ورشة اللحام Welding

اللحام بالإنجليزية Welding وهو افضل الطرق الاقتصادية لإيصال المواد والمعادن في بعضها بشكل دائم. و هو الطريقة الوحيدة المستقرة لاندماج أكثر من قطعة من المعدن لجعلها بمثابة قطعة واحدة. وهناك اربع عوامل اساسية تتحد جميعا لإنتاج اللحام حسب الاتي:

1. توافر المعادن – او المواد الاخرى
2. توافر الحرارة العالية اللازمة لعملية الانصهار
3. توافر مواد الحشو مثل الالكترودات (سلك اللحام).
4. توافر المواد المساعدة مثل الغاز او مادة الفلكس او غاز الحماية والتدريع.

هناك العديد من اساليب عمليات اللحام وانواعها فبعض العمليات تسبب الشرر وبعضها لا يتطلب الحرارة الزائدة. وعمليات اللحام يمكن القيام بها في أي مكان، في الهواء الطلق أو في الداخل او تحت الماء او حتى في الفضاء الخارجي لبناء المحطات الفضائية او صيانه مركبات الفضاء.

فكل شيء نستخدمه في حياتنا اليومية تقريبا هو عبارة عن اجزاء ملحومة ببعضها البعض وان عمليات اللحام المختلفة تساعد على بناء المنتجات المعدنية كالمركبات الفضائية او الابراج و منصات التنقيب عن النفط و مصانع تكرير النفط والغاز وفي صناعة السيارات والسفن والملايين من المنتجات الأخرى المعروفة والغير معروفة.

ماذا يحتاج الفني ليتعلم مهنة اللحام

- امكانية التنسيق الممتاز بين العين وحركة الايدي.
- كيفية التعامل بشكل جيد مع الادوات والمعدات.
- امكانية معرفة نظريات تطبيق عمليات اللحام واعمال القطع الحراري المختلفة
- لديه امكانية العمل الجماعي مع الاخرين او العمل الفردي.
- ان يكون دائما مستعدا للعمل وان يعمل طبقا لقواعد الامن والسلامة.

اجهزة الكمبيوتر في اعمال اللحام

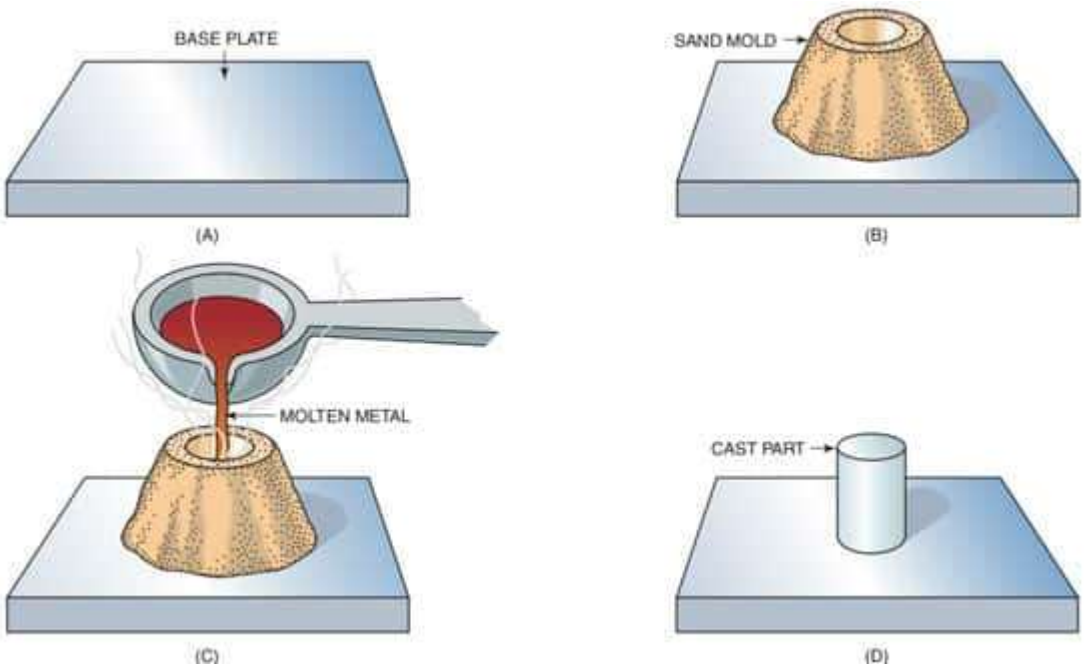
تستخدم اجهزة الكمبيوتر في اللحام لتوفير بعض البرامج الاساسية كمراجع لمواد الحشو او المساعدة في اختيار رموز اللحام، وهناك البرامج الاكثر تعقيدا التي يستخدمها مهندسين اللحام في تصميم الهياكل وبرامج اجراء اختبار القوة قبل البناء. كما تساعد البرمجيات في اختيار التصميم واستخدام المواد المناسبة مما يؤدي الى افضل بناء متوقع مع اقل تكاليف.

نبذة تاريخية عن اللحام

مع تحسن المعيشة والبيئة ومع تطور الحضارات الانسانية تحسنت المواد والادوات والآلات وتطورت اساليب اندماج المواد عبر العصور الماضية؛ فعندما بدأ الربط بين اجزاء ادوات العمل ربط احدهم

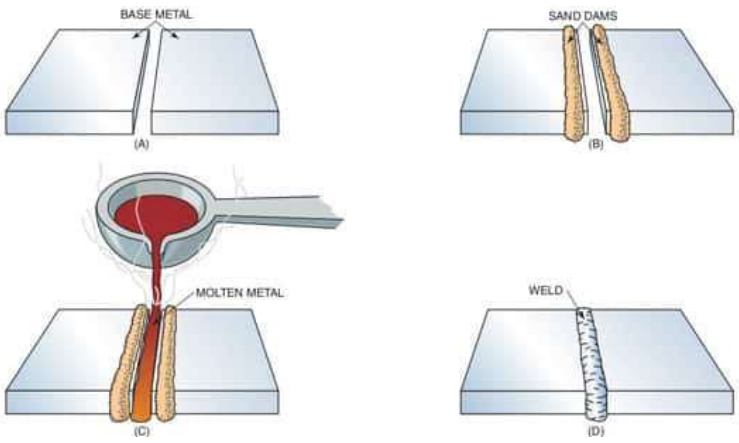
العصا بالحجر لصنع الرمح او الفأس، واستخدم المصريين القدماء الادوات الحجرية لإنشاء المعابد والاهرامات التي تم تثبيتها مع مواد لاصقة من الطين او الجبس ولاتزال هذه الجدران قائمة حتى الان.

في تلك الفترة الزمنية لطالما حيرت مشكلة اندماج المعادن الكثير من العمال ومع ذلك مر وقتا طويلا قبل اكتشاف القدماء طريقة انضمام المعادن، حيث بدأ العمال والفنيين في حل مشاكل الاندماج في العصور البرونزية والحديدية.



صب السبائك المعدنية

شملت اساليب صب السبائك المعدنية وطرق الانضمام المبكرة عمليات تشكيل قالب من الرمل فوق قطعة من المعدن ومن ثم القاء المعدن المصهور فوقها بحيث يتم اندماج الجزئين كما هو موضح بالشكل اعلاه. ثم تطورت الاساليب في العصور الاولى الى وضع قطعتين من المعدن قريبة من بعضهم البعض وصب المعدن المصهور بينهم الذي يعمل على اذابة المعادن الاساسية وبعد ذلك يتم سد مكان تدفق المعادن كما هو موضح بالشكل الاتي



صب المعدن المصهور

بعد مرور العديد من السنوات قدمت الثورة الصناعية من عام ١٧٥٠ الى عام ١٨٥٠ طريقة جديدة لربط قطع من الحديد تعرف باسم لحام المطرقة (forge welding) وهي عبارة عن تسخين الحديد لدرجة حرارة تسييح البلاستيك بعد ذلك يتم وضع اطراف الحديد فوق بعضها ويتم الطرق على الاطراف حتى يتم الاندماج. ظل استخدام لحام المطرقة forge welding كطريقة اللحام الاساسية حتى تم تطويرها عام ١٨٨٦ الى تقنية لحام المقاومة (resistance welding) التي كانت اسرع للاندماج واكثر موثوقية بالمقارنة مع لحام المطرقة.

ومع تطور التقنيات تم تطوير اساليب الاندماج في الولايات المتحدة واوربا عن طريق اللحام المنصهر fusion welding, وكان يحاط بالسرية التامة لأنه يعتبر جانب من جوانب الامن العسكري في اصلاح السفن في اثناء الحرب العالمية الاولى وبعد الحرب تم تطوير العديد من الطرق في صناعة اللحام حتى اصبحت اكثر الطرق فاعلية و موثوقية واقتصادية في انضمام المعادن.

تعريف اللحام

يتم تعريفه من الجمعية الامريكية للحام AWS على انه تلاصق المواد بطريقة الاندماج المنصهر عندما يتم ذوبان المواد الاساسية لتشكيل حبات اللحام ويتم ذلك عن طريق تسخين المواد للوصول الى درجات اللحام المطلوبة او بتطبيق الضغط الحراري او باستخدام مواد الحشو، ببساطة يعرف اللحام بانه لقاء حافتين بتطبيق الحرارة العالية باستخدم مواد الحشو او الضغط بمفرده لتشكيل قطعه واحدة:

- عندما يتوافر ما يكفي من الطاقة لارتفاع درجة حرارة الجسم الى درجه عالية جدا لتتسبب في ذوبانه
- عندما يتم استخدام ما يكفي من الضغط لإجبار القطع على الاندماج معا لتكوين سطح واحد
- من المهم معرفة ان مليء الفراغ بين مفصلين بمادة معينة يعتبر لحام بارد
- ان اللحام يمكن تطبيقه على المواد غير المعدنية مثل البلاستيك والسراميك والزجاج

استخدامات اللحام

تستخدم تقنيات اللحام الحديثة في بناء العديد من المنتجات على سبيل المثال محطات الفضاء، السفن التجارية ، اوعية الضغط ، الجسور، اماكن الترفيه.

Welded sculpture, Seattle, Washington.

Roller coaster at Silver Dollar City, Branson, Missouri.

Roller coaster at Silver Dollar City, Branson, Missouri.

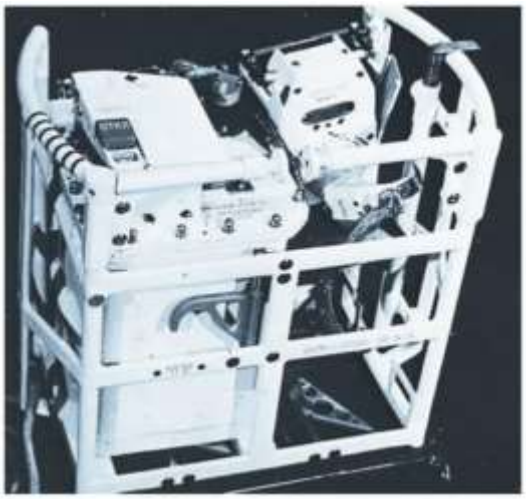
Spiral staircase in Missouri City, Texas.

Voyager of the Sea, Haiti.

Voyager of the Sea dining room.

العديد من المنتجات في استخدامات اللحام

عموما يستخدم اللحام لتصنيع معدات جديدة تستخدم في الصناعات وقد لعب اللحام دورا كبيرا في صناعة مكائن تصنيع الطائرات التي مكنت المصممين من تصميم الطائرات التجارية والعسكرية، ولم يكن اكتشاف الفضاء ممكنا الا من خلال تقنيات اللحام الحديثة التي يتم استخدامها منذ بداية الصواريخ ومكوكات الفضاء وفي الوقت الحالي يقوم اللحامون ببناء هياكل محطات الفضاء الدولية في الفراغ الفضائي المفتوح باستخدام معدات واليات مخصصة لأعمال اللحام الفضائية كما هو موضح بالصور ادناه رائد فضاء يقوم باعمال اللحام.



اعمال اللحام الفضائية

اعمال اللحام في الفضاء

ولا يتوقف الامر عند هذا الحد فيتم استخدام اللحام في صناعة السيارات والمعدات الزراعية والاجهزة المنزلية ومكونات اجهزة الكومبيوتر ومعدات التعدين والتنقيب والسكك الحديدية والافران والتكييف والمكونات النووية ومئات من المنتجات الاخرى ونحن ارتبطنا بها في حياتنا اليومية في الاتصالات و تركيبات العناية بالاسنان.

عمليات اللحام والقطع

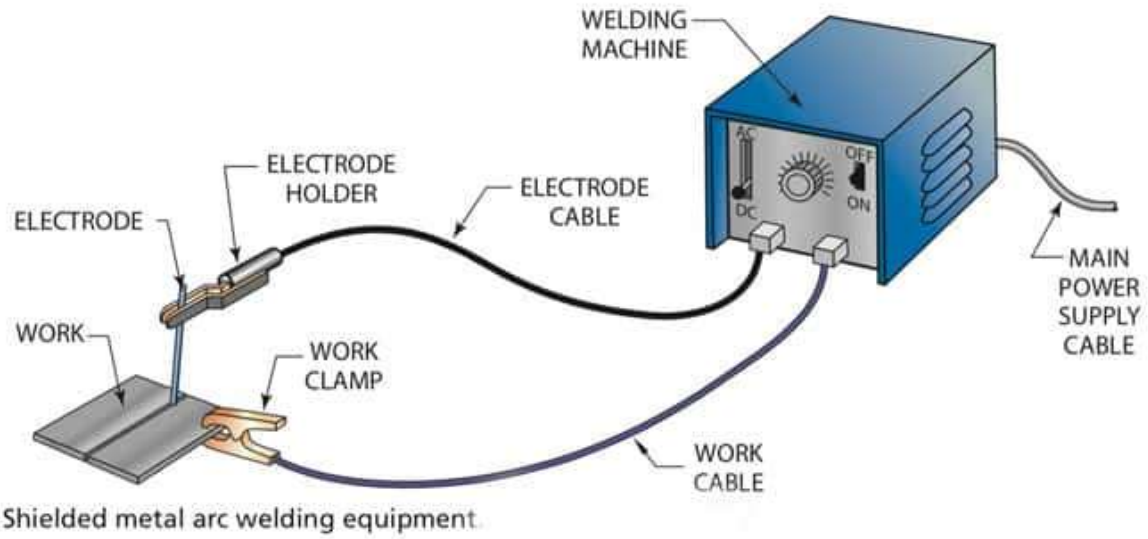
تختلف عمليات اللحام بشكل كبير في الطريقة التي يتم بها تطبيق الحرارة والضغط معا او منفصلين او نوع المعدات المستخدمة. العمليات المشهورة هي:

- لحام الاكسجينOAW
- لحام القوس المعدني المحميSMAW
- لحام القوس الكهربائي بالتنغسنGTAW
- لحام القوس الكهربائي بالغازGMAW
- لحام القوس المصهورFCAW
- لحام الشعلة اوكسيTB
- القطع بقوس البلازماPAC
- القطع بالاوكسي اسيتيلينOAC

Shielded metal arc welding – SMAW لحام القوس المعدني المحمي

تعرف ايضا باسم manual metal arc welding ويشار اليها باختصار MMA او MMAW وبالعادة يطلق عليها stick welding وهي الطريقة اليدوية باستخدام الالكترودات المحمية بمادة الفلكس

بطول ١٤بوصة او ٣٥ سنتيمتر وتتمثل الفكرة في توصيل التيار بين الالكترود والقطاع المعدني لانشاء القوس الكهربائي وعندما يذيب القوس نهاية القطب يصبح جزء من معدن الحشو، ثم يعمل القوس على تبخير مادة الفلكس الصلبه على شكل سحابة غازية لحماية معدن اللحام المنصهر والموضوع يعتمد على نوع القطب المستخدم.



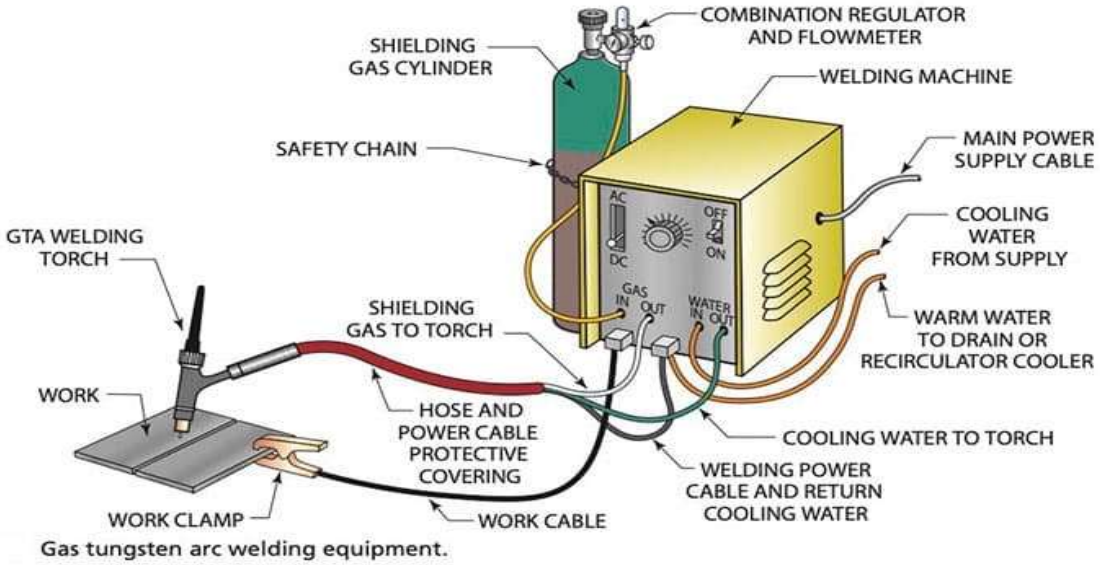
Shielded metal arc welding equipment

stick welding اللحام اليدوي

Gas tungsten arc welding – GTAW لحام القوس الكهربائي بالتنغستن

يعرف لحام القوس الكهربائي GTAW باسم لحام الارجون او باستخدام الغاز الخامل

tungsten inert gas welding TIG وهي طريقة يدوية فعندما تتولد الحرارة يتم انشاء القوس بين قطب التنغستن وقطعة العمل ويعمل القوس على اذابة المعادن الاساسية ونهاية معدن الحشو (التنغستن) ويتم غمسه يدويا في حوض وصلة اللحام المنصهر.



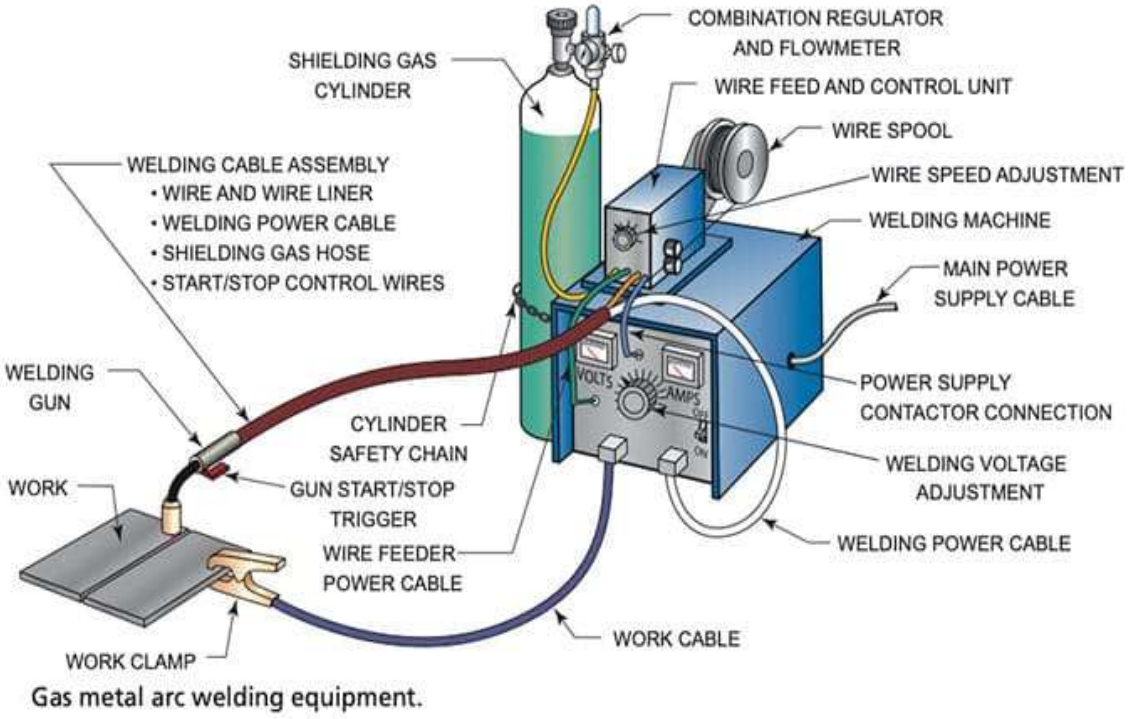
Gas tungsten arc welding equipment.

يعتبر لحام GTAW – TIG انظف من جميع عمليات اللحام اليدوية، ونظرا لأنه لا يستخدم مادة الفلكس التي تعمل على تنظيف وحماية وجه اللحام فيجب تنظيف الجزء المنتهي ومعدن الحشو على سطح المنطقة الملحومة من الاكاسيد والزيوت والاوساخ وما الى ذلك حتى لا تتسبب في تلوث اللحام.

Gas metal arc welding – GMAW

لحام القوس الكهربائي المعدني بالغاز GMAW معروف في كود الايزو والبريطاني باسم اللحام المعدني بالغاز الخامل metal inert gas welding – MIG او اللحام المعدني بالغاز النشط Metal active gas welding – MAG

يتم انتاج GMAW عندما يتم انشاء القوس حيث يتم اذابة سلك اللحام المندفع باستمرار وبنفس تعمل الحرارة على ذوبان المعادن الاساسية ثم ينتقل معدن الحشو المنصهر الى حوض الوصلة ويصبح جزء من اللحام، ثم يتدفق غاز الوقاية من فوهة المسدس للعمل على حماية اللحام المصهور من عوامل التلوث الجوية.



Gas metal arc welding equipment.

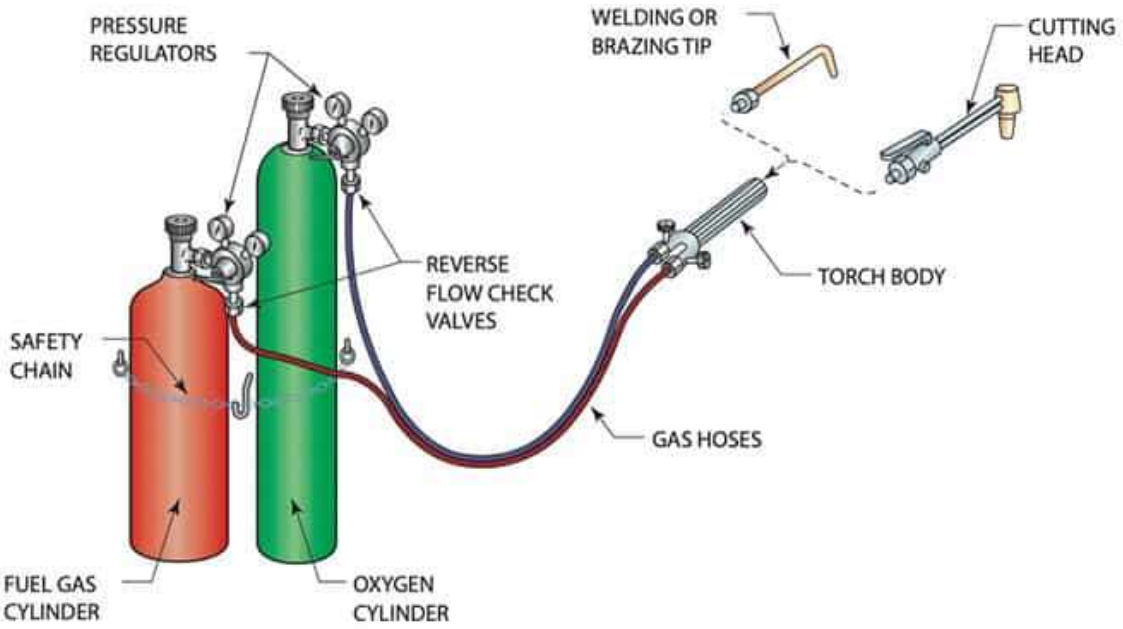
لحام القوس المعدني بالغاز GMAW

لحام القوس الكهربائي المعدني GMAW هو اسرع عمليات اللحام وافضلها اقتصاديا ومن الممكن انتاج لحامات طويلة جدا بسرعة وفي وقت قياسي وهو لايتطلب تنظيف فيما بعد اجراء اللحام ويمكنك استخدامه على السبائك المعدنية الخفيفة والسميكة عن طريق اجراء بعض التغييرات البسيطة في اعداد اللحام.

Oxyacetylene Welding, Brazing اللحام بواسطة الاوكسي اسيتيلين

اللحام بواسطة الاوكسي اسيتيلين Oxyacetylene Welding يشار اليه باختصار OAW واللحام بواسطة النحاس الاصفر باستخدام المسدس torch brazing ويشار اليهTB

العمليات السابق ذكرها تستخدم نفس المعدات كما هو موضح بالشكل ادناه ففي لحام TB يتم استخدام مسدس الشعلة بدرجة حرارة عالية عن طريق حرق الاكسجين واستخدام غاز الوقود عادة هو الاسيتيلين، ومع ذلك من الممكن استخدام تركيبات اخرى من غاز الوقود مع الاكسجين.



لحام أوكسي أسيتيلين

في عمليات اللحام يتم اذابة المعدن الاساسي واضافة معدن الحشو يدويا لتعزيز اللحام وغير مطلوب اضافة مادة الفلكس، وفي عمليات TB يتم تسخين المعدن الاساسي لدرجه حرارة كافية تحت درجة الانصهار بحيث يمكن اذابة الالكترود النحاسي او السبيكة النحاسية وربطها بالمعادن الاساسية الساخنة وهي طريقة مستخدمة في لحام المعادن الرقيقة.

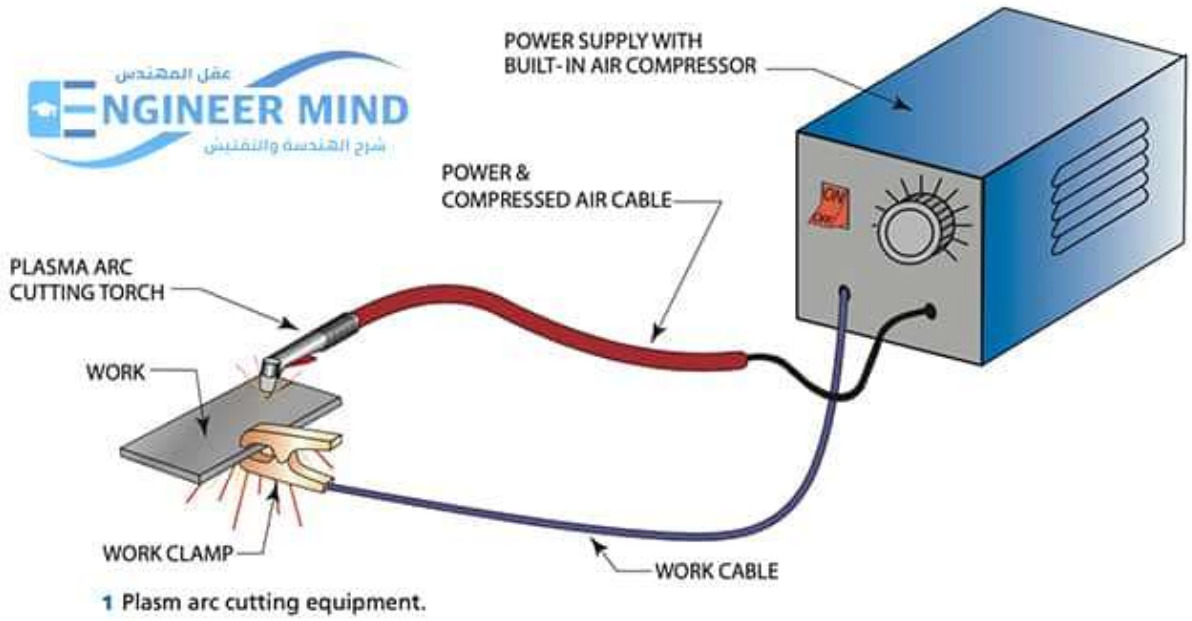
عمليات القطع الحرارية Thermal Cutting Processes

هناك عدد من عمليات القطع الحرارية مثل قطع الاكسجين oxyfuel cutting ويشار اليه OFC ، والقطع بقوس البلازما plasma arc cutting ويشار اليه PAC وهما العمليات الاكثر شيوعا في معظم مجالات اللحام بالرغم من ذلك هناك عمليات القطع بقوس الهواء الكربوني Air carbon arc واستخدام شعاع الليزر laser beam cutting.

القطع بواسطة الأكسجين OFC يستخدم نفس المعدات الموضحة بالشكل اعلاه مع تغيير نوع مسدس الشعلة والذي يعمل على تسخين سطح قطعة من الصلب بحيث يعمل على توجيه تيار قوي من الأوكسجين الى نقطه معينه مما يؤدي الى حرق قطعه الصلب الساخنة محدثا فجوة او قطع. وتتسبب الفجوة في حدوث اكسدة سريعة جدا للمعادن الفولاذية عند درجات الحرارة المرتفعة ومع استمرار الحركة في الاتجاه يتم قطع المعادن كما يمكن استخدام هذه التقنية على انواع محددة من السبائك المعدنية من الفولاذ الصلب.

القطع بقوس البلازما PAC يستخدم قوس البلازما عمودا صلبا شديد التأين ونوع غاز حار للغاية يعمل على تبخير المعدن الذي يتم قطعه على الفور. وغالبا يتم تشكيل معظم البلازما المؤينة عندما يتم

توجيه الهواء عالي الضغط من خلال فتحة صغيرة جدا بين قطب التنغستن وطرف الشعلة كما هو موضح بالشكل ادناه.



القطع بقوس البلازماPAC

ومع تأين الهواء ترتفع درجة حرارته ويندفع من طرف الشعلة بسرعات تفوق سرعة الصوت. كما ان PAC لا يعتمد على الأكسدة السريعة للمعادن التي يتم قطعها كما يحدث بالقطع بواسطة الاكسجين OFC ولذلك يمكن تقطيع أي معدن أو سبيكة معدنية عالية السمك.

تتكون معدات القطع بقوس البلازما PA من مزود طاقة (المحول) المشعل وكابل البلازما مع سلك العمل والمشبك وإمدادات الهواء. كما تحتوي بعض معدات PA على ضواغط هواء قائمة بذاتها. نظرا لأنه يمكن إجراء عملية القطع في بعض السرعات العالية جدًا ويتم استخدامها غالبا على آلات القطع الآلية وتساعد السرعات العالية والمدخلات الحرارية المنخفضة على تقليل تشويه الأجزاء والحواف المعدنية التي تعد مشكلة في OFC

اختيار الوصلات لعملية الانضمام واللحام

تعتمد عملية اختيار الوصلات برمتها بناء على الوظيفة المعينة المطلوبة وهناك العديد من العوامل لكن لا توجد قاعدة عامة او محددة في عمليه ***اللحام*** التي سيتم اختيارها وعموما فيما يلي بعض العوامل الاساسية التي يجب مراعتها عن اختيار عملية انضمام الوصلات.

- **المعدات** – من ناحية توافرها وانواعها وحالتها التي يمكن استخدامها لصنع اللحامات المطلوبة
- **التكرار** – والمقصود هنا تكرار العملية وكم عدد اللحامات المطلوبة لإكمال المهمة، وهل هي متشابهة؟
- **متطلبات الجودة** – على سبيل المثال هل سيتم استخدام اللحام في الأثاث المنزلي، إصلاح قطاع من المعدن او سيتم استخدامه في خطوط الأنابيب وأوعية الضغط والخزانات.
- **مكان العمل** – هل سيكون اللحام في الورشة ام في موقع بعيد في الصحراء او على طريق ما؟

- **المواد** – هل الاجزاء التي سيتم ايصالها من المعدن المعروف ام انها انواع من السبائك الغريبة؟
- **حجم الاجزاء المراد ضمها** – هل الاجزاء صغيرة ام كبيرة او مختلفة الاحجام وهل من الممكن نقلها ام يجب ان تكون ملحومة في مكانها؟
- **المظهر النهائي للمنتج** – هل سيكون اللحام عبارة عن تقديم فكرة او انها ستكون بنية دائمة؟
- **الوقت المتاح للعمل** – هل تحتاج هذه المهمة الى السرعة – اصلاح سريع – ام ان هناك متسع من الوقت عموما او للسماح بالتنظيف او التفتيش قبل وبعد اللحام؟
- **المهارات المطلوبة** – هل العمال واللحامون ذوي الخبرة لديهم القدرة على القيام بهذه المهمة.
- **تكاليف المواد** – هل اللحام يستحق بالفعل تكاليف هذه المواد والمعدات الخاص والوقت المحدد للعملية؟
- **متطلبات الكود والمعايير** – غالبا ما يتم تحديد معيار معين للعمل عليه مثل ISO او .ASME وغالبا لا يتم ترك القرار في يد مهندس اللحام او اللحامون للقيام بالعملية وحسب، بل يجب ايضا وضع طريقة تطبيق العملية طبقا لمعيار او كود محدد.
- **نوع العملية** – هل هي قطع ام لحام بالنحاس ام لحام القوس الكهربائي
- **هل العملية يدوية بأكملها**
- **هل العملية نصف اوتوماتيكية** – بحيث يضاف معدن الحشو تلقائيا ويتم التنسيق بواسطة العامل يدويا.
- **هل العملية اوتوماتيكية** – بحيث يتم اجراء عمليات اللحام بشكل متكرر من خلال جهاز تمت برمجته للقيام بالعملية كلها من دون تدخل العمال والمشغلين.
- **هل سيتم تنفيذ المهمة بشكل متكرر بواسطة الروبوت او جهاز اخر تمت برمجته للقيام بالعمليات المتنوعة**
- **المراقبة والقياس** – ما هو المدى الفني المطلوب لمراقبة المشغلين وتصحيح الأخطاء

مواصفات المهنة وفرص العمل المهنية في اللحام

ساهمت صناعة اللحام الأمريكية والأوربية في النمو الواسع لعمليات اللحام المختلفة، وبدون اللحام لا يمكن تصنيع الكثير مما نستخدمه بشكل يومي، ومع زيادة الاحتياجات والتقدم الصناعي تنمو قائمة المنتجات التي يدخل فيها اللحام، وبالتالي زيادة عدد الوظائف للأشخاص ذوي المهارات العالية، خصوصا في المناطق الحضرية التي تتمتع وظائفها بالأجور الجيدة، والطبيعي تختلف الوظائف باختلاف الواجبات الدقيقة لكل مجال وفيما يلي اوصاف وتصنيفات المهنة مع العلم انها قد تختلف من موقع الى اخر.

- اللحامون :**Welder** هم الحرفيون المهرة الذين ينتجون اللحامات في مجموعه متنوعه من المنتجات المعقده من خلال حرفتهم ومهارتهم الخاصة.

- مساعد تاك: **Tack welders** هو من العمال المهرة الذي يساعدون اللحامون عن طريق صنع اللحامات الصغيرة لتثبيت الاجزاء في مكانها، ويجب ان يطبق بشكل صحيح بحيث يكون قويا بما يكفي لتجميع الوصلات بنفس الوقت لا يتداخل مع اللحام النهائي.

- مشغلي اللحام: **Welding operators** هو واحد من الفنيين المهرة الذي يعمل على تشغيل الآلات والمعدات الأوتوماتيكية المستخدمة في الصناعات.

- المساعدين: **Welders' helpers** يتم توظيفهم في بعض ورش اللحام للقيام بأعمال تنظيف الخبث والمساعدة على تحريك وضع اللحام مثال (الانتقال من الافقي الى الرأسي.

- المجمعين – الميكانيكي: **Welder assemblers, fitters** هم الماهرون في تجميع الوصلات والأجزاء ووضعها في المكان المناسب وهؤلاء العمال قادرون على فهم وتفسير المخططات الهندسية واجراءات اللحام ولديهم مهارة عالية لفهم ومعرفه آثار التمدد والانكماش للعديد من انواع المعادن المختلفة.

- مفتشو اللحام: **Welding inspectors** للتفتيش والمراقبة غالبا ما يكون مطلوب منهم الحصول على شهادات معتمدة من احد الجمعيات مثل CWI او TWI تعرف باسم شهادة مفتش اللحام وللحصول على هذه الشهادات يجب اجتياز الاختبارات المقررة في احد المعايير المعتمدة وقراءة المخططات والرموز ودراية بالمعادن وتقنيات التفتيش والفحص البصري والاختبارات غير الاتلافية مع اثبات كل هذه المهارات.

- مشرفين ورشة اللحام: **Welding shop supervisors** بالعادة هم لا يقومون باللحيم بشكل منتظم وهذا يعتمد على حجم الورشة، لكن لديهم الخبرة والمهارة في اللحام بجانب المهارات الإدارية والتخطيط واختيار اللحامين والعمال.

- مندوب المبيعات: **Welding salespersons** غالبا هو الشخص المسؤول عن بيع معدات اللحام وتوريدها الى الورش والمصانع وبالتالي يتملك مهارات تسويقية بالإضافة الى فهماً واسعاً لعملية اللحام حيث يمكنه تقديم معلومات حول المنتجات لإقناع العملاء بإجراء عمليات الشراء.

- اصحاب ورش اللحام: **Welding shop owners** هو شخص يمتلك درجة عالية من المهارة والمعرفة بإدارة الاعمال الصغيرة ويفضل ان يدير مشروعه الخاص، غالبا هو بالاساس عامل وقد يتخصص اصحاب ورش اللحام في تخصص واحد فقط على سبيل المثال (الاصلاح – التصنيع – الصيانة) او انه يعمل كمقاول باطن بداية من المشروعات الصغيرة الي المشاريع الكبرى.

- مهندسين اللحام : **Welding engineers** هو المهندس المسؤول عن التصاميم الهندسية والإشراف على اعمال اللحام المعقدة، وقد يعمل مهندس اللحام مع مهندسين اخرين في مجالات متعددة مثل الهندسة الميكانيكية، الالكترونيات، المواد الكيميائية، او الهندسة المدنية سواء كان انشاء المباني او تصنيع السفن والطائرات او اوعية الضغط والخزانات، يتطلب من مهندسي اللحام معرفة جميع عمليات اللحام وعلم المعادن بالإضافة الى مهارات جيدة في الرياضيات والرموز والتصميم والتواصل الاجتماعي مع الاشخاص، ويتطلب الحصول على درجة جامعية متقدمة وشهادة مهنية في اللحام

عموما العديد من الصناعات تتطلب ان يكون عامل اللحام والمشغل و اللحامين قادرين على اجتياز الاختبارات العملية او النظرية طبقا لكود او معيار محدد وبالتالي العاملين الأعلى اجرا هم أولئك الذين لديهم المهارات والتعليم اللازم لقراءة المخططات الهندسية والقيام بالأعمال المطلوبة لإنتاج لحام بمواصفات عالية الجودة وطبقا للمعايير القياسية.

كما ان الشركات الصناعية الكبيرة توظف الاشخاص الذين يعملون كدعم للحامين من المهندسين والفنيين والذي يجب ان يكون لديهم معرفة بالكيمياء والفيزياء والمعادن والكهرباء والرياضيات، وحيث يكون المهندس مسؤول عن البحث والتصميم والتطوير ويعمل الفني كجزء من المنظومة الهندسية والاشراف على العمل الفعلي ومن ثم تزويد المهندسين بالتقارير اللازمة عن مشروع او عملية معينة، وهناك العديد من المجموعات الأخرى العاملة في هذا المجال والتي تقوم بعمل النماذج والقوالب ولديهم خبرات في الثقب والقطع والقص واللف وتشكيل المعادن .