في السكك الحديدية التي تكون مصنعة من الفولاذ منخفض الكربون.

الباب الثالث: طرق قطع المعادن غير التقليدية

٣-١ الحفر بالشرارة
٣-٢ القطع بالسلك

طرق قطع المعادن غير التقليدية

مقدمة

تنقسم طرق التصنيع إلى نوعين الطريقة الأولى التشكيل ومنها السباكة وحقن المواد داخل القوالب والثني والطرق على الساخن والبارد وهذه الأساليب لا ينتج عنها فضلات ولا تتم بإزالة رايش من معدن المشغولة.

أما الطريقة الثانية فهى التشغيل وتشمل عمليات القطع بكل أنواعها بدءاً بالمبارد والقطع بالمنشار والثقب والخراطة والتفزيز وعمليات التجليخ وغيرها وهذه الطرق تتم بإزالة جزء من معدن المنتج .

وجميع هذه الأساليب تسمى بالطرق التقليدية لأنها تستخدم العمليات الميكانيكية أى تعتمد على حركة الحد القاطع للعدة القاطعه وفى مطلع القرن العشرين وبعد التقدم الكبير فى مجال الكهرباء والإلكترونيات تم إكتشاف طرق جديدة لقطع المعادن والمواد غير المعدنية والتى تعتمد على خواص كهربائية أو كيميائيه أو الاثنين معاً وتسمى بالطرق غير التقليدية لقطع المعادن وتشمل هذه الطرق:

١. القطع بالتفريغ الكهربائي (الحفر بالشراره)
٢. القطع الكهروكيميائى
٣. القطع بالتآكل الكيميائى
٤. القطع بالأمواج فوق الصوتية
٥. القطع بالماء أو بالهواء
٦. القطع بالحزمة الإليكترونية
٧. القطع بالليزر
٨. القطع بالبلازما

وأهم ما يميز هذه الطرق هو قدرتها على قطع المعادن الهشة والمعادن شديدة الصلادة والتى يصعب أويستحيل أحيانا تشغيلها بالطرق التقليدية مثل الخراطة والتفريز كما تعتبر الطرق غير التقليدية عملية وإقتصادية فى الحالات التاليه:

١. المعادن الهشة شديدة القصافة والتى تتعرض للكسر عند الربط بقوة على الماكينات التقليدية.
٢. عندما تكون المشغولة مرنة جداً او ضعيفة.
٣. عندما يكون شكل القطع معقد.

وسوف نقتصر فى هذا الباب على شرح نوعين من طرق قطع المعادن غير التقليدية هما:

١- الحفر بالشراره.
٢- القطع بالسلك.

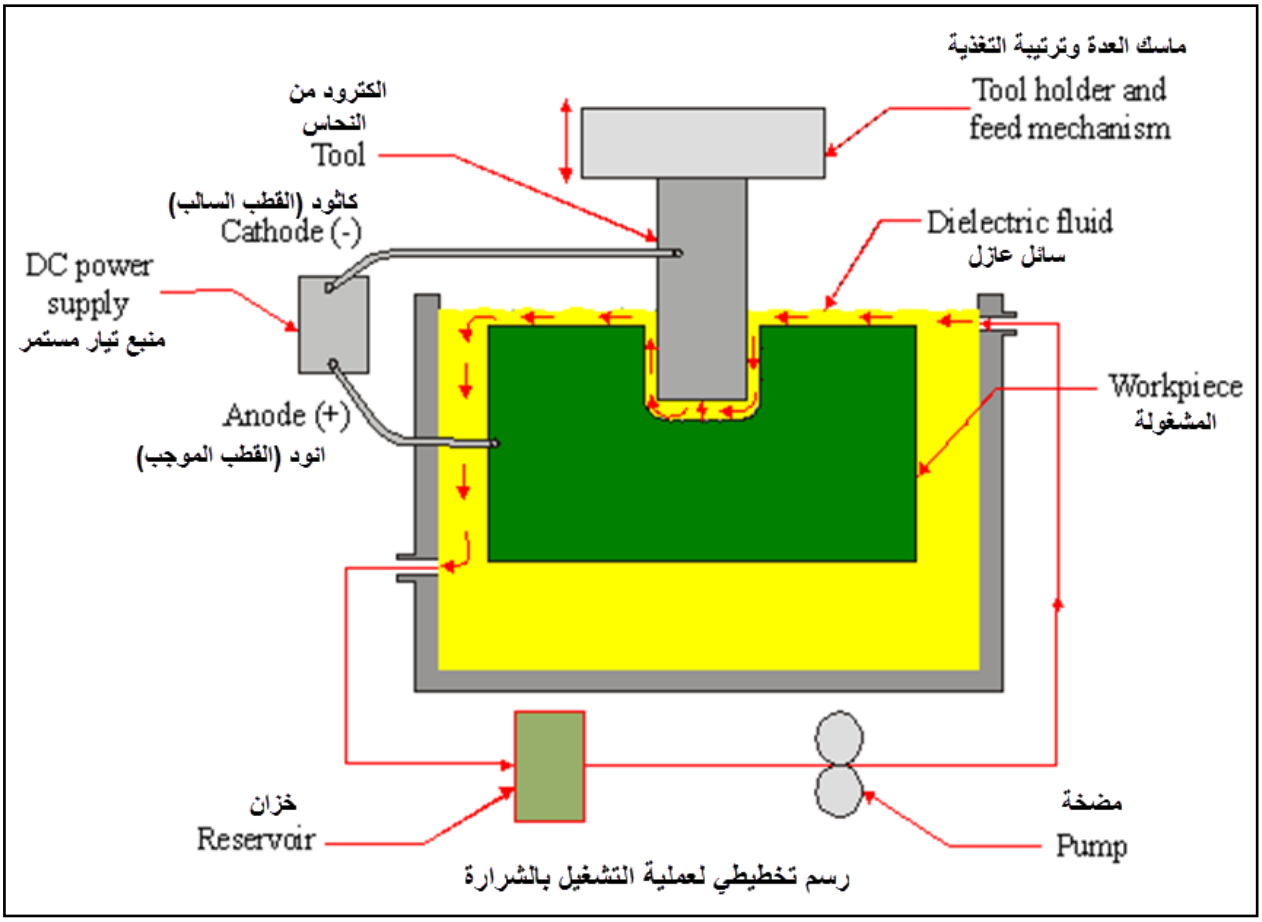
٣-١- الحفر بالشرارة: (EDM) Electrical Discharge Machining

الحفر بالشرارة من أهم الطرق غير التقليدية وأكثرها إنتشاراً فى الصناعة بل إنها قد حققت تقدما فى مجال تصنيع القوالب والعدد والإسطمبات بشكل أصبح من اليسير إنجاز تصنيع قالب ما فى زمن قياسى.

وتعتمد نظرية القطع بالتفريغ الكهربائي EDM على توليد شرارة كهربائية فى منطقة القطع تكون كافيه لصهر المعدن وتبخر جزء صغير منه فى منطقة القطع بسبب الحرارة العاليه، وهذه الطريقة تستخدم للمواد القابلة للتوصيل الكهربائي دون النظر إلى صلادة أو صلابة المعدن ومنة أمثلة ذلك: يمكن قطع الكربيدات بسهولة ولهذا تستخدم بشكل كبير فى صناعة القوالب وقطع المواد الصلبة جداً.

ماكينة الحفر بالشرارة:

ماكينة الحفر بالشرارة هى أكثر ماكينات التشغيل غير التقليدى إستخداماً وأوسعها انتشاراً على الإطلاق والشكل التالى يوضح رسم تخطيطي لماكينة التشغيل بالشرارة حيث كل من المشغولة والعدة (الالكترود) مغمورة فى سائل غير موصل للتيار الكهربى (سائل عازل .Dielectric fluid).



وأهم ما يميز ماكينة الحفر بالشرارة عن التشغيل التقليدى الذى يستخدم فيه عدد القطع الحادة والصلدة أو المواد الكاشطة كأحجار التجليخ فى إزالة الرايش من المعادن الطرية أو متوسطة الصلادة والقابلة للتشغيل

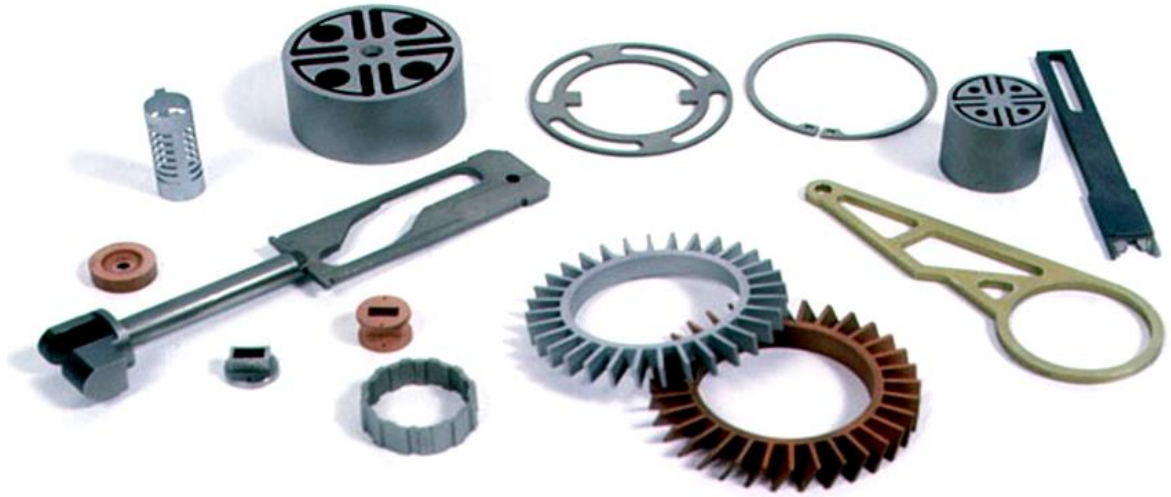
هو إستخدامها لتقنية التشغيل الكهروحرارية Thermoelectric لإزالة المعدن غير المرغوب فيه من المشغولة بواسطة سلسلة متتابعة من شرر كهربى Sparks ذو طاقة حرارية هائلة بين المشغولة وإلكترود الماكينة فينتج الشكل المطلوب للمشغولة لذلك فإن صلادة المشغولة لا تعتبر العامل الأهم فى التشغيل بالشرر.

ويتم إزالة المعدن بواسطة تفريغ التيار الكهربى لشحنة مخزنة فى مكثف عبر ثغرة (فجوة صغيرة) بين العدة (الكاثود) والمشغولة (الأنود) والتى تكون عادةً فى حدود ٥٠ فولت / ١٠ أمبير.

تطبيقات الحفر بالشرارة EDM

الحفر بالشرارة له القدرة على تشغيل المعادن الصلدة صعبة التشغيل والأجزاء المعقدة بالغة الدقة ذات الأشكال غير المنتظمة لقوالب الحداده وعدد التشكيل بالضغط وقوالب البثق Extrusion dies

وكذلك الأجزاء ذات التشكيل الداخلى المعقد للتطبيقات الطبية وفى صناعات الطائرات ، وبعض هذه الأشكال موضحة بالشكل التالى:



منتجات معقدة الشكل تم تشكيلها بالحفر بالشرارة

النظرية التكنولوجية للحفر بالشرر الكهربى EDM

فى بداية التشغيل يسلط جهد كهربى عالى عبر الثغره (المسافة الضيقة) بين الإلكترود والمشغولة وهذا الجهد يولد بالحث مجال كهربى فى المادة السائله العازلة الموجودة بالثغرة والذى يعمل على تأينها فتنتشر فى محيط الثغرة عوالق من جزيئات جيدة التوصيل والتي تتجمع وتتركز عند النقط الأقوى فى المجال الكهربى بالثغرة. عندما يصل الجهد بين الشغلة والإلكترود إلى الإرتفاع الكافى يتحطم العزل الكهربى للسائل العازل وينتقل تفريغ شرارى من خلاله ليزيل كمية صغيرة من معدن سطح الشغله ويبلغ حجم المعدن المزال لكل تفريغ شرارى ما يعادل تقريباً ١٠-٦ مم٣ .

وعموما فإن معدل إزالة الرايش "MRR" (Material Removal Rate) يحسب من العلاقة الأتية:

$$MRR = ٤٠ I / T_m^{١,٢٣} \quad (cm^٣/min)$$

حيث :

I: شدة التيار بالأمبير

T_m: درجة حرارة انصهار معدن الشغلة ℃

الإكترود

ويصنع من الجرافيت أو النحاس الأصفر أو النحاس الأحمر أو سبائك النحاس والتنجستن.

مميزات الحفر بالشرارة EDM

١. يتم تشغيل المعادن بالحفر بالشراره مهما كانت درجة صلادتها.

٢. لا وجود لنتوءات او خشونة بالأسطح المشغلة.

٣. المشغولات الرفيعة والهشة والضعيفة يمكن تشغيلها بهذه الطريقة.

٤. الأشغال الداخلية المعقدة يمكن تشغيلها بسهولة.

عيوب الحفر بالشرارة EDM

١. المواد الموصلة للكهرباء فقط هى التى يمكن تشغيلها بهذه الطريقة.

٢. معدل إزالة الرايش صغير وهى عملية بطيئة إذا ما قورنت بالطرق التقليدية.

٣. يمكن ان يحدث تآكل غير مرغوب فيه وقطع زائد للمادة.

٤. عند زيادة معدلات إزالة الرايش تصبح الأسطح خشنة سيئة التشطيب.

السوائل العازلة المستخدمة فى الحفر بالشرارة:

تستخدم الزيوت الهيدروكربونية او الكيروسين أو الماء المنزوع الأيونات (غير المتأين) كسوائل تغمر فيها (المشغولة والألكترود) وتتلخص وظيفة السائل فى الآتى:

١. عازل لمرور التيار الكهربى بين الإلكترود والشغلة.

٢. التبريد.

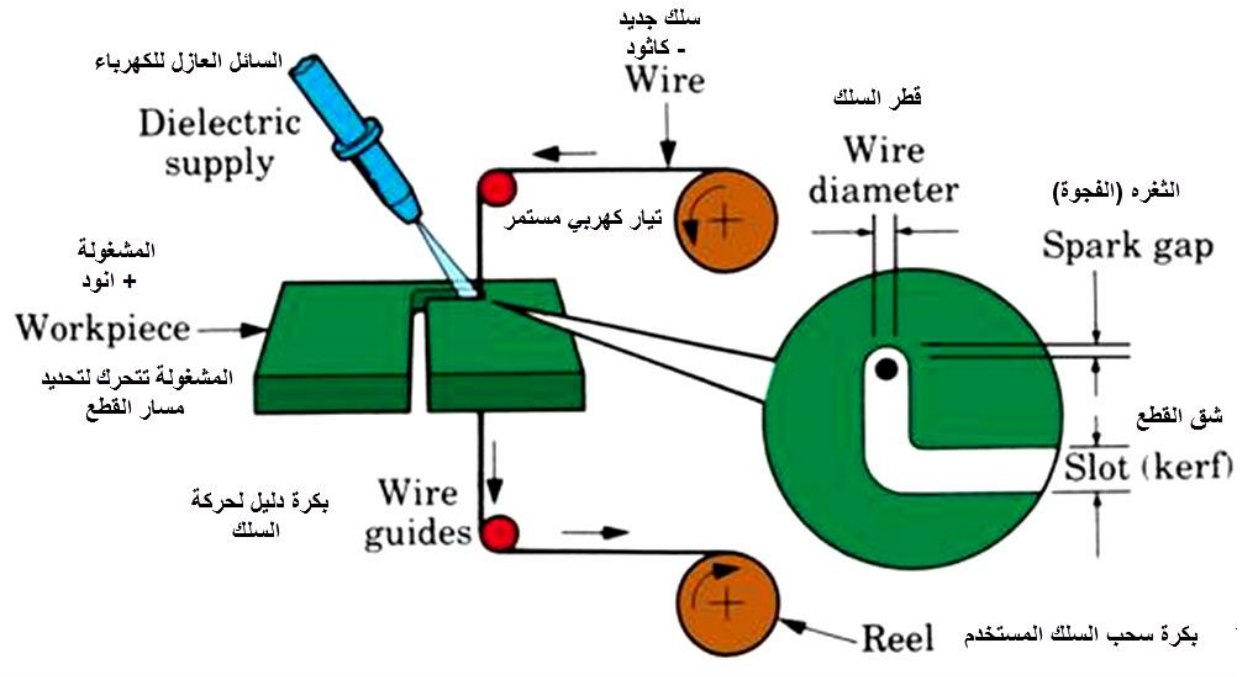
٣. وسط منظف ومزيل للرايش من منطقة التشغيل.

الإعتبارات الواجب مراعاتها عند التشغيل بالحفر:

- الحفر العميق والفتحات الضيقة لا يفضل تشغيلها بهذه الطريقة.
- غير مجد إقتصاديا تشغيل المشغولات التى تتطلب أسطح شديدة النعومة.
- يفضل إجراء قطع تخشيني مبدئى للمشغولات بأى طريقة تشغيل أخرى إن أمكن ثم إجراء القطع التشطيبى بهذه الطريقة للتغلب على مشكلة إنخفاض معدل إزالة الرايش.

٣-٢- ماكينة القطع بالسلك Wire Electrical Discharge Machining:

الشكل التالى يوضح نظرية وفكرة عمل ماكينات القطع بالسلك.



نظرية التشغيل بالقطع بالسلك

سلك القطع:

يصنع سلك القطع من النحاس الأصفر او الأحمر او التنجستن او المولبديوم ويجب ان يكون جيد التوصيل للكهرباء وأن يتحمل إجهاد الشد المرتفع.

النظرية التكنولوجية للقطع بالسلك:

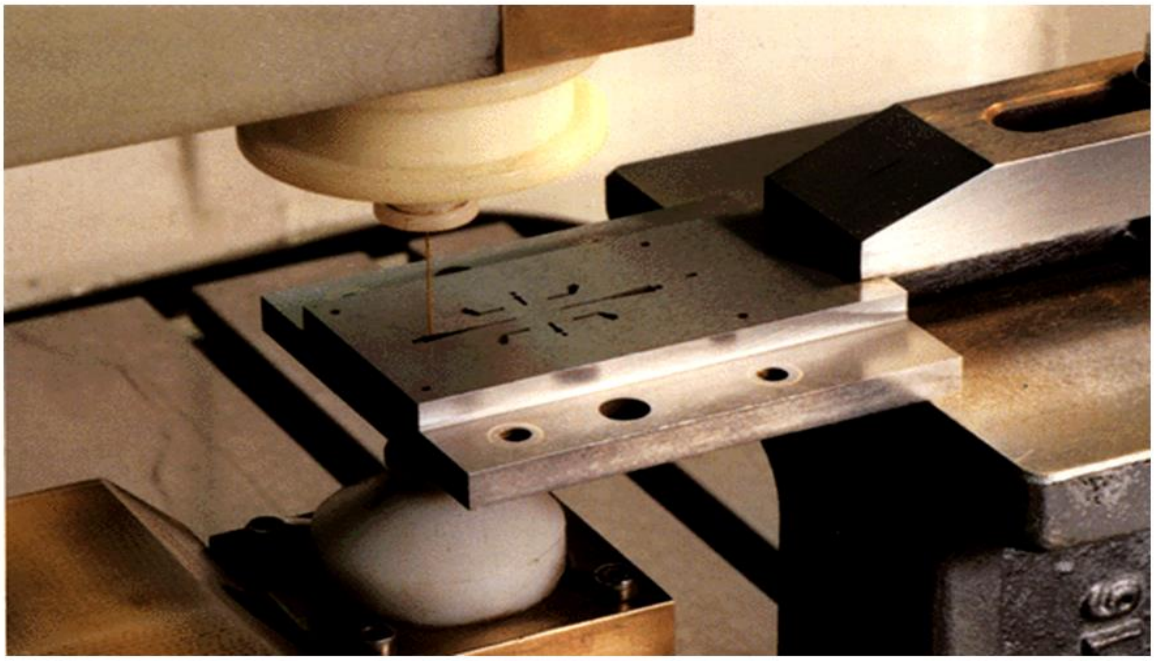
نفس تقنية التشغيل الكهروحرارية المستخدمة فى القطع بالشرر ولكن يستخدم سلك (إلكترود) رفيع (يبلغ قطره من(٠,٠٥ إلى ٠,٣ مم) مشدود يغذى بإستمرار وببطء من بكرة سلك تستخدم لمرة واحده ، ويمر عبر المشغولة التى يجب أن تكون جيدة التوصيل للكهرباء والتى تتحرك حركه أفقية فى مسار محدد لأزالة الرايش منها ويقطعها.

حركة الشغلة الأفقية دائما تتم بتقنية التحكم العددى CNC للقدرة على التحكم فى المسار مهما بلغت دقته وتعقيده وللتحكم أيضا فى سرعة التغذية.
يمكن ان يبدأ مسار القطع من خارج الشغلة او تثقب الشغلة بثقب رفيع لمرور السلك ويبدأ المسار من داخلها وفى جميع الأحوال يجب أن يكون القطع نافذ.

إزالة الرايش تحدث نتيجة لسلسله من التفريغات الكهربية (شرر كهربى) فى الثغرة بين السلك والشغلة وكنتيجة لتأين السائل العازل للتيار الكهربى فى هذه المنطقه فتتولد طاقة حرارية هائلة تعمل على صهر وحرق المعدن فى شق القطع بينما يعمل السائل المتدفق على إزاحة نواتج القطع بعيداً.

تطبيقات القطع بالسلك

بهذه الطريقة يمكن قطع المعادن فائقة الصلادة مثل البولى كريستالين دياموند (الماس المتبلور) Polycrystalline Diamond (PCD) ، والكيوبيك بورن نتريد Cubic boron Nitride (CBN) حيث تعتبر درجة حرارة إنصهار معدن الشغلة هى الخاصية الأهم والأكثر تأثيرا من الصلادة فى تحديد شروط القطع بالسلك ،والأشكال بالغة التعقيد والمستخدمة فى صناعات الطائرات أو فى إسطمبات تشكيل ألواح الصاج . والشكل الأتى يوضح ماكينات القطع بالسلك أثناء عملها.



ماكينة القطع بالسلك

العوامل المؤثرة فى جودة السطح المقطوع:

- شدة التيار المار بالسلك.
- نوع معدن السلك.

الشكل الأتى يوضح بعض المشغولات التى أنتجت بالقطع بالسلك.

الباب الرابع: الدلائل والمثبتات

٤-١ مقدمة وتعريفات
٤-٢ إستخداماتها

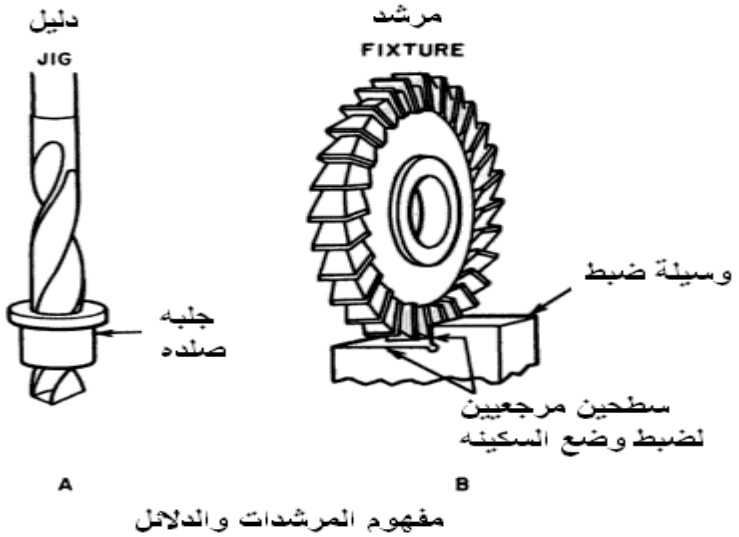
الدلائل (المرشدات) والمثبتات Jigs and Fixtures

٤-١ مقدمه وتعريفات:

يتم إنتاج المشغولات المختلفة إما إنتاجا فرديا أو إنتاجا متقطعا أو إنتاجا غزيرا – ويستلزم الأمر عند الإنتاج إجراء خطوات ومراحل عديدة مثل الشنكرة, والتذنيب والتثبيت على الماكينة مع الضبط بالنسبة لوضع أداة القطع أو ضبط التمركز, والقياس والربط والفك وتغيير أدوات القطع وخطوات أخرى كثيرة ويمكن أن يصل الوقت اللازم لهذه العمليات إلى حوالي ٨٠% من زمن القطعة وهذا بالطبع هو الدافع إلى استحداث وتطوير أدوات لتثبيت وضبط القطعة وأداة القطع ، هذه الأدوات تسمى الدلائل والمرشدات.
وتتواجد الدلائل والمرشدات في جميع أعمال التشغيل على اختلاف أنواعها وأحجامها .

المرشد:
هو أداة خاصة تستخدم لضبط وتثبيت المشغولة في الوضع المناسب خلال عملية التشغيل وكقاعدة عامه فالمرشد مزود بوسيلة لضبط ودعم المشغولة (نقاط ارتكاز توضع عليها المشغولة) ووسيلة لتثبيت المشغولة وكذلك وسيلة لترشد العدة القاطعة قبل التشغيل أو أثناء عملية التشغيل أو الاثنين معا.

الدليل:
أما الدليل فهو نوع من المرشدات يستخدم لتثبيت وضبط وضع المشغولة علاوة على أنه مزود بوسيلة تدلل (تدليل ايجابي) وتدعم العدة القاطعة أثناء عمليات الثقب آو توسيع الثقوب آو العمليات المشابهة أي أن الدليل يوجه العدة ويدعمها ويمنعها من الانحراف أو الانزلاق أثناء عملية التشغيل وعادتا ما تستخدم الدلائل عند عمليات الثقب حيث تزود بجلبه شديدة الصلادة تعمل على توجيه وتدعيم وضبط البنط في المكان المناسب أثناء عملية الثقب.



مفهوم المرشدات والدلائل

الغرض من المرشدات والدلائل

الغرض العام من المرشدات هو الضبط السريع والدقيق للمشغولة والدعم الصحيح والتثبيت الآمن لها وتعنى كلمة الضبط أنه ترتيب وضع المشغولة بالنسبة لأداة القطع بدقة تامة, وترتيب وضع أداة القطع في وضع التشغيل بالنسبة للمشغولة بدقة تامة حتى يمكن الوصول إلى الدقة المطلوبة لجميع القطع المشغلة وبالتالي فان كل الأجزاء المشغلة في نفس المرشد سوف تكون متشابهة وداخل حدود التفاوت المطلوبة أي تكتسب الدقة والتبادلية (التبادلية هي إمكانية استبدال جزء بجزء آخر نتيجة لتشابه الأجزاء مثل قطع الغيار).

مميزات استخدام المرشدات المثبتات

- تعمل المرشدات والدلائل على تقليل الوقت اللازم للإنتاج وذلك من أوجه متعددة حيث يقل الوقت اللازم لتجهيز وتثبيت المشغولة كما يقل وقت ضبط وضع العدة القاطعة لتحقق المقاسات المطلوبة كذلك يقل وقت التشغيل نتيجة للتدعيم أي السند والتثبيت الجيد للمشغولة والذي يمكننا من القطع بتغذيات عالية (قطع ثقيل)
- كما تعمل على تبسيط عمليات التشغيل المعقدة لذلك يمكن استخدام عمال متوسطي المهارة (ارخص في الأجر) لتأدية أعمال كانت تحتاج لعمال ذوى خبرات عالية.
- كما تعمل المرشدات والدلائل على زيادة إمكانيات الماكينات العامة التقليدية لتمكنها من تأدية عمليات تشغيل خاصة وهو ارخص من استخدام الماكينات الخاصة كذلك تزيد من سعتها وبعبارة أخرى فهي تحول الماكينات العامة التقليدية إلى ماكينات إنتاج غزير.
- المرشدات والدلائل تمكننا من إنتاج مشغولات متشابهة ومتطابقة في الشكل والدقة والأبعاد أي منتجات تبادليه (مثل قطع الغيار) لذلك فإن المرشدات والدلائل تسهم في تقليل تكاليف الصيانة كما تقلل من تكاليف التجميع عن طريق تقليل الوقت والمجهود الضائع في البحث عن القطع التي تتوافق مع بعضها البعض.
- وبخلاف هذه المزايا المذكورة يمكن للمرشدات أن تيسر تسلسل عمليات التشغيل المختلفة لنفس المشغولة على نفس المرشد عند تشغيلها من ماكينة إلى أخرى وهذا يؤدى إلى رفع دقة ضبط وضع المشغولة بالنسبة لأداة القطع

وإجمالا نستطيع أن نقول إن المرشدات والدلائل تقلل التكاليف وتحسن كفاءة الماكينات التقليدية وترفع كفاءة وجودة المشغولات المنتجة .

ولا يحقق المرشد الغرض من الاستخدام إلا عندما يكون المدخر من الطاقة والزمن والمصاريف للمشغولات المشغلة باستخدامه اكبر من تكاليف إنتاج المرشد نفسه وهو ما يعرف بالإنتاج الاقتصادي

ويتوقف اقتصاديات الإنتاج على عدد القطع الممكن للمرشد تشغيلها على الماكينة ويؤدى الى:

تخفيض تكاليف الإنتاج ، وهذا يعنى:

أ- استغلال قدرات تشغيل الماكينات إلى أقصى حد ممكن
ب- استغلال أدوات القطع إلى أقصى حد ممكن
ت- تقليل أزمنة التحميل والضبط والتثبيت والفك والقياس
ث- تقليل قوى القطع بدراسة زوايا القطع
ج- إعفاء العامل من الأعمال العضلية الثقيلة
ح- تقليل استهلاك أدوات القطع
خ- تلقائية الماكينات لتقليل الحاجة لاستخدام العمال المهرة

تبسيط الإنتاج والدقة العالية والتبادلية وهذا يعنى:

أ- إلغاء عملية الشنكرة

ب- تثبيت وفك المشغولات بسرعة وبدقة عالية وأمان

ت- رفع كفاءة المشغولات دون الحاجة لاستخدام عامل ماهر

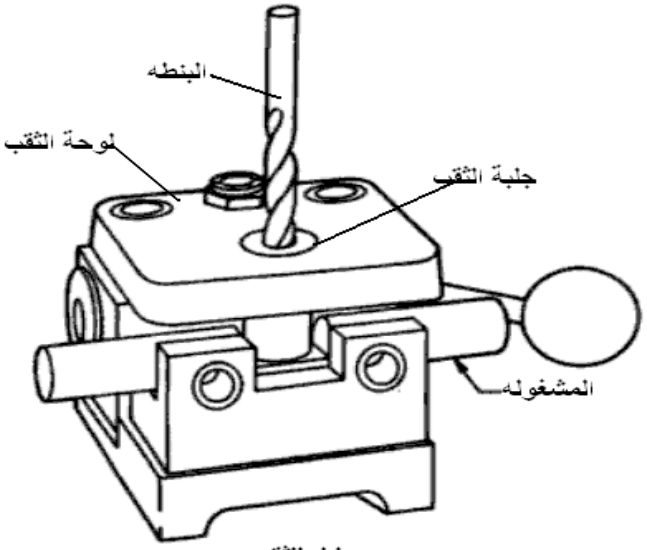
ث- تقليل العمل العضلي

ج- تقليل أخطار الحوادث

ح- تلقائية الإنتاج (الأوتومية)

٤-٢: الدلائل :(تجهيزات تثبيت الثقب)

تستخدم الدلائل عادتا أثناء عمليات الثقب وهى تقوم أساسا بدورين هامين فهي تقوم أولا بتثبيت المشغولة في الوضع الصحيح بالنسبة لأداة القطع وثانيا فهي تقوم بتوجيه أداة القطع أثناء عملية الثقب ، وثانيا :تستخدم لتقليل زمن القطع عن طريق إلغاء عمليات التجهيز (مثل الشنكرة وتحديد المركز) ، ويحدد نوع تجهيزة التثبيت من الرسم التنفيذي للمشغولة ، كما تحدد أماكن الثقوب ودرجة الدقة المطلوبة.



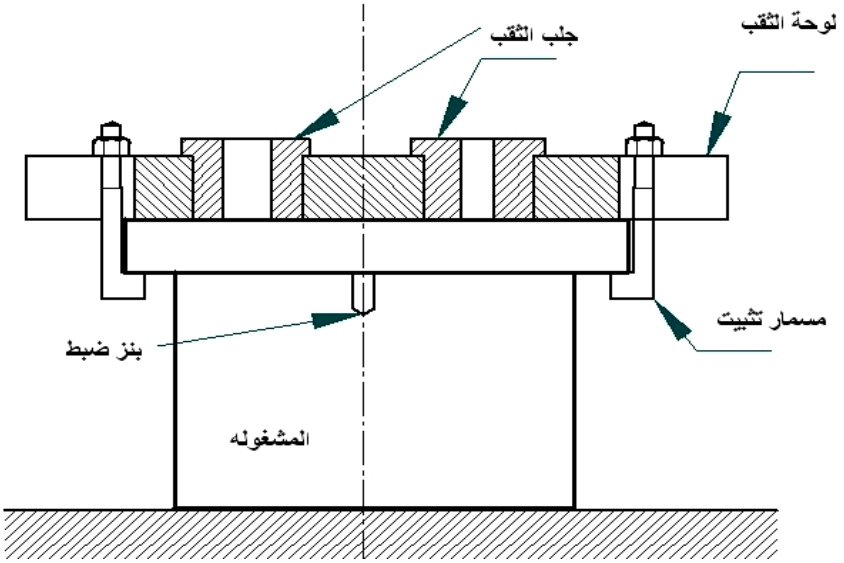
دليل للثقب

ومن هذه التجهيزات شابلونات الثقب (ضبعات الثقب) وصناديق وقوائم الثقب. ويتم تثبت المشغولات على هذه التجهيزات باستخدام اليد الحرة أو المشابك كما يمكن استخدام المسامير المقلوظة أو الأقراص اللامركزية (الاكسنتريكية) كما يمكن استخدام القوى الميكانيكية أو الهيدروليكية أو البنيوماتيكية (باستخدام الهواء المضغوط) للتحكم في حركة أجزاء التثبيت وفى الربط

وفيما يلي الأنواع الرئيسية لتجهيزات التثبيت للثقب:

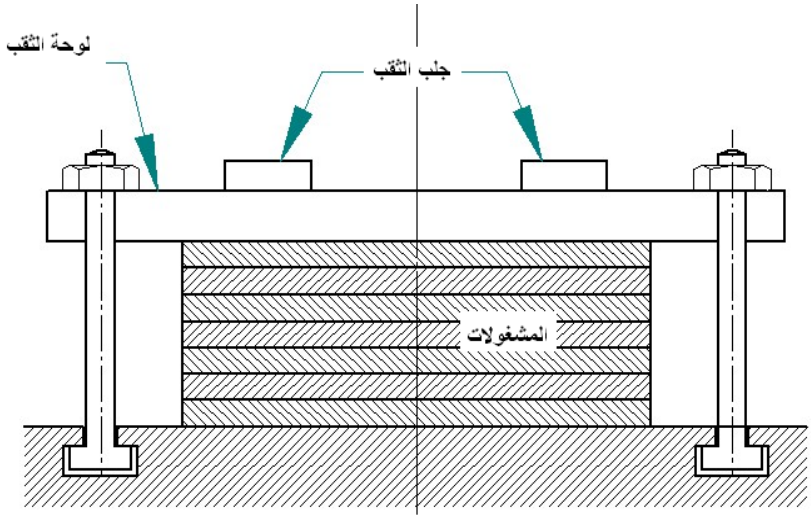
١- لوحات الثقب والكلابات

الشكل التالي يبين لوحة ثقب توضع مباشرة بدون وسيط على المشغولة المطلوب ثقبها ولتحديد الوضع وضبطة تستخدم البنوز والزوايا أو الخوابير المسلوبة..... الخ.



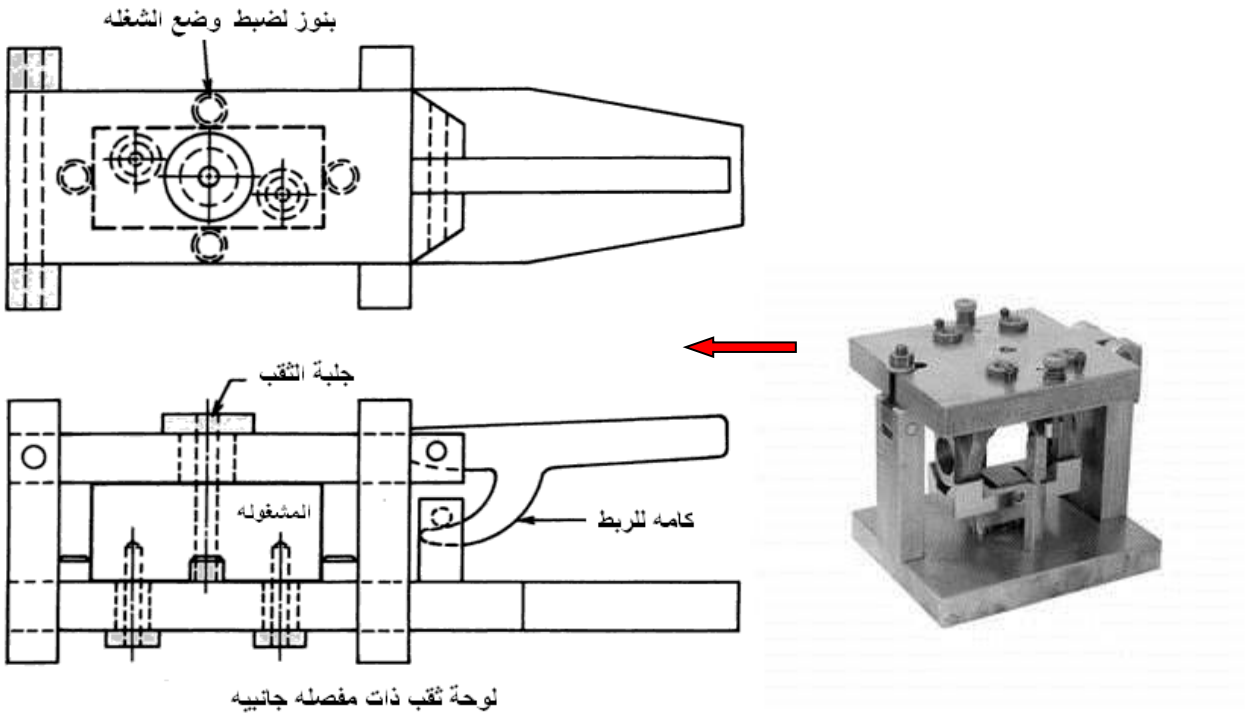
كما يبين الشكل التالي لوحة ثقب تثبت على المشغولة باستخدام مسامير مقلوظة ذات راس حرفT تدخل في مجارى صينية المثقاب أما في حالة المشغولات الصغيرة فغالبا ما تمسك القطعة باليد بدون الحاجة لاستخدام

أدوات للتثبيت وتكون شابلونات الثقب (لوحة الثقب) سهلة الإنتاج والاستخدام كما أن هذه الشابلونات تستخدم عندما لا يكون ضروريا الوصول إلى درجات عالية من الدقة.



لوح الثقب والكلابات

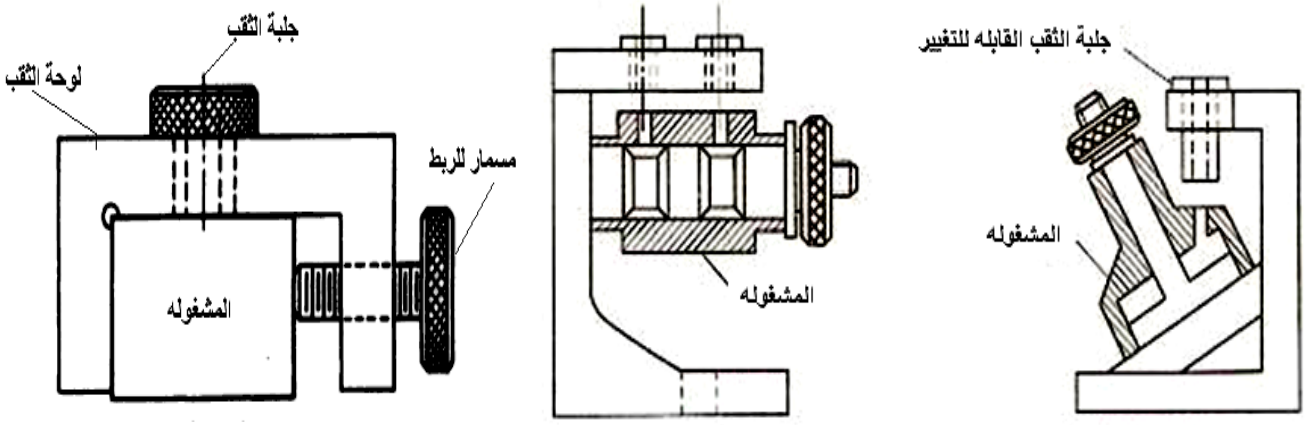
كما يمكن أن تكون لوحات الثقب ذات مفصلة جانبية بحيث يثبت بالجزء الأسفل منها زوايا أو بنوز لضبط وضع المشغولة واهم عيوبها هو أن ضبط المشغولة يكون على مستوى واحد فقط وهنا يخشى من عدم تعامد الثقوب تماما وتجهز لوحات الثقب بكلابات على شكل كامه وهذه الأنوع موحدة ومنظمة في النظم القياسية الدولية



لوحة ثقب ذات مفصله جانبيه

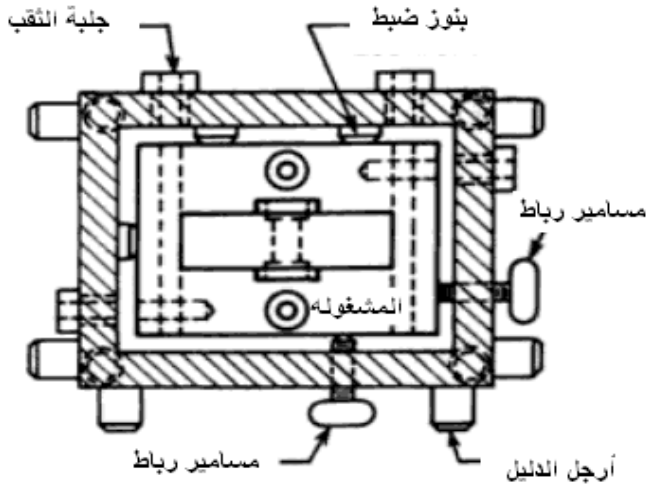
٢- قوائم الثقب:

تصنع قوائم الثقب بتجميع أجزائها بالمسامير المقلوظة أو بالتيل كما يمكن أن تصنع باللحام أو السباكة وتكون قوائم الثقب رخيصة التكاليف نسبيا وبسيطة التصميم ويراعى بقدر المستطاع عدم تصميم عناصر الرباط في لوحة الثقب وإنما تصمم على جوانب القائم أو على قوائم خاصة بها



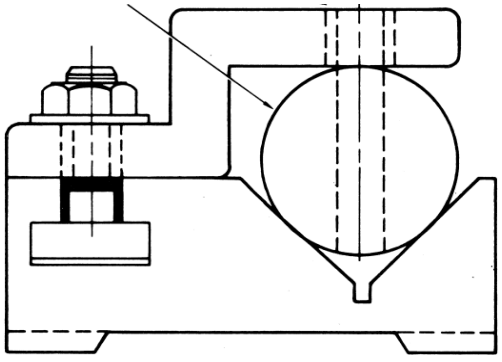
٣- صناديق الثقب:

تتميز صناديق الثقب بإمكانية التشغيل على المثقاب من أكثر من جانب من جوانب المشغولة ويمكن أن تكون لوحة الثقب على هيئة غطاء مفصلي للصندوق, وتضبط وتثبت اللوحة باستخدام رافعة خطافية أو بالمسامير المقلوظة وترتب الأرجل التي يقف عليها الصندوق بالتبادل مع أماكن الثقوب وتستخدم هذه الصناديق للأشغال المعقدة والمطلوب ثقبها من أكثر من جانب وبدقة عالية



دلائل ثقب الأجسام الأسطوانية

وهى تستخدم الكتل حرف الـ V لضبط وضع المشغولات الأسطوانية كما هو موضح بالرسم



جلبة الثقب (جلبة الدليل)

هي عناصر من التجهيزات تقوم بضبط وضع أداة القطع بالنسبة للمشغولة قبل وأثناء التشغيل وهذا يعطى ثباتا (جساءة) اكبر لأداة القطع أثناء عملية التشغيل خشية انحراف أداة القطع عن موضعها

تصنع الجلبة من

- الصلب المقسى
- الصلب المقاوم للصدأ
- الكربيدات
- البرونز (سبيكة من النحاس تقاوم التآكل بالاحتكاك)

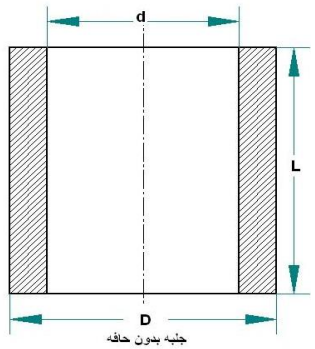
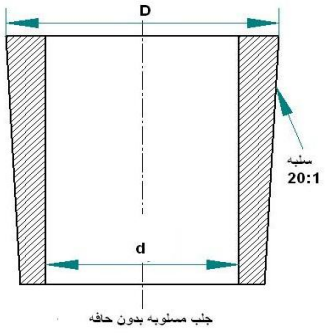
توجد أنواع متعددة من جلب الثقب هي:

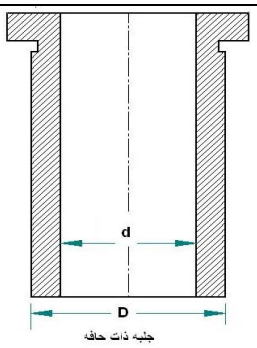
١. الجلب الثابتة
٢. الجلب الخاصة
٣. الجلب الممكن تغييرها

يمكن أن تستخدم جلب الثقب كدليل لثقب عدد كبير من الثقوب يصل إلى ١٥٠٠٠ ثقب وتقدم جلب الثقب مشطبة جاهزة لعامل التجميع ويقوم هو بتثبيتها في لوحات الثقب.

١- جلب الثقب الثابتة:

تركب جلب الثقب الثابتة بالتداخل في لوحات الثقب ولا يمكن تغيرها إذ إنها تتلف عند فكها من اللوحة ويبين الجدول التالي الأنواع المختلفة لجلب الثقب الثابتة:

اسم الجلبة	الرسم	ملاحظات	المعدن	اشتراطات	نوع التركيبة
جلبة ثقب بدون حافة din١٧٩		تستخدم بصفة غالبة فى الحالات العادية وهى ذات طول كاف كدليل للبنطة	للقطر من صفر إلى ٣٠ مم من صلب العدة للأقطار اكبر من ٣٠ مم من صلب عالي الكربون (c٤٥)	السطح الداخلي والخارجي مقسيان ومجلخان	القطر الخارجي ٦ n الثقب F٧ ثقب اللوحة H٧
جابة ثقب مسلوبة بدون حافة din١٨٠		تستخدم فى حالات نادرة نظرا لزيادة تكاليف انتاج الجلبة والثقب الخاص بها			

جلبة ثقب ذات حافة din ١٧٢		تستخدم فقط عندما يكون طول الجلبة في حالة الـ din ١٧٩ غير كافي كدليل للضبط أو عندما يكون جسم التجهيزة مصنوع معدن خفيف			

ويكون طول الجلبة من ١٥ إلى ٣٠ مم ويكون تفاوت القطر الخارجي للجلبة n٦ وثقب لوحة الثقب H٧ ويكون الثقب الداخلي للجلبة F٧ ويمكن ان يكون F٩

ضبط الخلوص بين الجلبة والمشغولة

يجب أن تحفظ مسافة بين القورة السفلية للجلبة وبين سطح المشغولة وترتبط هذه المسافة بنوع المعدن المشغل والجدول التالي يعطى قيما تقريبية لهذه المسافة

٠,٣× قطر الثقب	١× قطر الثقب
صلب سبائك صلب	الزهر البرونز

وعموما تضبط المسافة بين الجلبة والمشغولة بثلاث حالات هى:

١- لا خلوص بين الجلبة والمشغولة

يستخدم في حالة الثقب عالي الدقة فقط والوقت اللازم للثقب في هذه الحالة كبير

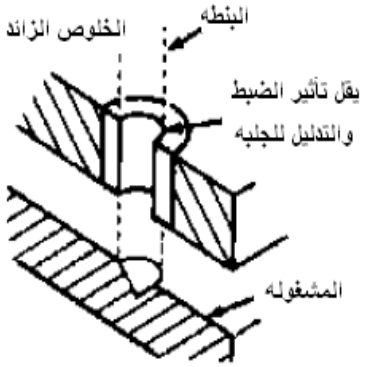
٢- الخلوص العادي

تقدر المسافة بين سطح المشغولة ونهاية الجلبة حسب المواصفات الأمريكية بنصف قطر البنطه إذا كان الرايش مفتت أو تساوى من ١ إلى ١,٥ قطر البنطه في حالة الرايش الشريطي

٣- الخلوص الزائد

إذا زاد الخلوص عن الخلوص العادي أُثر ذلك على دقة الثقب وقلل من فائدة الجلبة في تدليل وضبط البنطه مما يسمح للبنطه بالاهتزاز والانحراف عن مكان الثقب

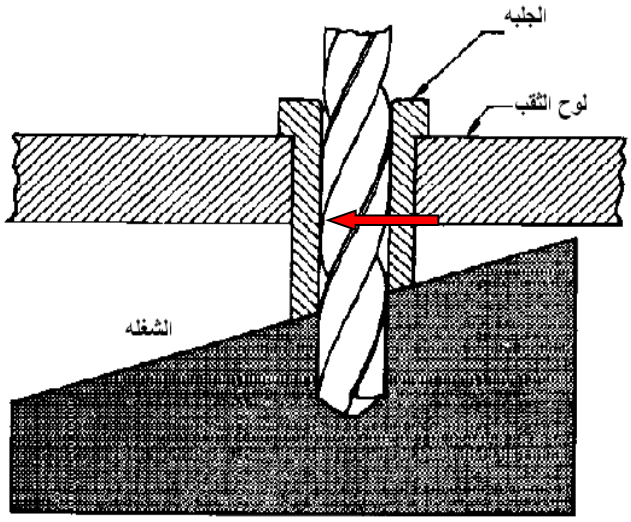
0.5 قطر البنطه للرايش المفتت
من١ الى ١,٥ قطر البنطه للرايش الشريطى



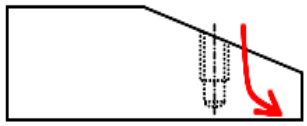
ويلاحظ عند شحط الجلبة في لوحة الثقب أن القطر الداخلي يتغير نتيجة للضغط كما أنه لا يكون كامل الاستدارة لذلك يجب إعادة تشطيبه بالتجليخ بعد تركيب الجلبة. وفى الحياة العملية تترك زيادة في المعدن لعملية التشطيب وهذه الزيادة تكون بين ٠,٠١ إلى ٠,٠٦ مم
ويمكن اخذ القيم الصحيحة من الجدول التالي:

قطر الثقب (مم)	الزيادة فى المعدن (مم)
١,٠٠ إلى ٣,٠٠	٠,٠١ إلى ٠,٠٢
٣,٠١ إلى ١٠,٠٠	٠,٠١٥ إلى ٠,٠٢٥
١٠,٠١ إلى ١٨,٠٠	٠,٠٢ إلى ٠,٠٤
١٨,٠١ إلى ٣٠,٠٠	٠,٠٣ إلى ٠,٠٥
٣٠,٠١ إلى ٦٢,٠٠	٠,٠٤ إلى ٠,٠٦

بعض الاعتبارات الفنية عند تصميم الجلب

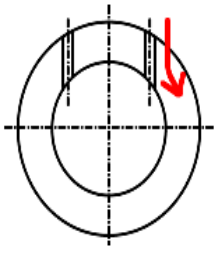


جلبه مشطوفه بنفس ميل سطح الشغله لمنع انزلاق البنطه وانحرافها عند الثقب

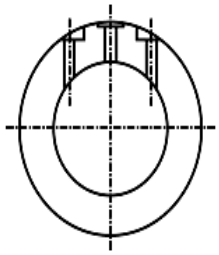


a) سطح مائل يتسبب في ميل القلاووظ حتى وأن كان الثقب عدل

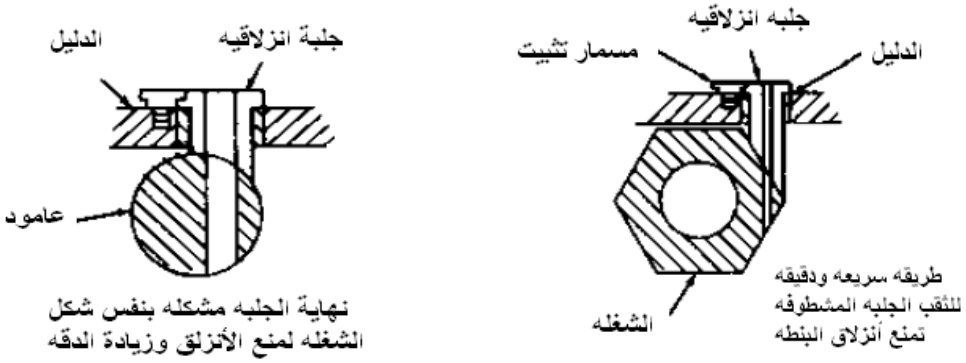
b) يفضل أستعدال جزء من السطح المائل قبل الثقب والقلوظه



c) من المؤكد أن الثقب سوف يميل أو ستتكسر البنطه



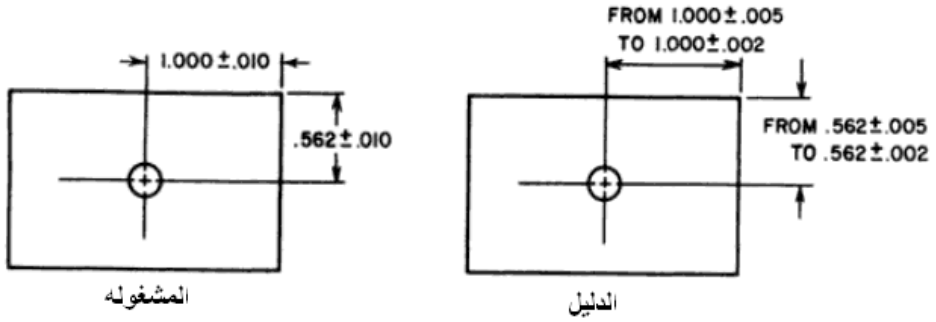
d) استعدال السطح قبل الثقب لمنع ميل الثقب الناتج



علاقات التفاوت

يوجد خلوص بين الثقب الداخلي وبين المثقاب. وعلى سبيل المثال للثقب ذو قطر ٢٠ مم يكون هذه الخلوص من ٢٠ إلى ٩٣ ميكرون وهذا الخلوص يعادل التمدد الممكن أن يحدث لارتفاع درجة الحرارة أثناء التشغيل او الانحراف الناتج من اهتزاز البنطة

والرسم يوضح العلاقة بين تفاوت الدليل وتفاوت الثقب وفيه يظهر أن تفاوت الدليل يبلغ نصف تفاوت الثقب تقريبا



علاقات التفاوت

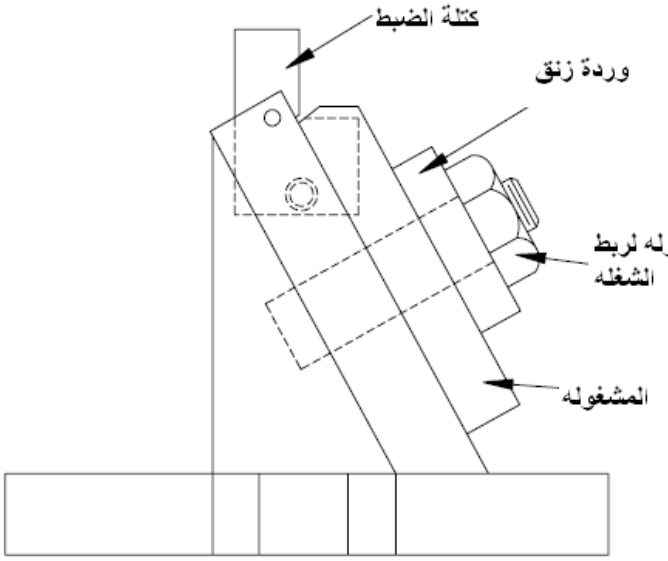
٤-٣: المثبتات Fixtures

المثبت هو وسيله آمنه وسريعة لتثبيت المشغولات على فرش الماكينة تحقق الشروط الآتية:

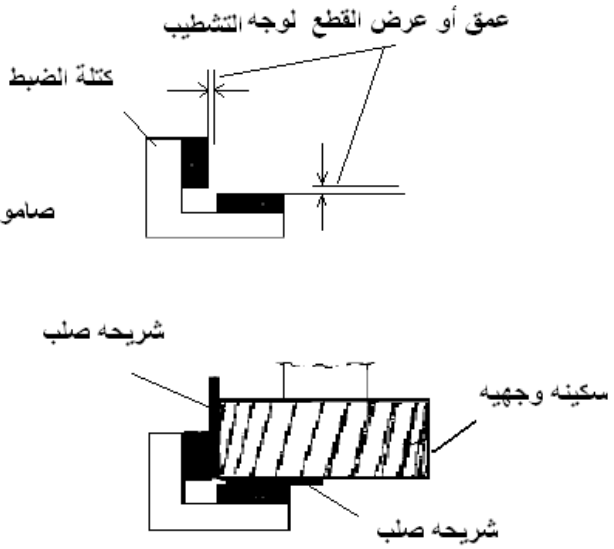
١. تحديد وضع المشغولة بدقه بالنسبة للعدة القاطعة
٢. دعم المشغولة أثناء عملية التشغيل بمعنى وجود نقط ارتكاز في أماكن محدده تقابل قوى القطع المتوقع تأثيرها على المشغولة أثناء القطع لمنعها من التحرك أو الاهتزاز
٣. تثبيت ومسك المشغولة ومنعها من الانفلات أثناء القطع
٤. بالاضافه إلى الوظائف السابقة فأن المرشد يقوم بضبط موضع العدة القاطعة في المكان الصحيح لعملية التشغيل لتنتج المشغولة بالمقاسات المطلوبة بسرعة وسهوله

تستخدم المثبتات على نطاق واسع في مختلف عمليات التشغيل باعتبار أنها وسيله سهله وأكيده لتحقيق الدقة المطلوبة حيث تستخدم على كثير من ماكينات التشغيل مثل مرشدات الخرط ومرشدات التفريز ومثبتات التجليخ وتعتبر مثبتات التفريز هي الأكثر استخداما باعتبارها أكثر تعقيدا

والرسم التالي يوضح مرشد تفريز وفيه سكينة وجهيه تضبط بواسطة كتلة الضبط حيث توضع شريحة من الفلير (شرائح قياسية من الصلب المقسى معلومة السمك) يمثل سمكها مقدار الجزء المتروك للتشطيب, وتعتبر كتلة الضبط جزء أساسي من المرشد بحيث إذا ضبط وضع السكينه بواسطة كتلة الضبط في المستويين الرأسي والأفقي فأنها تقوم بالقطع مباشرة لتنتج المشغولة بالمقاسات والأبعاد المطلوبة

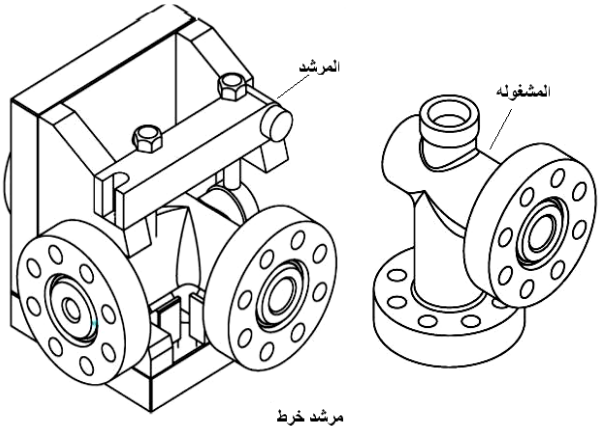


موضع كتلة الضبط فى المرشد



يمثل سمك الشريحة مقدار السمك المتروك لوجه التشطيب

كما يوضح الشكل التالي مثبت خراطه يستخدم لخرط وجه الكوع المبين بالشكل ونلاحظ انه يحقق التثبيت الآمن للكوع كما يحتوى على دعائم ومساند لسند الكوع ومنعه من الاهتزاز أو التحرك أثناء الخرط كما يحقق المرشد توجيه قلم الخراطة ليقطع وجه الكوع بالتعامد مع الوجه الآخر أي أن المثبت حقق الغرض منه وهو التثبيت والدعم والتوجيه.



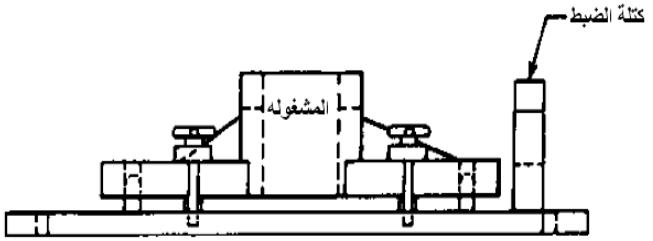
مرشد خرط

أنواع المثبتات

١. المثبتات المسطحه
٢. مثبتات الأسطح المائلة
٣. المثبتات ذات الفكوك
٤. مثبتات التقسيم
٥. المثبتات متعددة المشغولات أو متعددة المحطات

١- المثبتات المسطحه

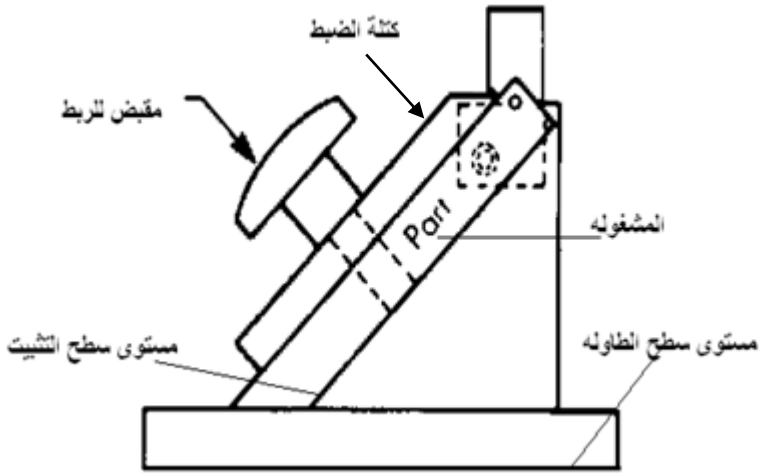
هي عبارة عن لوح من الصلب مزود بمشابك (كلمبات) لمسك المشغولة ووسيلة لضبط موضع المشغولة (يمكن أن يكون بنز كما في المثال التالي) ونلاحظ أن مستوى سطح اللوح وهو سطح التثبيت موازى لسطح طاولة الماكينة



مثبت مسطح

٢- مثبتات الأسطح المائلة

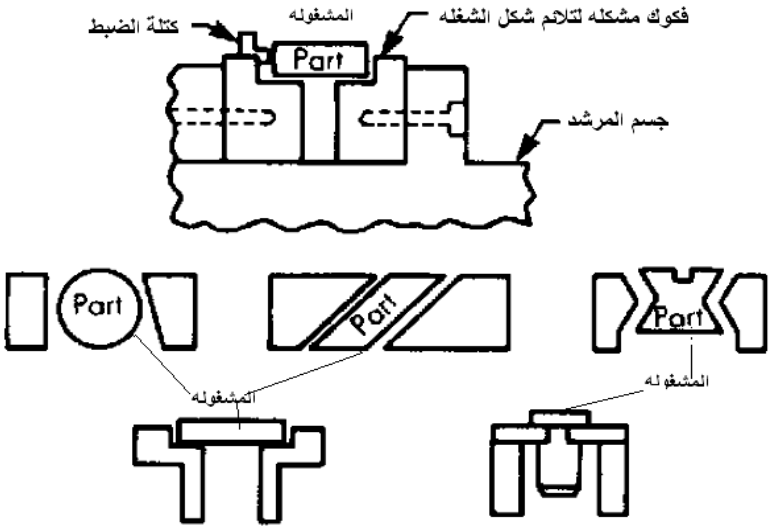
وهو يماثل المثبتات المسطحه إلا أن سطح التثبيت مائل على سطح طاولة الماكينة.



مثبتات الأسطح المائلة

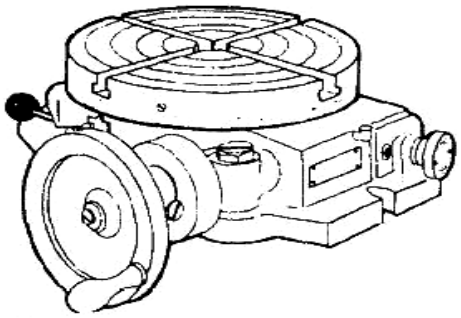
٣- المثبتات ذات الفكوك

وهى تشبه المنجلة إلا أن الفكوك تأخذ أشكالا تلائم شكل المشغولة



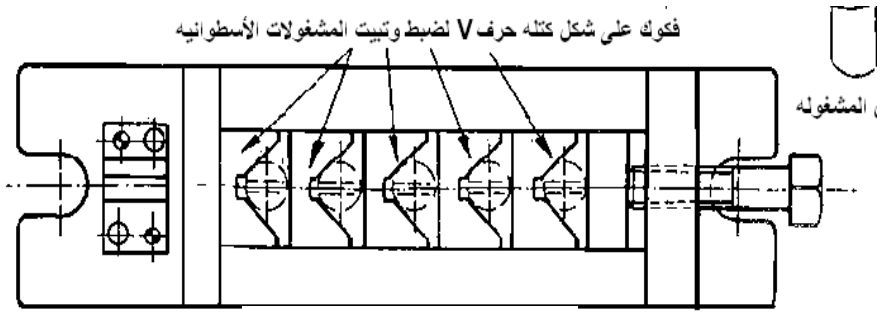
٤- مثبتات التقسيم

وفيها يزود المثبت بوسيلة تجعل المشغولة تدور حول محورها بزوايا محدده



٥- المثبت متعدد المشغولات أو متعدد المحطات

يصمم المثبت متعدد المشغولات بوسيلة تمكنه من ضبط وتثبيت مجموعه متماثلة من القطع بحيث يجرى تشغيله دفعه واحده ويستخدم هذا النوع للإنتاج الغزير ويتميز بتشابه المنتجات المنتجة عليه



مثبت متعدد الأغراض

كما يصمم المرشد متعدد المحطات بحيث يحتوى على أكثر من محطة تركب فيها القطع التي يتم تشغيلها تباعا كلا على حده بحيث يستغل الوقت أثناء تشغيل احد القطع في اختبار وقياس قطعه أخرى أو استبدال المشغولة التي تم تشغيلها بأخرى جديدة أو قد يستخدم هذا النوع من المثبتات لتوفير وقت ضبط الماكينة حيث يتم وضع القطع وتثبيتها مره واحده في كل المحطات ثم تضبط الماكينة وتجهز ثم تشغل القطع تباعا بنفس الضبط للماكينة بهدف الاقتصاد في الوقت .

(ملحق إسترشادى فقط يتم شرحها وترجمتها بمعرفة المدرس)

الأشكال التالية توضح تصميمات لبعض الأنواع الهامة والشائعة للمرشدات والمثبتات بالمصطلحات الفنية ويجب حفظها كما هى حيث انها تكون مكتوبة كذلك فى الكتالوجات الفنية.

١-Gigs:

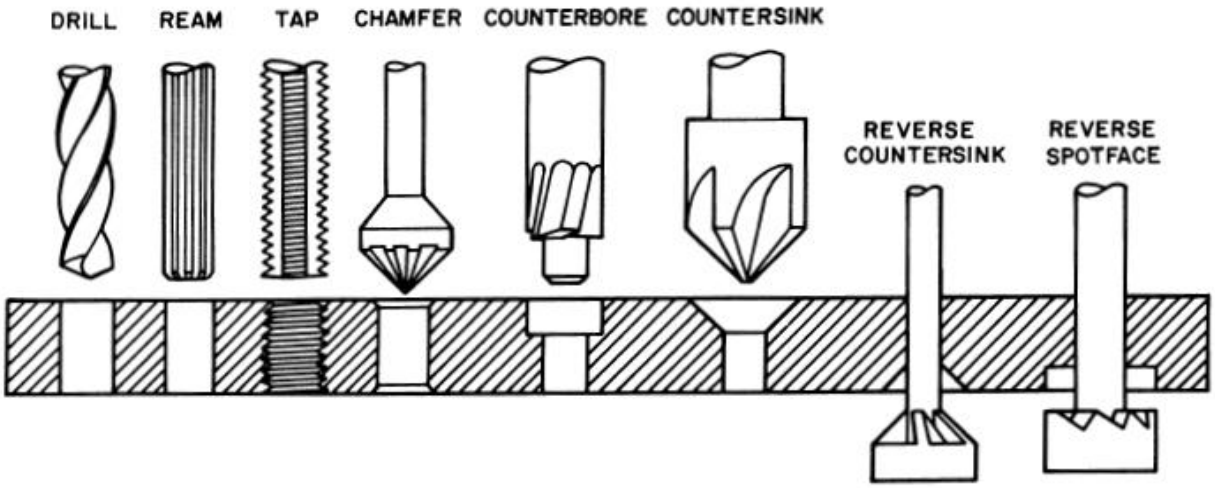


Figure 2–3 Operations common to a drill jig.

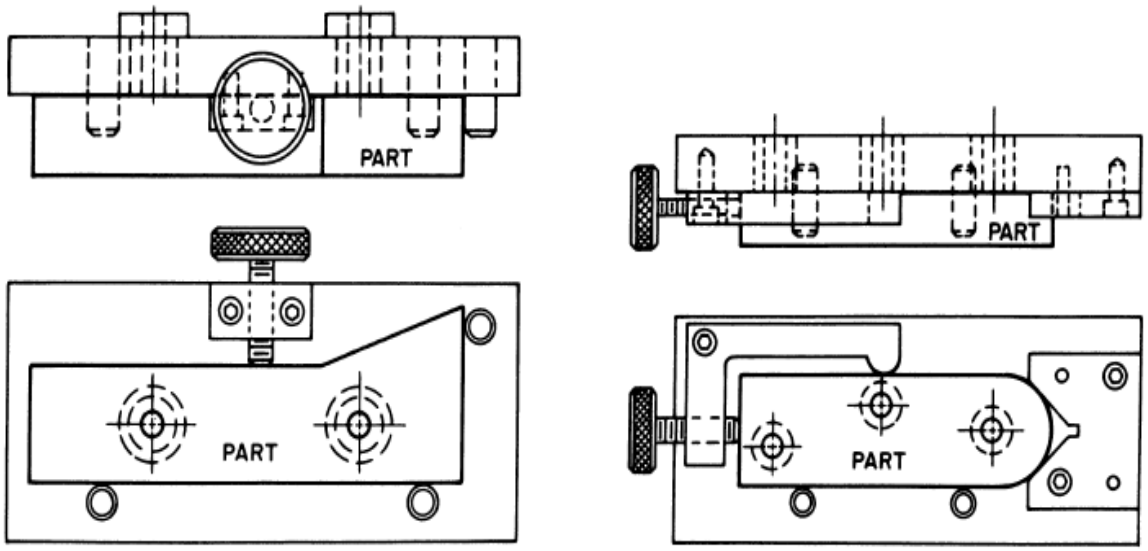


Figure 2–5 Plate jig.

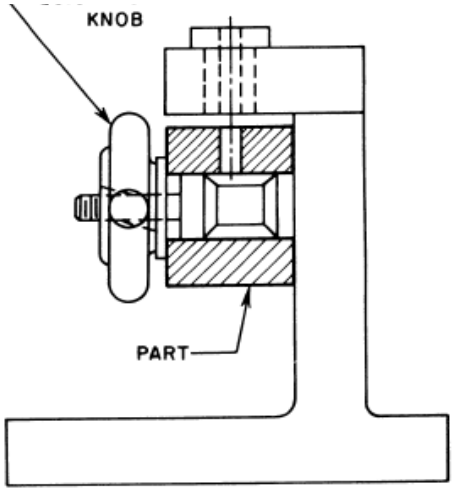


Figure 2–8 Angle-plate jig.

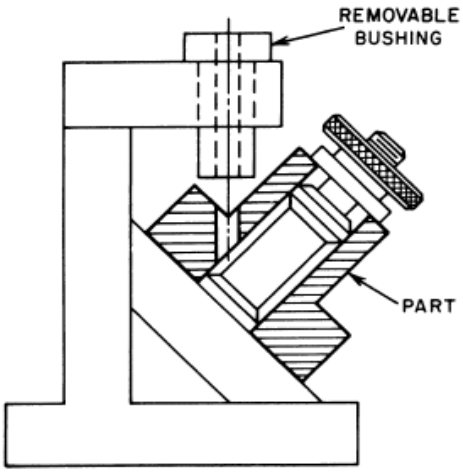
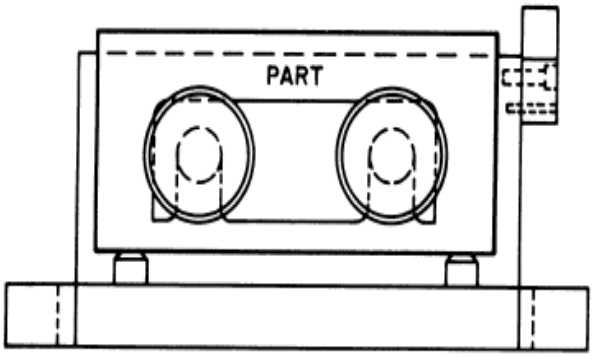


Figure 2–9 Modified angle-plate jig.

٢-Fixtur



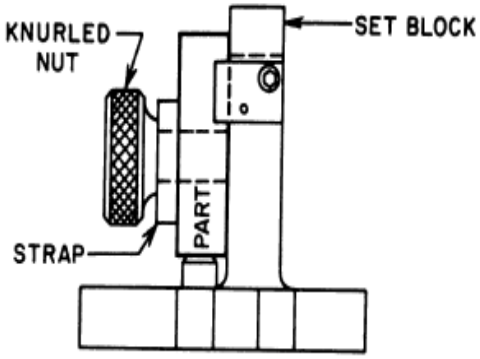


Figure 2–18 Angle-plate fixture.

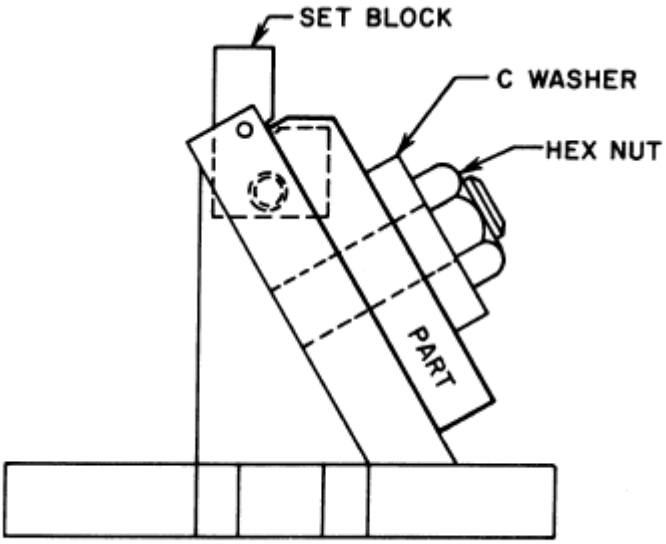


Figure 2–19 Modified angle-plate fixture.

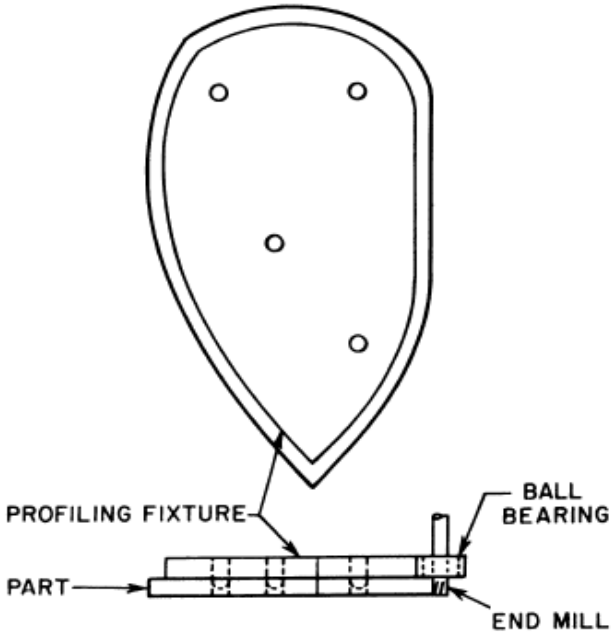


Figure 2–24 Profiling fixture.

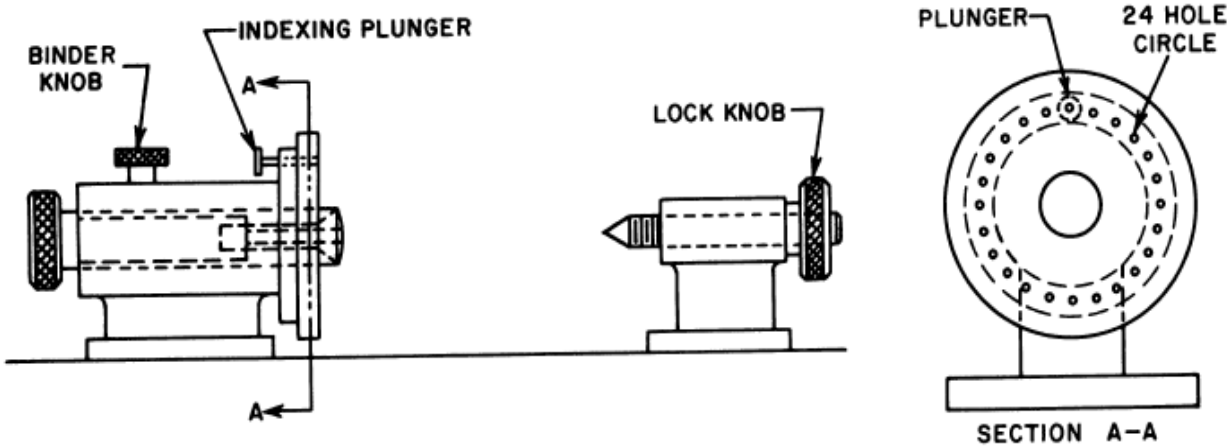


Figure 2–21 Indexing fixture.

قائمة المراجع والدوريات (Referances List)

١- تكنولوجيا تشغيل المعادن هكلر أند كوخ.

٢- خراطة المعادن أ.د / أحمد ذكى حلمى.

٣- تكنولوجيا الورش أ.د / أحمد سالم الصباغ.

٤- الحزم التدريبية لخراطة المعادن مشروع المعايير المهنية المصرية

٥- أساسيات التشغيل الميكانيكى بالتعليم الفنى والتدريب المهنى المصرى

٦- الموسوعة العربية.

٧- شبكة المعلومات الدولية (الوب سايت

A. O.P. KHANNA & M.LAL "A Text Book of PRODUCTION TECHNOLOGY", DHANPAT RAI PUBLICATIONS.

B. R. K. Jain “Production Technology", Khanna Publishers.

C. Hassan Abdel-Gawad El-Hofy “Fundamentals of Machining Processes", CRC Press.

D. V. Arshinov & G. Alekseev”Metal Cutting Theory and Cutting Tool Design" MIR Publishers Moscow

E. B.S. Raghuwanshi”A course in Workshop Technology, Machine tools" DHANPAT RAI & Co.

تم بحمد الله وتوفيقه ، ونسأله تعالى أن يجعله علمٌ يُنتَفع به