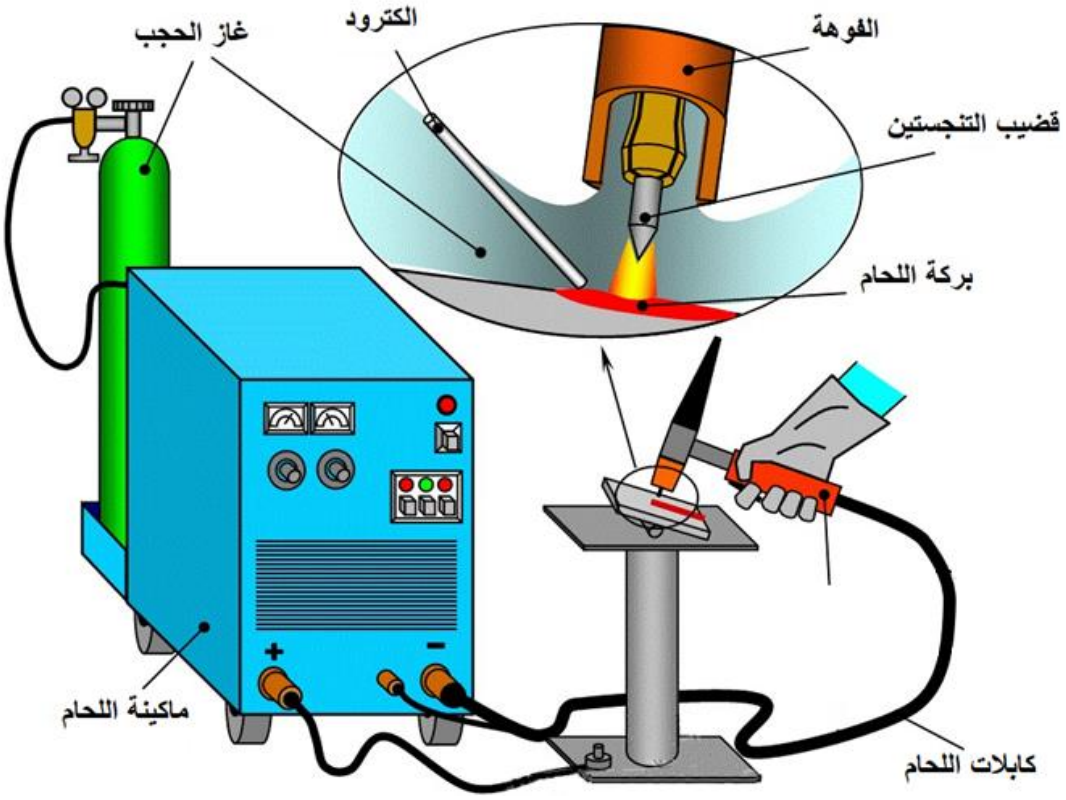
مهنة لحام المعادن

الوحدة الثالثة



عمليات اللحام بالأرجون (TIG)

الصف الثاني

العام التدريبي (٢٠١٩ / ٢٠٢٠)

تم الإعداد والتطوير بواسطة شركة يات لحلول التعليم

تليفون: 27498297 (202+) - **محمول:** 01001726642 (2+)

Website: www.YATLearning.com - **E-Mail:** info@yat.com.eg

الفهرس

قواعد الأمن والسلامة ٤
المعارف النظرية للوحدة ٦
مقدمة ٧
مجالات الاستخدام لحام التيج TIG ١٠
المصطلحات المستخدمة في طرق اللحام المحجب بالغاز Gas shielded Welding..... ١٠
مبدا لحام التيج TIG (لحام القوس المعدني باستخدام أسلاك التنجستن والغاز الخامل) ١٢
إجراءات يجب مراعاتها في عملية لحام الأرجون TIG..... ١٥
شروط اللحام الجيد..... ١٩
التيارات المستخدمة في آلات لحام التيج TIG ٢٠
مكونات نظام اللحام بالأرجون TIG Welding components ٢٢
الغازات المستخدمة في لحام التيج ٤٤
طرق وأدوات ربط المشغولات ٤٧
اللحام في الوضع الأرضي وزوايا الميل للمشعل وسلك اللحام..... ٤٧
تكنولوجيا اللحام بالتيج TIG ٤٨
مميزات وعيوب اللحام بقوس الأرجون (التيج TIG)..... ٤٨
أهم المخاطر عند اللحام بالقوس الأرجون TIG ٥٠
مواصفات خط اللحام الجيد ٥١
أنواع وصلات اللحام..... ٥٣
أوضاع اللحام..... ٥٦
الرموز الأساسية والمساعدة لرموز وصلات اللحام ٦٣
الأرقام المرجعية لعمليات اللحام..... ٦٤
التدريبات العملية للوحدة ٧١
١. ضبط وتشغيل وحدة اللحام بالأرجون (TIG) وفك وتركيب الأجزاء والملحقات ٧٢
٢. لحام خطوط انصهاريه بدون سلك تحت مستوى النظر (وضع مسطح) ٨٢
٣. لحام خطوط صهر باستخدام سلك ملئ تحت مستوى النظر (وضع مسطح) ٩١
٤. لحام وصلة تقابليه (تناكبية) تحت مستوى النظر (وضع مسطح)..... ٩٩
٥. لحام وصلة تقابليه (تناكبيه) أمام مستوى النظر (كورنيش) ١٠٧
٦. لحام وصلة تقابليه (تناكبيه) تصاعدي..... ١١٥
قائمة المصطلحات العلمية ١٢٣
قائمة المراجع..... ١٢٦

مقدمة

من الطرق الحديثة المستخدمة في اللحام هي طريقة اللحام بالتنجستن والأرجون (TIG) وهي طريقة لحام باستخدام الكترود غير مستنفذ في وجود غاز خامل وعادة يكون هو غاز الأرجون. هذا النوع من اللحام فعال في العمل مع السبائك لذلك يستخدم لحام الأرجون في لحام سبائك الصلب، الألومنيوم، النحاس والتيتانيوم حيث من الصعب جدا لحام الألومنيوم بطرق اللحام الأخرى. وفي عملية استخدام غاز الأرجون، يتم توصيل الألمنيوم عن طريق لحام دائم وجميل ذو تشطيب جيد. لحام قوس التنجستن بالأرجون TIG هو شيء متوسط بين نوعين آخرين من اللحام – هما اللحام بالكهرباء والغاز. حيث يرتبط مع الأول باستخدام قوس كهربائي، ويرتبط مع الثاني باستخدام الغاز وتكنولوجيا مماثلة للعمل. إذا كان الفني لديه خبرة مع لحام الغاز والقوس الكهربائي، سيكون عليه من السهل التعامل مع لحام الأرجون. ولحام الأرجون مشابهة جدا للحام بالقوس الكهربائي حيث تسخن حواف الأجزاء المشتركة. ويتم استخدام الغاز الخامل لمنع التفاعلات الكيميائية. يتم تغذية الالكترود في بركة اللحام ويوفر مستوى عال من جودة اللحام. وإذا تم اللحام بدون غاز خامل، يتفاعل المعدن مع الهواء، وبالتالي يتم الحصول على لحام به عيوب ومنخفض التماسك.

ولقد روعي في تصميم هذه الوحدة أن يستطيع الطالب الاعتماد على ذاته في استيعاب المهارات وتقليل العبء على المدرب بإتباع الخطوات والتعليمات المبينة في التدريبات العملية.

لقد تم تصميم الوحدة بحيث، يتبع المعارف النظرية التدريبات العملية، ويتبع كل تدريب عملي تقييم للطالب حسب معايير التقييم الخاصة بكل مهارة بالإضافة إلى اختبار عملي يبين مدى اكتساب الطالب للمهارة لتحقيق هدف التدريب في زمن قياسي محدد بالاختبار العملي.

أخيرا في نهاية هذه الوحدة تم بإضافة ملخص خاص بالمصطلحات الإنجليزية الهامة المستخدمة بالوحدة وذلك لتنمية مهارات اللغة الإنجليزية التي سيحتاجها المتدرب أثناء عمله في قراءة كتالوجات الشركات المنتجة الأجنبية وتعليمات التشغيل الهامة.

نقدم لك عزيزي المتدرب هذه الوحدة متمنيين لك كل النجاح والتوفيق في حياتك العملية المستقبلية.

السلامة أولا SAFETY FIRST

يمكن أن تتم عمليات اللحام بالأرجون (TIG) تيج بشكل آمن فقط إذا كان المشغل على علم بالأخطار التي تنطوي عليها هذه العمليات. يجب أن يبقى تركيز المشغل دائما على عمله في اثناء العمل سواء الورشة أو موقع العمل أو أي مكان لتجنب الحوادث. ويجب تطوير عادات العمل الآمنة في استخدام أدوات الصحة والسلامة المهنية والأجهزة الواقية. معايير السلامة ما هي الا توجيهات لمساعدتك على القضاء على الممارسات والإجراءات الغير آمنة.

قواعد الأمن والسلامة

قم بقراءة قائمة احتياطات الأمن والسلامة المهنية التالية للإلمام بها جيدا أثناء نقل أو تبديل أسطوانات الغاز:

- ارتدي ملابس العمل المناسبة والأحذية الواقية.

شكل رقم ١: أدوات السلامة الشخصية Personal Protective Equipment

- عند تغيير الأسطوانة تأكد أن صمام الأسطوانة مغلق.
- تأكد أن مفاتيح الربط مناسبة لصواميل المنظم من حيث المقاس.
- يجب تركيب غطاء الحماية قبل النقل حتى لو كانت أسطوانة الغاز فارغة.
- يجب عدم دحرجة الأسطوانة عند النقل ولو كانت فارغة.
- يتم تحريك ونقل الأسطوانة بشكل عمودي، وتنقل بعربة خاصة إذا كانت المسافة أكثر من خمسة أمتار.
- يتم تخزين الأسطوانات بشكل عمودي وتثبت بسلسلة لكيلا تسقط.
- تخزن الأسطوانات في مكان يوجد به تهوية كافية.
- إغلاق التيار عند تبديل قطب التنجستن.
- قبل تركيب المنظم على الأسطوانة الجديدة لا تنسى أن تثبتها بالسلسلة الخاصة لها.
- افتح الصمام برفق حتى تخرج الشوائب أو الغبار التي قد تكون عالقة في مخرج الغاز.
- قف دائما على أحد جانبي فتحة الصمام عند فتحه، ولا توجه الغاز إطلاقا ناحية لهب مفتوح.
- بعد تركيب المنظم وتشغيل آلة اللحام استخدم الماء والصابون مع فرشاة لاختبار وصلات الغاز من أي تسرب.
- يجب عدم ملامسة الأسطوانة لأي قطب من أقطاب اللحام أو الأسلاك الكهربائية.
- يجب أبعاد جميع المواد القابلة للاشتعال عن منطقة اللحام.
- يجب التأكد من صلاحية جاهزية طفايات الحريق.

- توفير عناصر التهوية اللازمة لتوفير جو ملائم للعاملين.
- يجب عدم استنشاق الغازات المستخدمة في اللحام.
- يجب لبس القفازات الجلدية الخاصة بلحام التيج TIG أثناء عملية اللحام.
- يجب ارتداء واقي الوجه ونظارة اللحام أثناء عملية اللحام.

شكل رقم ٢: ارتداء واقي الوجه

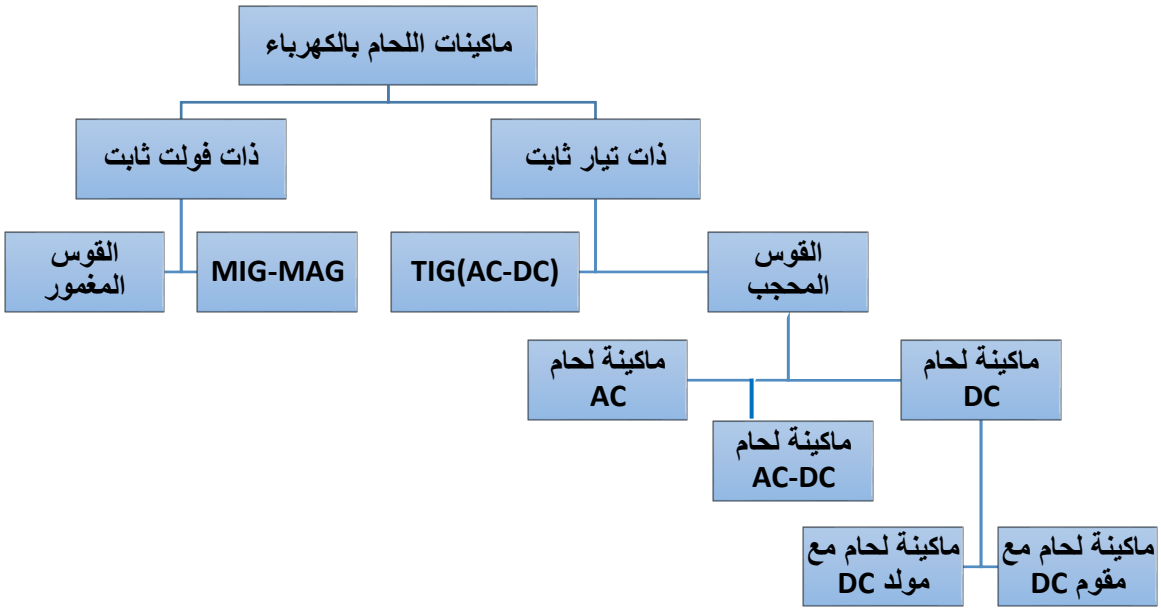
- يجب إغلاق التيار عند تركيب أو استبدال قطب التنجستن.

المعارف النظرية للوحدة

مقدمة

لحام الأرجون، قوس الأرجون، واللحام في وسيط يتكون من غاز الحماية (Shield) كلها أسماء لأنواع لحام التيج TIG. تم استخدام لحام الأرجون في الاتحاد السوفيتي لتصنيع المركبات الفضائية. واليوم هو متاح للجميع حيث يتم استخدامه في إصلاح المركبات، تجميع القوارب والطائرات، وفي إصلاح وتصنيع هياكل الصلب الذي لا يصدا والألمنيوم. يعرف الكثيرون أنه من الصعب في الظروف العادية لحام الصلب المقاوم للصدأ والنحاس والبرونز والألمنيوم وأجزاء التيتانيوم والمعادن الأخرى. وفي الحياة غالبا ما يحدث أن تحتاج إلى لحام الأنابيب غير القابل للصدأ وقطع غيار السيارات الألومنيوم وقطع من التماثيل والحلي. في هذه الحالات، من الأفضل استخدام طريقة لحام الأرجون القوسي.

عمليات اللحام بالتيج TIG تعد من عمليات اللحام بالقوس الكهربائي Arc welding processes كما هو موضح في (شكل رقم ٣) الذي يوضح تصنيف ماكينات اللحام بالكهرباء.



شكل رقم ٣: تصنيف ماكينات اللحام بالكهرباء

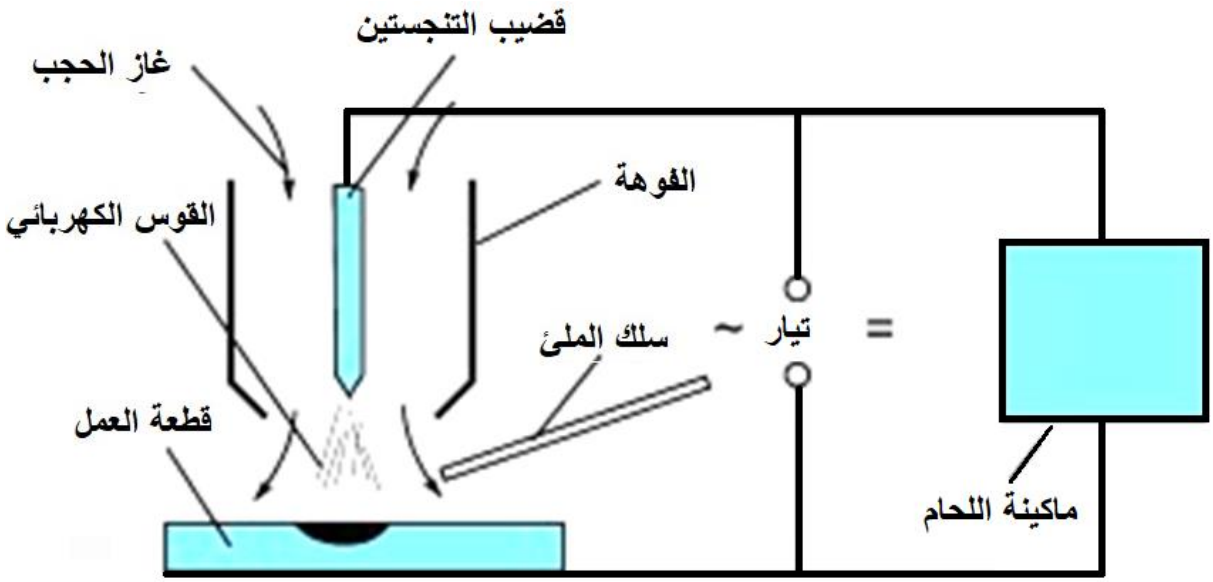
يتطلب لحام المعادن بالأرجون أن يكون لدي الفني على الأقل الحد الأدنى من المعرفة العملية بشأن تنفيذ هذه الطريقة ويجب التحلي بالصبر ومحاولة القيام بالعمل بأكبر قدر ممكن من الدقة، ثم مع الوقت سيبدأ أسلوب اللحام في التطور على نحو سلس وضيق ومتين للغاية مع لحام الأرجون.

يوجد مسميين لهذا النوع من اللحام، المسمى الأول هو لحام قوس التنجستن مع الغاز الخامل Tungsten Inert Gas (TIG) كما جاء في المعيار الدولي الأوربي ISO، فعندما يقال لحام تيج TIG اعلم أن المتحدث يقصد المعيار الأوربي ISO أو الإنجليزي BS فقط، والمسمى الثاني هو GTAW وتعني Gas Tungsten Arc Welding وهي لحام المعادن عن طريق قوس التنجستن الكهربائي باستخدام الغاز وهذا المسمى

يستخدم في المعيار الأمريكي ASME Code وAWS وبالتالي فإن مصطلحات ال TIG في نظام الأيزو أو مصطلح GTAW الأمريكي يعنيان نفس الشيء والأسلوب.

لحام التيج TIG هي طريقة اللحام بقوس التنجستن المحمي بغاز خامل وفي هذه الطريقة يتم قدح القوس ويحتفظ به بين الكترود التنجستن الغير مستهلك في هذه الطريقة. يولد القوس حرارة شديدة تصهر حواف معدن اللحام ولكن ينصهر الكترود التنجستن لان درجة انصهاره تصل إلى ٤٠٠٠°م. ويتم حماية القوس وبركة اللحام بواقي من غاز خامل ويتدفق هذا الغاز من فنية حول الكترود التنجستن محيطا بالقوس ويمسك سلك اللحام باليد اليسرى ويضاف إلى بركة اللحام بنفس طريقة اللحام بالأوكسي استلين ولكن بقوس محمي كمصدر حراري بدلا من اللهب. ومن مزايا هذه الطريقة إنها تستخدم بدرجة كبيرة في لحام المعادن الغير حديدية مثل الألمنيوم وسبائكه المغنيسيوم والنحاس الأحمر والصلب المقاوم للصدأ ويستخدم أيضا في لحام الأنابيب الصغيرة وأيضا الأنابيب مع الألواح الحرارية ويستخدم بكثرة في صناعة الطائرات والأنابيب الموجودة في محركات الصواريخ .أما من أبرز عيوبها أنها قليلة الإنتاجية وتحتاج أيضا إلى مهارة عالية وتكاليف عالية ولا تعتمد على اللحام في الوضع فوق الرأسي (Overhead) ولا يتم اللحام بها في السماكات الأكثر من (٦مم).

على الرغم من أن الغاز يستخدم في لحام الأرجون إلا انه لا يزال يشير إلى كلمة قوس Arc عند الحديث عن لحام التيج، لأن القوة الرئيسية التي تذوب أو تصهر المعدن هي القوس الكهربائي بين قضيب التنجستن وسطح معدن اللحام، ويؤدي الغاز فقط وظيفة وقائية. التنجستن المستخدم في لحام التيج TIG يماثل الالكترود المستخدم في طرق اللحام بالقوس الكهربي أو الميج-ماج. ويستخدم تقنية اللحام بقوس التنجستن الذي يعمل على صهر معدن اللحام و يعمل الغاز علي تبريد معدن اللحام المنصهر وحمايته من عوامل الجو الضارة ويمنع تأكسد، ويعد TIG من أجود أنواع اللحام وقد اعتمدت العديد من الشركات استخدام TIG لما يتفوق به في جودة اللحام المختلفة، واستخدامه في لحام الكثير من المعادن ويكون عادة التنجستن من نفس نوع المعدن سواء ألومنيوم أو حديد والفرق بينه وبين نوع اللحام MIG هو أن الأول يستخدم تنجستن غير مستهلك والثاني يستخدم سلك الكترود مستهلك ولكن الاثنان يستخدمون نفس مولد الطاقة ونفس تقنية القوس Arc وفي الحقيقة أن TIG في تعلمه اصعب من MIG. وقضيب التنجستن لا يستهلك أثناء اللحام لان درجة انصهار التنجستن هي ٣٤٢٢ درجة مئوية، ودرجة الانصهار المرتفعة هي التي تدعم استخدامه في لحام التيج للاكترود. ويتم اللحام بالتيار المستمر إلى المتردد حسب نوع الخامة، فعند لحام المعادن الخفيفة لا يستخدم سوى التيار المتردد.



شكل رقم ٤: عناصر لحام التيج TIG

استخدام الأرجون أثناء اللحام يعطي نتائج عالية بما فيه الكفاية من جودة الاتصال، والتي لا يمكن توفيرها من قبل أي طريقة أخرى. هذا هو السبب الرئيسي لاستخدام تقنية اللحام بالتيج في اللحام، فهو كما ذكر سابقا يستخدم للحام الصلب الذي يصعب لحامه بالطرق الأخرى، ويستخدم بصف خاصة للحام الألمنيوم حيث يوفر مستوى عال من الاتصال، لأن الغاز المستخدم هو غاز خامل مما يخلق حماية فريدة لمكان اللحام، ولا يمكن أن تخترق من خلالها الأكسجين الموجود في الغلاف الجوي المحيط، ولا يسمح بوجود عوامل خارجية سلبية أخرى تؤثر على بركة اللحام.

شكل رقم ٥: لحام التيج لمواسير الصلب الذي لا يصدا

مجالات الاستخدام لحام التيج TIG

يستخدم اللحام بقوس التنجستن المحجوب بالغاز لكل المعادن المستخدمة في هذه الأيام تقريبا، وهو أسلوب فعال وعملي واقتصادي للحام المعادن الرقيقة (القليلة السماكة)، وأيضا للحام المعادن التي يصعب لحامها بأساليب اللحام التقليدية، حيث يستخدم لحام قوس التنجستن مع غاز الأرجون في لحام أجزاء من المعادن المختلفة مثل الصلب المقاوم للصدأ والبرونز والنحاس والتيتانيوم والألمنيوم. إن اللحام بقوس التنجستن المحجوب بالغاز مناسب للحام اليدوي، ويجد اللحام بقوس التنجستن استخدامات واسعة في بعض الصناعات مثل صناعة الأثاث المعدني، وصناعة التكييف والتبريد، وصناعة الصفائح المعدنية وأجسام السيارات. ويستخدم لحام التيج مع المعادن التالية:

١. الألمنيوم وسبائك الألمنيوم
٢. الصلب الكربوني والصلب السبائكي منخفض الكربون.
٣. والصلب المقاوم للصدأ Stainless steel
٤. النيكل وسبائك النيكل.
٥. النحاس وسبائك النحاس
٦. المغنيسيوم وسبائك المغنيسيوم.
٧. التيتانيوم

وعموما أصبح التيتانيوم أكثر استخداما في الصناعات المختلفة مثل صناعة الطائرات والمبدلات الحرارية والصناعات البحرية والمدرعات ومركبات الفضاء وغيرها الكثير هذا بسبب خصائصه الممتازة حسب الاتي:

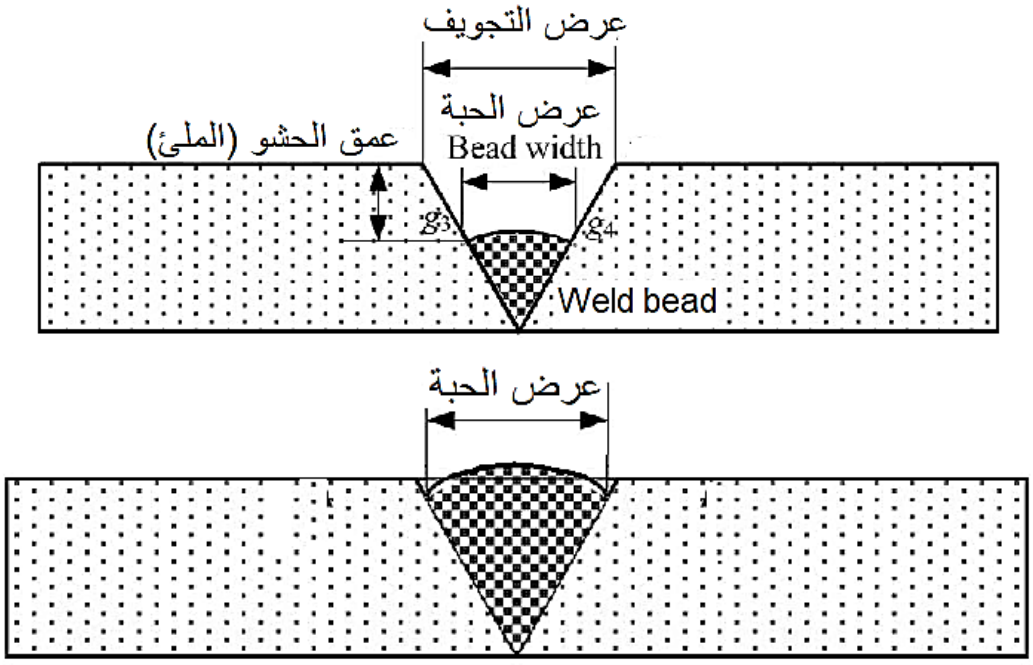
- القوة العالية نسبة إلى الوزن (فهو قوي جدا كالفولاذ الصلب ولكنه نصف وزنه)
- له القدرة الممتازة على مقاومة التآكل والصداء
- الخصائص الميكانيكية جيدة جدا في درجات الحرارة المرتفعة

المصطلحات المستخدمة في طرق اللحام المحجب بالغاز Gas shielded Welding

هناك بعض العبارات والمصطلحات التي يجب معرفتها لان من المؤكد أن تسمعها أثناء العمل في الموقع والورشة وهي تعبر عن المصطلحات التي تستخدم عن إجراء عمليه اللحام وقد تجد البعض منها في وثيقة إجراء اللحام WPS

- طول القوس (Arc length) المسافة بين الالكترود أو القطب وما بين سطح تجمع اللحام (بركة اللحام) weld pool.

- معدن الأساس Base metal: هو معدن الشغلة المطلوب لحامها وهو يعبر عن جسم المعدن وهو يصف عادة خصائص ومكونات الوصلات الملحومة Joint ولكن الاسم الصحيح له هو معدن الأصل parent metal.
- خط اللحام (الحبة) Bead: وهو يعبر عن ترسيب معدن الحشو (الالكترود) في مسار لحام واحد (حبه لحام واحدة) تم وضعها على جسم المعدن الأم.



شكل رقم ٦: قطاع في لحام الحبة في مسار لحام الجذر والغطاء Cap

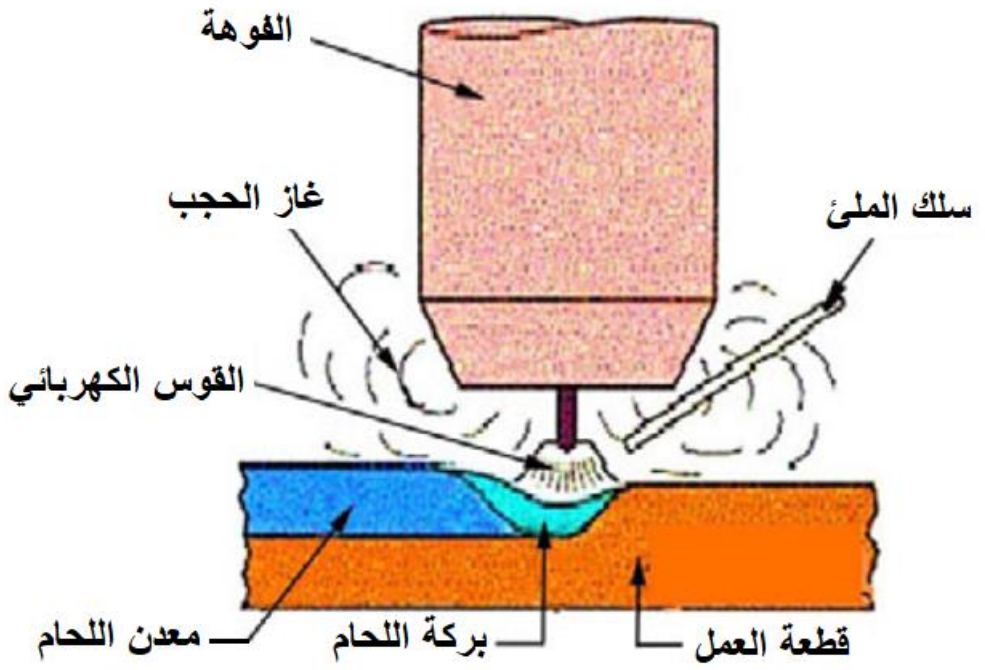
- معدل سرعة الحرق burn – off rate: وهو يعبر عن سرعة الحرق وذوبان الأسلاك في كل خطوة أو شوط طولي بالمتر / الدقيقة أو البوصة / الدقيقة.
- معدن الترسب deposited metal: وهي تعبر عن كمية المواد التي أضيفت في عمليات اللحام وعادة ما تكون سببها أسلاك اللحام والأقطاب.
- معدل الترسيب deposition rate: هذا المصطلح يستخدم في عمليات القياس بالكيلوجرام/الساعة وهو يعبر عن كميات اللحام التي تم انتقالها وانصهارها أثناء عملية اللحام كجم/س، في بعض الأحيان يستخدم عدد الأسلاك التي تم استهلاكها ليتم حساب كميات الانصهار ولكن هذا في الحقيقة غير صحيح لأنه يقلل من المعادلات الحسابية للكفاءة سواء للفني أو للحام نفسه.
- الالكترود أو القطب Electrode: هو يعبر عن سلك اللحام المغلف بمادة الفلكس flux وهو يختلف عن سلك اللحام في TIG أو البلازما فيكون اسمه تنجستين tungsten.
- معدن الحشو filler metal: يعبر عن المعدن الذي أضيف في عمليات اللحام.

- درجة الحرارة لكل شوط Inter-pass temperature: يعبر عن درجات الحرارة في كل شوط تم قطعه كما يجب عليك أن تتحري الحذر في ارتفاع درجات الحرارة اعلي من المعدلات الطبيعية المطلوبة حتى لا يتم تغيير في خصائص المعدن.
- مجرى الذوبان melt run: وهو يعبر عن الذوبان في عمليات لحام القوس الكهربائي TIG لسطح المعدن الأم في كل شوط.
- فوهة nozzle: وهو يعبر في كل من لحام القوس الكهربائي TIG أو MIG – MAG عن الفوهة التي يتدفق منها الغاز إلى منطقة اللحام وهي تكون من السراميك أو المعدن.
- معدن الأساس (الأصل) parent metal: هو جسم المعدن الأم وهو الأصح من كلمة base metal.
- مسار أو مجرى pass or run: وهو الشوط التي تم قطعه أثناء عمليات اللحام.
- درجة التسخين الأولية preheat temperature: هو يعبر عن عملية تسخين المعدن الأم إلي درجة حرارة معينة قبل البدء في عمليات لحام القوس الكهربائي وفي الواقع تتم هذه العملية لعدة أسباب لتجنب المشاكل التي قد تحدث فعلي سبيل المثال التكسير للمعدن أو الشروخ أو عدم انصهار جسم المعادن الأساسية ظهور عيوب معينة في اللحام الخ .....
- مجرى الجذر root run: وهو يعبر عن عملية الأشواط البدائية في ملئ أخدود الجذر أو الغرز وتعني أملئ التجويف fill the groove.

مبدا لحام التيج TIG (لحام القوس المعدني باستخدام أسلاك التنجستن والغاز الخامل)

اللحام بقوس التنجستن المحجوب بالغاز (GTAW) أو باختصار التيج (TIG) هو شيء متوسط بين نوعين آخرين من اللحام – هما اللحام بالكهرباء والغاز أو هو هجين من اللحام بالكهرباء والغاز. حيث يرتبط مع الأول باستخدام قوس كهربائي كمصدر للتسخين يذيب حواف وصلات اللحام وسلك حشو (الالكترود) لمليء الفراغ، ويرتبط مع الثاني باستخدام الغاز الذي يعزل بركة اللحام عن الأكسجين لمنع أكسدة معدن اللحام. ويعد لحام قوس التنجستين بالأرجون TIG هو صهر المعادن ولحامها مع بعضها البعض حيث يتم اللحام بواسطة الحرارة الناتجة عن القوس الكهربائي المتولد بين قطعة العمل والكترود أو قطب لحام غير مستهلك (لا ينصهر) من معدن التنجستن دون ملامسة. واعتمادا على تصميم الوصلة، يمكن إجراء اللحام مع أو من دون استخدام سلك لحام الملئ (معدن الحشو). ويتم حجب المعدن المنصهر وقطب التنجستن ومنطقة اللحام (بركة اللحام) عن الهواء المحيط بواسطة تيار من غاز خامل يتدفق من فوهة مشعل اللحام كما هو مبين في (شكل رقم ٧)، عادة يكون غاز الأرجون هو المستخدم. ويتم إمداد بركة انصهار اللحام بسلك اللحام بطريقة يدوية أو آلية ويمكن الاستغناء عن سلك الإضافة في لحام المشغولات ذات السمك

الخفيف. يستخدم اللحام بقوس التنجستن للحام في كافة الأوضاع، ويمكن أن يتم بشكل يدوي، نصف أوتوماتيكي وأوتوماتيكي، وتعتمد الطريقة المستخدمة على التجهيزات المتوفرة وطبيعة الاستخدام.



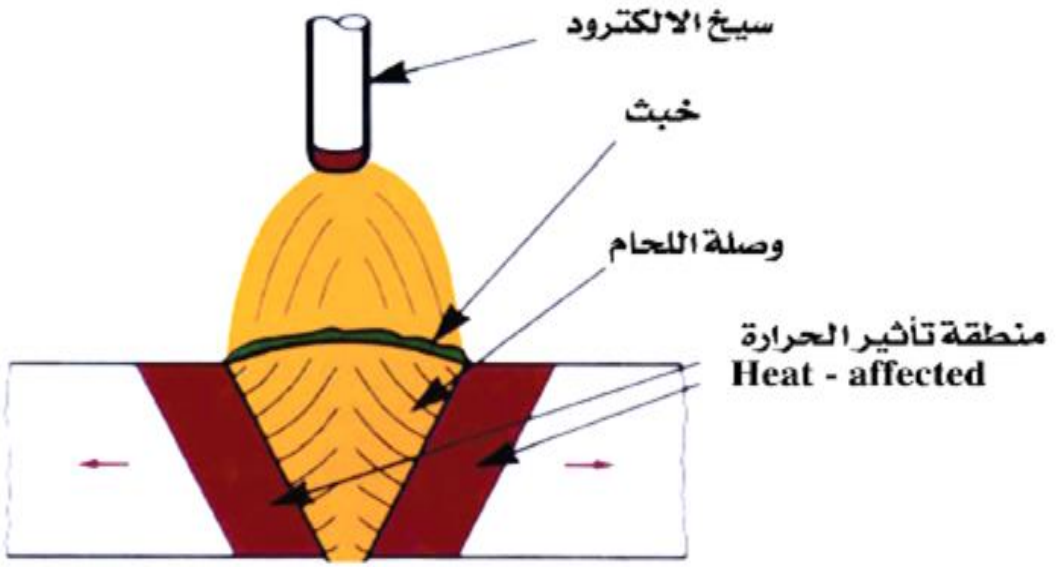
شكل رقم ٧: مبدا اللحام بالتيج TIG

تحدث عملية اللحام بالتيج TIG نتيجة لعمل قوس كهربائي يصهر حواف المعدن ويستخدم غاز الأرجون في هذه التقنية لمنع أكسدة معدن اللحام وبالتالي إعطاء قوة في خط اللحام. حيث يتأكسد الصلب المقاوم للصدأ والمعادن غير الحديدية في عملية اللحام بسبب الأكسجين أو الشوائب الموجودة في الهواء، أما بالنسبة للألمنيوم، فإنه يحترق في الأكسجين. ونظرا لان الأرجون لديه وزن أكبر بنسبة ٣٨٪ من وزن الهواء، مما يمكنه من تنظيف بركة اللحام بشكل موثوق به إذا تم تغذية الأرجون في وقت أبكر قليلا من إشعال القوس الكهربائي واستخدامه يسمح بحماية منطقة اللحام من تأثير العوامل الخارجية، وكذلك يجب إنهاء عملية تدفق الأرجون بعد ثوان قليلة من تلاشي القوس. عادة لا يتفاعل الأرجون مع المعادن ولا عجب أنه يسمى غاز خامل، ولكن إذا تم اللحام بقطبية معكوسة، فأن الأرجون قادر على التحول إلى حالة البلازما. تستخدم تقنية لحام التيج TIG في لحام الألمنيوم بواسطة قطب غير منصهر هو التنجستن الحراري وقطب منصهر (الكترود) من نفس مادة معدن اللحام ويعتمد قطرها على المعدن المطلوب لحامه مع تدفق غاز خامل، وبدون الغاز الخامل فان كالألمنيوم يتأكسد ويتفاعل مع أكسجين الهواء، مما يجعل طبقة الأكسيد الموجود على سطحه من تشكيل خط به شوائب معدنية سوداء مع وجود فقاعات مليئة بالأكسجين، وهذا يقلل بشكل كبير من قوة خط اللحام والهيكل النهائي، ويمكن أن تحترق أجزاء من الألومنيوم ببساطة في هذه الظروف. لذا يستخدم غاز خامل، مثل الأرجون، لطرد الهواء (الأكسجين) من منطقة اشتعال القوس.

ويتكون مشعل لحام التيج TIG كما هو مبين في (شكل رقم ٧) من قطب التنجستن الذي يبرز خارج حدود المشعل لمسافة من ٢-٥ مم، يمكن أن يكون بأي حجم. ويكون حول الكترود التنجستن فوهة مصنوعة من السيراميك، والتي من خلالها يتدفق غاز خامل ويتم اختيار قطر سلك الحشو والقطب وفقا لجداول خاصة.

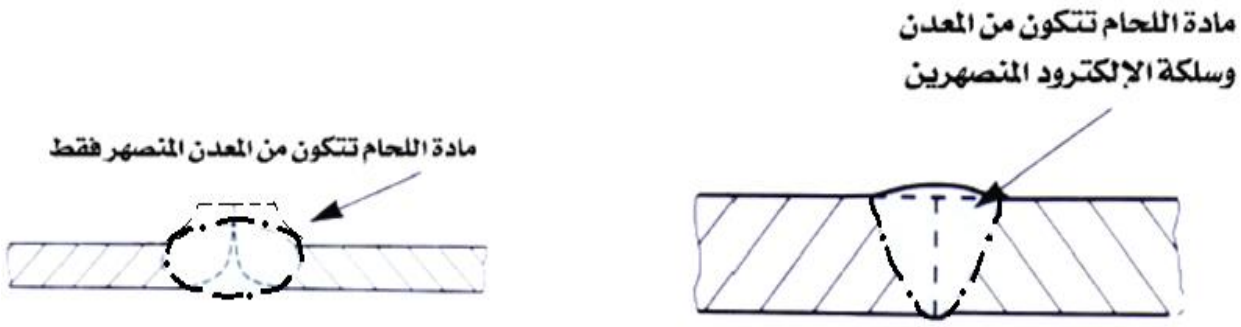
تكوين وصلة اللحام

في حالة اللحام اليدوي بالقوس الكهربي المحجب MMA تتكون مادة اللحام من انصهار كل من المعدن وسلك الالكترود ويتم حماية المعدن المنصهر (بركة اللحام) من تأثير الهواء الخارجي الضار من خلال الخبث وغازات الحماية التي تتكون عند انصهار بودرة سلك الالكترود بواسطة القوس (Arc) كما هو مبين (شكل رقم ٨).



شكل رقم ٨: اللحام بالكترود القوس الكهربي

أما في لحام التيج يتم حماية بركة انصهار اللحام من خلال غاز الحماية الخامل، وفي حالة اللحام بسلك حشو يتم أمدد بركة انصهار اللحام بالسلك بطريقة يدوية. أما في حالة اللحام بدون استخدام سلك حشو (الالكترود) يتم صهر المعدن فقط بواسطة القوس الكهربي Arc وهذا يمكن تحقيقه في لحامات TIG كما هو مبين في (شكل رقم ٩).



شكل رقم ٩: لحام TIG بالالكترود وبدون الالكترود

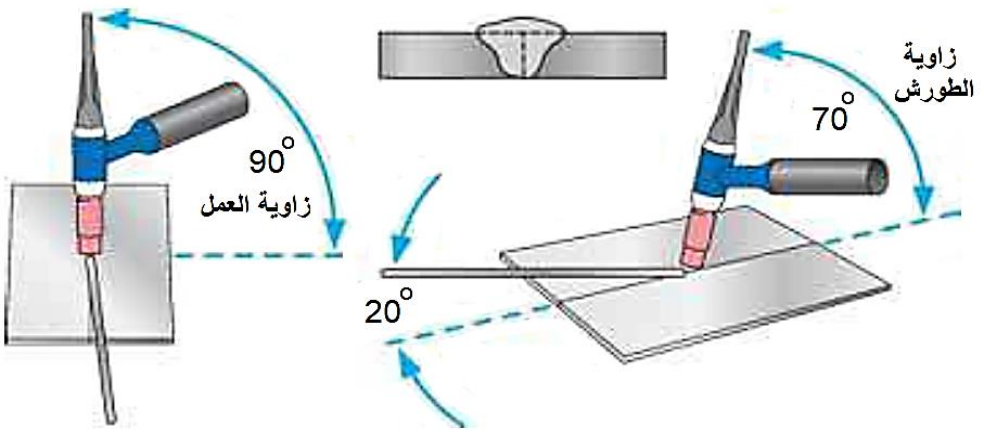
إجراءات يجب مراعاتها في عملية لحام الأرجون TIG

- يجب أن يتم اللحام بارتداء قناع مخصص.

شكل رقم ١٠: ارتداء قناع مخصص للحام الأرجون

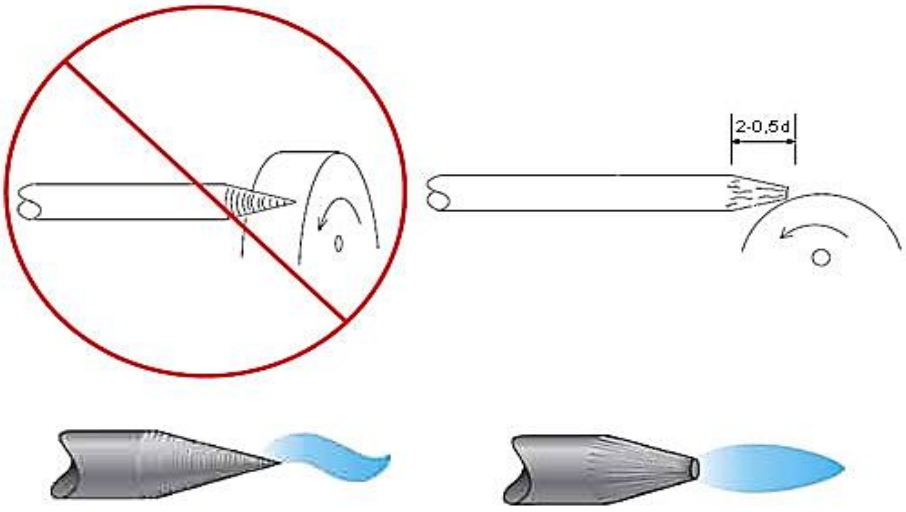
- يجب تنظيف وصلات اللحام قبل بداية اللحام بالأرجون من الأوساخ والصداء أو أثار الشحوم، يتم ذلك إما ميكانيكيا بفرشاة سلك ثم تغسل مع مركبات كيميائية مختلفة مع مذيب (ثنائي كلور ميثان، والأسيتون والبنزين الطيران) لإزالة الدهون.
- قبل اللحام، يتم تنظيف حواف الوصلات بعرض ٢٥-٣٠ مم باستخدام ورق صنفرة أو فرشاة سلك رقيقة. وبالنسبة لحواف الأجزاء من سبائك الألومنيوم يمكن تنقيته عن طريق الغمر في محلول من حامض الكروميك وتسمى هذه العملية بالتنميش.
- يتم إزالة الحواف باستخدام مذيب أو محلول كاوي دافئ قبل التنميش. ثم تشطف بالماء الساخن وتمسح تماما. ويجب إجراء اللحام في موعد لا يتجاوز ٨ ساعات بعد التنميش، وإلا سيتم تغطية سطح الألواح مرة أخرى بطبقة من الأكاسيد.
- يجب أن تبقى المسافة بين الأسطح المراد لحامها ثابتة.

- عند التنفيذ اللحام اليدوي، يجب أن يكون مسدس (طورش Torch) اللحام في اليد اليمنى، سلك حشو(الالكترود) في اليد اليسرى.
- يجب أن يكون اتجاه اللحام من الجانب الأيمن إلى اليسار عند تنفيذ اللحام اليدوي.
- قبل اللحام، يتم تبنيط الأجزاء على مسافات من ٥٠-٧٥ مم أو حسب طول خط اللحام.
- ينزل مشعل اللحام إلى سطح اللحام إلى الحد الأدنى ويجب إبقاء مسافة بينهما، والمسافة المثلي هي ٢ مم، حيث ينشأ قوس كهربائي بين الفراغات والالكترود (القطب).
- يجب تشغيل وحدة تزويد الغاز قبل بدء اللحام بحوالي ٢٠ ثانية.
- يجب انتهاء ضخ غاز الحجب بعد حوالي ١٠ ثواني من انتهاء القوس الكهربي.
- عند اللحام بدون معدن حشو، يتم تثبيت القطب بزاوية ٩٠ درجة إلى اللوح المعدني، من أجل الحد من استهلاك أقطاب التنجستن.
- لا يجب وقف تدفق غاز الأرجون مباشرة بعد نهاية اللحام، وينبغي أن يتم ذلك بعد ١٠- ١٥ ثانية، عندما يتم تبريد نهاية القطب بالفعل.
- يتم تحديد شدة التيار من خلال المواد المطلوب لحامها.
- من الضروري العمل على تيار مباشر من قطبية مباشرة مع سبائك الصلب وسبائك الألمنيوم.
- تحتاج عناصر من المعادن غير الحديدية مثل الألمنيوم إلى معالجة التيار المتردد (المتناوب)، حيث سيساهم بفاعلية أكثر في اختفاء طبقة الأكسيد.
- إذا تم اختيار الأرجون للحام التيار المتردد(المتناوب)، يجب أن ينتقل المذبذب بعد إشعال القوس إلى وضع المثبت.
- يتم تغذية مشعل اللحام بالتساوي على طول خط التماس مع تغذية سلك اللحام.
- لا يمكنك قدح القوس من خلال لمس طاولة العمل كما يتم في لحام القوس الكهربي، لهذا يستخدم مذبذب يوفر نبضة إلى الالكترود (القطب) الذي لا يقل تردده عن ١٥٠ كيلو هرتز، والجهد عن ٢٠٠٠ فولت.
- يقدح القوس عندما يلامس القطب المعدني سطح الشغلة، وبعد ذلك يتم تحريك القطب، مع الحفاظ على طول القوس ١,٥-٢ مم.
- من الأفضل حمل سلك الحشو (الالكترود) أمام مشعل اللحام بزاوية على وصلة اللحام وليس بشكل مستقيم.
- يميل سلك الحشو (الالكترود) ومعدن اللحام بزاوية ١٥-٣٠°، ويميل القطب بزاوية من ٧٠-٨٠° على مستوى سطح اللحام كما هو مبين في (شكل رقم ١١).



شكل رقم ١١: يبين زاوية العمل وزاوية الطورش وزاوية ميل الكترود اللحام

- عند استخدام سلك حشو (الكترود) خارجي، يجب أن يكون السلك من نفس سبيكة المعدن المراد لحامه.
- عند لحام المعادن غير الحديدية التي لها سماكة صغيرة، يمكن الاستغناء على استخدام أسلاك الالكترود المالئة.
- من الأفضل وضع الكترود اللحام على خط التماس، وفي هذه الحالة، يحمي تدفق الأرجون بشكل أكثر فاعلية معدن الصهر للقضيب والمعدن المراد لحامة.
- يتم إدخال المعدن في بركة اللحام بالتساوي ويتحرك على طول خط التماس أمام الناسخ.
- لا يمكن القيام بالحركة المستعرضة بالالكترود عند استخدام لحام الأرجون، وكذلك مع سلك الحشو لأن الحركة الجانبية يمكن أن تؤدي إلى خطر دخول الأكسجين وتسبب الأكسدة اللاحقة لمعدن اللحام.
- يجب عدم شحذ سن الكترود التنجستن المستخدم في لحام التيج وجعل رأسه مدببا لان هذا يشتت قوس اللحام، بل يجب أن يكون طرف قضيب التنجستن مشطوفا وطول النهاية المخروطية له يساوي من ٢ إلى ٠,٥ القطر كما هو مبين في (شكل رقم ١٢).



شكل رقم ١٢: شكل طرف الكترود التنجستن الغير مستهلك

- يجب التذكير أنه كلما كان حجم القوس كبير، كلما زاد عمق اختراق المادة، وبالتالي، يكبر اللحام ويصبح غير موثوق به، لذلك فإن قطب التنجستن غير المستهلك يجب أن يكون قريبا من سطح الأجزاء المطلوب لحامها، ويفضل أن يكون على مسافة ٢ مم منها.
- لا يجب أن يلمس قطب التجستن (القطب غير المستهلك) عند لحام الأرجون سطح المعدن، لأنه إذا لامس التنجستن سطح المعدن فإن المعدن سوف يتطاير بعيدا كشرر وسوف يتأين القطب قليلا بسبب الشرارة.
- يجب تحريك مشعل اللحام ببطء على طول خط التماس، ويجب أن يغذي سلك الحشو باستمرار وبرفق وتجدر الإشارة إلى أن سرعة الحركة عند تغذية السلك ستؤدي إلى تشتت المادة.
- لتحسين جودة اللحام والموثوقية في لحام التيج فأن الكترود التنجستن يطلى بطبقة حماية من الأكاسيد oxides من السيرم cerium، ذركونيوم zirconium، ثوريوم thorium أو أي عناصر أخرى.

شكل رقم ١٣: أقطاب التنجستن بقطر ٣ مم وطول ٧٥ مم

- يتم إجراء لحام يدوي من الصلب المقاوم للصدأ والمقاوم للحرارة مع القطب الكهربائي التنجستن في الأرجون على تيار مباشر من قطبية مباشرة؛ يمكن أيضا إجراء اللحام على تيار متناوب، ولكن باستخدام مذبذب.
- يتم لحام وصلات الصلب (الفولاذ) الذي يزيد عن ٣ مم مع قطب كهربائي قابل للاستهلاك من أسلاك الصلب المقاوم للصدأ في تيار مستمر مع قطبية معكوسة.

- يتم إعطاء أنماط اللحام اليدوي عن طريق قطب التنجستن من الصلب المقاوم للصدأ الرقيق في الأرجون لدرزات اللحام على مستوى عمودي.
- يتم تخفيض التيار بنسبة ١٠-١٥ ٪، لوصلات اللحام فوق مستوى النظر بنسبة ٢٠ %.
- يمكن لحام السبائك الرقيقة مع قطب التنجستن كهربائي الغير قابل للاستهلاك بدون سلك حشو.
- عند استخدام سبائك اللحام الخفيفة ذات السمك الصغير، يتم استخدام نفس أنواع الوصلات، كما في حالة لحام الصلب المقاوم للصدأ ذي السمك الرفيع.
- يتم لحام الأجزاء بسماكة من ٠,٥ إلى ٤ مم بدون شطف، وللسمك أكبر من ٤ إلى ١٢ مم يعمل شطف على شكل حرف V، وللألواح بسمك ١٢-٢٠ ملم تشطف من الجانبين على شكل حرف X، وللألواح ذات السمك أكثر من ٢٠ مم تشطف X-silt على شكل حرف U.
- من أجل لحام سبائك الألمنيوم المعالجة بالحرارة، يتم استخدام سلك ألومنيوم من S-AK-5 يحتوي على ما يصل إلى ٥٪ من السيليكون.
- يتم إجراء اللحام في جهاز يقوم بربط الألواح الملحومة بالموضع المطلوب. وضعت الألواح على بطانة من الصلب المقاوم للصدأ، والتي يكون بها تجويف (أخدود) على طول خط اللحام وتوفير تشكيل الجانب الخلفي من خط اللحام.
- استهلاك الأرجون لجميع السماكات هو ١٢ لتر / دقيقة، في حالة التيار المتغير.
- عند لحام سبائك خفيفة مع قطب التنجستن، يتم استخدام تيار متناوب ومذبذب.
- لحام سبائك خفيفة مع قطب كهربائي قابل للاستهلاك. يتم لحامها مع الكترود مستهلك من السلك من نفس نوع سبيكة مادة اللحام مثل القطب الملحوم في تيار مستمر من قطبية عكسية.

شروط اللحام الجيد

هناك عوامل عدة يجب مراعاتها للحصول على لحام صحيح وجيد وهي كالتالي:

١. سلك التعبئة مطابق لنوع ومواصفات المعدن المراد لحامة.
٢. تيار مناسب لنوع المعدن (متردد أو مستمر).
٣. شدة تيار (أمبير) مناسب لسمك المعدن.
٤. ضغط الغاز المناسب.
٥. طريقة إشعال القوس الصحيحة.
٦. زوايا اللحام الصحيحة.
٧. طول القوس المناسب.
٨. سرعة اللحام المناسبة.
٩. التسلسل المناسب للتغذية بسلك اللحام (الدرزات).

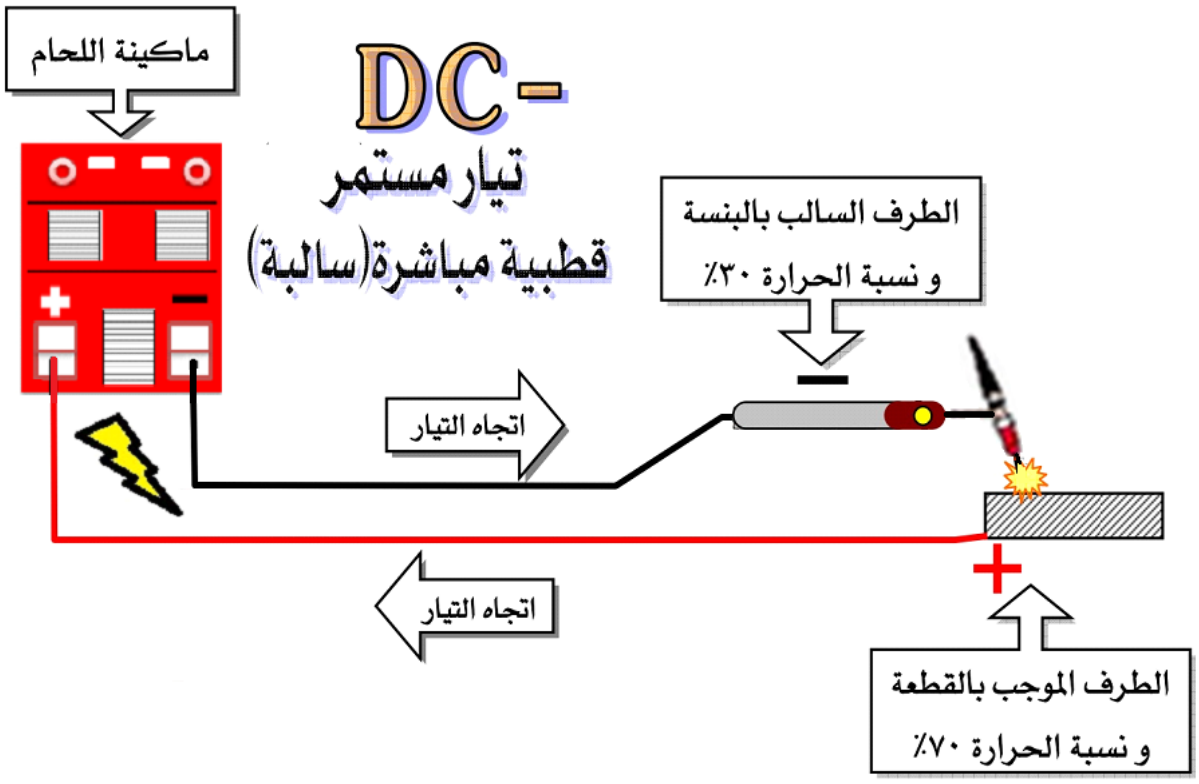
١٠. فني لحام مدرب جيدا لمستوى مهاري يؤهله لتنفيذ لحام التيج.

التيارات المستخدمة في آلات لحام التيج TIG

إن من أهم العوامل في عملية اختيار نوعية التيار اختيار نوع المعدن المراد لحامه، وتوجد ثلاثة اختيارات لتيار اللحام عند استخدام طريقة اللحام بالتيج Tlg هي:

أ. التيار المستمر/ القطبية المباشرة: Negative Direct current (-DC)

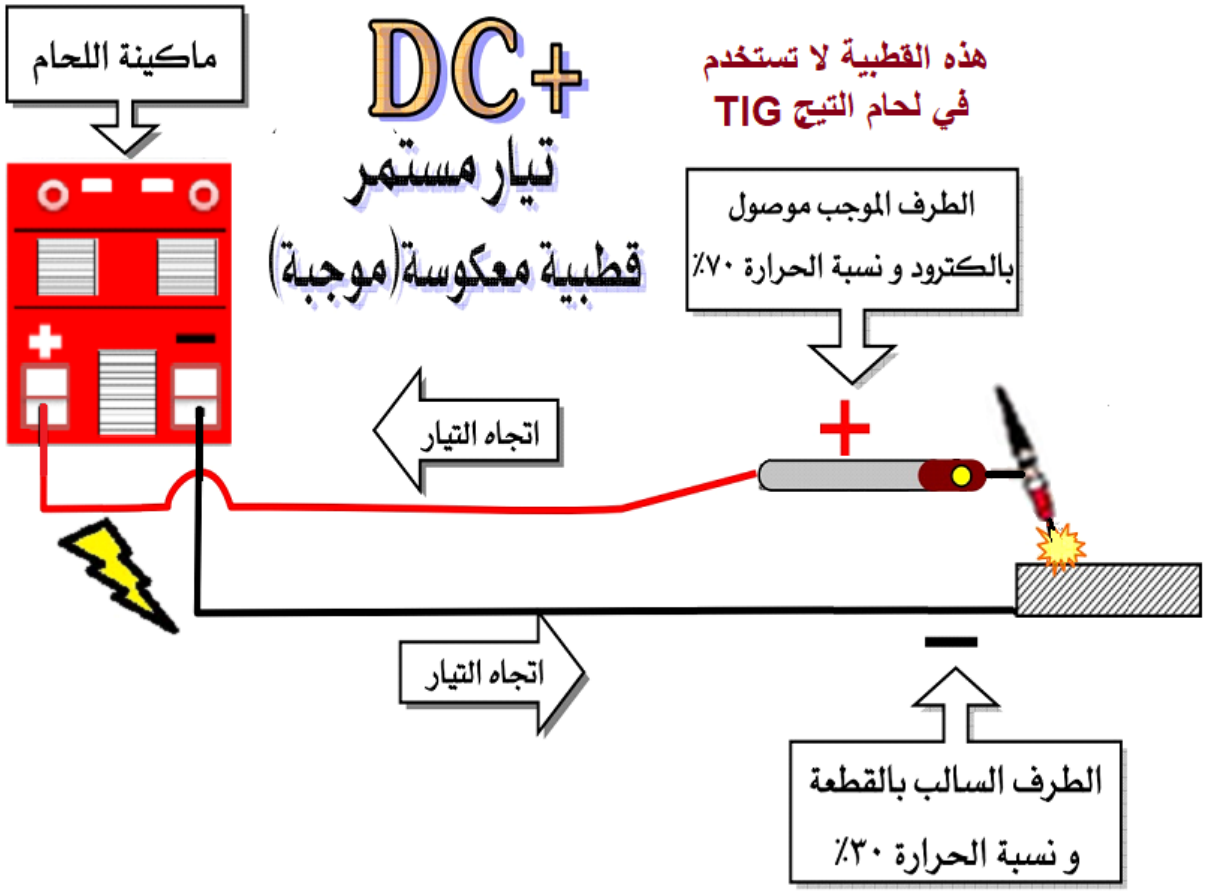
ويرمز لها بالتالي (-CD) وتستخدم هذه القطبية في لحام جميع المعادن عدا الألمنيوم والمغنسيوم، ولاستخدام هذه القطبية يوصل موصل التيار والغاز (كابل) المشعل بالطرف السالب على المصدر بينما يوصل موصل (كابل) الأرضي (بقطعة العمل) على الطرف الموجب، وهذا يعتمد على نوع الآلة المستخدمة، لأن بعض آلات اللحام مصممة بحيث يكون تغيير القطبية بتحريك مفتاح أو ذراع بدلا من عمليات توصيل الموصلات مكان بعضها البعض في التيار المستمر القطبية المباشرة (المستقيمة)، ويتركز ما مقداره ٧٠% تقريبا من الحرارة في الطرف الموجب بينما ما مقداره ٣٠% تقريبا يكون في الطرف السالب كما هو مبين في (شكل رقم ١٤)، وهذا نتيجة انتقال التيار من الطرف السالب إلى الطرف الموجب، لهذا فأنه عند استخدام القطبية المباشرة يكون المقدار الأكبر من الحرارة موزعا بقطعة العمل وهذا يمكن عن طريقه الحصول على اختراق عميق، والنسبة القليلة من استخدام القطبية العكسية أو التيار المترد د، وهذا يجعله قادرا على تحمل مقدار الحرارة الزائدة عن حجمه أو مقاسه، وهذه القطبية هي التي نستخدمها في لحام الحديد المقاوم للصدأ (استانلس استيل).



شكل رقم ١٤: ماكينة تعمل بتيار مستمر قطبية مباشر

ب. التيار المستمر/ قطبية معكوسة: Positive Direct Current (+DC)

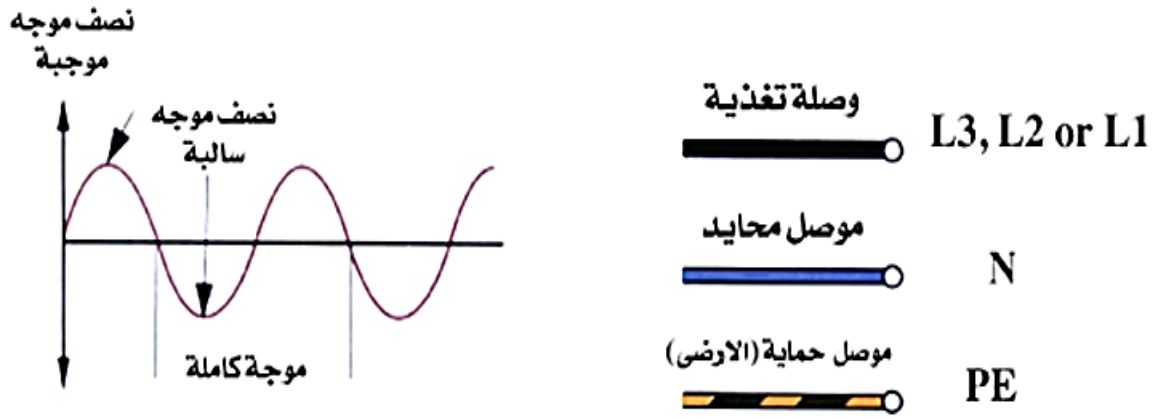
ويرمز لها بالتالي (+DC) وتستخدم هذه القطبية بوصل مشعل لحام التيج إلى الطرف الموجب، والأرضي بالطرف السالب) اتجاه التيار من الطرف السالب إلى الطرف الموجب) كما هو مبين في (شكل رقم ١٥) ونظرا لان مشعل التيج موصل بالطرف الموجب من القوس فإن المقدار الأكبر من الحرارة أي ما نسبته ٧٠% تقريبا يكون على قطب التنجستن، وفي القطبية المعكوسة تصل حرارة أقل لقطعة العمل أي ما نسبته ٣٠% وينتج عن ذلك اختراق سطحي، ومما تقدم فإن هذه القطبية لا تستخدم في اللحام بسبب ازدياد الحرارة على قطب التنجستن مما يسبب انصهاره، وترسيب قطرات صغيرة منه في بؤرة اللحام وهذا يظهر عيوب في خط اللحام.



شكل رقم ١٥: ماكينة تعمل بتيار مستمر قطبية معكوسة

ج. التيار المتردد: Alternative Current (AC)

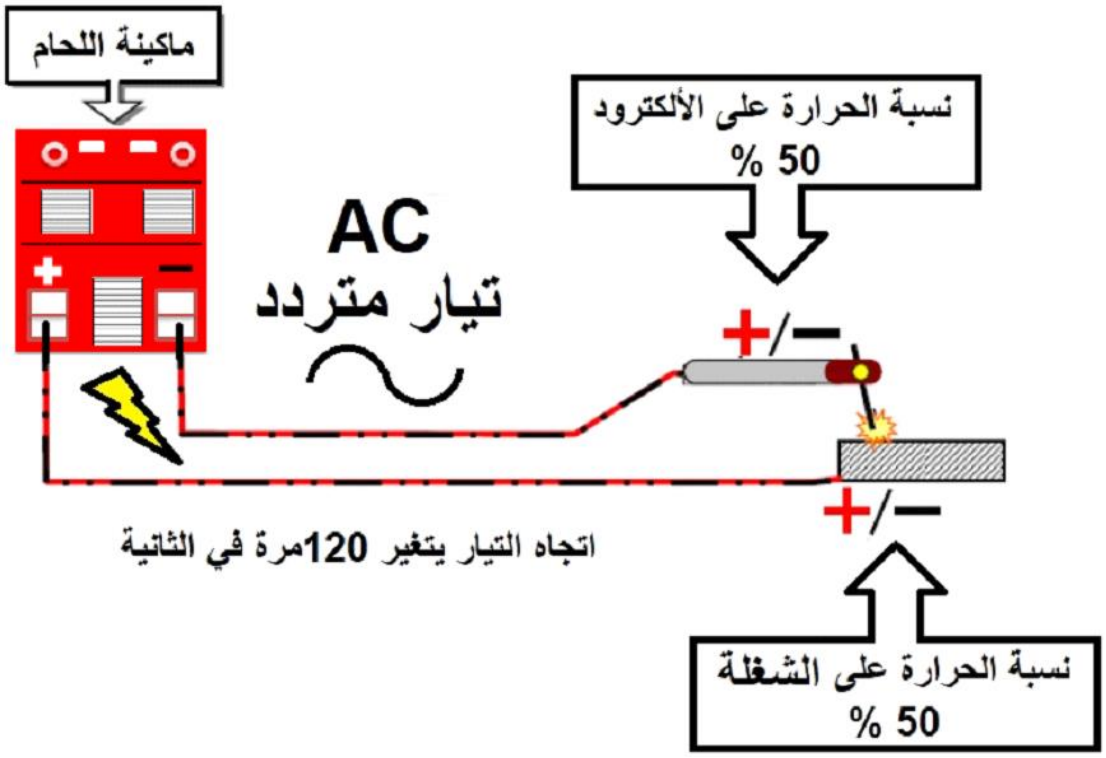
ويرمز له بالتالي (AC) ويطلق على هذا النوع من التيار عدد من التسميات حيث أن البعض يسميه التيار المتغير والبعض الآخر يطلق عليه التيار المتردد أو التيار المتناوب، جميع هذه التسميات صحيحة ويمكن استعمالها عند العمل على هذا النوع من التيار، فإن عبارات مثل قطب سالب وقطب موجب والتي كانت شائعة أثناء استخدام التيار المستمر تفقد دلالتها وأهميتها، وذلك لأن التيار المتناوب يغير اتجاه تدفقه باستمرار من موجب إلى سالب وبالعكس خلال الموجة الكاملة، هنالك نصف موجب والنصف الأخر سالب كما هو مبين في (شكل رقم ١٦).



شكل رقم ١٦: تيار متردد (متناوب) ذو الطور الواحد Single phase alternating current

أي بما معناه أن في النصف الأول من الموجة تكون القطبية معكوسة، وعندما يكون التيار على النصف السالب مباشرة، لهذا يمكن القول إنه في الموجة الواحدة يكون هنالك وقت تكون فيه القطعة سالبة والقطب موجبا (نصف الموجة العلوي)، ووقت يكون فيه القطب سالبا والقطعة موجبة.

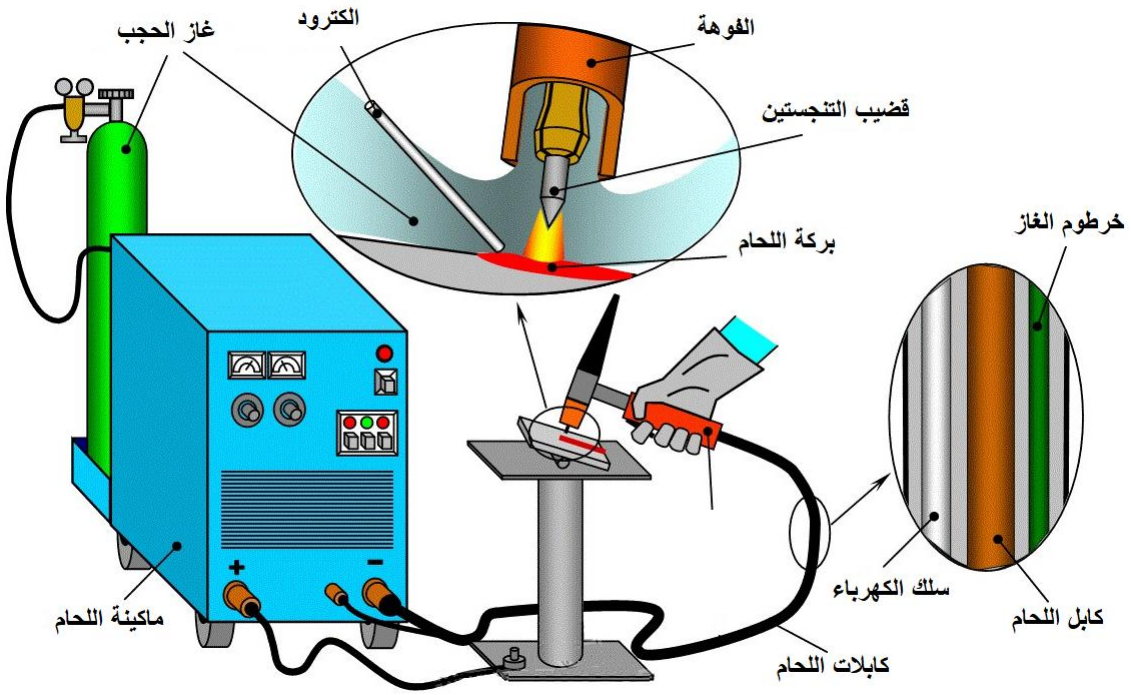
وهذا التناوب يحدث ١٢٠ مرة في الثانية خلال سريان التيار، لهذا يطلق عليه التسميات المذكورة أعلاه، ويوضح (شكل رقم ١٧) مخطط توصيل التيار المتردد (وهذا التيار يستخدم للحام الألمنيوم).



شكل رقم ١٧: آلة تعمل بتيار متردد

مكونات نظام اللحام بالأرجون TIG Welding components

يوجد في نظام اللحام بالأرجون ماكينات صغيرة الحجم وأخرى كبيرة الحجم للأحمال الكبيرة والإنتاج الكمي. ويوضح (شكل رقم ١٨) مكونات منظومة اللحام بالتيج.



شكل رقم ١٨: مكونات منظومة اللحام بالتيج TIG

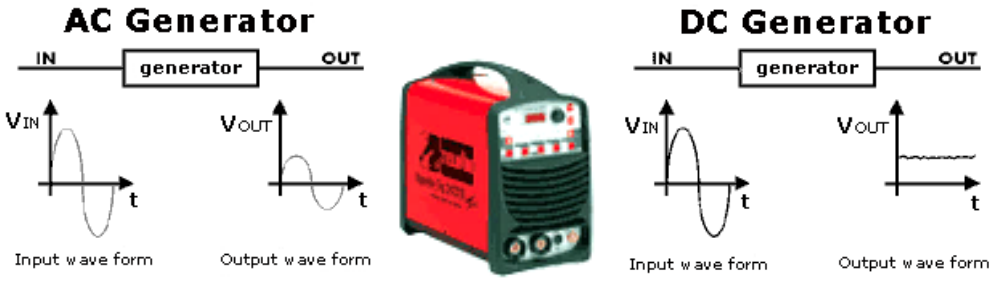
- أسطوانة غاز الحجب (الأرجون) ويستخدم الهليوم أحيانا.

شكل رقم ١٩: أسطوانات الحماية (ارجون وهليوم)

- منظم ضغط الأسطوانة.

شكل رقم ٢٠: منظم ضغط غاز الأرجون

- مولد ماكينة اللحام (توفر تيار متردد وتيار مستمر).



شكل رقم ٢١: مولد ماكينة اللحام

- طورش اللحام Welding torch.

شكل رقم ٢٢: طوش اللحام

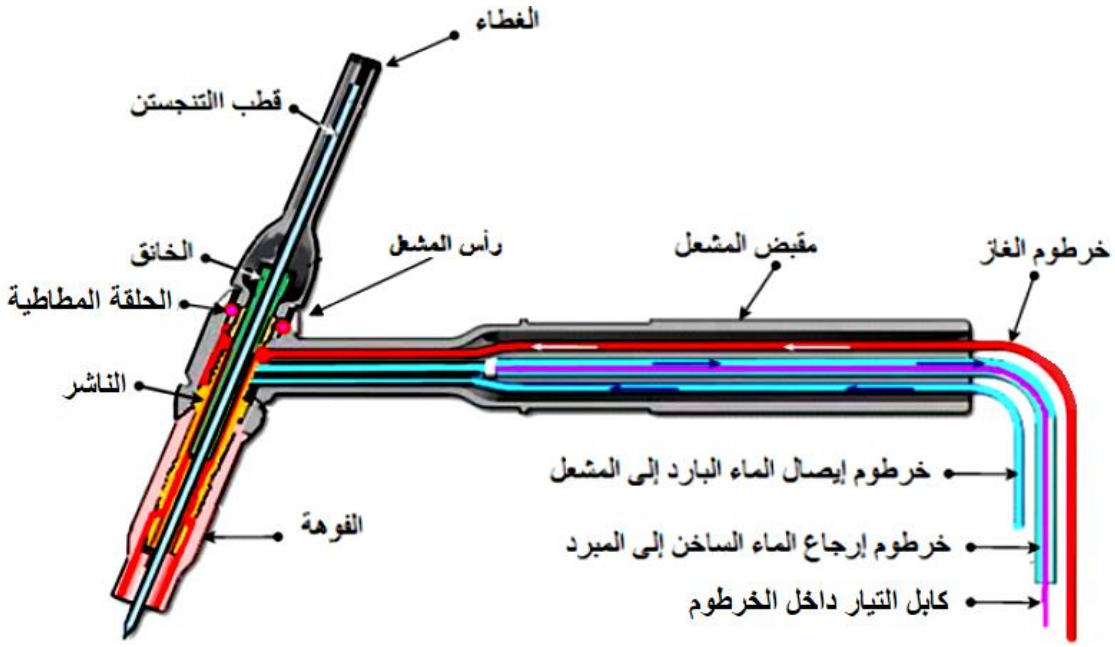
- الأقطاب الكهربائية المصنوعة من التنجستن، ويتم اختيار القطر حسب سمك المواد المراد لحامها.
- كابلات توصيل للطورش وماسك الشغلة الأرضي.

شكل رقم ٢٣: كابلات الطورش والأرضي

هذا بالإضافة إلى:

- سلك حشو الكترود: يكون من مادة مشابهة لوصلات المواد المراد لحامها وبالحجم المطلوب.
- نظارات وقفازات اللحام.
- الأجهزة المساعدة والملحقات.

ويكون الكابل المتصل بالطورش ذو سمك أكبر من كابل الأرضي لاحتوائه على كابل كهربي متصل بالطرف السالب بالماكينة وخرطوم غاز الأرجون بالإضافة إلى خرطوم التبريد في ماكينات اللحام الكبيرة كما هو موضح في (شكل رقم ٢٤).

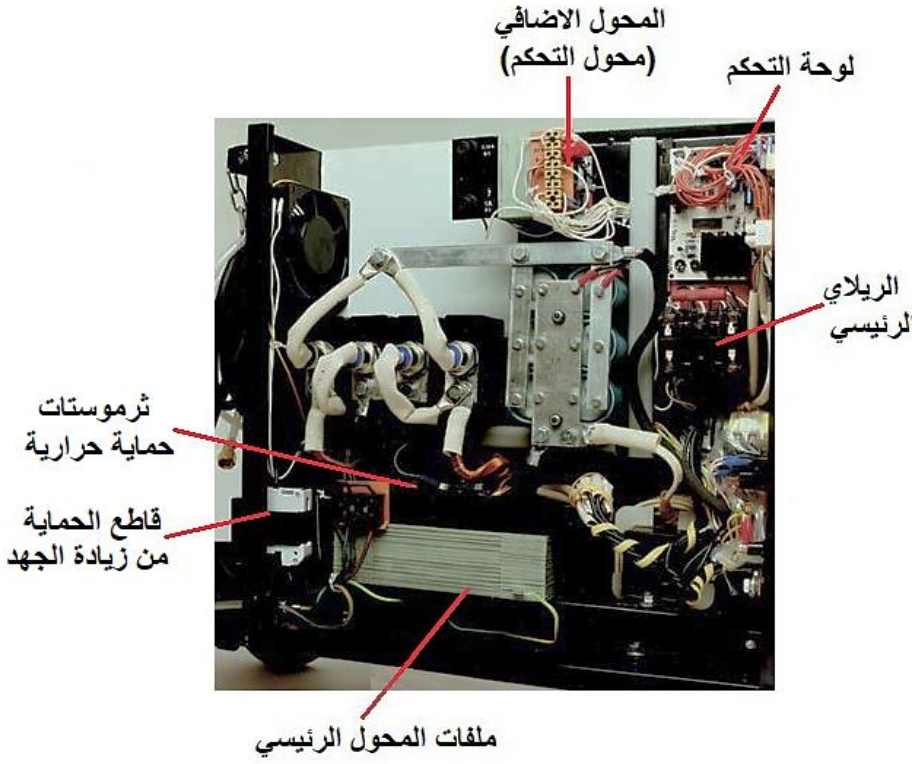


شكل رقم ٢٤

١- وحدة توليد الطاقة (ماكينة اللحام وملحقاتها):

١-١ مولد ماكينة اللحام:

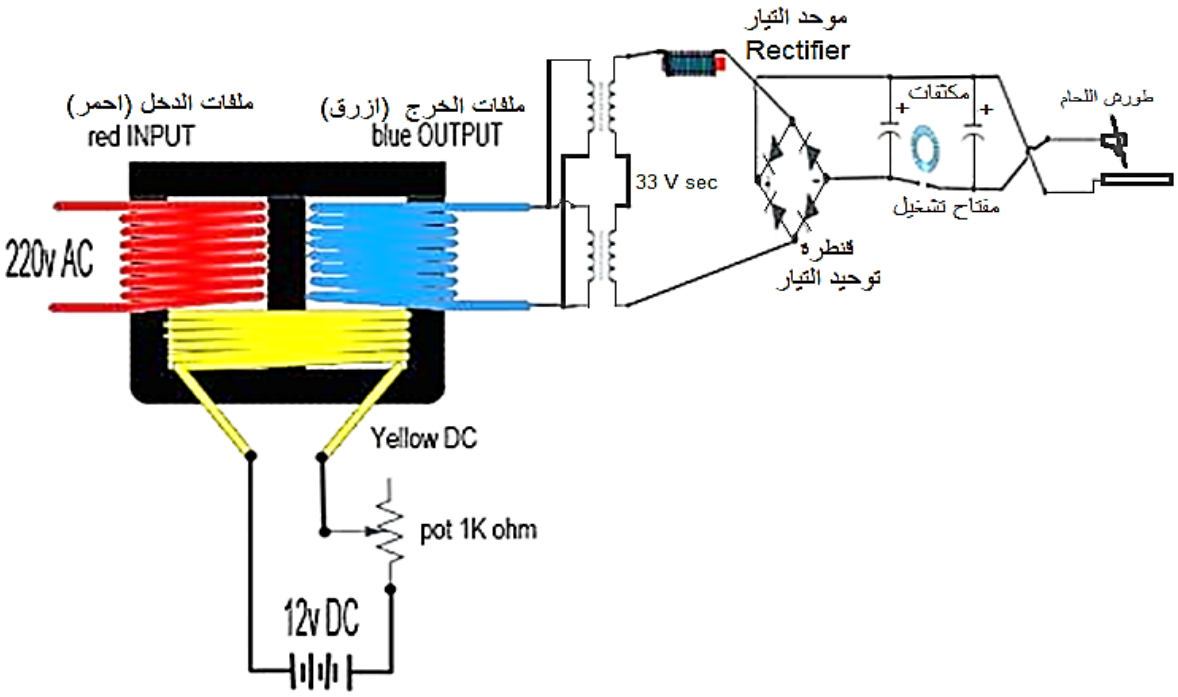
إن الغرض الأساسي من وجود ماكينة اللحام كمصدر للطاقة هو توفير الطاقة الكهربائية المناسبة من الجهد والتيار (الفولت والأمبير) للحفاظ على استمرارية وجود (اشتعال) القوس الكهربائي، ويفضل استخدام وحدة عامة يمكن فيها التبديل بين وحدة توليد التيار المتردد (AC) ووحدة توليد التيار المستمر (DC) ومناسبة لجهد التشغيل الخاص بالشبكة.



شكل رقم ٢٥: المكونات الداخلية لوحدة توليد الطاقة

ويوجد داخل جسم مولد ماكينة اللحام الأجزاء التالية والمبين معظمها في (شكل رقم ٢٦):

- المحول الرئيسي (٦٠-٧٠ فولت)
- محول إضافي، والذي سيكون مطلوبا لتشغيل أجهزة التحويل وتغذية لوحة التحكم وعناصر التحكم
- مرشح الاستقرائي والسعة (مكثف) Capacitor
- قواطع الطاقة للحماية من زيادة الجهد Circuit breaker protection
- المقوم أو الموحد (٢٤ فولت) Rectifier
- مذبذب / قواطع Oscillator
- عدادات قياس التيار والجهد الكهربائي

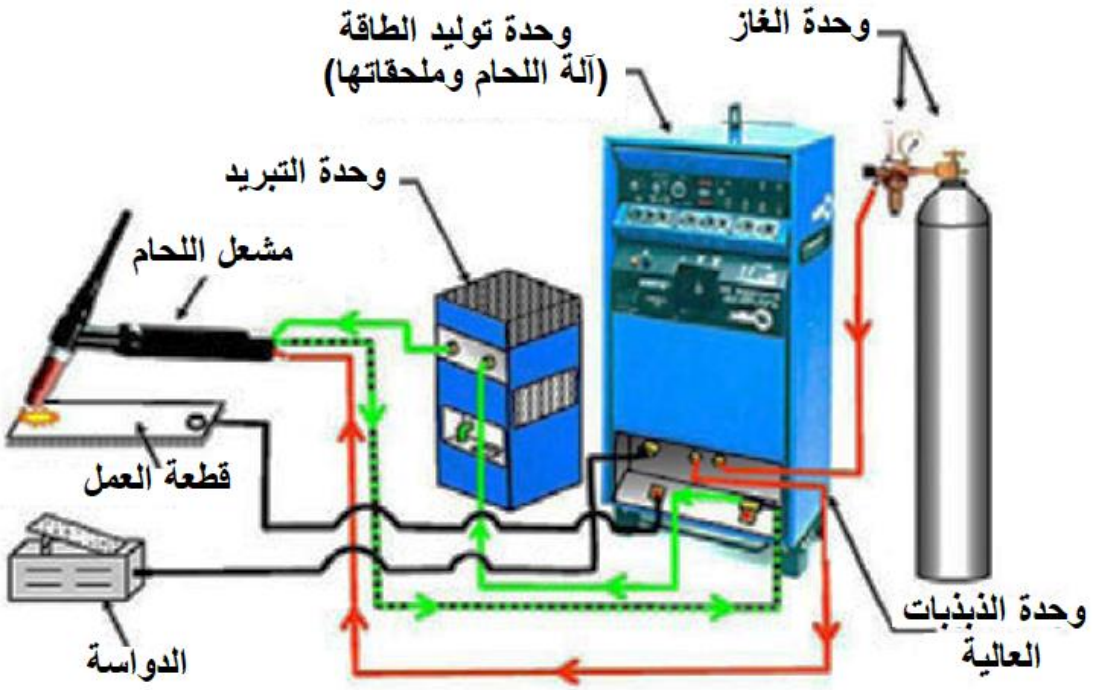


شكل رقم ٢٦: الدائرة الكهربية لمولد ماكينة اللحام

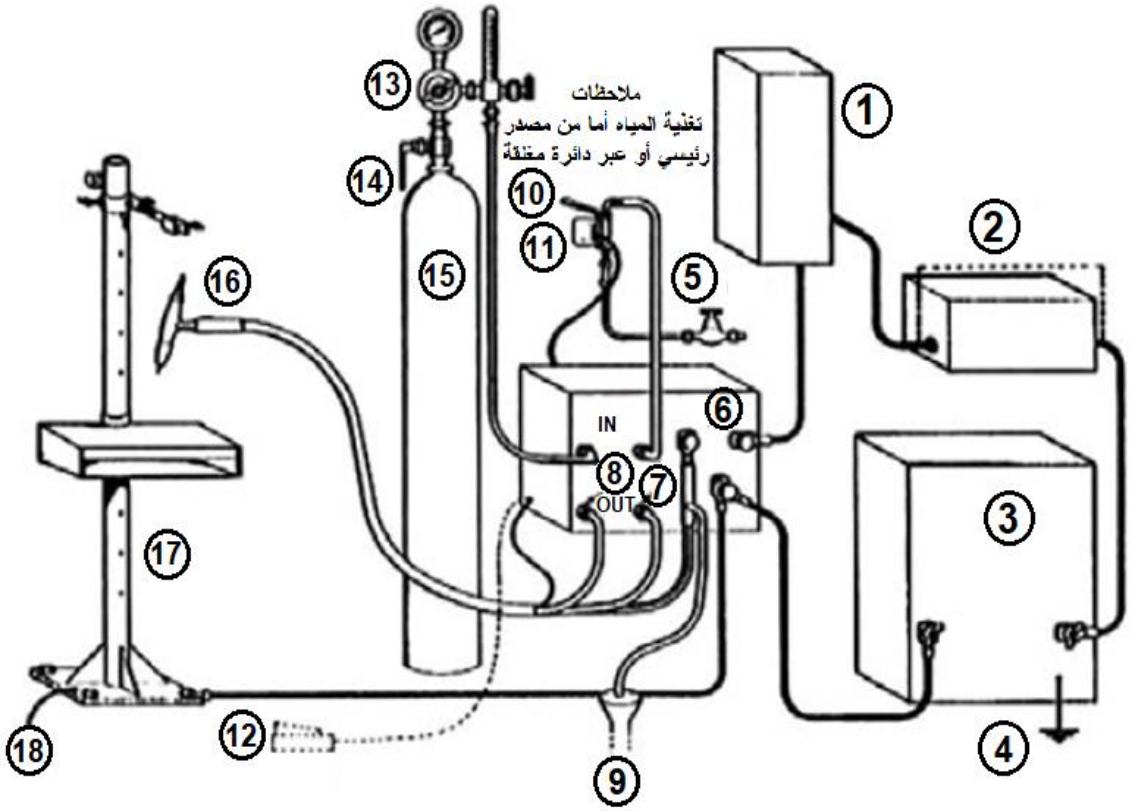
- بطارية تيار مستمر، لا يهم ما إذا كان في حالة العمل أم لا، حيث أن هناك حاجة إلى البطارية لتضمين متتابع في الدائرة الكهربائية من أجل الحد من عنصر التيار المستمر للتيار
- الجهاز الذي ينظم مدة تدفق الغاز
- صمام الغاز الكهربائي للتيار المتناوب (المتردد) أو التيار المباشر
- وحدة التبريد Cooling unit

شكل رقم ٢٧: وحدة تبريد منفصلة

ويوضح (شكل رقم ٢٨) صورة توضيحية لنظام اللحام بالتيج و(شكل رقم ٢٩) يوضح رسم تفصيلي لأحد ماكينات لحام التيج المزودة بوحدة تبريد لطورش اللحام. كما يوجد دواسة تستخدم لفتح واغلاق الدائرة الكهربائية بديلة عن المفتاح اليدوي الموجود على الطورش.



شكل رقم ٢٨: منظومة اللحام بالتيج TIG



1- وحدة توصيل.
2- وحدة رفع الطاقة للتيار المتردد.
3- مصدر الطاقة للتيار المتردد أو التيار المستمر مولد أو محول.
4- تأريض.
5- تدفق المياه.
6- وحدة الذبذبات العالية.
7- ماء.
8- أرجون.
9- مخرج تصريف المياه.
10- مثبت.
11- مفتاح تدفق المياه.
12- دواسة فتح وإغلاق كهربائية بديلة عن المفتاح اليدوي على المشعل
13- منظم غاز الأرجون.
14- مشعل.
15- أسطوانة الأرجون.
16- مشعل يبرد بالماء بمفتاح تحكم باليد.
17- حامل قطع العمل الموضعي.
18- تأريض مباشر إلى الأرض.

شكل رقم ٢٩: مخطط تفصيلي للمكونات الأساسية والملحقات لنظام اللحام بالتيج

١-٢ المذبذب Oscillator:

يولد نبضات عالية الجهد، والتي يتم تغذيتها إلى القطب لإشعال القوس ويجعلها أكثر استقرارا وبالتالي يسهل عملية اللحام، ويتحقق ذلك عن طريق لمس القطب مع سطح اللحام. وقد يتلوث القطب الكهربائي التنجستن من غير مذبذب.

١-٣ لوحة التشغيل بماكينة لحام التيج:

لوحة التشغيل في آلة اللحام تختلف من شركة إلى أخرى لكنها متشابهة من حيث مبدأ العمل والتشغيل وتحتوي على مفتاح التشغيل، ومفتاح تغير نوع التيار (تيار مستمر/تيار متردد)، عدادات قياس التيار (الأمبير) الفولت، لمبات بيان، مخارج وصلات كابلات الموجب والسالب وخط غاز الحجب.

شكل رقم ٣٠: لوحة التحكم لماكينة اللحام بالأرجون

٢- المشاعل (الطورش) وأنواعها:

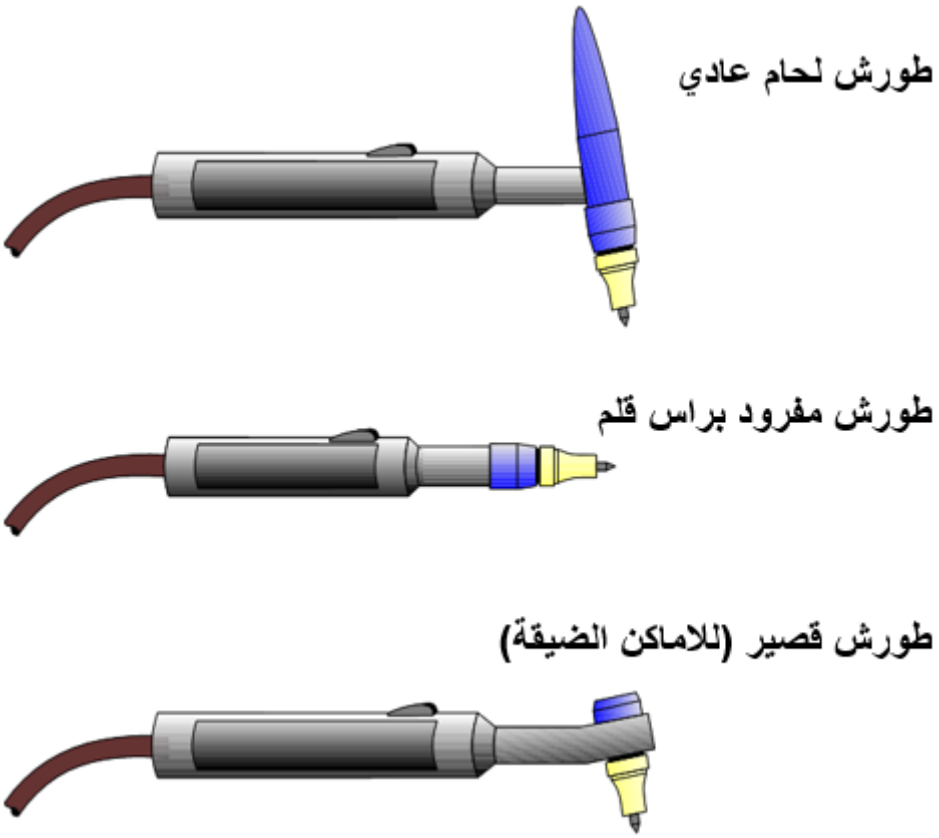
يتضمن تصميم مشعل اللحام من قطب كهربائي من التنجستن بارز من فوهة السيراميك بطول من ٣-٤مم، وحاقن للأرجون، ووحدة تزويد بالغاز الحالي وزر يعمل بالغاز.

شكل رقم ٣١: مشعل الأرجون

تتوفر مشاعل لحام التيج بأشكال وأحجام مختلفة على حسب حاجة العمل، والمهمة الأساسية للمشعل هي إيصال كل من التيار وغاز الحجب إلى منطقة القوس، والمشاعل مصممة صناعيا حسب قدرتها وما تستطيع تحمله من التيار، فالمشاعل المحددة بطاقة قصوى لا تزيد عن ٢٠٠ أمبير تستخدم للأعمال الخفيفة، بينما المشاعل التي تزيد عن (٢٥٠/٥٠٠) أمبير مخصصة للأعمال الثقيلة التي تحتاج إلى تيار عالي وتنقسم المشاعل صناعيا إلى ثلاثة أنواع مختلفة هي:

أ. **مشاعل اللحام اليدوية:**

تستخدم مشاعل اللحام هذه على نطاق واسع في المجالات الصناعية الإنتاجية وفي مجالات التدريب، وهي مزودة بمقابض يدوية تمكن فني اللحام من توجيه القوس إلى منطقة اللحام. وتتوفر مشاعل اللحام اليدوية بأنواع وأشكال وأحجام مختلفة كما هو مبين في (شكل رقم ٣٢)، ومنها الطورش العادي ويتوفر بزوايا تتراوح بين ٦٠، ٩٠، ١٢٠ درجة حسب العمل المراد إنجازه، ومنها المستقيم أو ما يسمى مشعل رأس القلم أي أنه يشبه القلم كما ويمسك باليد كما يمسك القلم، ومنها المشعل (طورش) اللحام ذي الرأس الصغير المستخدم للحام في الأماكن الضيقة.



شكل رقم ٣٢: مشاعل اللحام اليدوية

وتتم عملية اللحام في هذا النوع من المشاعل بإمساك المشعل بيد وسلك المليء باليد الأخرى كما هو مبين في (شكل رقم ٣٣) وهي تستخدم لمعظم عمليات اللحام.

شكل رقم ٣٣: عمليه اللحام بالتيج

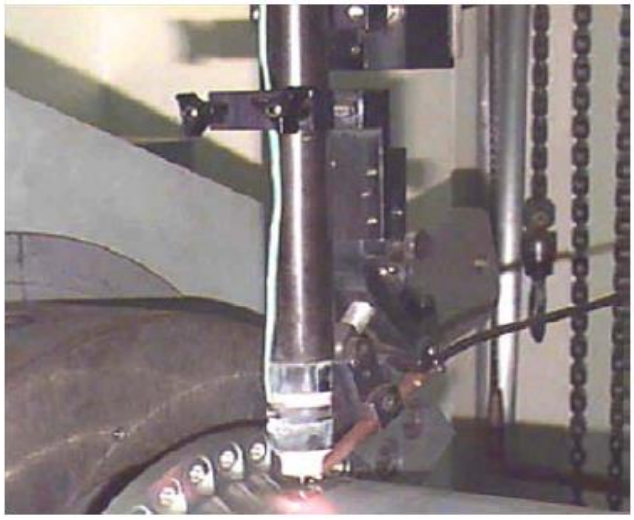
ب. **مشاعل اللحام النصف آلية:**

هو عبارة عن مشعل يحرك باليد كما هو مبين في (شكل رقم ٣٤). ويستخدم كما يستخدم مشعل اللحام اليدوي عدا أن هذا المشعل يحتوي على جهاز تغذية صغير تركب به بكرة أسلاك، هذا الجهاز يغذي السلك إلى بؤرة اللحام آليا، والعمليات الأخرى تتم يدويا.

شكل رقم ٣٤: مشعل لحام نصف آلي

ج. **مشاعل اللحام الآلية:**

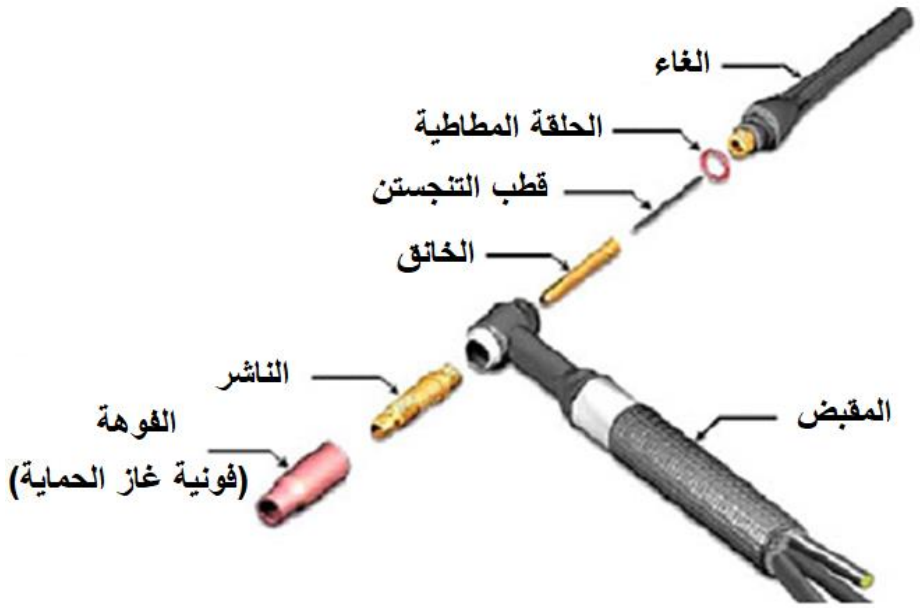
هي عبارة عن مشعل يركب على آلة تعمل على تحريكه على طول وصلة اللحام كما هو مبين في (شكل رقم ٣٥)، لهذا فإن الآلة تقوم بعمل اللحام بالكامل، وعلى فني اللحام ضبط التيار والمسافة بين المشعل وقطعة العمل، ومراقبة الآلة أثناء عملية اللحام، ويستخدم هذا النوع من المشاعل في المصانع الإنتاجية التي يتكرر فيها نوع معين من خطوط اللحام بكميات كبيرة.



شكل رقم ٣٥: مشعل لحام آلي

أجزاء مشعل اللحام بالتيج TIG Tourch:

يتكون مشعل اللحام بالتيج من عدة أجزاء كما هو مبين في (شكل رقم ٣٦) هي كالتالي:



شكل رقم ٣٦: أجزاء مشعل اللحام

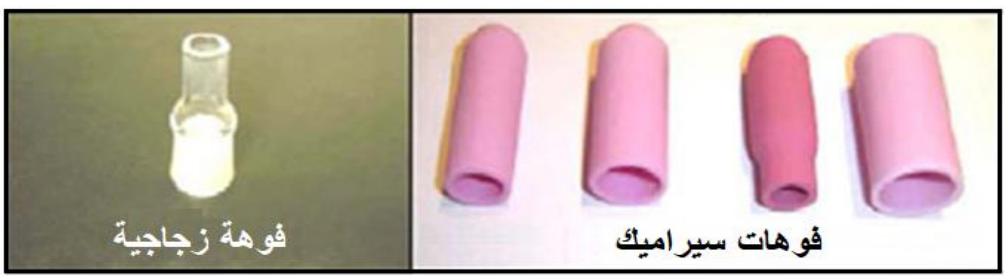
أ. **المقبض:**

هو عبارة عن أنابيب تتصل برأس المشعل كما هو مبين في (شكل رقم ٣٧)، مصنوعة من معدن النحاس ومغطاة بأنبوب من البلاستيك المتين والعازل أو من مادة الفيبر، وتسمى بجسم المشعل، وصنعت هذه المواد لكي تتحمل الحرارة العالية إضافة إلى تخفيف وزن المشعل وتسهيل عملية مسكه وتوجيهه.

شكل رقم ٣٧: المقبض

ب. **الفوهة (نفاث الغاز):**

تصنع الفوهات عادة من السيراميك أو المعدن أو الزجاج، ومهمتها على اختلاف أنواعها ومقاساتها هي توصيل وتوجيه غاز الحجب لمنطقة القوس، إضافة إلى توفير الحماية الكافية لكل من قطب التنجستن وبؤره اللحام من تأثيرات العوامل الجوية وذلك بتركيز وتمرير الغاز على منطقة محصورة، ويبين (شكل رقم ٣٨) أشكال مختلفة للفوهة.



شكل رقم ٣٨: نفاث الغاز

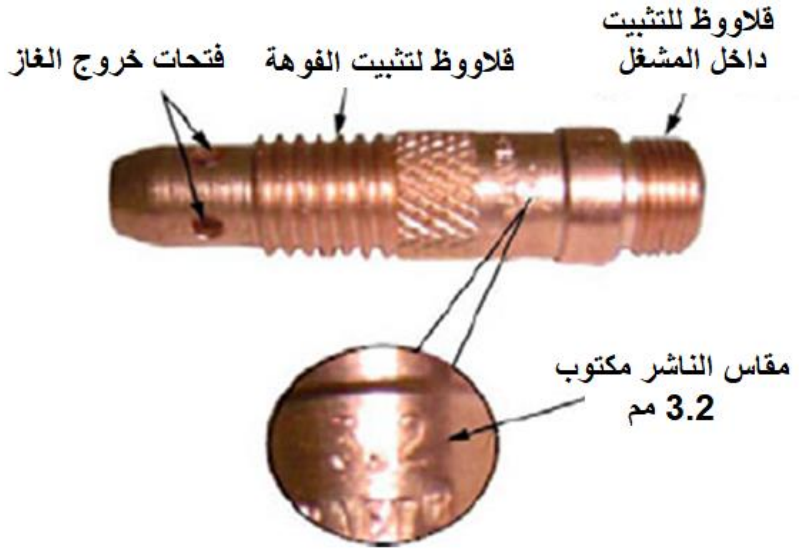
والجدول التالي يوضح مقاس قطر فوهة السيراميك تبعا لقطر قطب التنجستن، مع ملاحظة ضرورة اتباع تعليمات الشركة الصانعة حسب تصميم الفرد.

Tungsten Electrode Diameter قطر قطب التنجستن	Cup Orifice Diameter قطر عظمة السيراميك
1/16 (1.6mm)	1/4 ~ 3/4 (6.4 ~ 9.5mm)
3/32 (2.4mm)	3/8 ~7/16 (9.5 ~ 11.5mm)
1/8 (3.2mm)	7/16 ~ 1/2 (11.5 ~ 12.7mm)
3/16 (4.8mm)	1/2 ~ 3/4 (12.7 ~ 19mm)

جدول رقم ١: مقاس قطر فوهة السيراميك تبعا لقطر قطب التنجستن

ج. **الناشر:**

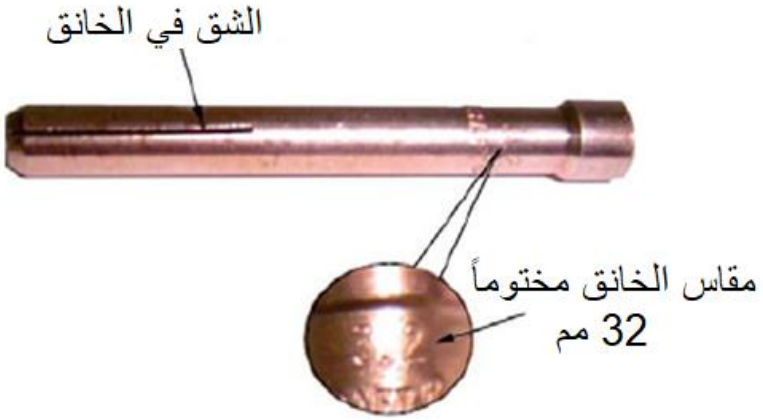
ويسمي أحيانا جسم الخانق وهو يختلف من مشعل إلى آخر حسب نوع المشعل وصناعته، ويكون على شكل أنبوب بفتحات جانبية لنفاذ الغاز وتوزيعه ومسنن من أحد الأطراف لتركيبة وربطه برأس المشعل كما هو مبين في (شكل رقم ٣٩). وعمله هو إمساك قطب التنجستن إضافة إلى توزيع الغاز داخل الفوهة، ويعمل على توصيل التيار للقطب ويتوفر بمقاسات وأقطار مختلفة تتناسب مع أقطار أسياخ التنجستن المختلفة، كما يجب تغيير الناشر والخانق في كل مرة يتم فيها تغيير مقاس القطب.



شكل رقم ٣٩: الناشر

د. **الخانق:**

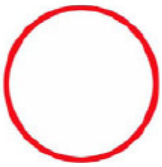
هو عبارة عن جلبة مستطيلة ومشقوقة من أحد الأطراف كما هو مبين في (شكل رقم ٤٠)، الغرض منها توصيل التيار وشد القطب عند غطاء المشعل، ويجب أن تناسب من حيث مقاس الفتحة مع كل من قطب التنجستن وجسم الخانق.



شكل رقم ٤٠: الخانق

ه. **الحلقة المطاطية:**

وعمل هذه الحلقة هام جدا ألا وهو منع تسرب غاز الحجب من جسم المشعل. ويبين (شكل رقم ٤١) يبين الحلقة المطاطية.



شكل رقم ٤١: حلقة مطاطية

و. **قطب التنجستن:**

وعمله إيصال التيار وتوليد القوس الكهربائي من والى قطعة العمل. ويبين (شكل رقم ٤٢) قضيب التنجستن.

شكل رقم ٤٢: قطب تنجستن

ز. **الغطاء:**

يتوفر لكل مشعل من المشاعل كما هو مبين في (شكل رقم ٤٣) نوعان من الأغطية هما:

- غطاء طويل.
- غطاء قصير.

الغرض منهما جميعا شد كل من الطوق وقطب التنجستن، وكل غطاء مجهز بحلقات مطاطية لمنع تسرب الغاز إضافة إلى منع الهواء الجوي من الدخول إلى المشعل.

تستخدم الأغطية الطويلة باستمرار، بينما تستخدم الأغطية القصيرة في الأعمال والأماكن التي يصعب دخول المشعل إليها.

شكل رقم ٤٣: غطاء طويل وغطاء قصير

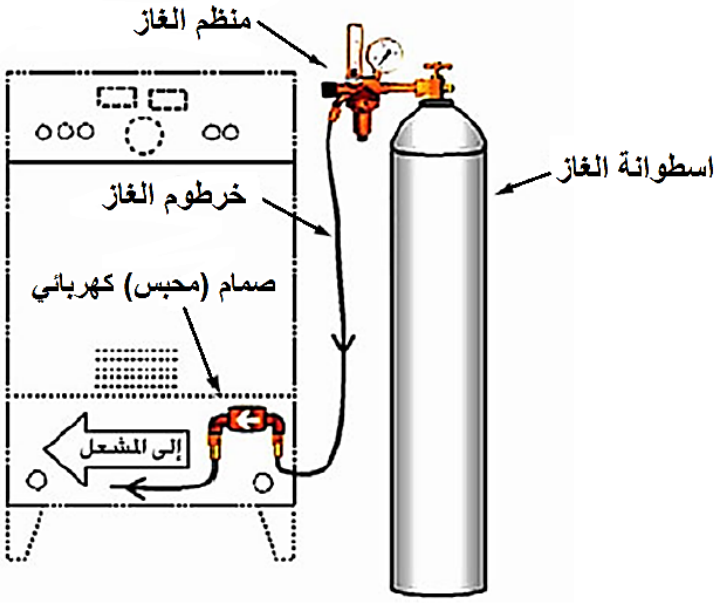
نظام تشغيل المشاعل (الطوش Tourch):

هناك نظامان لتشغيل مشاعل اللحام بالتيج هما:

- **النظام الآلي**: ويتم فيها تشغيل المشعل آليا مع بدء عملية اللحام.
- **النظام الغير آلي**: ويتم فيها تشغيل المشعل بطريقتين:
  - عن طريقة اليد بالضغط على زر التشغيل فيتولد القوس الكهربائي للبدء بعملية اللحام.
  - عن طريق القدم بواسطة الدواسة لتشغيل المشعل فيتولد القوس الكهربائي للبدء بعملية اللحام.

٣- وحدة الغاز:

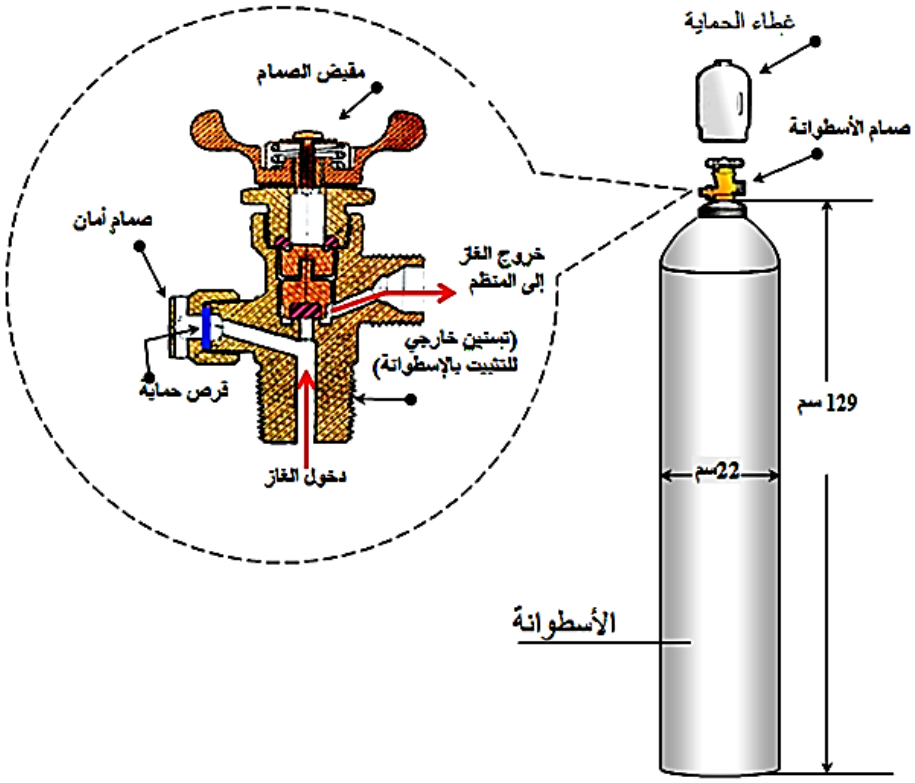
بما أن لحام التيج أحد أنواع اللحام التي تتطلب غاز حجب لعزل العوامل الجوية المؤثرة على منطقة اللحام فقد أضيف إلى معداته ما يسمي بوحدة الغاز لإيصال الغاز إلى منطقة اللحام، ويبين (شكل رقم ٤٤) الأجزاء التي تتكون منها وحدة الغاز.



شكل رقم ٤٤: أجزاء وحدة الغاز والصمام الكهربي للتحكم في الغاز

أ. الأسطوانات:

تتاح أسطوانات غاز الأرجون بسعات ٥ و١٠ و٢٠ و٥٠ لترا. الأسطوانات المستخدمة للغازات هي أسطوانات ذات ضغوط عالية تشبه تماما أسطوانات الأوكسجين من حيث الحجم والشكل، إلا أنها تتميز باللون الأصفر وتعبأ كل أسطوانة من هذا النوع بما مقداره (٩,٤) متر مكعب من الغاز تحت ضغط ١٨٥,٦ كجم / سم مربع أو ١٨٢ بار، في لحام التيج يمكن استعمال أسطوانة واحدة متنقلة كما هو مبين في (شكل رقم ٤٥) توضع إلى جانب الآلة أو يكون لها حامل خاص.



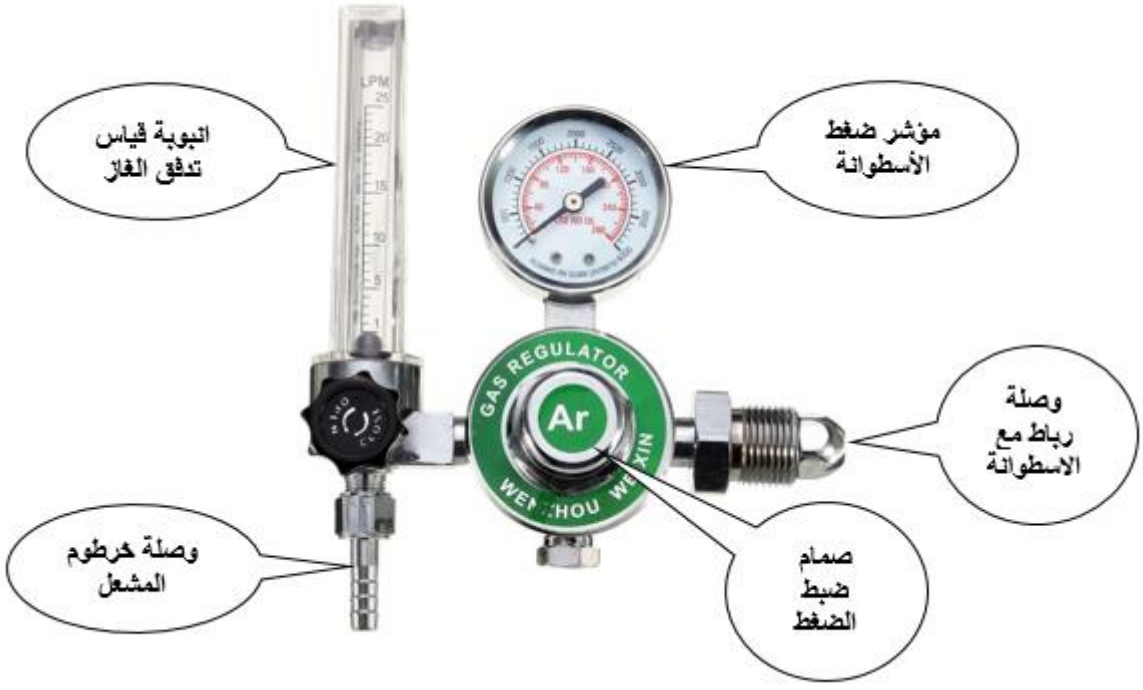
شكل رقم ٤٥: أسطوانة متنقلة

ب. **منظمات الغاز:**

تستخدم المنظمات لتخفيض الضغط الخارج من الأسطوانة وجعله مناسبا لضغط العمل، تختلف مواصفات منظمات غاز الحجب من نوع لآخر حسب نوعه وتركيبه، ومواصفات الشركة المصنعة. هناك منظمات خاصة بالغازات الخاملة، فمنها ما هو بمؤشرين أحدهما يبين ضغط الغاز داخل الأسطوانة والآخر يبين ضغط الغاز المتدفق للمشعل كما هو موضح في (شكل رقم ٤٦).

شكل رقم ٤٦: منظم ضغط غاز الأرجون /ثاني أكسيد الكربون

ومنها ما هو بمؤشر لبيان ضغط الأسطوانة وأنبوبة قياس متدرج بها كورة سابحة في الغاز لقياس تدفق غاز العمل كما هو مبين في (شكل رقم ٤٧) وباختلاف المنظمات فان القراءات كذلك تختلف وهذا يعتمد على الشركات المصنعة لتلك المنظمات.



شكل رقم ٤٧: منظم ضغط وتدفق

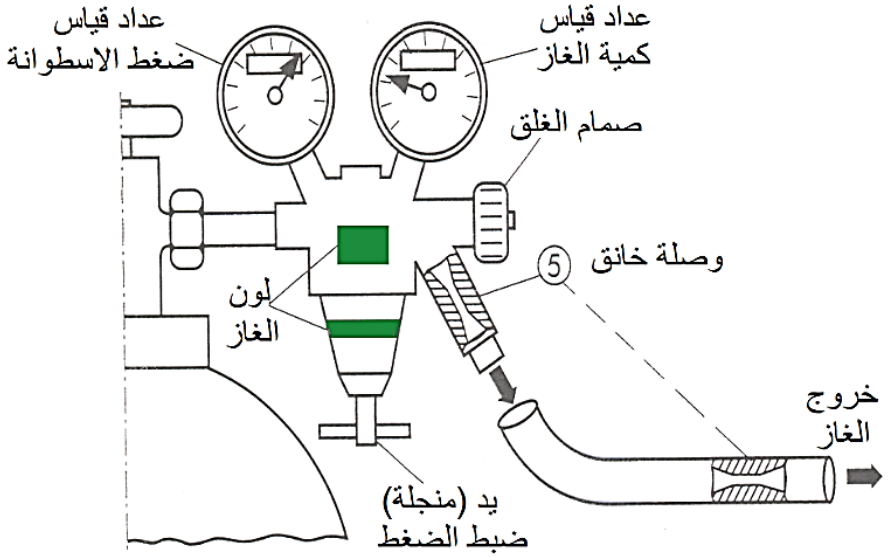
وبعض هذه المنظمات تكون الأرقام موضحة باللتر/ الدقيقة، وأخرى بقدم مكعب / الساعة وبعضها بالرطل/ البوصة المربعة، وبالطبع فإن النظام المتري هو السائد عالميا حاليا فإذا كان المنظم المستخدم بالتر فإن ضغط العمل (تدفق الغاز) يتراوح بين ٧- ١٠ لتر بالدقيقة، قد يزيد ولكن لا يمكن أن يقل، والزيادة تعتمد على نوع المعدن، كما أن زيادة الضغط قد لا يؤثر كثيرا على نوعية اللحام إلا أنها سوف تزيد من استهلاك الغازات، وإذا نقص الغاز سوف يؤدي إلى مشاكل كبيرة في عمليات اللحام مثل:

- تأكسد خط اللحام وقطب التنجستن.
- حدوث المسامية
- تشقق خط اللحام في بعض المعادن.

ضبط كمية الغاز باستخدام عداد الضغط

أولا: منظم الضغط ذو عدادي القياس

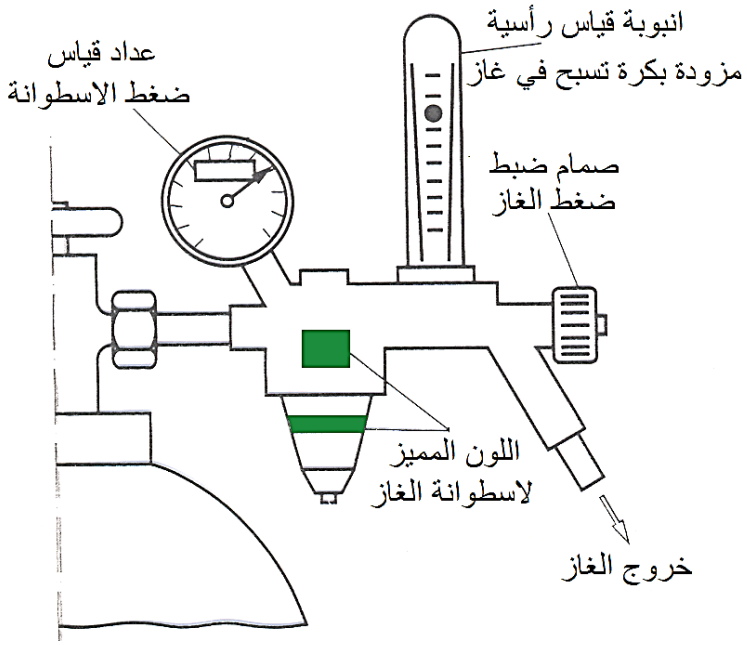
يتم ضبط ضغط الغاز من خلال المنجلة (مسمار ضبط الضغط) ونظرا لوجود وصلة الخانق في خط خروج الغاز والتي يؤدي إلى تقليل فتحة تدفق الغاز (لتر/دقيقة) داخل الخرطوم وبذلك ترتبط كمية الغاز مع ضغط الغاز الذي تم ضبطه.



شكل رقم ٤٨: نظرية عمل عداد ضبط ضغط الغاز

ثانيا: منظم الضغط ذو عداد قياس وأنبوبة متدرجة بها كورة سابحة في الغاز لقياس التدفق

يتم التحكم في كمية الغاز المندفعة من الأسطوانة على حسب مقدار فتحة صمام ضبط ضغط الغاز، حيث يقوم مخفض ضغط الأسطوانة بتخفيض وتثبيت ضغط الغاز قبل مروره إلى أنبوبة القياس الزجاجية. عند بمرور الغاز ذات الضغط الثابت إلي أنبوبة القياس يحمل معه الكرة المعدنية إلي اعلي وحتى مستوي معين ويتوقف هذا المستوي على كمية الغاز المندفعة والتي تتناسب مع فتحة صمام ضبط ضغط الغاز. ويمكن قراءة كمية الغاز (لتر/دقيقة) على مسطرة القياس الموجودة على الأنبوبة الزجاجية.



شكل رقم ٤٩: نظرية عمل عداد ضبط ضغط الغاز ذو أنبوبة القياس المدرجة

لعمل كنترول دائم على كمية الغاز يمكن استخدام جهاز كنترول لقياس كمية الغاز الخارج من Torch وذلك بتثبيته على فوهة ال Torch وقراءة مستوي ارتفاع الكرة السابحة في الغاز المندفع للخارج.

ج. **الصمامات:**

عمل الصمامات هو السماح لغاز الحجب بالوصول إلى منطقة اللحام، ويوجد نوعان من الصمامات هما:

- **الصمام اليدوي:**

عبارة عن صمام أو حنفية صغيرة يركب على جسم مشعل التيج ويتم فتحه وإغلاقه بحركة بسيطة من إصبع الإبهام باليد كما هو مبين في (شكل رقم ٥٠)، وعند فتحه يمر الغاز إلى منطقة اللحام، وعند إغلاقه يتوقف الغاز عن التدفق، ويستخدم هذا النوع من الصمامات في الغالب عندما لا تجهز آلة اللحام بالصمام الكهربائي.

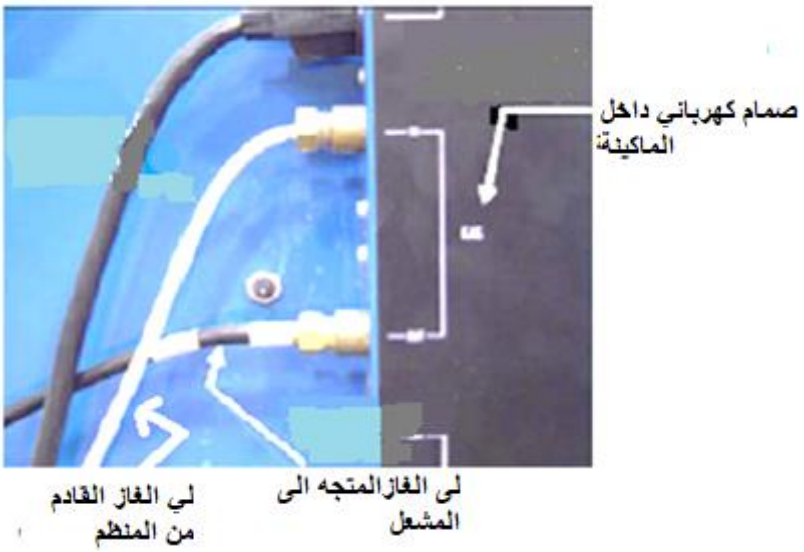
شكل رقم ٥٠: صمام يدوي

الصمام الكهربائي:

معظم معدات اللحام بالتيج تكون مجهزة بصمام يعمل كهربائيا كالمبين في (شكل رقم ٥١) وهو مزود بملف كهربي (سولونيد) يفتح ويغلق عن طريق إشارة كهربائية.

شكل رقم ٥١: صمام كهربي ظاهر

أو يكون الصمام داخل ماكينة اللحام كما هو مبين في (شكل رقم ٥٢)، ويسمح بمرور الغاز عند البدء بعملية اللحام.



شكل رقم ٥٢: صمام كهربي داخل الآلة

٤- أقطاب اللحام والالكترودات Welding rods and electrodes:

تنقسم أقطاب اللحام إلى أقطاب غير مستهلكة وأقطاب مستهلكة.

أولا: أقطاب غير مستهلكة (أقطاب التنجستن)

الأقطاب المستخدمة في لحام التيج تختلف كثيرا عن الأقطاب المستخدمة في عمليات اللحام الأخرى المعروفة، فهي لاستخدم كمعدن ملء، وتصنع الأقطاب المستخدمة في لحام التيج من معدن التنجستن النقي، وهذا النوع من المعادن مقاوم للحرارة العالية جدا، لهذا فهو لا ينصهر أو يتبخر من جراء حرارة القوس،

وتصل درجة حرارته إلى ٣٤١٠ درجة مئوية (٦١٧٠ درجة فهرنهايت)، وأثناء عملية اللحام يتحول لونه إلى الأحمر، ومع ذلك فهو يحافظ على قساوته، ونظرا لتوفر أنواع ومقاسات مختلفة من الأقطاب، يجب مراعاة عوامل كثيرة عند إجراء عملية الاختيار، منها تيار اللحام لأن التيار عامل مهم جدا تترتب عليه عوامل أخرى مثل نوع وسماكة المعدن. وهناك نوعان من الأقطاب هي:

أ. **قطب التنجستن النقي:**

يصنع هذا القطب من التنجستن النقي الذي تصل نقاوته إلى ٩٩,٥٥% تقريبا، وتستخدم مع التيار المتردد في لحام معدي الألمنيوم والمغنيزيوم، ويتميز باللون الأخضر في أحد أطرافه ويكون شكل الرأس أثناء اللحام كرويا تلقائيا.

ب. **قطب التنجستن المعالج بالثوريوم:**

عند إضافة ما نسبته ١% إلى ٢% من أكسيد الثوريوم لمعدن التنجستن فإن ذلك يزيد من ميزات القطب، مثل تحسين بدء القوس وزيادة بمقدار ٥٠% تقريبا من التيار. ويستخدم للتيار المستمر للحام الفولاذ بأنواعه المختلفة، فولاذ طري، صلب كربوني أو مقاوم للصدأ (استانلس ستيل)، وهذه الأعمال تتطلب أن يكون رأس القطب مبريا أو مجلخا، مثل رأس القلم الرصاص ويتميز باللون الأحمر في أحد أطرافه كما هو مبين في (شكل رقم ٥٣).

شكل رقم ٥٣: تنجستن معالج بالثوريوم

مقارنة عامة بين إبرة التنجستين النقي وإبرة التنجستين المعالج باكسيد الثوريوم

يوضح (جدول رقم ٢) عناصر المقارنة بين إبرة التنجستين النقي وإبرة التنجستين المعالج بأكسيد الثوريوم:

أساس المقارنة	تنجستن معالج بأكسيد الزيركونيوم	تنجستن نقي
السعر	أعلي سعرا	أقل سعرا
إشعال ال Arc	أفضل	جيد
عمر الإبرة	أطول	قصير
تحمل التيار الكهربي	أعلي بكثير	أقل
ثبات ال Arc	جيد	أفضل
تفضيل الاستعمال	ثبت علميا أن الغبار الناتج عن تجليخ الإبرة يؤدي لأمراض سرطانية	لحام الألومنيوم بالتيار المتردد والمغنسيوم والتيتانيوم

جدول رقم ٢: مقارنة بين إبرة التنجستين النقي وإبرة التنجستين المعالج باكسيد الثوريوم

وهناك أربعة أنواع من أسلاك التنجستن موضحة في (جدول رقم ٣):

GTAW Electrode (Numbers, Colors & Alloys) أرقام والوان وتركيب الكترود التنجستين					
AWS Number كود منظمة اللحام الأمريكية	Code Color اللون	Approximate Alloy Content محتوى السبيكة التقريبي			Others hovn
		Tungsten تنجستن	Thorium ثوريوم	Zirconia ذركونيوم	(Max)
EWP	Green اخضر	99.5	-	-	0.5
Eth-1	Yellow اصفر	98.5	0.8 to 1.2	-	0.5
Eth-2	Red احمر	97.5	1.7 to 2.2	-	0.5
Eth-3	Blue ازرق	98.95	0.35 to 0.55	-	0.5
EWZr	Brown بني	99.2	-	0.15 to 0.4	0.5

جدول رقم ٣: اكواد والوان اسلاك لتنجستين

ويوضح (شكل رقم ٥٤) أنواع مختلفة من الكترود التنجستن حسب تصنيف الألوان:

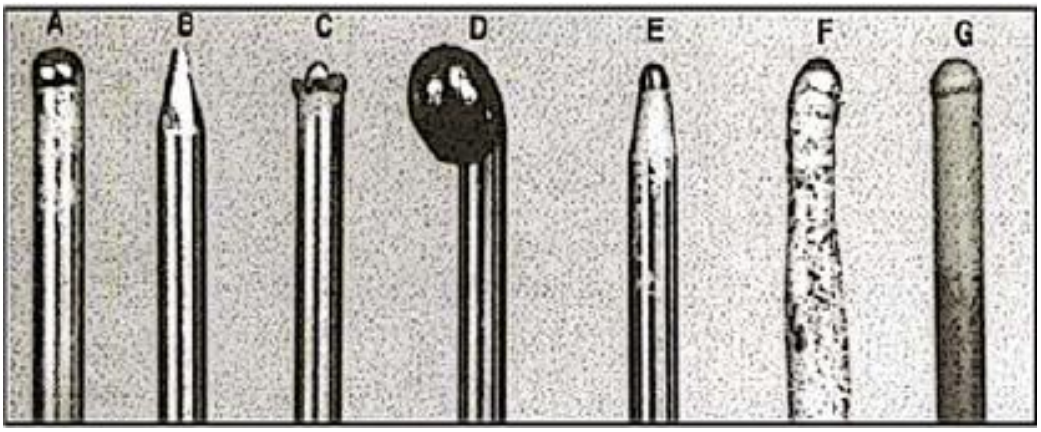
شكل رقم ٥٤: الأنواع المختلفة لأسلاك التنجستن كل حسب لونه

يتراوح أقطار هذه الأقطاب ما بين (0.5 – 6.4 mm) وبأطوال تتراوح ما بين (75-610 mm) وأما أن تكون من التنجستن النقي (EWP) (Pure Tungsten) درجة نقاوتها تصل لغاية (99.5 %)، وتمتاز بتكلفة منخفضة وتستخدم لأعمال اللحام ذات الدقة المنخفضة، عن أسلاك التنجستن الثوريومي أو الزيركونيوم التي تستخدم لسعات تياريه أعلى، وقذفها للإلكترونات أعلى (Better Electron Emissive) وأطول عمرا وأكثر مقاومة لعوامل التلوث، وسهولة توليد القوس واستقراريه أفضل.

للحام الفولاذ الكربوني والفولاذ عالي الشد بواسطة قوس التنجستن المحجب لغاز خامل فان استخدامه في هذا المجال محدود جدا نظرا للتكاليف العالية لغاز لحماية المستخدم وقلة الإنتاجية بالنسبة إلى غيرها من أساليب اللحام، علما بأن هذا النوع من اللحام يستخدم أحيانا لعمل تمريرات الجذر في الحالات التي تتطلب نوعية عالية من اللحام في المراجل البخارية للمحطات البخارية ومصافي النفط .... وغيرها.

مشاكل قطب التنجستن:

تتعرض أقطاب التنجستن إلى بعض المشكلات أثناء عملية اللحام، ويوضح (شكل رقم ٥٥) عدة حالات لأقطاب تنجستن مرتبة من A إلى G.



شكل رقم ٥٥: مشاكل قطب التنجستن

وصف حالة القطب:

A: قطب تنجستن نقي (أخضر) لاحظ نهايته موحدة بالشكل الكروي اللامع في حالة جيدة.

B: قطب تنجستن معالج بالثوريوم (أحمر) في حالة جيدة.

C: قطب تنجستن معالج بالثوريوم (أحمر) هذا التشوه ناتج عن استخدام قطب الثوريوم مع التيار المتردد (AC).

D: قطب تنجستن نقي (أخضر) (تيار متردد) شدة تيار عالية أدت إلى تكون رأس القطب غير صحيح.

E: قطب تنجستن نقي (أخضر) مع التيار المستمر شكل نهاية كروية غير صحيحة ناتجة عن استخدام تيار غير صحيح.

F: قطب تنجستن نقي (أخضر) هذا التلوث ناتج عن ملامسة القطب لسلك اللحام وفترات اللحام الطويلة بدون كسر النهاية وإعادة تكوينه.

G: قطب تنجستن نقي (أخضر) هذه الأكسدة ناتجة عن نقص في غاز الحجب (الأرجون Ar).

والحلول:

A: قطب تنجستن نقي (أخضر) صحيح وذلك يعود إلى الإعداد الجيد.

B: قطب تنجستن معالج بالثوريوم (أحمر) صحيح ويعود ذلك إلى الإعداد الجيد والصحيح.

C: لا يستخدم قطب التنجستن المعالج بالثوريوم (أحمر) في لحام الألمنيوم ولا مع التيار المتردد، بدل القطب بقطب تنجستن نقي إذا كان المعدن حديدا مقاوم للصدأ (ستانلس ستيل) ، قم بتغيير التيار إلى مستمر (D.C -).

D: أضبط شدة التيار وحدد نوعيته (المتردد) وقم بإعداد القطب كما في القطب.

E: أضبط التيار المناسب وأعد القطب كما في القطب A.

F: قم بكسر الطرف المؤكسد وأعد القطب قبل البدء في عملية اللحام حتي يصبح كالقطب A.

G: قطب تنجستن نقي (أخضر)، تأكد من فتح الغاز وأن الضغط مناسب، وأن أجزاء المشعل مربوطة بشكل جيد لتمنع دخول الهواء الجوي من خلالها.

ثانيا: أسلاك لحام المليء Welding Rods

يتم لحام TIG بواسطة غاز الأرجون وهو عبارة عن غاز وماكينة لحام كهرباء على ٣٠٠ أمبير، يستخدم لحام التيج TIG في لحام عدد كبير من المعادن، لذلك يتوفر الكثير من أنواع أسلاك المليء فالاختيار الأمثل لمعدن الملء المناسب يعتمد على الخواص الكيميائية، والميكانيكية للمعدن المراد لحامه، وعادة تكون معادن الملء مشابهة للمعدن الأساسي إلا أنها ليست بالضرورة مطابقة له، ويتم إنتاج معادن المليء بالمختبرات تحت عناية فائقة من حيث النقاوة، ويجب أن تكون أكثر جودة من المعدن الأساسي المراد لحامه، ويتم اختيار السلك (معدن المليء) بناء على خواصه الكيميائية والميكانيكية مثل، قوة الشد، الصلادة، التوصيل الكهربائي والحراري، مقاومته للصدأ أو التآكل، ومظهر اللحام الناتج، وعادة ما يضاف مانع التأكسد لمعادن الملء لتحسين الجودة. الأسلاك التي يتعامل بها لحام TIG والأسلاك المستخدمة فيها هي :

أ. ستانليس ستيل
ب. كربون ستيل
ج. النحاس
د. الألمنيوم

الغازات المستخدمة في لحام التيج

يستخدم في لحام التيج نوعان من الغازات هما الأرجون والهليوم أو خليطهما، ولكل نوع منهما خصائص تميزه عن الآخر في اللحام. وهما خاملان ومعنى خامل أي لا يتفاعل أو يختلط أو يذوب كيميائيا مع غيره من المواد حتى في درجات الحرارة العالية جدا، ومن مميزاتهما:

- حجب قطب التنجستن عن الهواء الجوي.
- حجب المعدن المنصهر عن الهواء الجوي.
- المساعدة في إشعال القوس.

- المحافظة على استقرار القوس.
- المساعدة بالتحكم بشكل محيط خط اللحام وكمية الاختراق.

أولا: غاز الأرجون (Ar):

الأرجون أكثر استخداما في عمليات اللحام بقوس التنجستن المحجوب بالغاز، والأرجوان أثقل من الهواء وأثقل ١٠ مرات من غاز الهليوم، ويوفر تغطية أفضل لمنطقة اللحام من غاز الهليوم عند كميات التدفق المنخفضة، لأن هذا الغاز أقل ميلا ل لانتشار كما أنه لا يطرد بواسطة الهواء من منطقة اللحام. والأرجون أرخص من الهليوم، ويمكن تزويده في أسطوانات على شكل غاز أو على شكل سائل. ويوفر الأرجون قوسا هادئا وناعما، ويمكن استخدامه مع تيار بفولطية منخفضة، وبذلك فإنه يناسب عمليات لحام المعادن الرقيقة لغاز الأرجون مميزات خاصة عند استخدامه مع التيار المتردد وهذا مهم من الناحية العلمية عند لحام الألمنيوم، ولذلك فإن غاز الأرجون غالبا ما يستخدم في لحام الألمنيوم، كما أنه في الجانب الصناعي يدخل في صناعة الترانزستور وتعبئة المصابيح الكهربائية.

الخواص الفيزيائية لغاز الأرجون (AR):

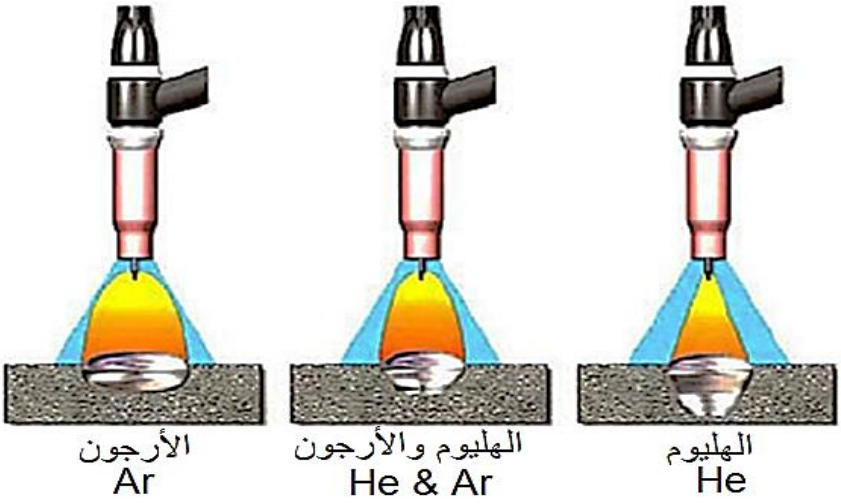
١. غاز خامل بدون لون وبدون رائحة
٢. يتم استخلاصه من الهواء الجوي
٣. يمثل ٠,٩٤% من حجم الهواء
٤. كثافته ١,٧٨ جرام / لتر

ثانيا: غاز الهليوم (He):

يوجد غاز الهليوم في الهواء الجوي بنسبة ضئيلة جدا تصل إلى خمسة بالمليون، إضافة إلى وجوده مخلوطا مع عناصر أخرى في الطبقة مثل خامات الكلفيت، واليورانيت، وفي آبار الغاز الطبيعي، ويستخدم غاز الهليوم في مجالات كثيرة مثل بالونات المراقبة الجوية والطقس والدراسات الخاصة بالأنشطة الكونية، كما يستخدم مع خليط الأوكسجين لتنفس الغواصين تحت الماء، ويستخدم في تعبئة عجلات الطائرات، إضافة إلى استخدامه على نطاق واسع في مهنة اللحام بالقوس الكهربائي وخاصة في اللحام الآلي، وله مقاومته العالية مما يزيد من حرارة القوس، وهذا جيد للحصول على اختراق عميق في اللحام، وغالبا ما يستخدم في لحام النحاس، وسبائك الألمنيوم، وبعض المعادن المشابهة، وعند خلطه مع غاز الأرجون يمكن استخدامه في لحام معادن أخرى مثل المغنيزيوم والفولاذ المقاوم للصدأ، ويمكن الحصول عليه معبأ في خزانات كبيرة الحجم على شكل سائل، إلا أن أكثر استخداماته كغاز مضغوط في أسطوانات وبما أنه خفيف أي أنه أخف من الهواء فانه يرتفع عن منطقة اللحام ويتباعد بسرعة، لهذا يلزم زيادة تدفقه عن غاز الأرجون. ويستخدم الهليوم للحام المعادن السميكة والمعادن شديدة التوصيل للحرارة، لأن هذه المعادن تفقد الحرارة بسرعة وتحتاج إلى تيارات ذات فولتيات عالية.

ثالثا: خليط غاز الأرجون والهليوم:

تتوفر نسب مختلفة من الخلائط، منها ما هو ٨٠% هليوم و٢٠% أرجون أو ٧٥% هليوم و٢٥% أرجون وقد تصل هذه الخلائط إلى ما نسبته ٥٠% هليوم و٥٠% أرجون، وجميع الخلائط التي تقل عن نسبة ٥% من غاز الهليوم وإنها قليلة التأثير على فولطية القوس مما يعني أن مميزات غاز الأرجون كسهولة إشعال القوس والحفاظ على استقراره وهدوئه لازالت موجودة، مع إضافة مميزات غاز الهليوم في زيادة الحرارة لإيجاد اختراق عميق وسرعة في العمل، ويوضح (شكل رقم ٥٦) الفرق بين خط اللحام المحجب بالأرجون والهليوم وخلائطهما.



شكل رقم ٥٦: خط اللحام بالأرجون والهيليوم وخليط منهما

مقارنة بين مميزات وعيوب الأرجون والهليوم

أساس المقارنة	ارجون	هليوم
السعر	اقل سعرا	غالي
الكثافة	1.67 Kg/Nm^3	0.17 Kg/Nm^3
تأمين الحماية	يؤمن تغطية جيدة مع تدفقات غاز منخفضة ويتأثر بالتيارات الهوائية أقل من الهليوم	حساس للتيارات الهوائية لأنه أخف من الهواء
كمية الغاز الأزمة	ثلث كمية الهليوم	من ضعفين إلي ثلاث أضعاف كمية الأرجون
فولتية ال Arc	أقل	أعلي
حرارة ال Arc	أقل	أعلي
عمق النفاذ	أقل	أعلي
مسامية pore الغاز	أعلي	أقل
سرعة اللحام	أقل	أعلي
إشعال ال Arc	جيد	أقل جودة
ثبات ال Arc	ثبات وخواص جيدة لل Arc حتى مع التيار المتردد	تأرجح وعدم ثبات ال Arc عند شدة التيار المنخفضة

طرق وأدوات ربط المشغولات

هناك عدة طرق وأدوات لربط المشغولات أثناء عمليات اللحام بالتيج وهي:

الطرق الآلية:

- ملازم هيدروليكية.
- وملازم كهربائية.

وهاتان الطريقتان تستخدمان أثناء عمليات اللحام الآلي كما هو الحال في عمليات صناعة السيارات والآلات والصناعات الأخرى.

الطرق اليدوية:

حوامل موضعية في أماكن العمل والتدريب.

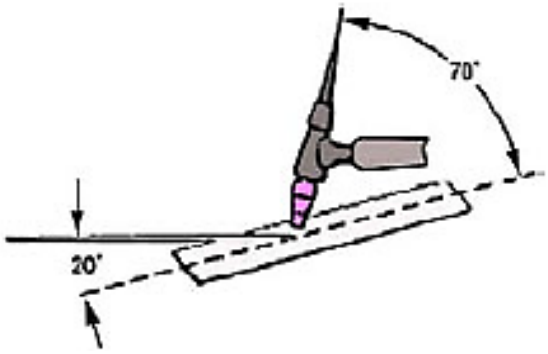
- ملازم يدوية مختلفة الزوايا والأحجام.
- الربط بواسطة اللحام.

اللحام في الوضع الأرضي وزوايا الميل للمشعل وسلك اللحام

اللحام في الوضع الأرضي تحت مستوى النظر هو أسهل الأوضاع في عمليات اللحام، ويعتبر الوضع الأساسي في عمليات وأنواع اللحام المختلفة على الإطلاق، ويطلق عليه مسمي اللحام الأرضي أو اللحام السطحي أو اللحام تحت مستوى النظر. وتوجد زاويتان لوصف الميل في هذه الوضع هما:

أ. **زاوية المشعل:**

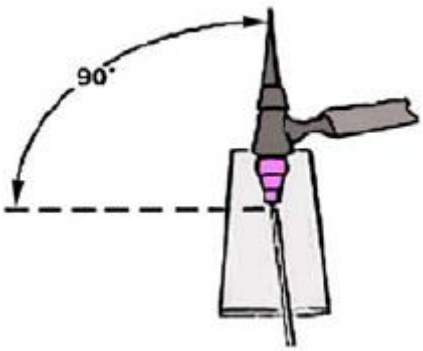
هي الزاوية المحصورة بين محور رأس المشعل وبين المحور الطولي للوصلة كما هو مبين في (شكل رقم ٥٧).



شكل رقم ٥٧: زاوية المشعل

ب. **زاوية العمل:**

وهي الزاوية المحصورة بين محور رأس المشعل وبين المحور العرضي للوصلة كما هو مبين في (شكل رقم ٥٨)، وتختلف هذه الزاوية باختلاف شكل الوصلة، وكذلك اختلاف وضعية اللحام، وفائدة هذه العملية هو تركيز الحرارة على قطعة العمل وسلك التعبئة بشكل صحيح.



شكل رقم ٥٨: زاوية العمل

تكنولوجيا اللحام بالتيج TIG

توجد ثلاث طرق للحام بغاز الأرجون هي:

- لحام الأرجون اليدوي باستخدام قطب كهربائي غير قابل للاستهلاك
- لحام الأرجون التلقائي باستخدام القطب التنجستن غير قابل للاستهلاك (AMA)
- اللحام التلقائي مع الأرجون باستخدام قطب منصهر، هي عملية أتوماتيكية تحتوي على قطب كهربائي قابل للاستهلاك أي عملية تلقائية مع استخدام قطب منصهر

في تقنية لحام الأرجون اليدوي باستخدام قطب كهربائي غير قابل للاستهلاك تكون كلتا يدي فني اللحام تمسكان الموقد وسلك الحشو. ويجب قبل العمل، القيام بتنظيف سطح المنتجات المرتبطة وتوصيل السلك الأرض بالشغلة. يمسك الموقد في يد واحدة، والسلك في اليد الأخرى ويوجه مشعل اللحام إلى سطح المعدن على مسافة ٢-٣ مم. ثم يتم تشغيل الزر الموجود على مزود الغاز للمشعل لمدة ١٥ ثانية قبل التيار الكهربي وبعد وقت معين، سيظهر قوس كهربائي بين القطب والمعدن، والذي يذوب حواف المنتجات والأسلاك ببطء ويتم قيادة مشعل اللحام على طول خط التماس وتغذية سلك الحشو (الالكترود)، ليتم الحصول على اتصال جميل وموثوق (ولكن ليس دائما).

مميزات وعيوب اللحام بقوس الأرجون (التيج TIG)

يتم تحديد معدل تدفق غاز الأرجون من معدل تدفق الغازات والهواء المحيط بمكان اللحام. في الحالات التي يتم فيها لحام في مساحة مغلقة، فإن تكاليف الغاز ستكون ضئيلة، ولكن عند إجراء العمل في الهواء الطلق في ظروف رياح كبيرة، سيكون من الضروري استخدام فوهات خاصة مع شبكات، لأن هبات الهواء هي أكثر عرضة لهدم الأرجون وترك الأسطح المعدنية بدون حماية. يتوقف تدفق غاز الأرجون في دقيقة أو دقيقة ونصف بعد نهاية لحام الأجزاء، عند نهاية القطب سيكون لديه الوقت ليبرد.

أولا: مميزات اللحام بالتيج:

لحام التيج له الكثير من المميزات التي تفوق كثيرا معظم عمليات اللحام الأخرى، ومن مزايا هذه الطريقة في لحام المعادن غير الحديدية والصلب المقاوم للصدأ تشمل الخصائص التالية:

أ. لحام موثوق به، مما يلغي ظهور المسام أو الشوائب بسبب حماية اللحام بالأرجون.

ب. ينتج لحام نظيف وخال من العيوب عالي الجودة.

ج. درزة اللحام محمية من آثار الغلاف الجوي.

د. يلحم غالبية المعادن والسبائك المستخدمة صناعيا.

ه. لا يسخن معدن اللحام لدرجات مرتفعة (تسخين ضعيف)، وبالتالي لا يغير خصائص المنتج.

و. يلحم في جميع الأوضاع.

ز. قطب التنجستن يستمر فترات طويلة لان درجة أنصاره عالية ٣٤٢٠ °م.

ح. إمكانية الانضمام إلى أي سبائك.

ط. يمكن مشاهدة بؤرة اللحام والقوس بوضوح.

ي. بما أن سلك اللحام لا يقطع القوس فإن الكمية المضافة لا تعتمد على مستوى التيار كما في العمليات الأخرى.

ك. تركيز قوسي عال يبرز تسليط الحرارة على منطقة محدودة مما يتيح الحصول على منطقة حرارة مركزة ضيقة مقارنة مع العمليات الأخرى وهذه الميزة فعالة عند لحام المعادن ذات التوصيل الحراري العالي مثل الألمنيوم والنحاس.

ل. لا ينتج عنه شرر يحتاج إلى الإزالة لأن الشرر غالبا يسبب مشاكل في اللحام خاصة أماكن التوصيل.

م. عمق ذوبان متساو من المعدن.

ن. لحام المواد التي ليس لها طريقة اتصال مختلفة.

س. لا غنى عنه في لحام الصلب المقاوم للصدأ والألومنيوم والتيتانيوم.

ع. يستخدم لحام الألمنيوم مع الأرجون في المقام الأول للهياكل والهياكل الحرجة.

ف. قبول أجزاء اللحام من التصميم المعقد دون تغيير شكلها، لأن مناطق تسخين المعدن صغيرة للغاية.

ص. اعلى جودة نفاذ بالمقارنة بطرق القوس الكهربي.

ثانيا: عيوب اللحام بالتيج:

في تطبيق أي طريقة من طرق اللحام، هناك إيجابيات وسلبيات، وتقنية اللحام بقوس الأرجون بالطبع ليست استثناء. لسوء الحظ، عند معالجة الأرجون، تظهر طبقة مسامية من أكسيد الكروم على الأجزاء، مما يؤثر سلبا على مقاومة التآكل ومن أوجه لقصور في طريقة اللحام بالأرجون ما يلي:

أ. عالي التكلفة، ولهذا فهي ليست دائما مفيدة للاستخدام في حالات اللحام العادي.

ب. معدات معقدة نوعا ما وصعبة للمبتدئين.

ج. تتطلب تجهيزا وتكوينا مسبقا.

د. تتطلب مهارة عالية من فني اللحام.

ه. سرعة اللحام به بطيئة جدا إذا قورنت بالأنواع الأخرى مع الطريقة اليدوية.

و. يتأثر قطب التنجستن أثناء اللحام.

ز. غير جيد للحام السماكات الكبيرة لأن ترسيبه قليل، وعادة يستخدم في الغرز فقط للسماكات الكبيرة نظرا لتكلفة العالية.

أهم المخاطر عند اللحام بالقوس الأرجون TIG

١. التيار الكهربائي

يمكن حماية فني اللحام من مخاطر التيار الكهربائي بالوسائل التالية:

- ضمان وجود مقاومة كهربية عالية باستخدام أحذية العمل وقفازات اليد والبطانات العازلة.
- عمل اختبارات دورية لكل من ماكينة اللحام ومشعل اللحام وجميع الكابلات المتصلة بها.
- الحفاظ على جهد الدائرة المفتوحة مع مراعاة ظروف التشغيل:

رقم	ظروف التشغيل	جهد الدائرة المفتوحة		
		نوع الجهد	اعلى قيمة بالفولت	
			القيمة	القيمة الفعلية
١	خطر كهرباء عالي	تيار مستمر	١١٣	
		تيار متردد	٦٨	٤٨
٢	بدون خطر كهرباء عالي	تيار مستمر	١١٣	
		تيار متردد	١١٣	٨٠

جدول رقم ٤: ظروف التشغيل

٢. الإشعاعات المنبعثة من القوس الأرجون

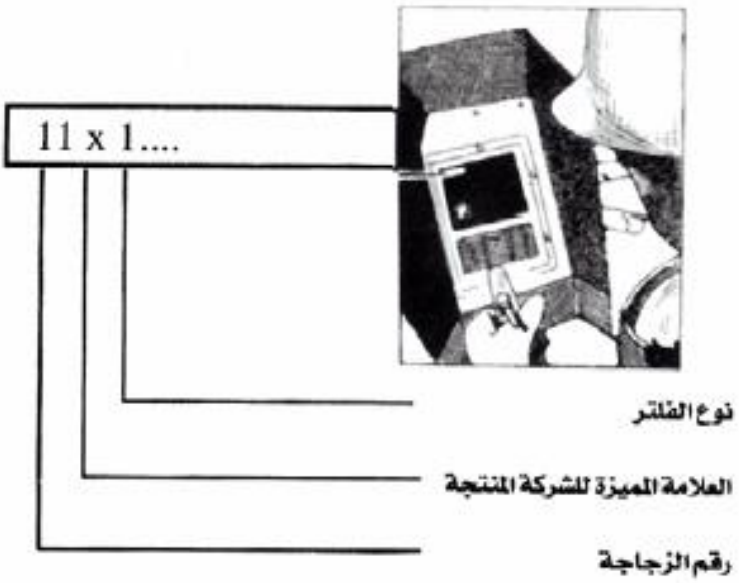
ينتج عن الـ Arc أشعة فوق بنفسجية وأشعة ظاهرة تحت الحمراء قد تؤدى إلى أضرار جسيمة للعين واحمرار شديد في الجلد ويجب علي فني اللحام حماية نفسه من خلال ارتداء ملابس العمل والقفازات وخوذ الحماية والأحذية الصناعية.

٣. ارتباط رقم زجاجة الحماية الخاصة بخوذة أو درع اللحام بشدة التيار

يبين جدول التالي ارتباط رقم زجاجة الحماية الخاصة بخوذة أو درع اللحام بشدة التيار:

شدة التيار بالأمبير	٥-٢٠	٢٠-٤٠	٤٠-١٠٠	١٠٠-١٧٥	١٧٥-٢٥٠	٢٥٠-٤٠٠
رقم الزجاجة	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤

زيادة تأثير الظلام

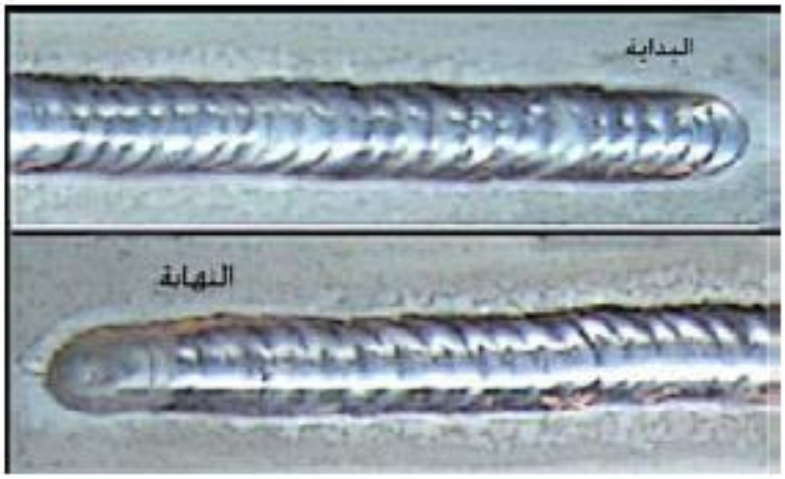


شكل رقم ٥٩: اختيار رقم الزجاجة المناسب

مواصفات خط اللحام الجيد

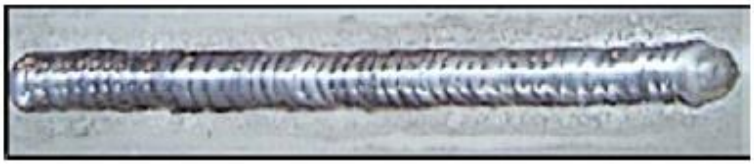
إن مواصفات خط اللحام الجيد التي تقيم عليها اللحامات هي:

أ. يجب أن تكون البداية والنهاية متساويتين من حيث العرض والارتفاع.



شكل رقم ٦٠: تساوى بداية ونهاية خط اللحام

ب. يجب انتظام خط اللحام من حيث الميول.

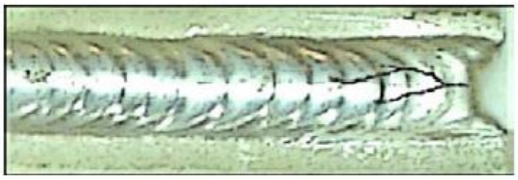


شكل رقم ٦١: انتظام خط اللحام

ج. وجود تناسق وانتظام درزات خط اللحام.

شكل رقم ٦٢: تنسق درزات خط اللحام

د. عدم وجود تشققات في خط اللحام.

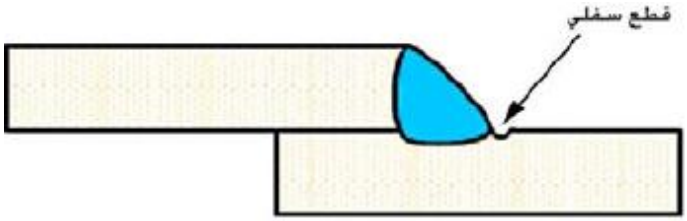


شكل رقم ٦٣: عدم وجود تشققات في خط اللحام

ه. عدم وجود مسامات في خط اللحام.

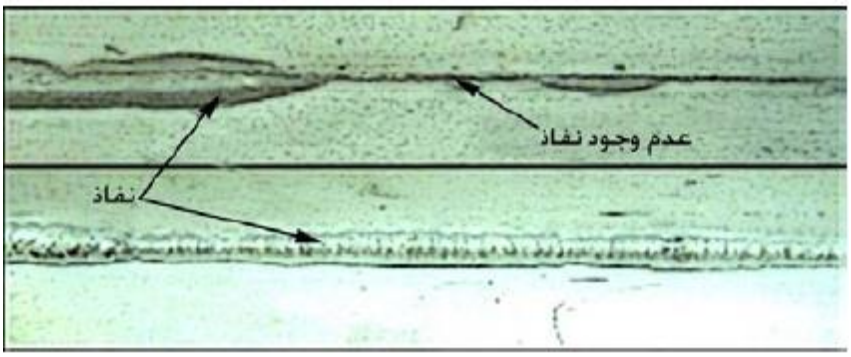
شكل رقم ٦٤: عدم وجود مسامات في خط اللحام

و. عدم وجود قطع سفلي بجانب خط اللحام.



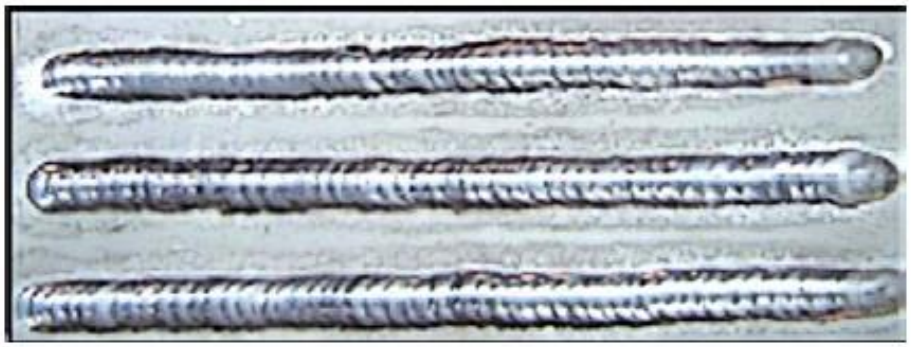
شكل رقم ٦٥: عدم وجود قطع سفلى

ز. وجود اختراق كاف لخط اللحام.



شكل رقم ٦٦: اختراق خط اللحام

ح. إن يكون المظهر العام لخط اللحام جيد.



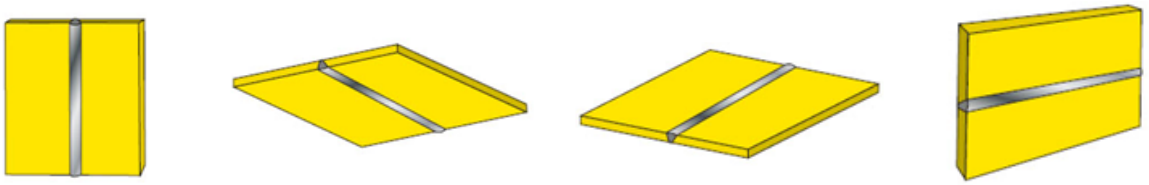
شكل رقم ٦٧: مظهر جيد للحام

أنواع وصلات اللحام

وصلات اللحام هي عبارة عن جمع قطعتين من المعدن بالشكل المراد تنفيذه.

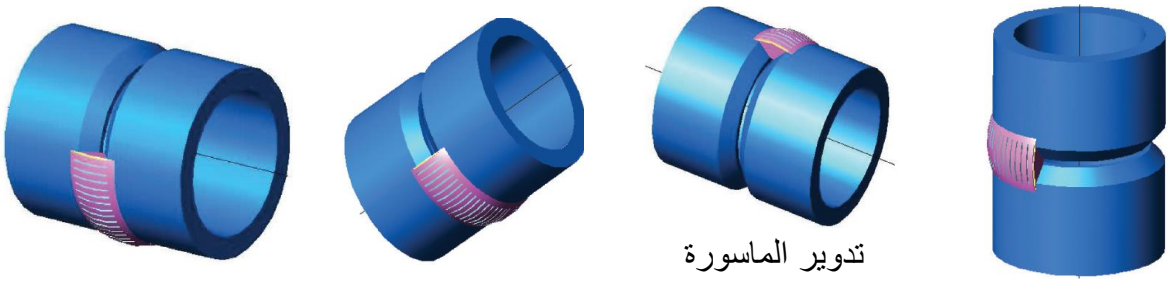
الوصلة التناكبية أو التقابلية (Butt welding (B:

تتقابل فيها طرفي القطعتين المراد لحامهما (جنبا إلى جنب) كما هو مبين في (شكل رقم ٦٨). وأهم ما في هذه الوصلة تحقيق النفاذ الكامل للحام، وذلك بترك فراغ بين حافتي القطعتين أو يتم الشطف لحواف القطعتين.



أفقي | مسطح (ارضي) | فوق الرس | رأسي (تصاعدي وتنازلي)

شكل رقم ٦٨: الأوضاع المختلفة للوصلات التناكبية للألواح المعدنية

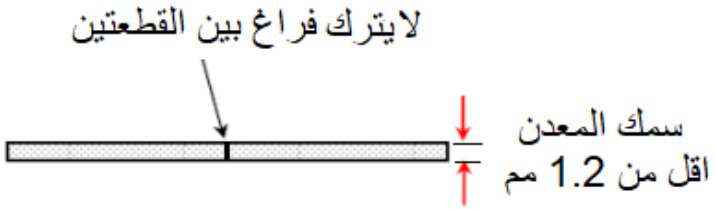


أفقي | مسطح (ارضي) | تدوير الماسورة | بزاوية ميل | رأسي (تصاعدي وتنازلي)

شكل رقم ٦٩: الأوضاع المختلفة للوصلات التقابليه للمواسير (وصلات تقابليه دائرية)

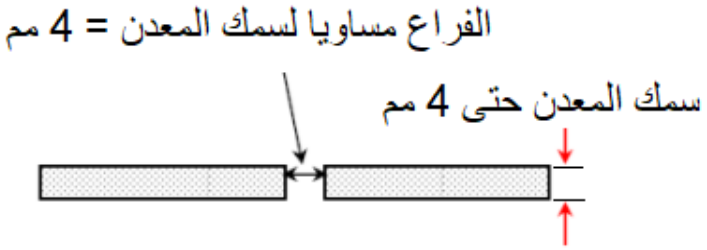
وأهم ما في هذه الوصلة تحقيق النفاذ الكامل للحام. وذلك بترك فراغ بين حافتي القطعتين بمقدار نصف السمك أو يتم الشطف لحواف القطعتين للحصول على شكل (V). كما هو مبين في (شكل رقم ٧٠) وبالنسبة للفراغ الذي بينهما يكون كما يلي:

- عندما لا تتجاوز سمك المعدن ١,٢مم فلا يوجد فراغ.



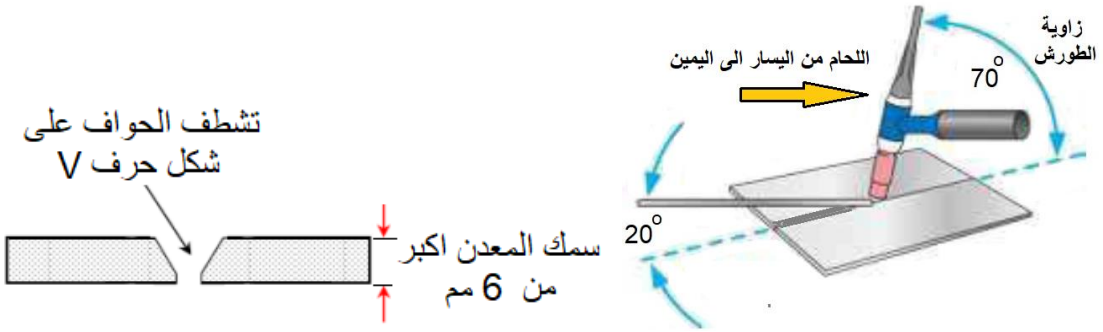
شكل رقم ٧٠: لحام الألواح ذات السمك اقل من ١,٢ مم

- عندما يكون سمك المعدن أكبر من ١,٢ حتى ٤مم فيكون الفراغ يساوي سمك المعدن.



شكل رقم ٧١: لحام الألواح ذات السمك اكبر من ١,٢ مم حتى ٤ مم

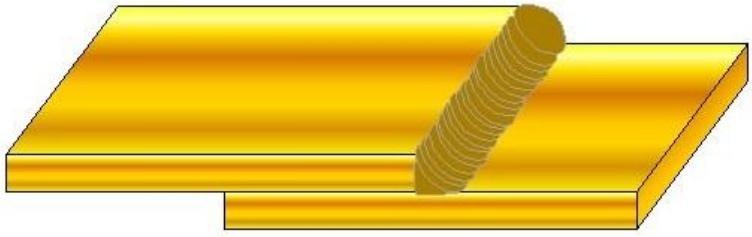
- عندما يزيد سمك المعدن عن ٤ مم ويصل إلى ٦مم فيما فوق فيفضل شطف المعدن على شكل حرف V وتكون حركة اللحام من اليسار إلى اليمين.



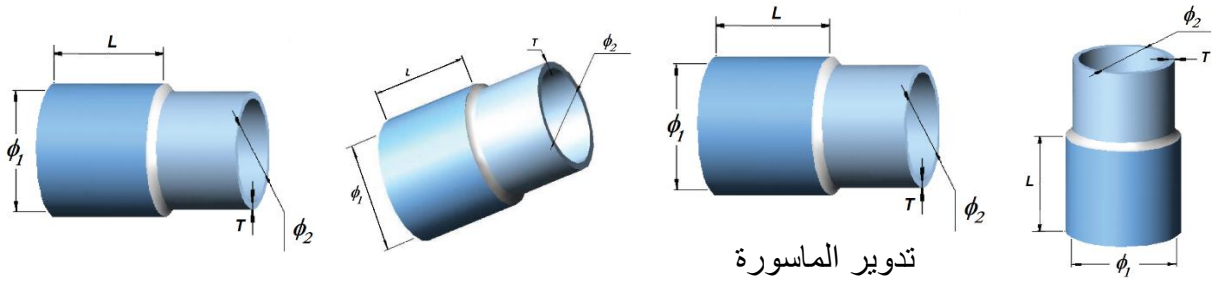
شكل رقم ٧٢: لحام الألواح ذات السمك اكبر من أو يساوي ٦ مم

الوصلة الانطباقية أو التراكبية (L) Lap joint:

وفيها ينطبق جزء من قطعة العمل الأولى فوق جزء من القطعة الأخرى كما هو مبين في (شكل رقم ٧٣) وتعد هذه الوصلة اقوى من السابقة لأن الجزء الأسفل يعمل كمسند للوصلة. يمكن أن يتم اللحام من جهة واحدة، أو من الجهتين لزيادة المتانة.



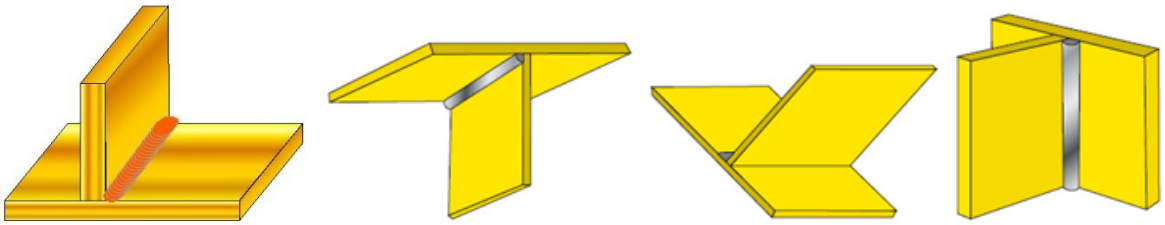
شكل رقم ٧٣: وصلة التراكبية Lap joint



شكل رقم ٧٤: الأوضاع المختلفة للوصلات التراكبية للمواسير

وصلة حرف TEE (T) (زاوية داخلية):

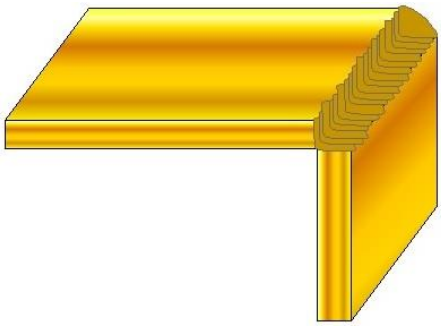
حيث تشكل قطع العمل زاوية قائمة (شكل رقم ٧٥) ويمكن أن يكون اللحام من جهة واحدة أو من جهتين لزيادة متانة الوصلة.



شكل رقم ٧٥: وصلة حرف T

وصلة الزاوية الخارجية Fillet weld (Corner C):

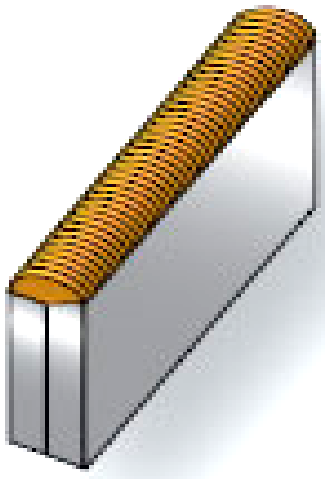
وطريقة تنفيذ الزاوية الخارجية تكون بوضع طرفي القطعتين بشكل متعامد حيث تشكل قطع العمل زاوية قائمة (شكل رقم ٧٦) أو زاوية غير قائمة، وتكون حواف القطع متلامسة تماما لا يوجد بينهما فراغ، وعندما تزيد سماكة المعدن عن ١,٥مم فيجب ترك فراغ مناسب بين حواف القطع. وقد يكون اللحام من الخارج أو من الداخل.



شكل رقم ٧٦: وصلة زاوية خارجية (Corner joint)

وصلة الحواف المتوازية المتطابقة:

وطريقة تنفيذ وصلة الحواف المتوازية تكون بوضع سطح كل قطعة بالشكل متطابق تماما مع الأخر ثم يتم صهر الحافتين معا باستخدام سلك الالكترود.



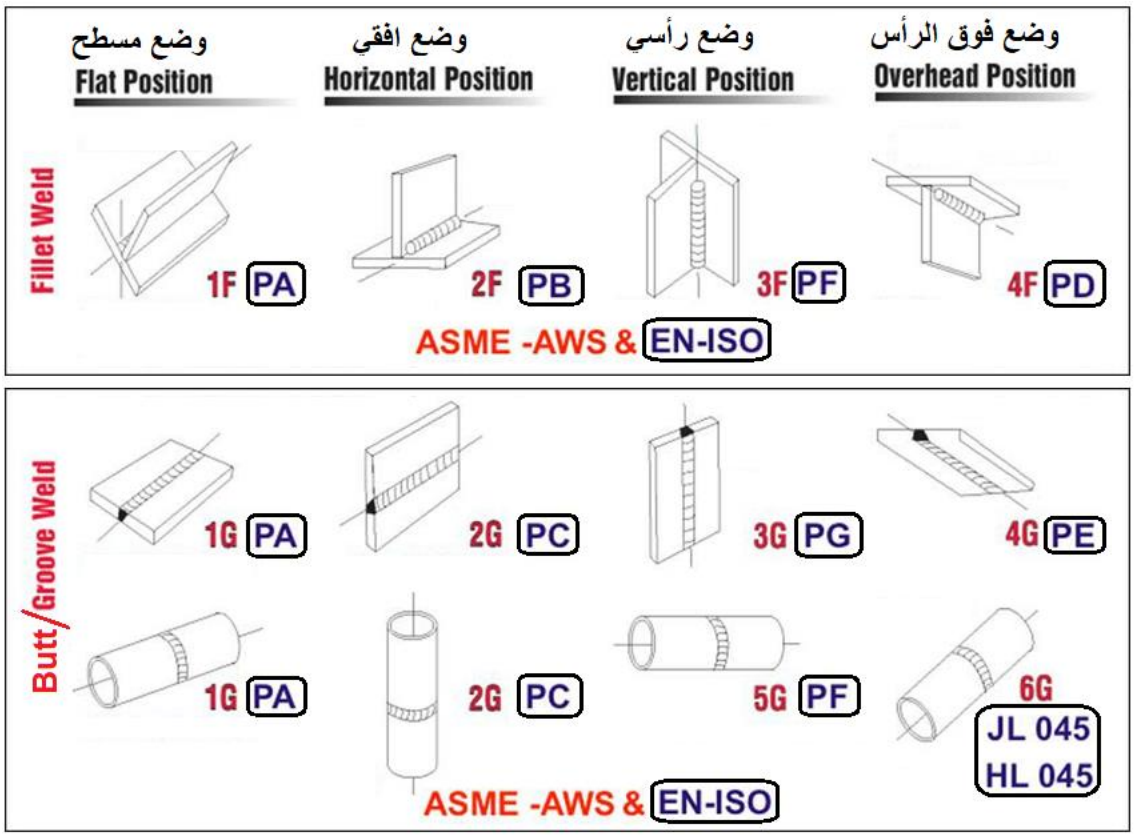
شكل رقم ٧٧: لحام حواف متوازية (Edge joint)

أوضاع اللحام

أوضاع (مواقف) اللحام Welding Positions، عندما يتم إجراء اللحام على الهياكل المعدنية هناك دائما وضع معين، وقد تم تطوير تقنيات للسماح لفني اللحام (المشغل) إجراء عملية اللحام تحت أي وضع، فبعض عمليات اللحام تحتاج الإجراء تحت جميع الأوضاع والبعض الأخر قد لا يحتاج سوى وضع واحد أو اثنين من أوضاع اللحام، ويمكن تصنيف عمليات اللحام وفقا لأوضاعها.

ففي بعض الأحيان عند العمل على إجراء اللحام يكون هناك التباس في أوضاع اللحام Welding Positions، لاختلاف مسميات أوضاع اللحام في كود الجمعيات الأمريكية ASME IX, AWS عنه في كود المنظمة الدولية للمعايير الأيزو ISO-EN – BS والخاص بوضعيات اللحام) .حيث انه من الشائع استخدام المعيار الأمريكي ASME ومسمياته لكن في الواقع مع انتشار المعيار الدولي ISO واعتماد EN للعديد من معايير الصناعات والجودة تم إدراج بعض المسميات الجديدة الخاصة بأوضاع اللحام، وفي الواقع أن الأمر لا يقتصر علي EN وحدها، إنما هذه المسميات تم إدراجها في كل البلدان التي تتبني وثيقة أيزو خارج الاتحاد الأوربي.

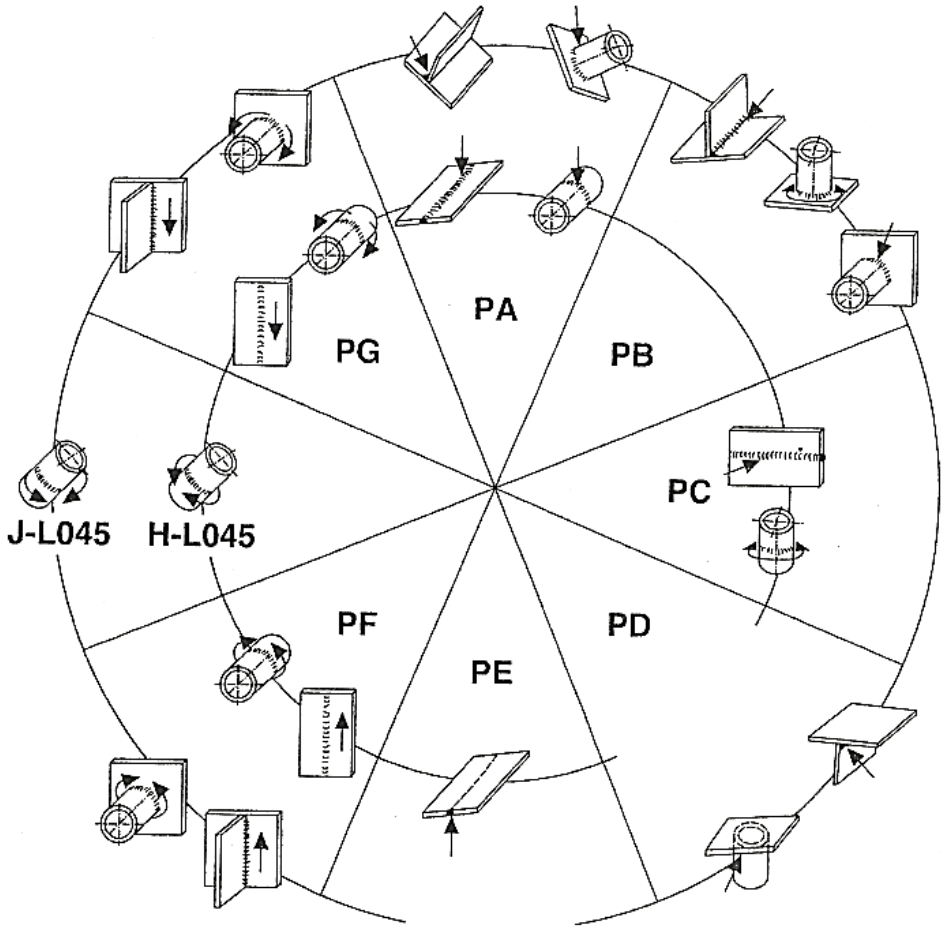
يوضح (شكل رقم ٧٨) الاختلافات في المسميات بين وضع اللحام الخاص بالمعيار الدولي الأوربي الأيزو ISO والمعيار الأمريكي ASME لمستخدم بجمعية اللحام الأمريكية AWS. ويلاحظ اعتماد النظام الدولي الأوربي على الحروف بينما يعتمد النظام الأمريكي على الأرقام لوصف أوضاع اللحام.



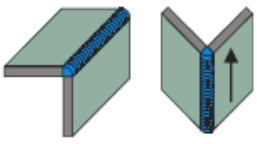
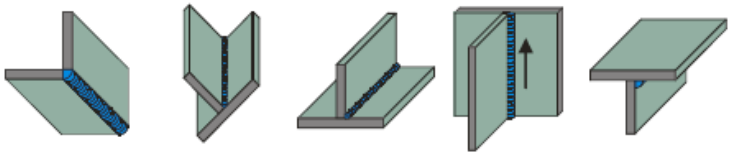
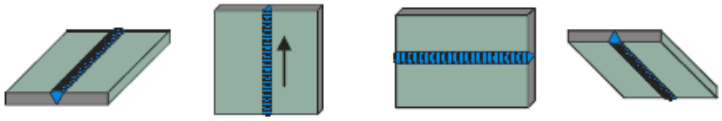
شكل رقم ٧٨: الفرق بين مسميات أوضاع اللحام لبعض الوصلات في النظام الأوربي (ISO) والأمريكي ASME (AWS)

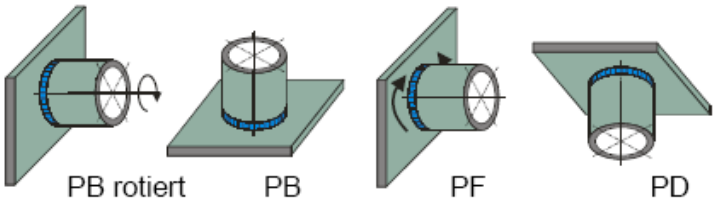
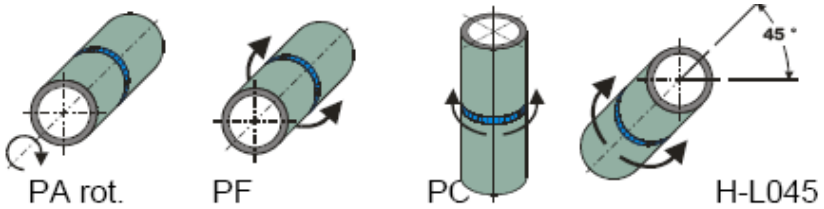
توجد أربعة أوضاع شائعة الاستخدام في اللحام وهي كالتالي:

١. اللحام في الوضع المسطح (الأرضي) Flat position ويرمز له بالرمز (PA)
٢. اللحام في الوضع الأفقي Horizontal position ويرمز له بالرمز (PC)
٣. اللحام في الوضع الرأسي Vertical position ويرمز له بالرمز (PG) للحام الصاعد، و(PF) للحام النازل
٤. اللحام في الوضع العلوي (فوق الرأس) Overhead position ويرمز له بالرمز (PE) للحام العلوي التقابلي، والرمز (PD) للحام العلوي الزاوي أو الفلنجة.

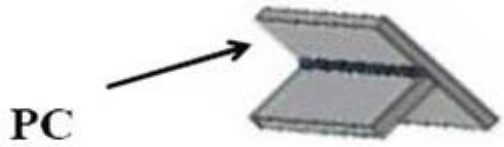
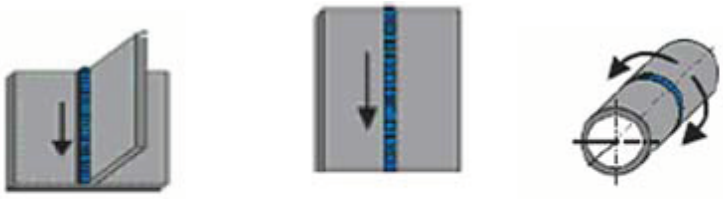
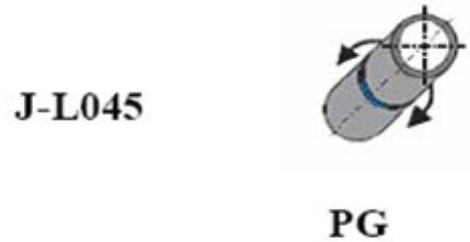
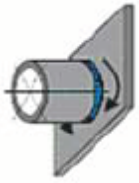


شكل رقم ٧٩: أوضاع اللحام طبقا للنظام الدولي الأوربي (ISO)

وصف الوصلة	وضع اللحام
لحام تزويد	PA PF PC
لحام زاوية وتزويد	 PB PF
لحام زاوية أوضاع مختلفة	 PD PA PB PF PD
لحام صاج تقابلى أوضاع مختلفة	 PA PF PC PF

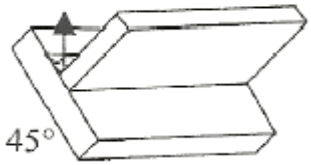
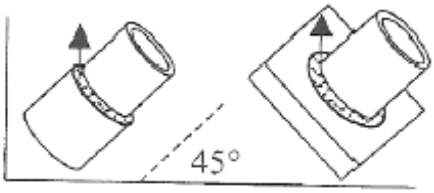
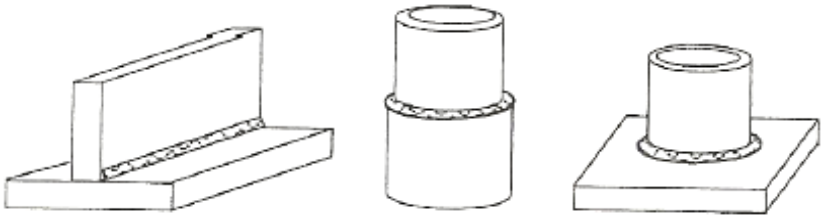
وصف الوصلة	وضع اللحام
وصلات مواسير مع الواح صاج	
لحام مواسير تقابليه في الأوضاع المختلفة	

جدول رقم ٥: أوضاع لحام بالنظام الدولي الأوربي

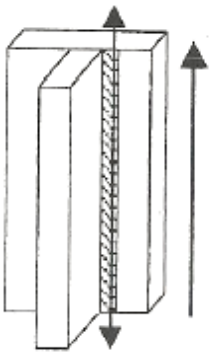
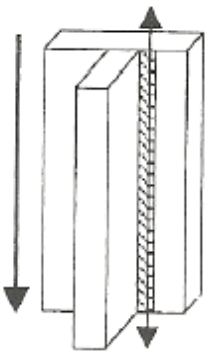
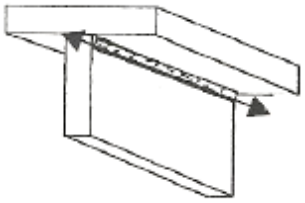
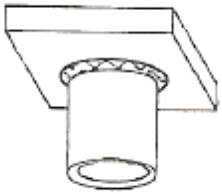
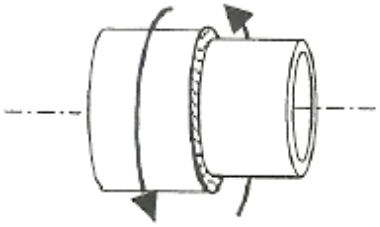
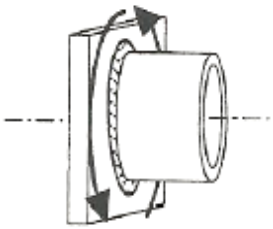
وصف الوصلة	وضع اللحام
لحامات زاوية بالعرض Horizontal	
لحامات بليتات ومواسير تقابليه في الوضع على النازل	
لحام ماسورة بزاوية ميل ٤٥° في الوضع على النازل	
لحام ماسورة مع بليت في الوضع علي النازل	

جدول رقم ٦

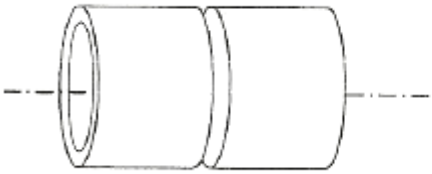
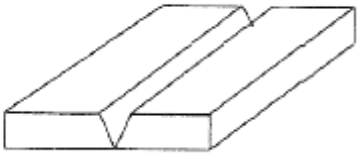
أوضاع اللحام طبقا لجمعية للنظام الدولى الأوروبى (ISO) والنظام الأمريكى AWS

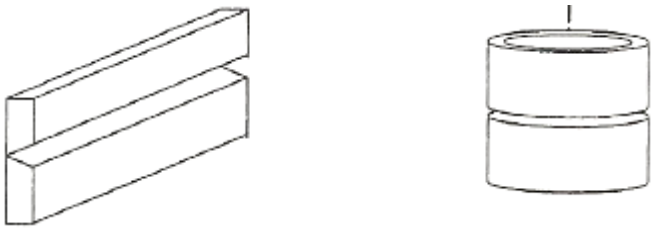
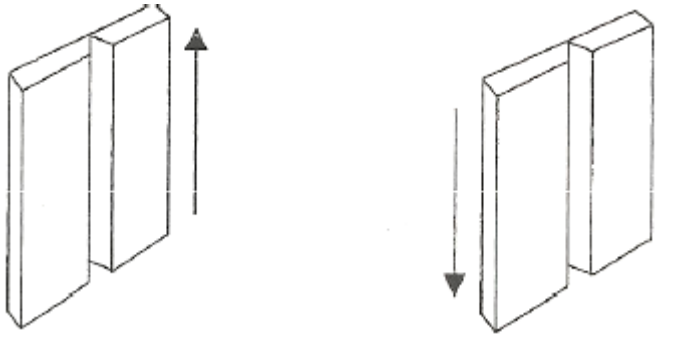
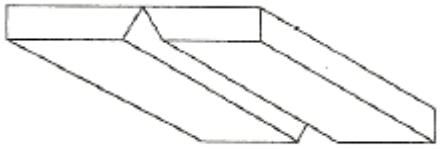
شكل توضيحي للحام الزاوية	AWS	EN ISO 6947
 لحام أرضى مع ميل المشغولة بزاوية ٤٥°	1F	L-45/PA
 لحام أرضى مع ميل المشغولة بزاوية ٤٥° إدارة الماسورة أثناء اللحام يدويا أو آليا	1FR	L-45/PA
 لحام عرضي محور الماسورة رأسي زاوية قائمة	2F	PB
محور الماسورة أفقي إدارة الماسورة أثناء اللحام يدويا أو آليا	2FR	PB

جدول رقم ٧

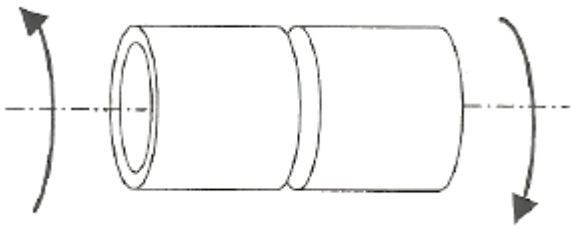
EN ISO 6947	AWS	شكل توضيحي للحام الزاوية
PF لحام تصاعدي PG لحام علي النازل	3F	 لحام رأسي تصاعدي  لحام رأسي تنازلي
PD	4F	  لحام فوق الرأس
PF لحام تصاعدي PG لحام علي النازل	5F	  محور الماسورة أفقي تنفيذ اللحامات في الوضعين التصاعدي والتنازلي

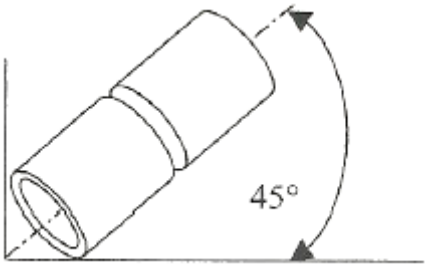
جدول رقم ٨

EN ISO 6947	AWS	أشكال توضيحية للحامات البلتات والمواسير في الوضع التقابلي
PA	1G	 محور الماسورة أفقي  لحام أرضى Flat (Ground) إدارة الماسورة أثناء اللحام يدويا أو آليا

أشكال توضيحية للحامات البلتات والمواسير في الوضع التقابلي	AWS	EN ISO 6947
 لحام بالعرض (افقي) Horizontal محور الماسورة رأسي	2G	PC
 لحام رأسي تنازلي (PG) لحام رأسي تصاعدي (PF) Vertical position	3G	PF لحام تصاعدي PG لحام علي النازل
 لحام فوق الرأس Overhead	4G	PE

جدول رقم ٩

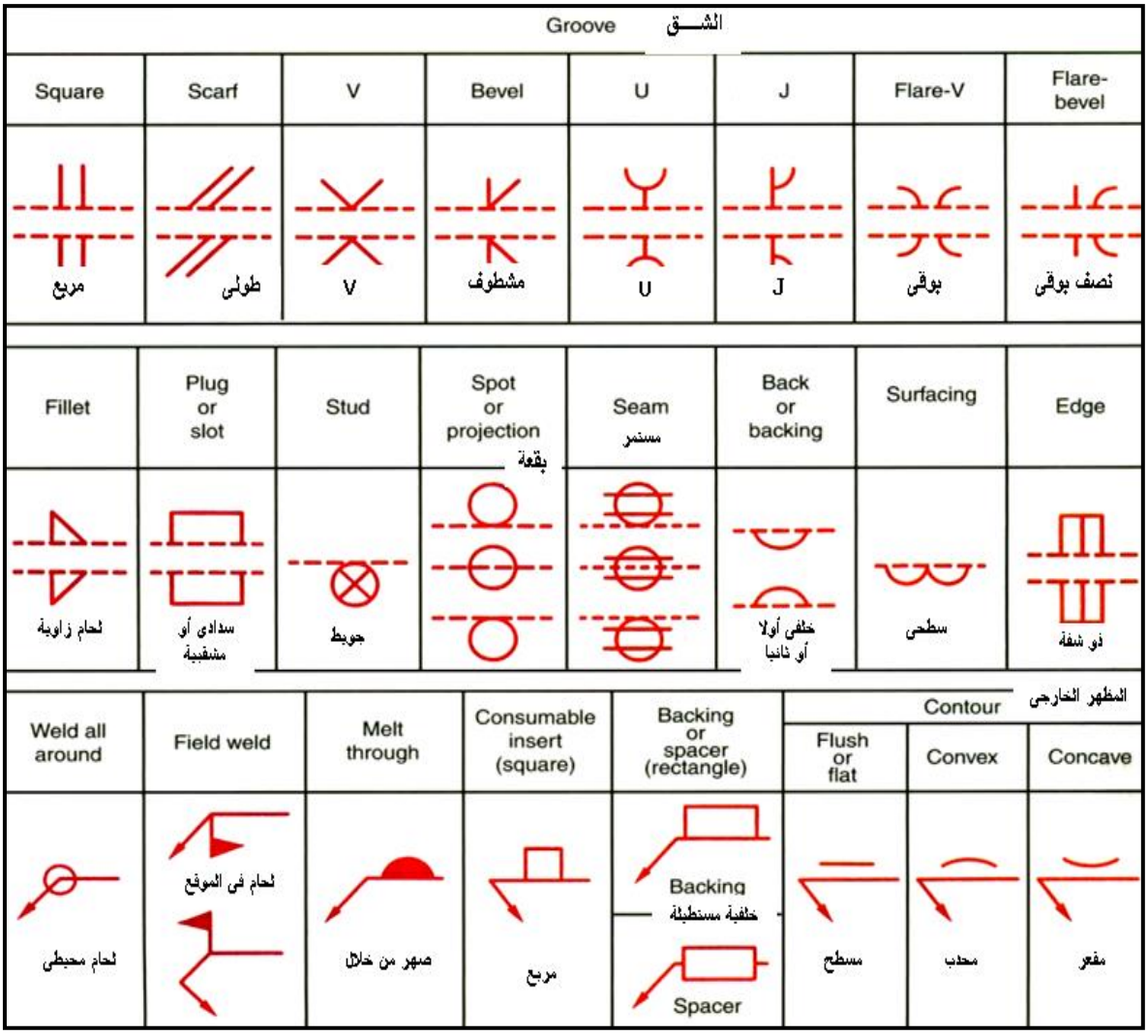
أشكال توضيحية للحامات المواسير في الوضع التقابلى	AWS	EN ISO 6947
 محور الماسورة أفقي ثبات الماسورة أثناء اللحام التصاعدي أو التنازلي	5G	PF لحام تصاعدي PG لحام علي النازل

أشكال توضيحية للحامات المواسير في الوضع التقابلى	AWS	EN ISO 6947
 لحام الماسورة بزاوية ٤٥°	6G	H-LO45

جدول رقم ١٠

الرموز الأساسية والمساعدة لرموز وصلات اللحام

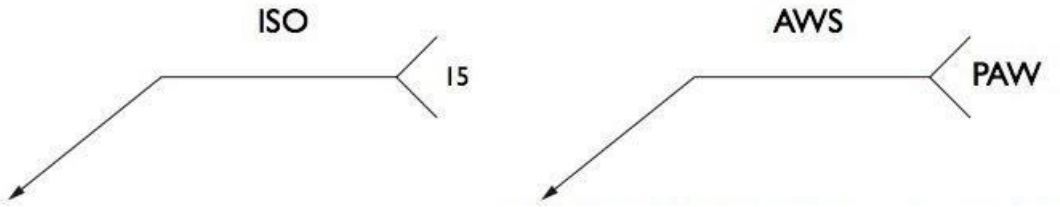
من المهم على المتدرب معرفة الرموز الأساسية لعمليات وصلات اللحام والتي قد تعطى له في الورشة ليفهم منها نوع اللحام المطلوب أو نوع الوصلات .... الخ



جدول رقم ١١: الرموز الأساسية للحام

كيفية تحديد الإشارة إلى عملية اللحام على الرموزProcess identification

إن النظام الدولي الأوربي ISO يرمز ويشير إلى عمليات اللحام بوضع رقم العملية على الذيل الموجود في نهاية خط الإشارة الأفقي، في حين أن النظام الأمريكي AWS يستخدم حروف تشير إلى اختصار عملية اللحام عوضا عن الأرقام وفي (شكل رقم ٨٠) تم إعطاء مثال حيث يمثل كل من الرقم ١٥ على والحروف PAW الرسمة إلى استخدام لحام البلازما plasma arc welding في كلا النظامين.



شكل رقم ٨٠: الإشارة إلى عمليات اللحام بالنظام الدولي والنظام الأمريكي

ولكن من الأفضل وكممارسة عامة أن يتم تضمين هذه البيانات في وثائق إجراء اللحام WPS حتى لا يكون هناك ارتباك من كثرة الحروف والبيانات الموجودة على رمز اللحام، وفي حالة تم تضمين البيانات في WPS يمكن حذف الذيل من الرسم الهندسي حسب توصيات المعايير الأوربية والأمريكية.

الأرقام المرجعية لعمليات اللحام

تم استخدام أرقام مرجعية في المعيار الدولي رقم ISO4063 لطرق المختلفة للحام، وتستخدم هذه الرموز في الرسومات التنفيذية (ISO2553) لعمليات اللحام أو في توصيف عمليات اللحام (EN ISO15614-1) ويبين (جدول رقم ١٢) هذه الأرقام المرجعية لكل عمليات اللحام.

طريق اللحام Welding method	الرقم المرجعي
اللحام بالاكسي اسيتلين Oxy-fuel gas welding	٣١١
اللحام بالقوس الكهربي المغلف بالفلكس Metal-Arc Welding with coated electrode	١١١
لحام بالقوس لسلك محشو بالفلكس وبدون غاز حجب Flux-cored wire metal-Arc welding without gas shield	١١٤
لحام الميج Metal Inert Gas (MIG) welding	١٣١
لحام الماج Metal Active Gas (MAG) welding	١٣٥
لحام الماج باستخدام سلك محشو بالفلكس MAG Welding with Flux-cored wire	١٣٦
لحام التيج Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) (TIG)	١٤١
لحام البلازما Plasma Arc welding	١٥

جدول رقم ١٢: الأرقام القياسية لطرق اللحام

أسئلة المعارف النظرية

اختر الإجابة أو الإجابات الصحيحة لكل من الأسئلة الأتية:

١. لحام الأرجون هو عبارة عن اللحام بالقوس الكهربي بغاز ..... للتحجيب:

أ. نشط

ب. تراكبي

ج. خامل

٢. من أهم أنواع الغازات الخاملة:

أ. الأكسجين

ب. الأرجون والهليوم

ج. الهيدروجين

٣. في لحام الأرجون سلك اللحام (معدن الملء) فيكون على شكل بكرة ويتم تغذيته:

أ. بالشد

ب. يدويا

ج. ميكانيكيا

٤. العوامل التي تتوقف عليها جودة عملية اللحام بالأرجون.

أ. ميل الالكترود على الشغلة

ب. نوع الملابس الواقية

ج. متوسط الإضاءة

٥. من أهم مميزات غاز الأرجون في بركة انصهار المعدن له قابلية كبيرة في:

أ. توصيل التيار الكهربي

ب. قدح القوس واستقراره

ج. إطفاء القوس

٦. من طرق اللحام بالأرجون:

أ. اليدوية

ب. النصف يدوية

ج. لأشيء مما سبق

٧. التسخين في لحام الأرجون يتم بواسطة:

أ. إشعال الغاز

ب. القوس الكهربي

ج. الغلاية

٨. تصنع إلكترودات لحام الأرجون من:

أ. النحاس

ب. الزنك

ج. التنجستن

٩. من مميزات لحام الأرجون:

أ. تخانة خط اللحام

ب. تركيز حراري قوى وعالي

ج. حجم الماكينة كبير

١٠. من عيوب لحام الأرجون:

أ. تسخين زائد

ب. ضغط عالي

ج. غير مناسب اقتصاديا للسمك الكبير

أكمل ما يأتي بكلمة أو عبارة مناسبة مما بين القوسين:

١١. منبع القدرة للمستخدم في لحام TIG يكون: .....

(ثابت الفولت – ثابت التيار - ثابت الضغط).

١٢. استهلاك غاز الحماية المستخدم في لحام TIG يقدر بـ: .....

(كيلو جرام – لتر/ دقيقة – كيلو باسكال)

١٣. الغرض من غازات الحماية في لحام بالأرجون هو حماية: .....

(الهواء الجوي – وحدة التبريد – البركة المنصهرة)

١٤. الكثافة النوعية لغاز الأرجون هي: .....

(١,٧٨ جرام / لتر – ١٠,٧٨ جرام / لتر - ٧٨ جرام / لتر)

١٥. أسطوانة غاز الأرجون تصنع من: .....، ويتم ضغط الغاز بها حتى: .....

(الألومنيوم، ١٩ بار – الصلب، ١٩٦ بار – الصاج، ٩٦ بار)

١٦. من العوامل الهامة التي تؤثر على جودة اللحام بالأرجون: .....

(استخدام أي نوع من الأسلاك - مطابقة سلك الملء لنوع ومواصفات المعدن - زيادة السرعة).

١٧. من أنواع أسلاك اللحام بالأرجون: .....، .....

(صماء ومفرغة – صلدة وطرية – طويلة وقصيرة)

١٨. من العوامل الهامة لتجهيز وصلة اللحام بالأرجون: .....

(اختيار الفولت – اختيار التيار – دقة الشطف).

١٩. في طريقة لحام الأرجون (TIG) النصف آلية يتم مسك مشعل اللحام يدويا بينما سلك الملء يتم تغذيته: .....

(يدويا – آليا – بالطريقتين).

٢٠. في طريقة لحام الأرجون (TIG) الآلية يتم بضبط متغيرات اللحام بطريقة: .....

(يدوية – آلية – بالطريقتين).

ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (×) أمام العبارة الخطأ:

٢١. اللحام بالأرجون يشبه اللحام الحدادي في طريقة التسخين ( )

٢٢. زمن تسليط التيار في لحام الأرجون الكهربية يكون قصير جدا ( )

٢٣. من أنواع وصلات اللحام التي يجب لحامها من الجانبين الوصلة حرف (T) ( )

٢٤. في لحام الأرجون يستخدم الكترود من التنجستن غير مستنفذ (لا يستهلك) ( )

٢٥. لا يستخدم القوس الكهربي في اللحام بالأرجون ( )

٢٦. يمكن إجراء اللحام بالأرجون بدون غاز خامل للتحجيب ( )

٢٧. في الطريقة اليدوية للحام الأرجون يقوم عامل اللحام بإمساك طورش اللحام وسلك اللحام( )

٢٨. ماكينة لحام الأرجون تتطلب مهارة عادية أثناء تشغيلها ( )

٢٩. لحام الأرجون يسمى لحام (TIG) ويسمى أيضا لحام GTAW ( )

٣٠. لحام الأرجون يتم يدويا فقط ولا يتم بطريقة آلية ( )

ضع الحرف الدال على الإجابة الصحيحة من العمود (ب) أمام ما يناظرها من العمود (أ) وذلك في المكان المخصص بين القوسين:

م	العمود (أ)		العمود (ب)	
٣١.	كثافته غاز الأرجون	( )	أ	تتساوى فيه نسبتي الأكسجين والهيدروجين
٣٢.	كثافة غاز الهليوم	( )	ب	وضع حواف القطعتين بشكل تقابلي
٣٣.	الوصلة التقابليه (التناكبية) هي	( )	ج	وضع طرفي القطعتين بشكل متعامد
٣٤.	وصلة الزاوية الخارجية هي	( )	د	أعلى من الهواء مما يجعله لا يتطاير
٣٥.	وصلة حرف (T) هي	( )	هـ	أقل من الهواء مما يجعله يتطاير
			و	وضع طرف إحدى الوصلتين على سطح الأخرى

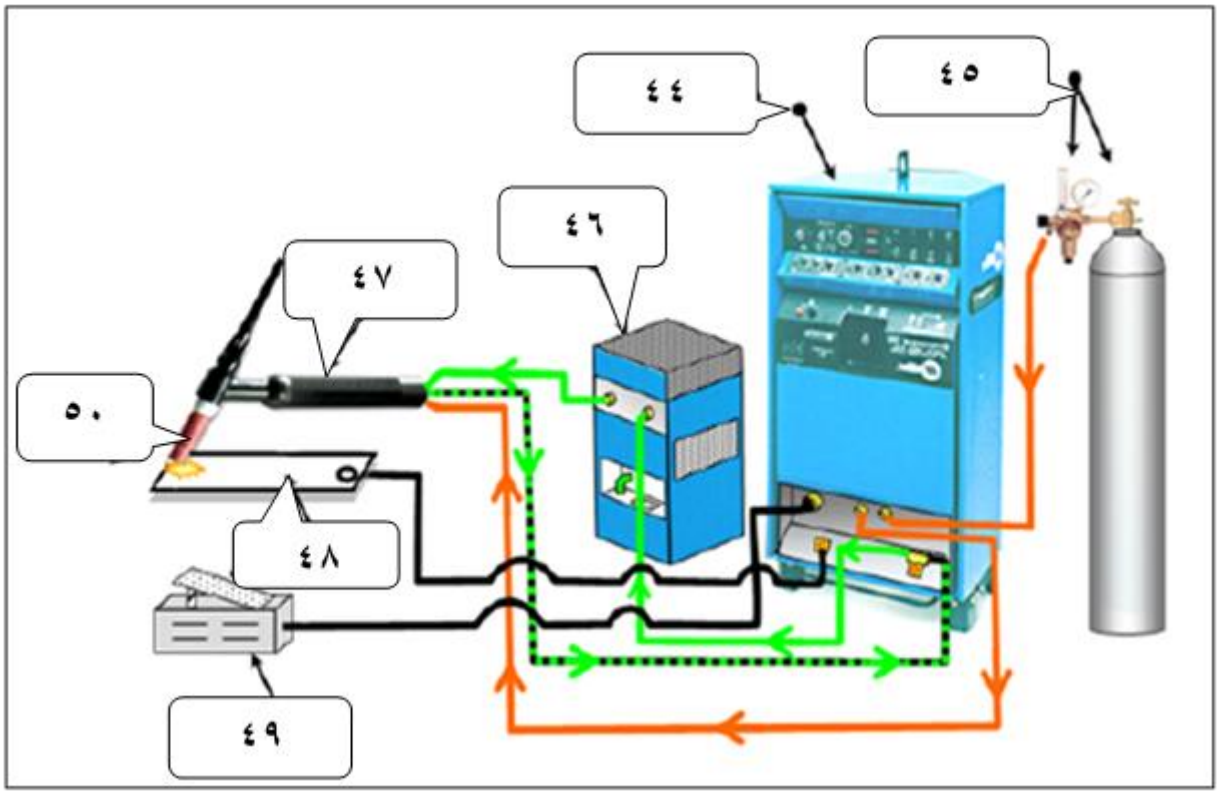
الجدول التالي يوضح العيوب الشائعة للحام الأرجون إذكر الأسباب المحتملة

م	العيب	الأسباب المحتملة
٣٦.	انصهار غير جيد	
٣٧.	ارتفاع درزة الخط	
٣٨.	انخفاض درزة الخط	
٣٩.	عدم انتظام درزات اللحام	
٤٠.	عدم نفاذية	
٤١.	المسامية	

اذكر ترجمة المصطلحات الفنية الأتية:

م	المصطلح	الترجمة
٤٢.	Argon Welding (TIG), Heat, Pressure	..... ، ..... ، .....
٤٣.	Metal Tungsten Electrodes, Filler	..... ، .....

اذكر الأجزاء واستخدامها لوحدة لحام بالأرجون واذكر استخدامات الأجزاء طبقا للأرقام التالية:



إجابة أسئلة المعارف النظرية

رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
١.	ج
٢.	ب
٣.	ج
٤.	أ
٥.	ب
٦.	أ
٧.	ب
٨.	ج
٩.	ب
١٠.	ج
١١.	ثابت الفولت
١٢.	كيلو باسكال
١٣.	البركة المنصهرة
١٤.	١,٧٨ جرام / لتر
١٥.	الصلب ، ١٩٦ بار
١٦.	مطابقة سلك الملء لنوع ومواصفات المعدن
١٧.	صماء ومفرغة
١٨.	دقة الشطف
١٩.	آليا
٢٠.	آلية
٢١.	×
٢٢.	×
٢٣.	√
٢٤.	√
٢٥.	×
٢٦.	×

رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
٢٧.	√
٢٨.	×
٢٩.	√
٣٠.	×
٣١.	(د)
٣٢.	(هـ)
٣٣.	(ب)
٣٤.	(ج)
٣٥.	(و)
٣٦.	انخفاض شدة التيار الكهربي
٣٧.	زيادة سرعة التغذية
٣٨.	انخفاض شدة التيار الكهربي انخفاض سرعة التغذية
٣٩.	عدم انتظام المشغل (اللحام) عدم انتظام سلك التغذية
٤٠.	ضعف تجهيز القطعة انخفاض شدة التيار الكهربي
٤١.	الغازات المحصورة داخل المعدن من قلة الحماية عدم نظافة سطح اللحام والزيوت على سطح المعدن
٤٢.	اللحام بالأرجون، الحرارة والضغط
٤٣.	أقطاب التنجستون، معدن المليء
٤٤.	ماكينة اللحام وتستخدم في تنفيذ عمليات اللحام المختلفة
٤٥.	وحدة غاز الحماية وتستخدم في حماية البركة المنصهرة
٤٦.	وحدة التبريد وتستخدم في تبريد طورش اللحام
٤٧.	مشعل اللحام ويستخدم في عمل خطوط اللحام المختلفة
٤٨.	الشغلة وتستخدم في الحصول على الوصلة المطلوبة
٤٩.	دواسة التشغيل وتستخدم في تشغيل وإيقاف الماكينة
٥٠.	إلكترود التنجستن ويستخدم في ملء بؤرة اللحام

التدريبات العملية للوحدة

ضبط وتشغيل وحدة اللحام بالأرجون (TIG) وفك وتركيب الأجزاء والملحقات			
تدريب رقم	١	الزمن	٢٤ ساعة

أهداف

أن يكون المتدرب قادرا على أن:

- تجهيز مكان العمل.
- سن الكترود التنجستن وتركيبة بطورش اللحام بطريقة صحيحة.
- ضبط وتجهيز وتشغيل ماكينة لحام التيج TIG بالأرجون بطريقة صحيحة وآمنة.

متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات
مجموعة اللحام بالأرجون وملحقاتها	أسطوانة غاز أرجون للحماية.
طاولة عمل بالملحقات	
ماكينة تجليخ	سلك تنجستن جديد (حسب الأنواع المتاحة في المخازن).
شنطة عدة بها عدد ومفاتيح للربط والفك	
زراديه مفصلية	مواد وأدوات تنظيف مناسبة.
أدوات الوقاية الشخصية وطفايات الحريق	

جدول رقم ١٣: متطلبات التدريب

المعارف المرتبطة بالتدريب

تحديد مكونات نظام اللحام بالتيج، وأنواع طورش اللحام وأجزاءه ووظيفة كل جزء من معدات اللحام بالتيج السابق شرحها في الجزء النظري.

خطوات تنفيذ التدريب

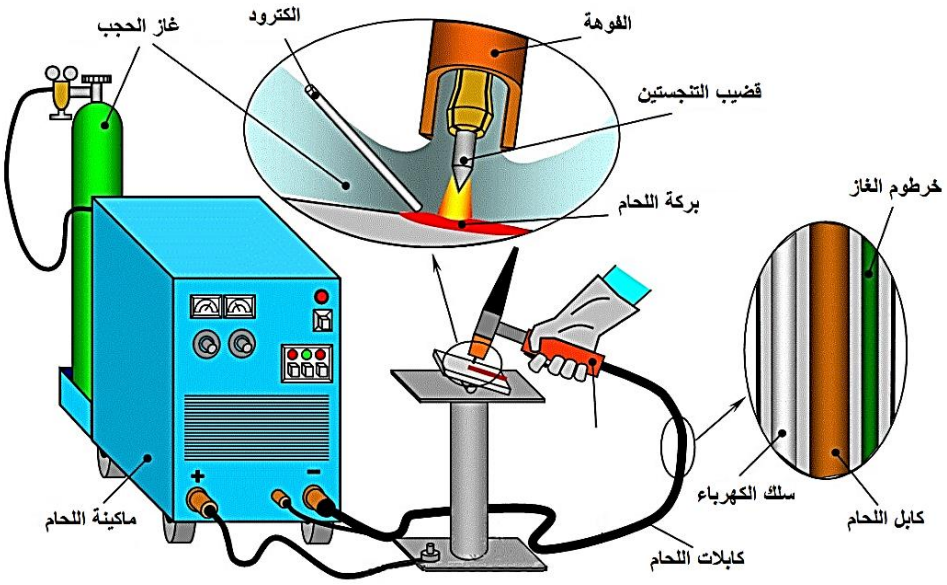
١. تطبق إجراءات السلامة والأمان الخاصة بورشة اللحام، ومن أهمها أن يكون المتدرب قد ارتدى الزي المناسب للحام وأدوات الحماية الشخصية الخاصة بلحام الأرجون لأهميتها البالغة والموضحة في (شكل رقم ٨١).

شكل رقم ٨١: أدوات الحماية الشخصية اللازمة بالورشة (PPE)

٢. احضر العدد المساعدة (مثل فرشاه من السلك وملاقط حداده للامساك بالمشغولات آو الأجزاء ومطرقة للاستعدال).

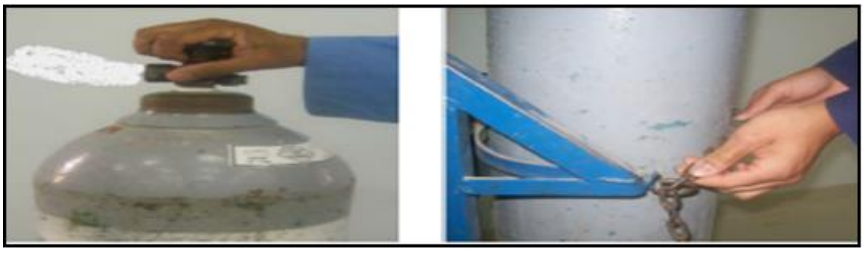
شكل رقم ٨٢: فرشاة التنظيف

٣. جهز مكان العمل واحضر ماكينة اللحام وشغل شفاط التهوية.



شكل رقم ٨٣: تجهيز مكان وأدوات العمل المطلوبة للحام

٤. قم بتوصيل الجسم الخارجي للماكينة بالأرضي.
٥. قم بتوصيل مفتاح قاطع للكهرباء بالقرب من ماكينة اللحام للاستعمال في حالات الطوارئ.
٦. تأكد من وجود قاطع كهربائي فيوز (Fuse) أو قاطع للتيار(Circuit Breaker) لحماية الماكينة من الأحمال العالية.
٧. ثبت الأسطوانة في حامل الأسطوانات في وضع رأسي.
٨. تخلص من الشوائب بفتح محبس الأسطوانة قليلا لطرد كمية من الغاز.



شكل رقم ٨٤: تثبيت الأسطوانة والتخلص من شوائب الغاز

٩. قم بتركيب المنظم على الأسطوانة واربطه بشكل سليم.

شكل رقم ٨٥: تثبيت المنظم

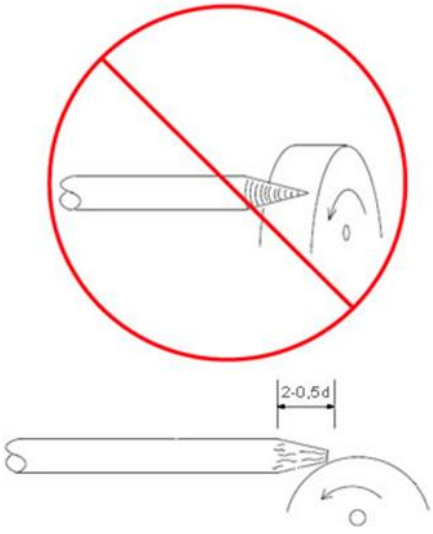
١٠. ركب خرطوم غاز الحماية في المنظم واربطه بشكل سليم.

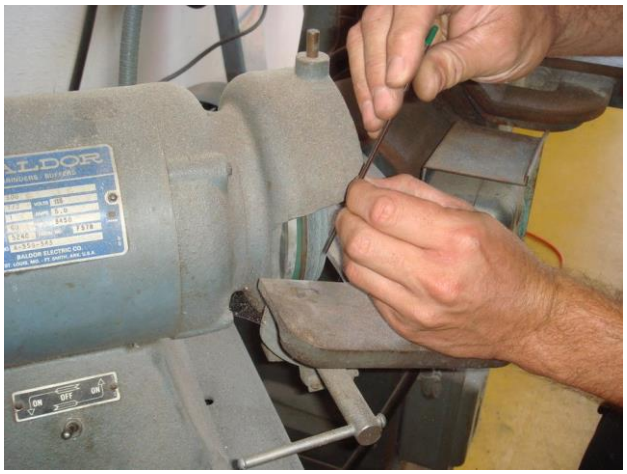
شكل رقم ٨٦

١١. اختر نوع قطب (الكترود) التنجستن من بين الأقطاب المخزنة والمناسب لنوع المعدن المطلوب لحامه.

شكل رقم ٨٧: اختيار نوع قطب التجستن

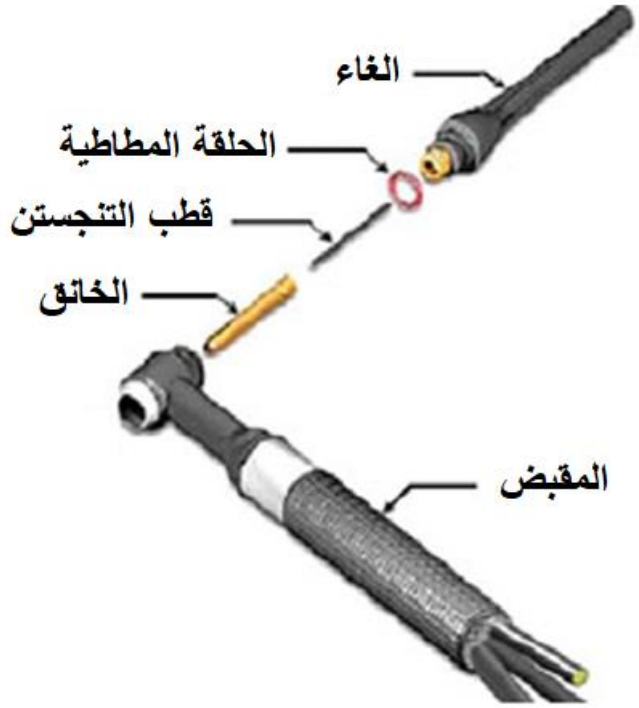
١٢. قم بسن طرف الكترود التنجستن على ماكينة التجليخ اليدوي حتى تحصل على طرف قضيب التنجستن غير مدبب بل مشطوفا بحيث يكون طول النهاية المخروطية له يساوي من ٢ إلى ٠,٥ القطر كما هو كما هو مبين في (شكل رقم ٨٨) لمنع تشتت قوس اللحام.





شكل رقم ٨٨: سن الكترود التنجستن بشكل سليم

١٣. فك الغطاء الخلفي لطورش اللحام.

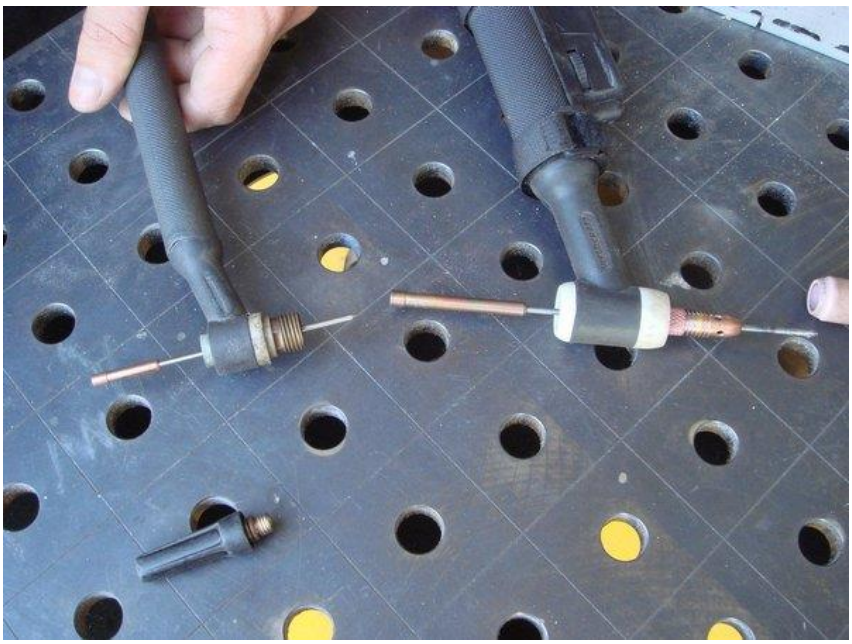


شكل رقم ٨٩: فك الغطاء الخلفي لطورش اللحام

١٤. ركب إبرة التنجستن في الطوق المعدني المخصص لذلك.

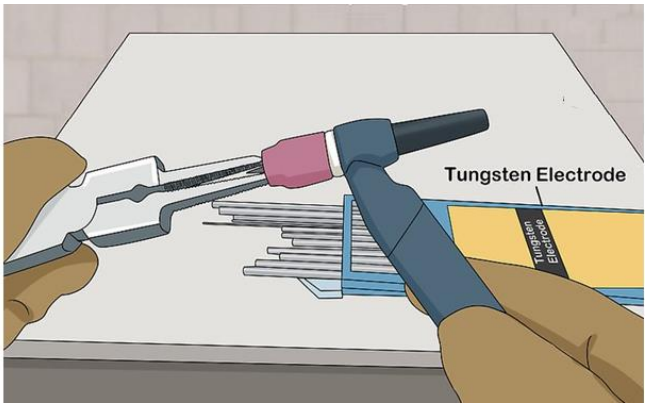
شكل رقم ٩٠: تركيب الكترود التنجستن في الطوق المعدني المخصص لذلك

١٥. قم بتمرير الالكترود في الممر الخاص بطورش اللحام ليمر في منتصف الناشر والفوهة لتكون كما هو مبين في (شكل رقم ٩١).



شكل رقم ٩١: تثبيت الكترود اللحام ليمر داخل

١٦. اضبط مسافة بروز طرف سن الالكترود عن فوهة غاز الحماية ليكون في حدود ربع بوصة.



شكل رقم ٩٢: ضبط بروز سن الكترود التنجستين

١٧. قم بتركيب المشعل (طورش) بالخرطوم.

شكل رقم ٩٣: تركيب الخرطوم بالمشعل

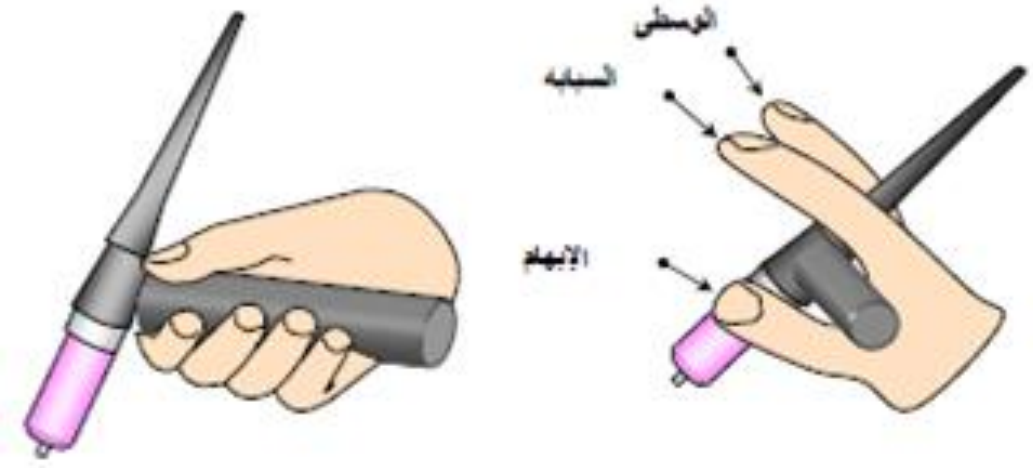
١٨. اضبط نوع التيار (AC/DC) على الماكينة واضبط شدة التيار وضغط الغاز والتوقيت المناسب.

١٩. اختر شدة التيار المناسبة لنوع الكترود وسمك الواح العمل المطلوب لحامها.

كقاعدة عامة يمكن معايرة التيار الكهربي ليكون ١ أمبير لكل ٠,٠٢٥ مم (٠,٠٠١ بوصة) من سمك القطعة المراد لحامها، ويفضل ضبط الأمبير لقيمة عالية لا تزيد عن ٢٥٠ أمبير، ويتم تخفيض التيار وضبطه على مراحل.

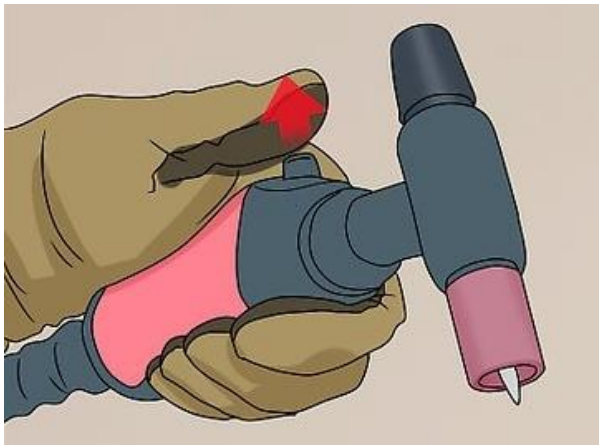
شكل رقم ٩٤: ضبط قيمة التيار ونوع التيار وشدة الغاز

٢٠. امسك طورش اللحام بطريقة صحيحة كما هو مبين في (شكل رقم ٩٥).



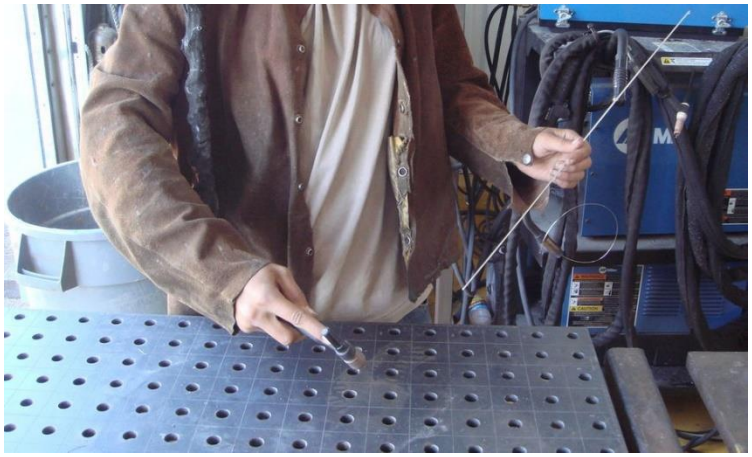
شكل رقم ٩٥: مسك طورش اللحام بطريقة صحيحة

٢١. اضغط على زرار طورش اللحام بشكل سليم كما هو مبين في (شكل رقم ٩٦).



شكل رقم ٩٦: مسك طورش اللحام

٢٢. قم بالوقوف أمام تزجه اللحام بالوضع الصحيح وامسك طورش اللحام باليد اليمنى وسلك الحشو باليد اليسرى وتأهب لعملية اللحام.



شكل رقم ٩٧: الاستعداد للحام

<u>بعد الانتهاء من ضبط وتجهيز مجموعة اللحام:</u>

١. افصل التيار الكهربي عن ماكينة اللحام.
٢. اغلق محبس أسطوانة الغاز.
٣. قم بلف كابلات اللحام وإرجاعها على ماكينة اللحام.
٤. قم بترتيب الأدوات المستخدمة وقم بإرجاعها إلى مكانها.
٥. افصل التيار عن ورشة اللحام.
٦. قم بتنظيف الأيدي والوجه من الأتربة وأدخنة اللحام.
٧. نظف مكان العمل.

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

تقييم الأداء

أن يصبح المتدرب قادرا على أن:

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
١	يطبق تعليمات السلامة والصحة المهنية			
٢	يجهز مكان وأدوات العمل			
٣	يحضر أسطوانة الأرجون المناسبة ويثبتها في حامل الأسطوانات			
٤	يركب ويضبط منظمات الضغط على الأسطوانة			
٥	يوصل خرطوم الغاز بين الأسطوانة والماكينة بطريقة صحيحة			
٦	يقوم بسن قطب (الكترود) التنجستن بطريقة صحيحة			
٧	يركب الكترود التنجستن بطريقة صحيحة في الطورش			
٨	يتمكن من ضبط عناصر ومتغيرات اللحام مثل شدة التيار والغاز وزمن خروج الغاز من خلال مفاتيح لوحة التحكم			
٩	يمسك طورش اللحام وسلك الحشو بطريق سليمة			
١٠	يضبط ماكينة اللحام بطريقه سليمة يفحص معدات اللحام قبل التشغيل			
١١	يستخدم الطريقة الصحية في مسك وإشعال القوس للأرجون			
١٢	يقوم بتنظيف مكان العمل وإعادة الأدوات إلى أماكنها.			

جدول رقم ١٤: معايير تقييم أداء المتدرب

توقيع المدرب

الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: .....

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب الأجزاء التالية:

- معدات اللحام بالتيج وغاز الأرجون
- سلك تنجستن جديد

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٣٠ دقيقة:

- سن سلك التنجستن
- تحديد وظيفة كل جزء من مكونات نظام اللحام بالتيج
- ضبط وتجهير وتركيب مكونات اللحام بالتيج

لحام خطوط انصهاريه بدون سلك تحت مستوى النظر (وضع مسطح)			
تدريب رقم	٢	الزمن	٢٤ ساعة

أهداف

يتوقع أن يصبح المتدرب قادرا على:

- تجهيز مكان العمل.
- تحضير قطع العمل وتنظيفها.
- شنكرة القطعة حسب المخطط التنفيذي المطلوب وعمل التذنيب لخطوط اللحام.
- ضبط وتجهيز وتشغيل ماكينة اللحام بالأرجون بطريقة صحيحة وآمنة.
- عمل خطوط لحام متكررة بدون سلك تحت مستوى النظر على قطعة العمل.
- تنفيذ اللحام بدقة وبدون عيوب.

متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات
ماكينة اللحام بالأرجون وملحقاتها	قطعة من الحديد بمقاس ٢٠٠ × ١٠٠ مم، سمك ٤ مم (أو حسب المتاح في المخازن)
طاولة عمل بالملحقات	
زهرة الشنكرة	
شوكة العلام	
ذنبه العلام	أسطوانة غاز الأرجون للحماية
جاكوش استعدال	
لقط حدادي	
مسطرة صلب	مواد وأدوات تنظيف مناسبة
فرشاة سلكية	
سندان حدادي	
أدوات الوقاية الشخصية وطفايات الحريق	

جدول رقم ١٥: متطلبات التدريب

المعارف المرتبطة بالتدريب

تحديد معدات اللحام وأوضاع اللحام السابق شرحها في المعارف النظرية، مع التركيز على زاوية ميل مشعل (طورش) اللحام وزاوية العمل.

يجب مراعاة ما الخطوات التالية عند اللحام بقوس الأرجون:

١. يجب ألا يزيد جهد تيار اللحام عن ٨٠ فولت عند اللحام بالتيار المتغير، وعن ١٠٠ فولت عند استعمال التيار المستمر.
٢. يجب توصيل أجسام وأغطية أجهزة اللحام، وكذلك تزجه اللحام بالأرض جيدا.
٣. تشكل كابلات اللحام التالفة خطرا على فني اللحام وزملائه.
٤. اللحام بذراعين مكشوفين أو مع تعرية النصف الأعلى من الجسم يعرض العامل لخطر الإشعاع.
٥. يجب عند اللحام بالتيج توفير التهوية اللازمة لحماية العاملين من الغازات الأدخنة الضارة.
٦. يجب أن يرتدي فني اللحام قناعا واقيا لحماية العين من الإشعاع الضار أو الجسيمات المتطايرة.

خطوات تنفيذ التدريب

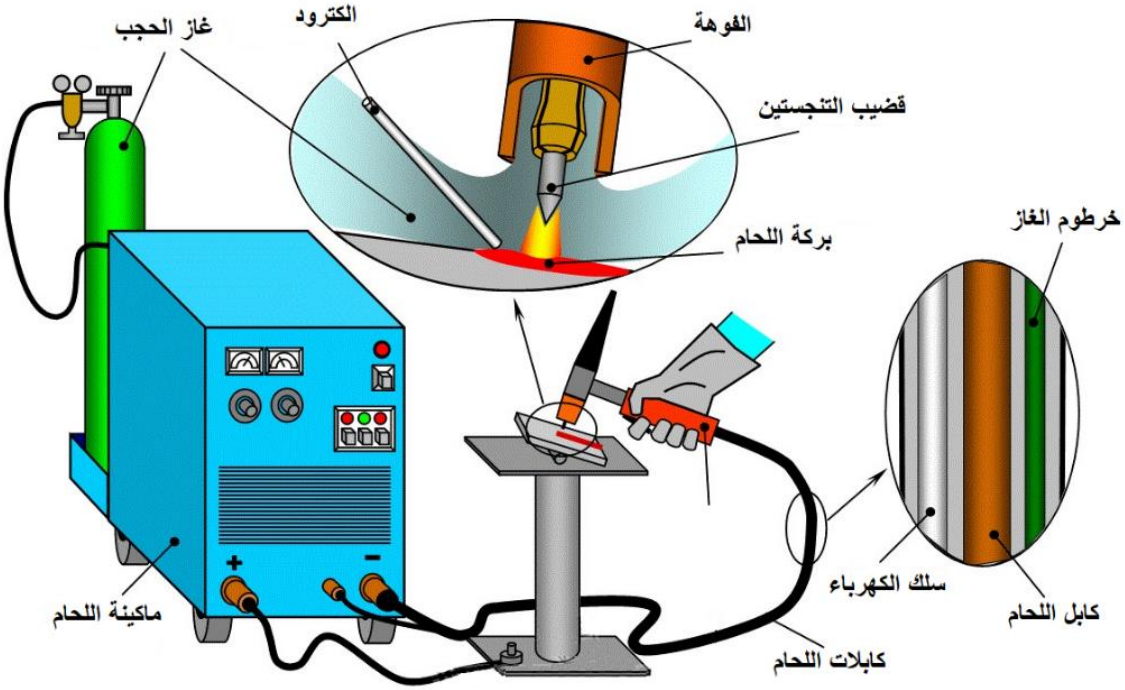
١. تطبق إجراءات السلامة والأمان الخاصة بورشة اللحام، ومن أهمها أن يكون المتدرب قد ارتدى الزي المناسب للحام وأدوات الحماية الشخصية الخاصة بلحام الأرجون لأهميتها البالغة والموضحة في (شكل رقم ٩٨).

شكل رقم ٩٨: أدوات الحماية الشخصية اللازمة بالورشة (PPE)

٢. احضر العدد المساعدة (مثل فرشاه سلك وملاقط حداده للامساك بالمشغولات آو الأجزاء ومطرقة للاستعدال).

شكل رقم ٩٩: فرشاة التنظيف

٣. جهز مكان العمل واحضر المعدات وشغل شفاط التهوية.



شكل رقم ١٠٠: تجهيز مكان وأدوات العمل المطلوبة للحام

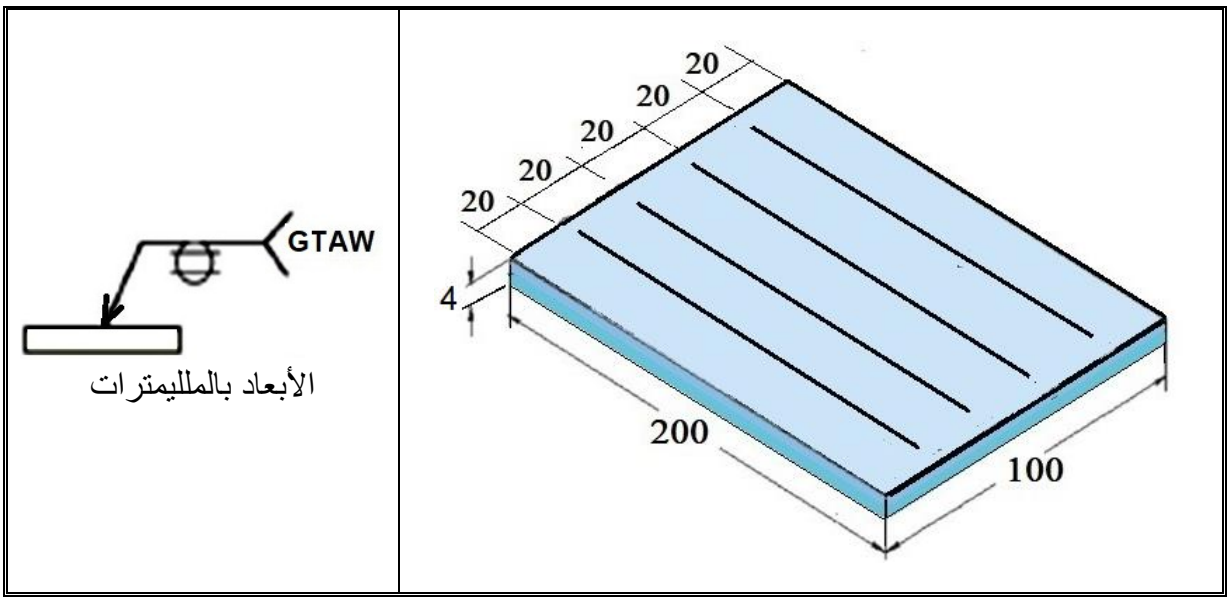
٤. قم بإعداد وتجهيز قطعة العمل وتنظيفها من الصدأ إن وجد.

٥. ضع قطعة العمل على طاولة العمل بشكل مسطح بحيث تكون تحت مستوى النظر.

٦. قم بقراءة الرسم التنفيذي.

٧. قم بشنكرة قطعة العمل حسب المقاسات المطلوبة بالرسم التنفيذي تكون (١- ٢ سم) بين كل خطين (أو حسب تعليمات المدرب).

٨. قم بدق ذنب خفيفة على امتداد خطوط الشنكرة.



شكل رقم ١٠١: تخطيط وشنكرة قطعة العمل

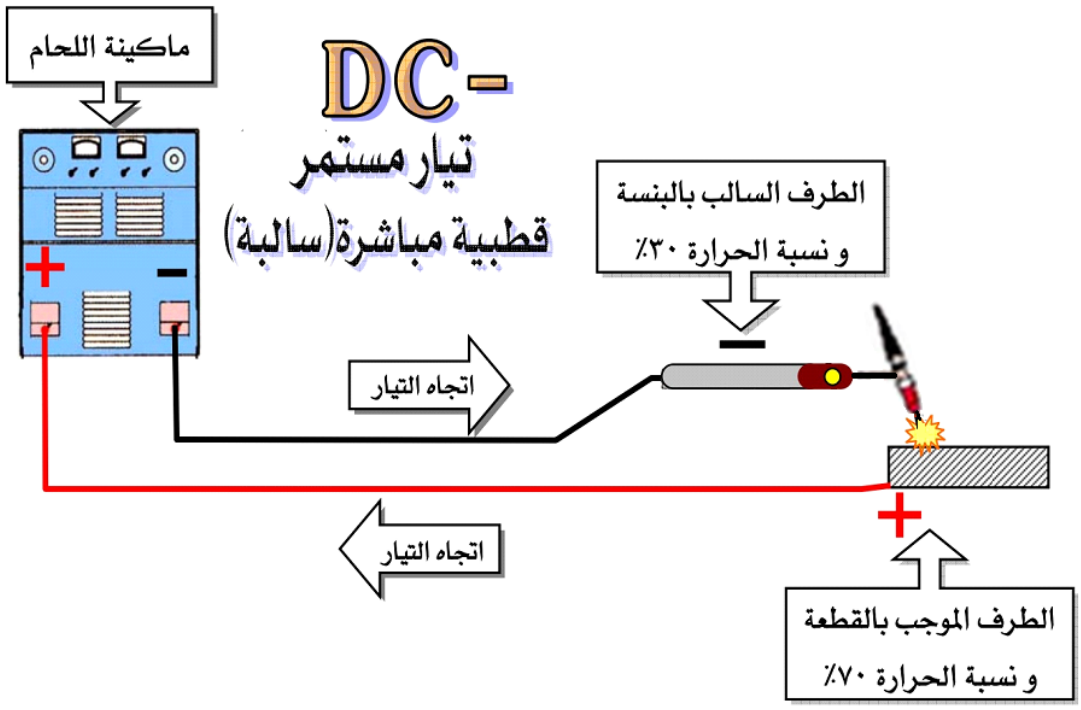
٩. اضغط تدفق غاز الأرجون ليكون في حدود١٢ لتر / دقيقة.

١٠. تأكد من توصيل الكابلات بالماكينة بشكل سليم وآمن.

١١. قم بتوصيل الكهرباء لماكينة اللحام بالتيج TIG

١٢. اضغط على مفتاح تشغيل الماكينة واجعله في وضع التشغيل (ON)

١٣. قم باختيار وضع التيار المستمر قطبية مباشرة سالبة (DC-) للحام اليدوي كما هو مبين في (شكل رقم ١٠٢)؛ ويمكن أيضا إجراء اللحام على تيار متناوب، ولكن باستخدام مذبذب يتم تثبيته عند قيمة محددة.



شكل رقم ١٠٢: توصيل طورش اللحام بالقطب السالب وقطعة العمل بالقطب الموجب

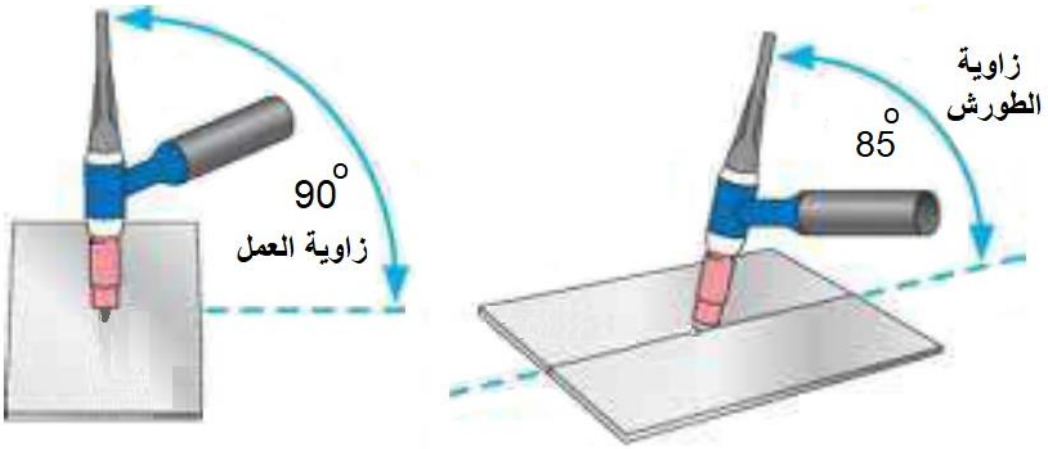
١٤. قم باختيار شدة التيار المناسبة لسمك قطعة العمل المطلوب لحامها في حدود ١٦٠ أمبير تقريبا (١ أمبير/ ٠,٠٢٥ مم من سمك المعدن بمعنى ٤مم/٠,٠٢٥ =١٦٠ أمبير).

١٥. قم بالوقوف أمام تزجة اللحام بالوضع الصحيح استعدادا للحام.

١٦. شغل وحدة تزويد الغاز قبل بدء اللحام بحوالي ٢٠ ثانية.

١٧. اضغط تدفق غاز الأرجون ليكون في حدود١٢ لتر / دقيقة.

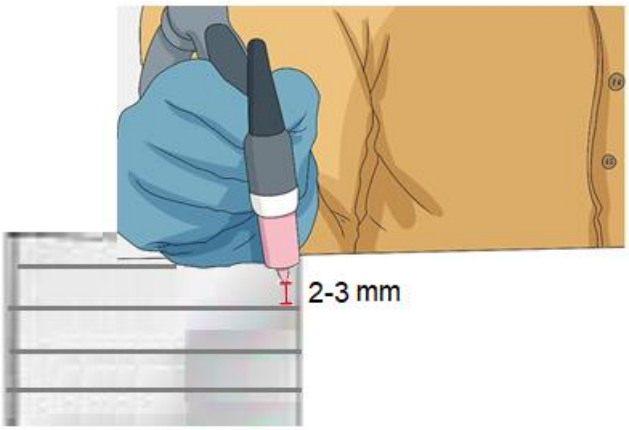
١٨. اضبط زاوية التقدم وزاوية العمل بالوضع الصحيح لوضعية اللحام كما هو مبين في (شكل رقم ١٠٣).



شكل رقم ١٠٣: ضبط زاوية مشعل (طورش) اللحام وزاوية العمل

عند اللحام بدون معدن حشو، يفضل تثبيت القطب بزاوية أقرب إلى ٩٠ درجة إلى اللوح المعدني، من أجل الحد من استهلاك أقطاب التنجستن.

١٩. حافظ على الفراغ بين طرف طورش اللحام والشغلة بمقدار يتراوح من ٢-٣ مم للحفاظ على استقرار اشتعال القوس أثناء عملية اللحام.



شكل رقم ١٠٤: الحفاظ على مسافة بين طورش اللحام وقطعة العمل

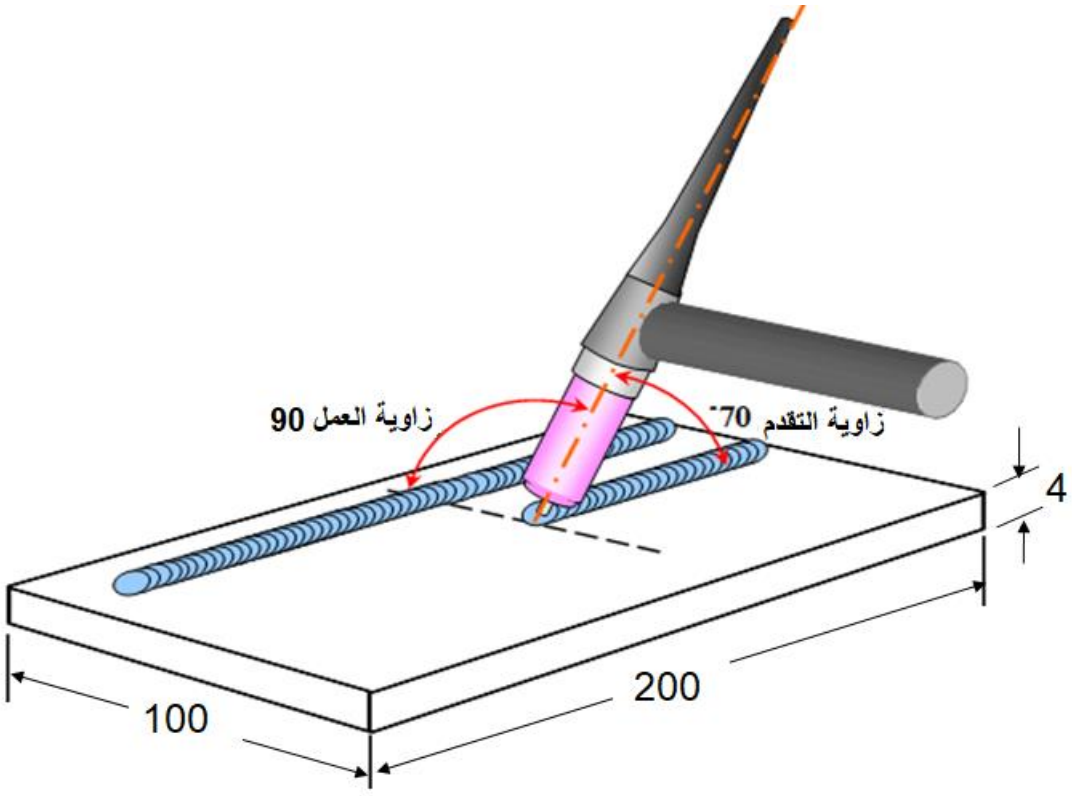
٢٠. قم بلحام خط اللحام الأول بشكل مستقيم ومنتظم طبقا للرسم التنفيذي مع تحريك الالكترود من اليمين إلى اليسار بسرعة منتظمة مع الحفاظ على التوافق بين حركة طورش اللحام وسرعة صهر وانسياب المعدن ومراعاة عدم تحريك طورش اللحام في حركات ترددية عرضية أثناء الحركة حتى لا يخترق الهواء غاز الحماية.

شكل رقم ١٠٥

٢١. اترك خط اللحام ليبرد قليلا.

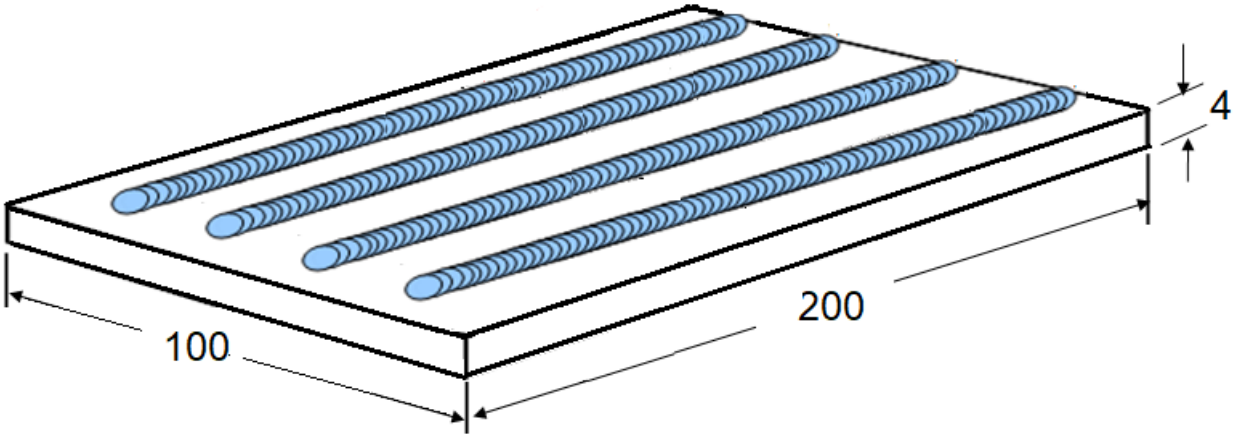
٢٢. ارفع الشغلة باللقط للمدرب لفحص اللحام والاستفادة من ملاحظاته ليراعيها عند لحام الخطوط التالية.

٢٣. نفذ خط اللحام الثاني طبقا لشروط اللحام الصحيحة وبشكل مستقيم على علامات الشنكرة مع مراعاة المحافظة على مسافة ثابتة بين قطب التنجستن وسطح الشغلة.



شكل رقم ١٠٦: ضبط زاوية العمل وزاوية التقدم لطورش الارجون

٢٤. الحم بقية خطوط اللحام المطلوبة بنفس الطريقة حتى يتم الانتهاء من كافة خطوط اللحام على قطعة العمل بشكل كامل.



شكل رقم ١٠٧: خطوط اللحام

٢٥. اترك تدفق غاز الأرجون حوالي ١٠ ثواني بعد انتهاء لحام خطوط اللحام ليتم تبريد نهاية قطب التنجستن.

٢٦. اغلق ماكينة اللحام وفق شروط السلامة المهنية.

٢٧. ارفع قطعة اللحام بواسطة اللقط وقم بتبريدها في حوض التبريد ثم قم بتجفيفها.

٢٨. نظف اللحام باستخدام الفرشاة السلك.

٢٩. اكشف على حالة اللحام بالنظر والاختبارات (عند اللزوم حسب تعليمات المدرب) لكشف العيوب.

٣٠. قم بإعادة وإصلاح عمليات اللحام إن كان بها عيوب عند الفحص.

٣١. سلم قطعة العمل للمدرب لإجراء عملية التقييم.

٣٢. تأكد من فصل مفتاح الكهرباء الرئيسي عن وحدة اللحام.

٣٣. قم بطي كابلات اللحام في المكان المخصص لها.

٣٤. نظف مكان العمل واعد الأدوات المستخدمة إلى مكانها بشكل منظم.

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

تقييم الأداء

أن يصبح المتدرب قادرا على أن:

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
١	يطبق تعليمات السلامة والصحة المهنية			
٢	يجهز مكان وأدوات العمل			
٣	يفحص معدات اللحام بالتيج قبل التشغيل			
٤	ينفذ الشنكرة والعلام لخطوط اللحام المطلوبة بشكل سليم			
٥	يضبط شدة التيار المناسبة لقطب التنجستن وسمك الشغلة			
٦	يضبط تدفق كمية الغاز ويفتحها قبل اللحام ويغلقها بعد اللحام في التوقيت السليم			
٧	يمسك طورش اللحام بالتيج بزاوية سليمة			
٨	يحافظ على استقرار اشتعال القوس أثناء عملية اللحام			
٩	يحافظ على زاوية ميل طورش اللحام أقرب للزاوية القائمة أثناء الحركة للمحافظة على قضيب التنجستن			
١٠	يحقق توافق بين حركة طورش للحام وسرعة انسياب المعدن بشكل سليم			
١١	ينفذ خطوط صهر اللحام في خطوط مستقيمة بشكل سليم ومنتظم			
١٢	ينظف قطعة العمل ويبردها بشكل سليم			
١٣	يفحص جودة اللحام ويصلح الوصلات المعيبة			
١٤	يقوم بتنظيف مكان العمل وإعادة الأدوات إلى أماكنها			

جدول رقم ١٦: معايير تقييم أداء المتدرب

توقيع المدرب

الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: .....

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب الأجزاء التالية:

- معدات اللحام بالأرجون (التيج)
- قطعة من الحديد الصلب الطري مقاس (٢٠٠ × ١٠٠ ×٤ مم)

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٤٥ دقيقة:

- شنكرة قطعة العمل وتذنيبها
- تشغيل ماكينة اللحام بالأرجون وضبط شدة التيار وتدفق غاز الارجون.
- تنفيذ خط لحام صهر مستقيم على قطعة العمل بدون استخدام سلك تحت مستوى النظر (الوضع المسطح)

لحام خطوط صهر باستخدام سلك ملئ تحت مستوى النظر (وضع مسطح)			
تدريب رقم	٣	الزمن	٢٤ ساعة

أهداف

يتوقع أن يصبح المتدرب قادرا على:

- تجهيز مكان العمل.
- تحضير قطع العمل وتنظيفها.
- شنكرة القطعة حسب المخطط التنفيذي المطلوب وعمل التذنيب لخطوط اللحام.
- ضبط وتجهيز وتشغيل ماكينة اللحام بالأرجون بطريقة صحيحة وآمنة.
- عمل خطوط لحام متكررة باستخدام سلك لحام (الكترود) تحت مستوى النظر على قطعة العمل.
- تنفيذ اللحام بدقة وبدون عيوب.

متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات
ماكينة اللحام بالأرجون وملحقاتها	قطعة من الحديد بمقاس ٢٠٠ × ١٠٠ مم، سمك ٤ مم (أو حسب المتاح في المخازن)
طاولة عمل بالملحقات	
زهرة الشنكرة	
شوكة العلام	أسطوانة غاز الأرجون
ذنبه العلام	
شاكوش إستعدال	سلك لحام ٢ مم (ER70S) أو حسب المتاح في المخازن
لقط حدادي	
مسطرة صلب	
فرشاة سلكية	مواد وأدوات تنظيف مناسبة
سندان حدادي	
أدوات الوقاية الشخصية وطفايات الحريق	

جدول رقم ١٧: متطلبات التدريب

المعارف المرتبطة بالتدريب

تحديد معدات اللحام وأوضاع اللحام السابق شرحها في المعارف النظرية، مع التركيز على زاوية التقدم أو زاوية ميل مشعل (طورش) اللحام وزاوية العمل وزاوية ميل سلك اللحام.

خطوات تنفيذ التدريب

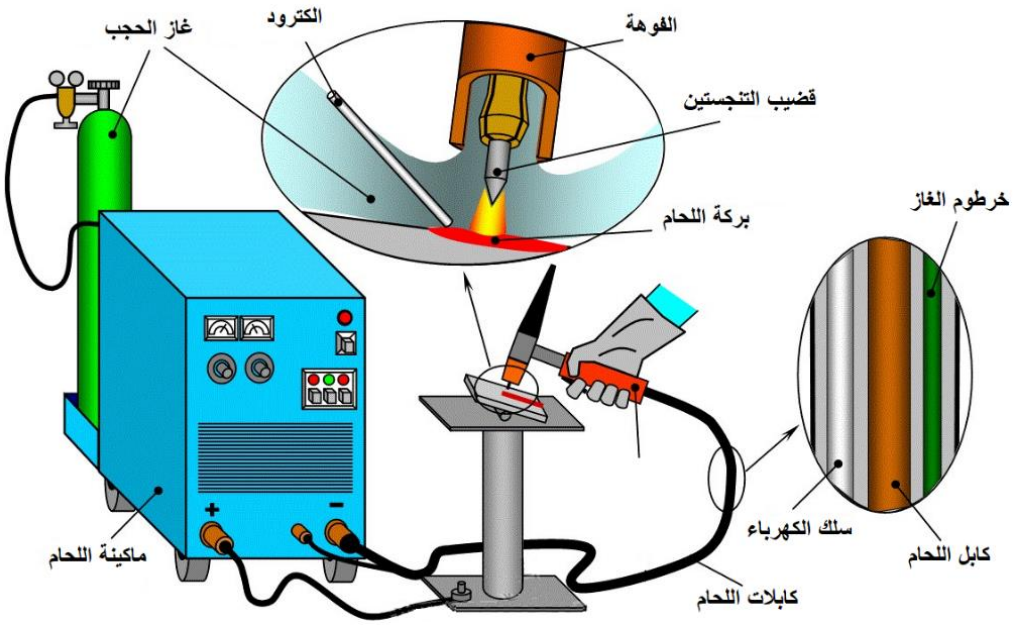
١. تطبق إجراءات السلامة والأمان الخاصة بورشة اللحام، ومن أهمها أن يكون المتدرب قد ارتدى الزي المناسب للحام وأدوات الحماية الشخصية الخاصة بلحام الأرجون لأهميتها البالغة والموضحة في (شكل رقم ١٠٨).

شكل رقم ١٠٨: أدوات الحماية الشخصية اللازمة بالورشة (PPE)

٢. احضر العدد المساعدة (مثل فرشاه سلك وملاقط حداده للامساك بالمشغولات آو الأجزاء ومطرقة للاستعدال).

شكل رقم ١٠٩: فرشاة التنظيف

٣. جهز مكان العمل واحضر المعدات وشغل شفاط التهوية.



شكل رقم ١١٠: تجهيز مكان وأدوات العمل المطلوبة للحام

٤. قم بإعداد وتجهيز قطعة العمل وتنظيفها من الصداء والمخلفات الأخرى مثل الزيوت أو الأصباغ أو أي مخلفات أخرى باستخدام فرشاة سلكية.

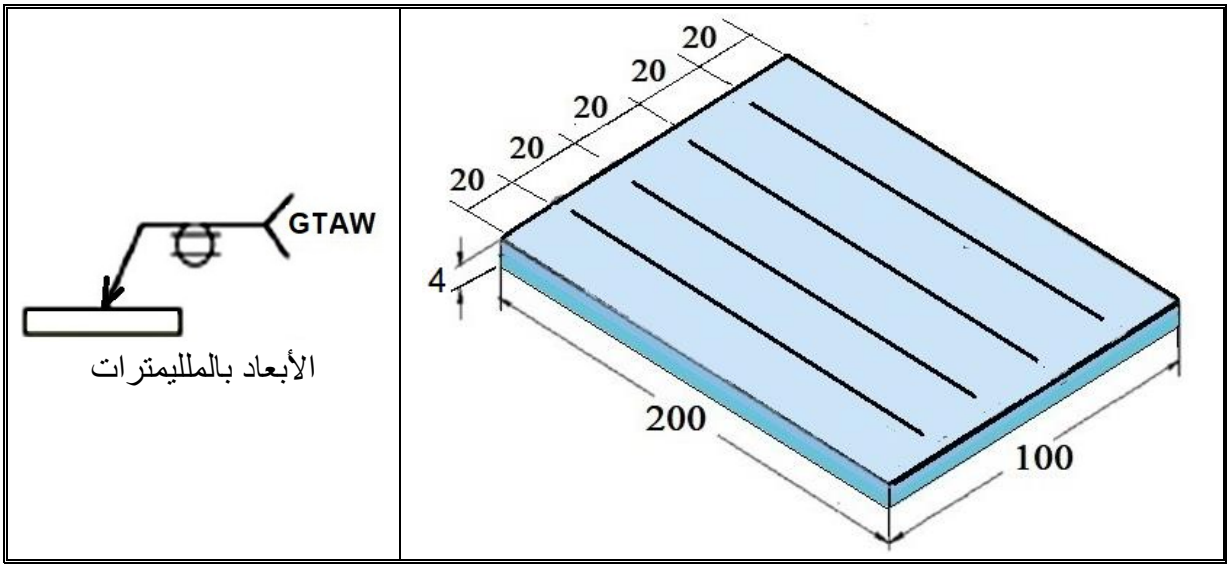
شكل رقم ١١١: تنظيف قطعة عمل باستخدام فرشاة سلكية

٥. ضع قطعة العمل على طاولة العمل بشكل مسطح بحيث تكون تحت مستوى النظر.

٦. قم بقراءة الرسم التنفيذي.

٧. قم بشنكرة قطعة العمل حسب المقاسات المطلوبة بالرسم التنفيذي تكون (١- ٢ سم) بين كل خطين (حسب تعليمات المدرب).

٨. قم بدق ذنب خفيفة على امتداد خطوط الشنكرة.



شكل رقم ١١٢: تخطيط وشنكرة قطعة العمل

٩. اضغط تدفق غاز الأرجون بمنظم الضغط ليكون في حدود ١٢ لتر / دقيقة.

١٠. تأكد من توصيل الكابلات بالماكينة بشكل سليم وآمن.

١١. قم بتوصيل الطرف الموجب بكابل الأرضي مع تزجه العمل الموجود عليها الشغلة عن طريق الماسك كما هو مبين في (شكل رقم ١١٣).

شكل رقم ١١٣: توصيل ماسك كابل الارضي بتزجة العمل

١٢. قم بتوصيل الكهرباء لماكينة اللحام بالتيج TIG.

١٣. اضغط على مفتاح تشغيل الماكينة واجعله في وضع التشغيل (ON).

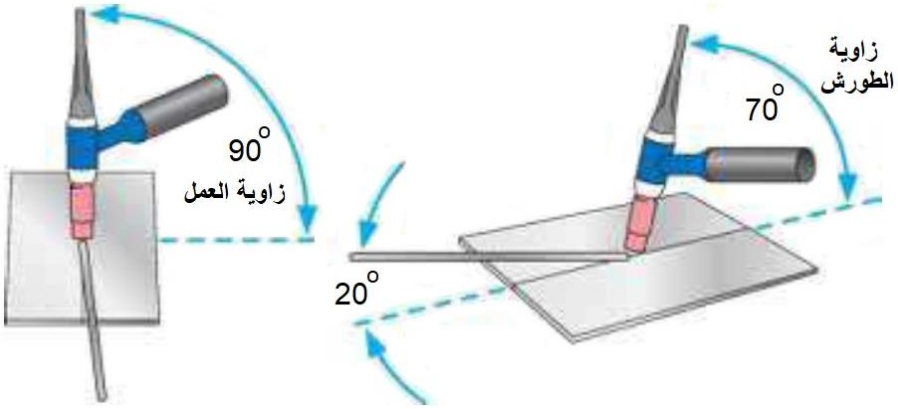
١٤. اختر وضع التيار المستمر قطبية مباشرة سالبة (DC-) للحام اليدوي

١٥. اختر شدة التيار المناسبة لسمك قطعة العمل المطلوب لحامها في حدود ١٦٠ أمبير تقريبا (١ أمبير/ ٠,٠٢٥ مم من سمك المعدن بمعنى ٤مم/٠,٠٢٥ =١٦٠ أمبير).

١٦. قم بالوقوف أمام تزجه اللحام بالوضع الصحيح استعدادا للحام

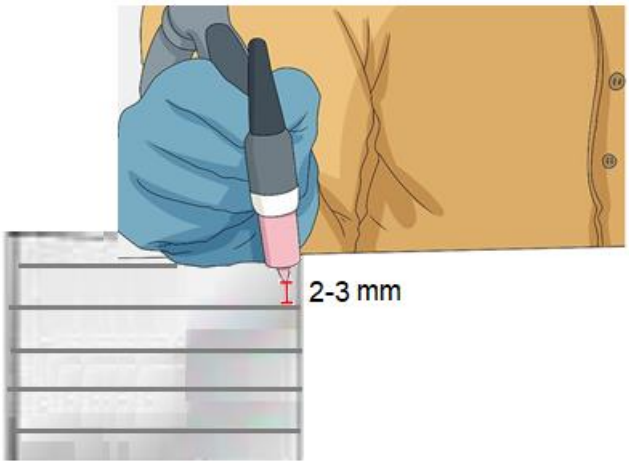
١٧. شغل وحدة تزويد الغاز قبل بدء اللحام بحوالي ٢٠ ثانية.

١٨. اضبط زاوية التقدم وزاوية العمل وزاوية ميل سلك اللحام كما هو مبين في (شكل رقم ١١٤).



شكل رقم ١١٤: ضبط زاوية مشعل (طورش) اللحام وزاوية العمل

١٩. حافظ على الفراغ بين طرف طورش اللحام والشغلة بمقدار يتراوح من ٢-٣ مم للحفاظ على استقرار اشتعال القوس أثناء عملية اللحام.



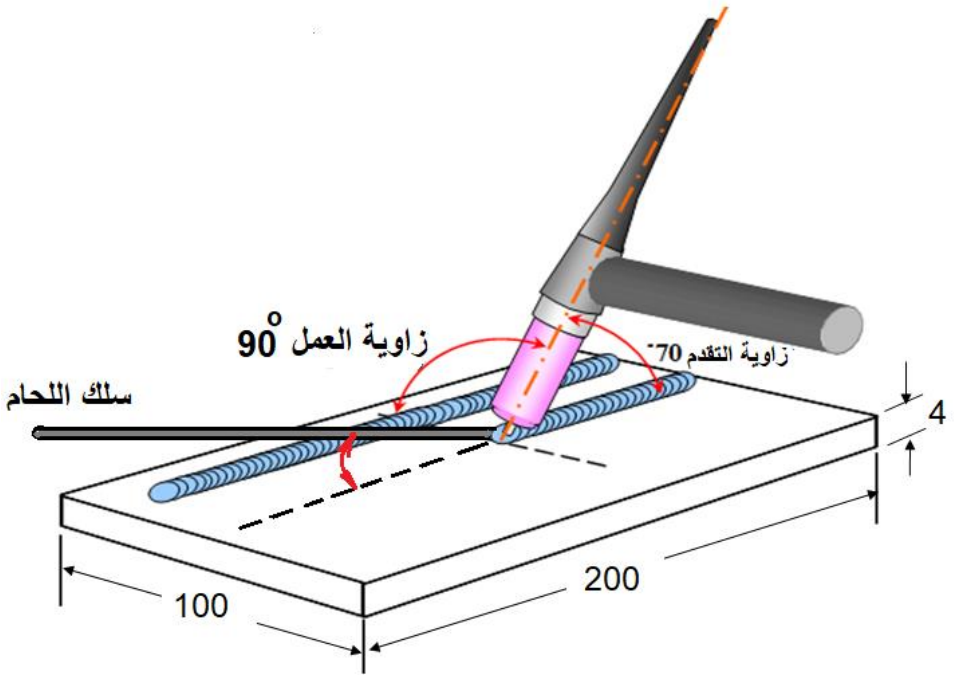
شكل رقم ١١٥: الحفاظ على مسافة بين طورش اللحام وقطعة العمل

٢٠. قم بلحام خط اللحام الأول بشكل مستقيم ومنتظم طبقا للرسم التنفيذي مع تحريك الالكترود من اليمين إلى اليسار بسرعة منتظمة مع الحفاظ على التوافق بين حركة طورش اللحام وسرعة صهر وانسياب المعدن ومراعاة عدم تحريك طورش اللحام في حركات ترددية عرضية أثناء الحركة حتى لا يخترق الهواء غاز الحماية.

٢١. اترك خط اللحام ليبرد قليلا.

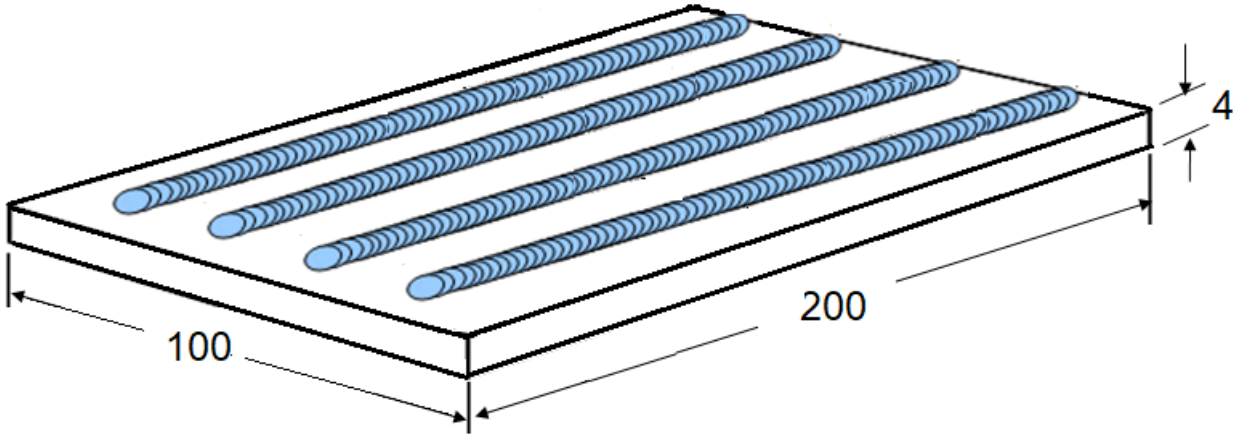
٢٢. ارفع الشغلة باللقط للمدرب لفحص اللحام والاستفادة من ملاحظاته لكي يتم مراعاتها عند لحام الخطوط التالية.

٢٣. نفذ خط اللحام الثاني طبقا لشروط اللحام الصحيحة وبشكل مستقيم على علامات الشنكرة مع مراعاة المحافظة على مسافة ثابتة بين قطب التنجستن وسطح الشغلة.



شكل رقم ١١٦: ضبط زاوية العمل وزاوية التقدم لطورش الأرجون

٢٤. نفذ بقية خطوط اللحام المطلوبة بنفس الطريقة حتى يتم الانتهاء من كافة خطوط اللحام على قطعة العمل بشكل كامل.



شكل رقم ١١٧: خطوط اللحام

٢٥. اترك تدفق غاز الأرجون حوالي ١٠ ثواني بعد انتهاء القوس الكهربي ليتم تبريد نهاية قطب التنجستن.

٢٦. اغلق ماكينة اللحام وفق شروط السلامة المهنية.

٢٧. ارفع قطعة اللحام بواسطة اللقط وقم بتبريدها في حوض التبريد ثم قم بتجفيفها.

٢٨. نظف اللحام باستخدام الفرشاة السلك.

٢٩. اكشف على حالة اللحام بالنظر والاختبارات (عند اللزوم حسب تعليمات المدرب) لكشف العيوب.

٣٠. قم بإعادة وإصلاح عمليات اللحام إن كان بها عيوب عند الفحص.

٣١. سلم قطعة العمل للمدرب لإجراء عملية التقييم.

٣٢. تأكد من فصل مفتاح الكهرباء الرئيسي عن وحدة اللحام.

٣٣. قم بطي كابلات اللحام في المكان المخصص لها.

٣٤. نظف مكان العمل واعد الأدوات المستخدمة إلى مكانها بشكل منظم.

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

.....

تقييم الأداء

أن يصبح المتدرب قادرا على أن:

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
١	يطبق تعليمات السلامة والصحة المهنية			
٢	يجهز مكان وأدوات العمل			
٣	يفحص معدات اللحام بالتيج قبل التشغيل			
٤	ينفذ الشنكرة والعلام لخطوط اللحام المطلوبة بشكل سليم			
٥	يوصل كابلات طورش اللحام وماسك الأرضي بطريقة صحيحة			
٦	يضبط شدة التيار المناسبة لقطب التنجستن وسمك الشغلة			
٧	يضبط تدفق كمية الغاز ويفتحها قبل اللحام ويغلقها بعد اللحام في التوقيت السليم			

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
٨	يحافظ على استقرار اشتعال القوس أثناء عملية اللحام			
٩	يحقق توافق بين حركة سلك (الكترود) المليء وسرعة انسياب المعدن			
١٠	يمسك سلك اللحام ويضبط زاوية ميله بقيمة صحيحة أثناء اللحام			
١١	يمسك طورش اللحام بطريقة صحيحة ويحافظ على زاوية ميل طورش اللحام بشكل سليم أثناء اللحام			
١٢	ينفذ اللحام في خطوط مستقيمة مع صهر سلك المليء في بركة اللحام بشكل سليم ومنتظم وبدون زيادات مفرطة			
١٣	ينظف قطعة العمل ويبردها بشكل سليم			
١٤	يفحص جودة اللحام ويصلح الوصلات المعيبة			
١٥	يقوم بتنظيف مكان العمل وإعادة الأدوات إلى أماكنها			

جدول رقم ١٨: معايير تقييم أداء المتدرب

توقيع المدرب

الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: .....

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب الأجزاء التالية:

- معدات اللحام بالأرجون (التيج)
- قطعة من الحديد الصلب الطري مقاس (٢٠٠ × ١٠٠ × ٤ مم)
- سلك لحام ٢ مم (ER70S) أو حسب المتاح في المخازن

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٤٥ دقيقة:

- شنكرة قطعة العمل وتذنيبها
- تشغيل ماكينة اللحام بالأرجون وضبط شدة التيار وتدفق غاز الأرجون
- تنفيذ خط لحام صهر مستقيم على قطعة العمل باستخدام سلك ملئ تحت مستوى النظر (الوضع المسطح)

لحام وصلة تقابليه (تناكبية) تحت مستوى النظر (وضع مسطح)			
تدريب رقم	٤	الزمن	٢٤ ساعة

أهداف

يتوقع أن يصبح المتدرب قادرا على:

- تجهيز مكان العمل.
- تحضير قطعتي العمل وتنظيفهما.
- تشغيل معدات اللحام بالأرجون.
- لحام وصلة تقابليه (تناكبية) تحت مستوى النظر على قطعتين صلب طرى.
- تنفيذ اللحام بدقة وبدون عيوب.

متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات
ماكينة اللحام بالأرجون وملحقاتها	قطعتين من الحديد المطاوع أو الحديد الصلب الطري بمقاس ٢٠٠ × ٥٠ مم، سمك ٤ مم (أو حسب المتاح في المخازن)
طاولة عمل بالملحقات	
شاكوش إستعدال	
لقط حدادي	أسطوانة غاز الأرجون
فرشاة سلكية	
زراديه مفصلية	سلك لحام ER70S قطر ٢ مم
سندان حدادي	
أدوات الوقاية الشخصية وطفايات الحريق	مواد وأدوات تنظيف مناسبة

جدول رقم ١٩: متطلبات التدريب

المعارف المرتبطة بالتدريب

مراجعة مواصفات وشروط لحام الوصلات التقابليه في المعارف النظرية السابق شرحها.

خطوات تنفيذ التدريب

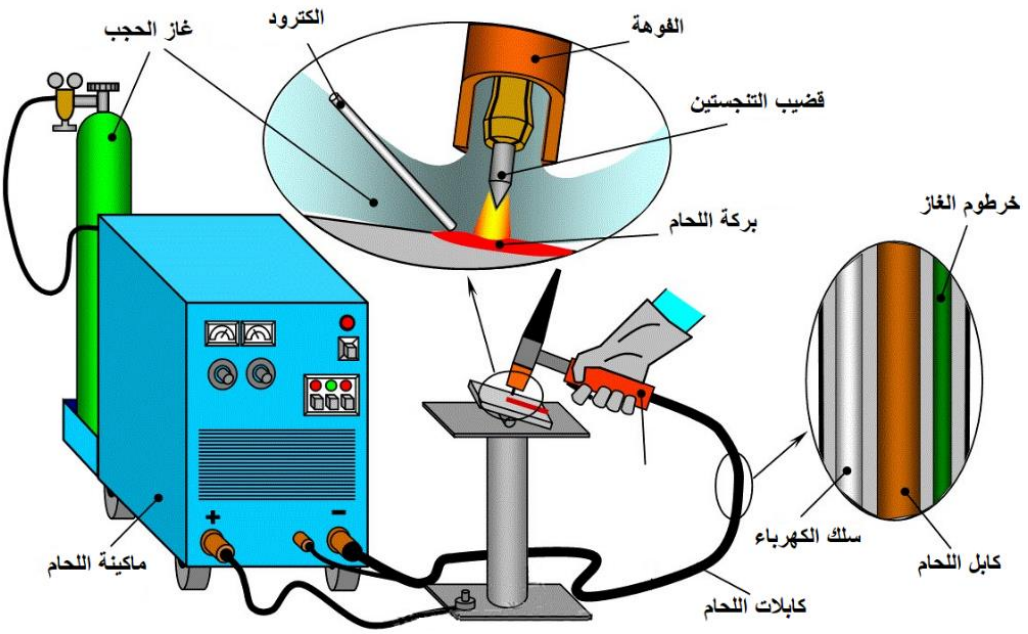
١. تطبق إجراءات السلامة والأمان الخاصة بورشة اللحام، ومن أهمها أن يكون المتدرب قد ارتدى الزي المناسب للحام وأدوات الحماية الشخصية الخاصة بلحام الأرجون لأهميتها البالغة والموضحة في (شكل رقم ١١٨).

شكل رقم ١١٨: أدوات الحماية الشخصية اللازمة بالورشة (PPE)

٢. احضر العدد المساعدة (مثل فرشاه سلك وملاقط حداده للامساك بالمشغولات آو الأجزاء ومطرقة للاستعدال)

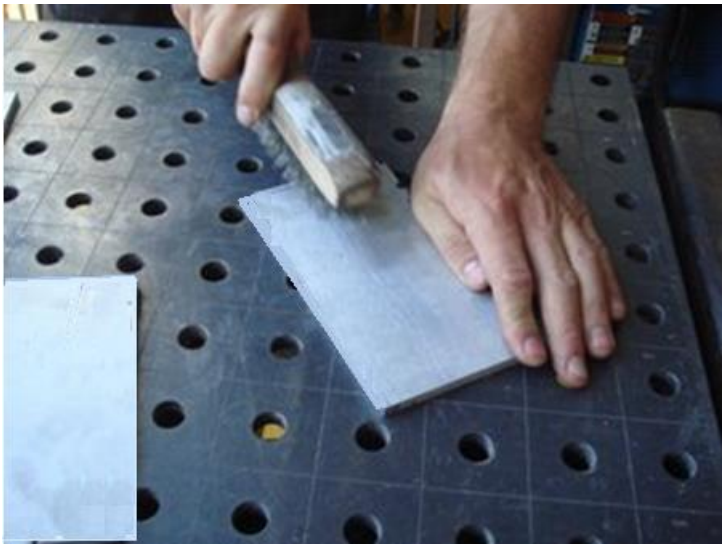
شكل رقم ١١٩: فرشاة التنظيف

٣. جهز مكان العمل واحضر المعدات وشغل شفاط التهوية.



شكل رقم ١٢٠: تجهيز مكان وأدوات العمل المطلوبة للحام

٤. قم بإعداد وتجهيز قطعة العمل وتنظيفها من الصداء والرايش والأتربة والزيوت أو الأصباغ أو أي مخلفات أخرى باستخدام فرشاة سلكية.

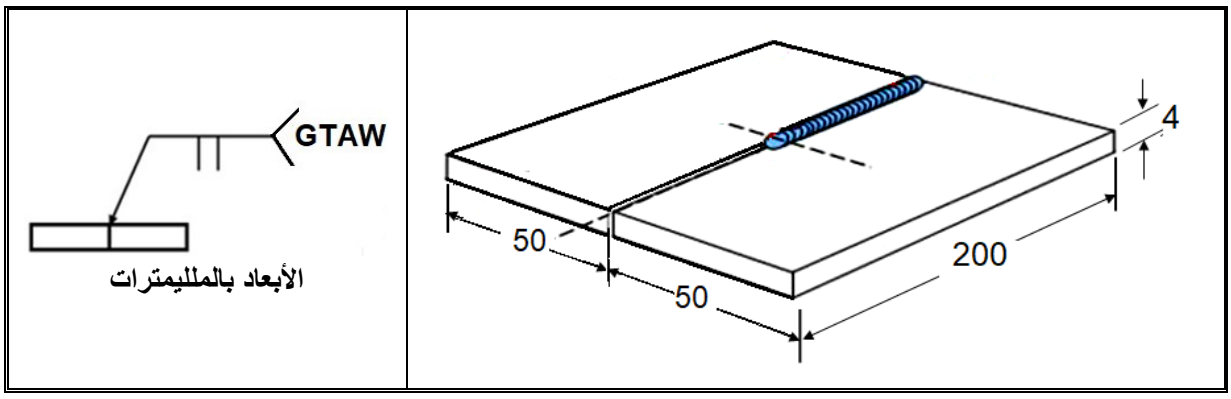


شكل رقم ١٢١: تنظيف قطعتي العمل باستخدام فرشاة سلكية

٥. ضع قطعة العمل على طاولة العمل بشكل مسطح بحيث تكون تحت مستوى النظر

٦. قم بقراءة الرسم التنفيذي

٧. ضع قطعتي العمل على طاولة العمل بجوار بعضهما بحيث تكون القورتين متلامستين في وضع مسطح تحت مستوى النظر كما هو مبين في (شكل رقم ١٢٢).



شكل رقم ١٢٢: وصلة زاوية تقابلية (وضع كونيش)

٨. اضغط تدفق غاز الأرجون بمنظم الضغط ليكون في حدود١٢ لتر / دقيقة.

٩. تأكد من توصيل الكابلات بالماكينة بشكل سليم وآمن.

١٠. قم بتوصيل الطرف الموجب بكابل الأرضي مع تزجه العمل الموجود عليها الشغلة عن طريق الماسك كما هو مبين في (شكل رقم ١٢٣).

شكل رقم ١٢٣: توصيل ماسك كابل الارضي بتزجة العمل

١١. قم بتوصيل الكهرباء لماكينة اللحام بالتيج TIG

١٢. اضغط على مفتاح تشغيل الماكينة واجعله في وضع التشغيل (ON)

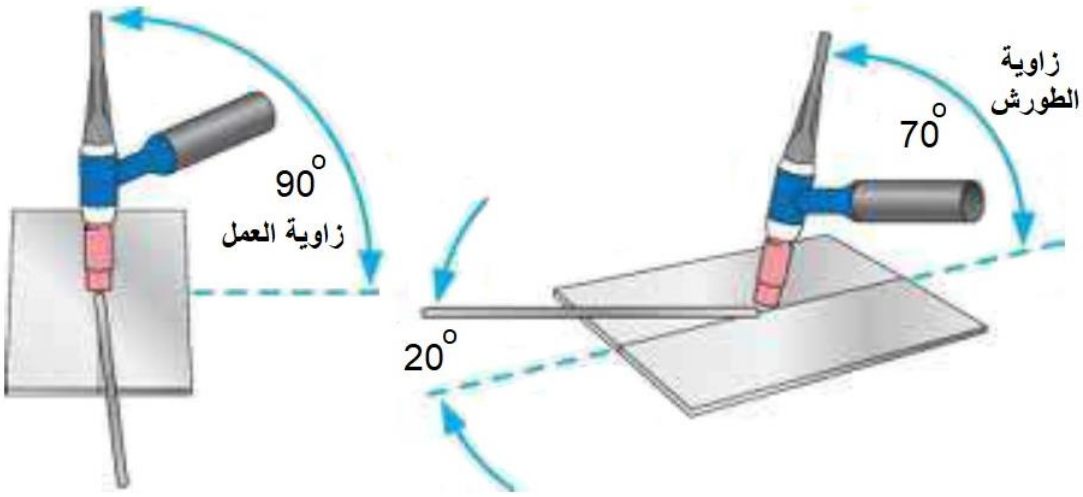
١٣. قم باختيار وضع التيار المستمر قطبية مباشرة سالبة (DC-) للحام اليدوي

١٤. اختر شدة التيار المناسبة لسمك قطعة العمل المطلوب لحامها في حدود ١٦٠ أمبير تقريبا (١ أمبير/ ٠,٠٢٥ مم من سمك المعدن بمعنى ٤مم/٠,٠٢٥ =١٦٠ أمبير).

١٥. قم بالوقوف أمام تزجه اللحام بالوضع الصحيح استعدادا للحام.

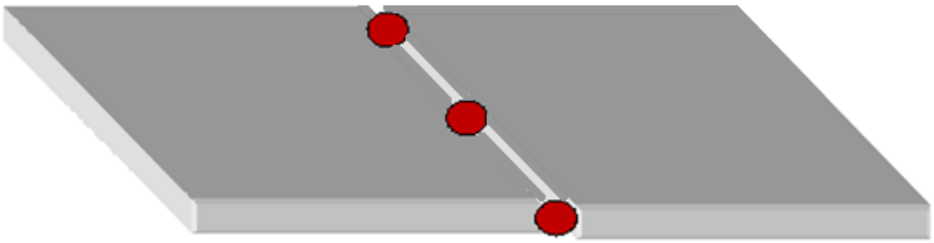
١٦. قم بتشغيل وحدة تزويد الغاز قبل بدء اللحام بحوالي ٢٠ ثانية.

١٧. اضبط زاوية التقدم وزاوية العمل وزاوية ميل سلك اللحام كما هو مبين في (شكل رقم ١٢٤).



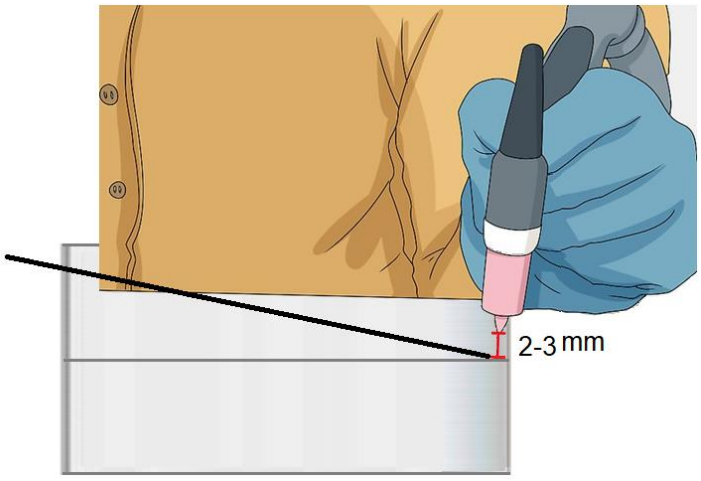
شكل رقم ١٢٤: ضبط زاوية مشعل (طورش) اللحام وزاوية العمل

١٨. ثبت قطعتي العمل بعمل بنط لحام (تلقيط) منتظمة وموزعة على طول خط اللحام مع ترك فراغ بين حافات القطع المراد لحامها بحدود ١-٢ مم، مع مراعاة أن تكون الحواف متوازية كما هو مبين في (شكل رقم ١٢٥).



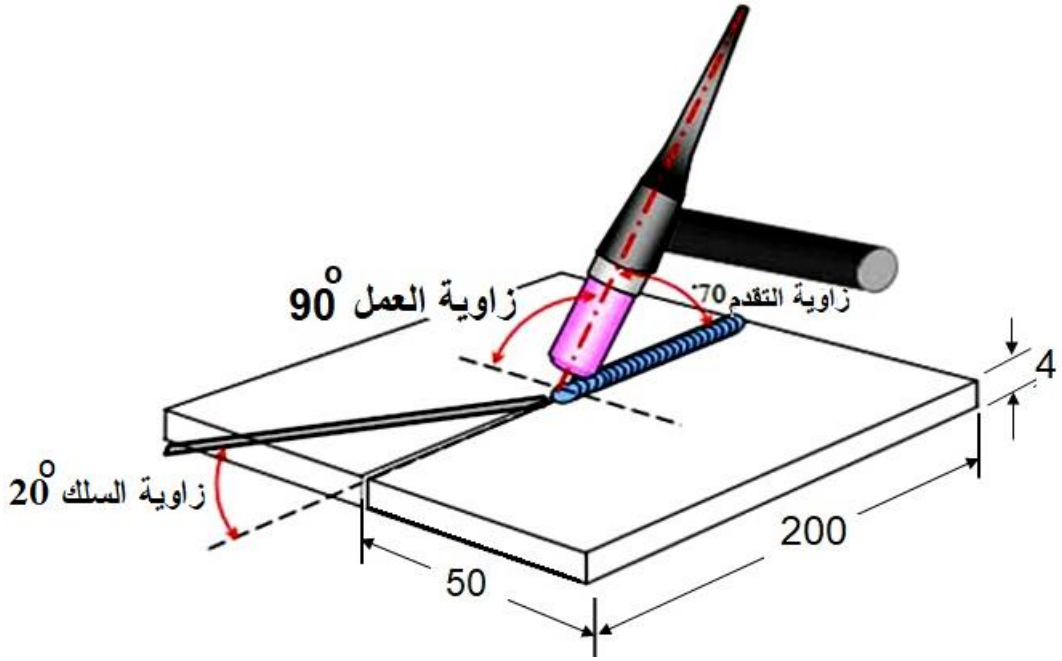
شكل رقم ١٢٥: تبنيط قطعتي العمل

١٩. نفذ اللحام على طول خط تقاطع قطعتي المعدن بشكل مستقيم ومنتظم مع مراعاة الحافظ على الفراغ بين طرف سلك التنجستن بطورش اللحام ووصلة اللحام بمقدار يتراوح من ٢-٣ مم للحفاظ على استقرار اشتعال القوس أثناء عملية اللحام يراعي استمرار هبوط سلك (الكترود) المليء لأسفل للمحافظة.



شكل رقم ١٢٦: الحفاظ على مسافة بين طورش اللحام وقطعة العمل

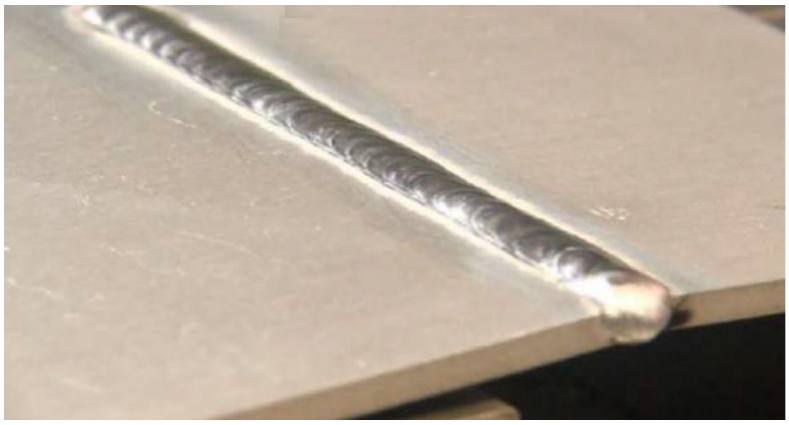
٢٠. قم بتحريك الالكترود من اليمين إلى اليسار بسرعة منتظمة مع الحفاظ على التوافق بين حركة طورش اللحام وسرعة صهر وانسياب المعدن واستمرار تغذية سلك (الكترود) المليء بالقدر المناسب كلما تناقص نتيجة فقد قطرات تتساقط منه في بركة اللحام ومراعاة عدم تحريك طورش اللحام في حركات ترددية عرضية أثناء الحركة حتى لا يخترق الهواء غاز الحماية.



شكل رقم ١٢٧: تنفيذ اللحام التقابلي تحت مستوى النظر

٢١. اترك تدفق غاز الأرجون حوالي ١٠ ثواني بعد الانتهاء من لحام الوصلة ليتم تبريد نهاية قطب التنجستن.

٢٢. اترك خط اللحام ليبرد قليلا.



شكل رقم ١٢٨: صورة للحام التقابلي في وضع تحت مستوى النظر

٢٣. اغلق ماكينة اللحام وفق شروط السلامة المهنية.

٢٤. قم برفع قطعة اللحام بواسطة اللقط وقم بتبريدها في حوض التبريد ثم قم بتجفيفها.

٢٥. قم بتنظيف اللحام بالفرشاة السلك.

٢٦. اكشف على حالة اللحام بالنظر والاختبارات (عند اللزوم حسب تعليمات المدرب) لكشف العيوب.

٢٧. قم بإعادة وإصلاح عمليات اللحام إن كان بها عيوب عند الفحص.

٢٨. قم بتسليم قطعة العمل للمدرب لإجراء عملية التقييم.

٢٩. تأكد من فصل مفتاح الكهرباء الرئيسي عن وحدة اللحام.

٣٠. قم بطي كابلات اللحام في المكان المخصص لها.

٣١. نظف مكان العمل واعد الأدوات المستخدمة إلى مكانها بشكل منظم.

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

.....

تقييم الأداء

أن يصبح المتدرب قادرا على أن:

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
١	يطبق تعليمات السلامة والصحة المهنية			
٢	يجهز مكان وأدوات العمل			
٣	يفحص معدات اللحام بالتيج قبل التشغيل			
٤	يوصل كابلات طورش اللحام وماسك الأرضي بطريقة صحيحة			
٥	يضبط شدة التيار المناسبة لقطب التنجستن وسمك الشغلة			
٦	يضبط تدفق كمية الغاز ويفتحها قبل اللحام ويغلقها بعد اللحام في التوقيت السليم			
٧	يجهز ويبنط قطعتي العمل بشكل سليم			
٨	يحافظ على استقرار اشتعال القوس أثناء عملية اللحام			

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
٩	يحقق توافق بين حركة سلك (الكترود) المليء وسرعة انسياب المعدن ويضبط صهر سلك المليء في بركة اللحام بشكل سليم ومنتظم وبدون زيادات مفرطة			
١٠	يمسك سلك اللحام ويضبط زاوية ميله بقيمة صحيحة أثناء اللحام			
١١	يمسك طورش اللحام بطريقة صحيحة ويحافظ على زاوية ميل طورش للحام بشكل سليم أثناء اللحام			
١٢	ينفذ لحام الوصلة التقابليه تحت مستوى النظر بدون عيوب			
١٣	ينظف قطعة العمل ويبردها بشكل سليم			
١٤	يفحص جودة اللحام ويصلح الوصلات المعيبة			
١٥	يقوم بتنظيف مكان العمل وإعادة الأدوات إلى أماكنها			

جدول رقم ٢٠: معايير تقييم أداء المتدرب

توقيع المدرب

الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: .....

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب الأجزاء التالية:

- معدات اللحام بالأرجون (التيج)
- قطعتين من الحديد الصلب الطري مقاس (٢٠٠ × ٥٠ × ٤ مم)
- سلك لحام ٢ مم (ER70S) أو حسب المتاح في المخازن

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٣٠ دقيقة:

- تشغيل ماكينة اللحام بالأرجون وضبط شدة التيار وتدفق غاز الأرجون
- تنفيذ لحام وصلة تقابليه باستخدام سلك ملئ تحت مستوى النظر (الوضع المسطح)

لحام وصلة تقابليه (تناكبيه) أمام مستوى النظر (كورنيش)			
تدريب رقم	٥	الزمن	٢٤ ساعة

أهداف

يتوقع أن يصبح المتدرب قادرا على:

- تجهيز مكان العمل.
- تحضير قطعتي العمل وتنظيفها.
- تنفيذ لحام وصلة تقابليه أمام مستولى النظر (كورنيش).
- تنفيذ الحام بدقة وبدون عيوب.

متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات
ماكينة اللحام بالأرجون وملحقاتها	قطعتين من الحديد المطاوع أو الحديد الصلب الطري بمقاس ٢٠٠ × ٥٠ مم، سمك ٤ مم (أو حسب المتاح في المخازن)
طاولة عمل بالملحقات	
شاكوش إستعدال	
لقط حدادي	أسطوانة غاز الأرجون
فرشاة سلكية	
زراديه مفصلية	سلك لحام ER70S قطر ٢ مم
سندان	
أدوات الوقاية الشخصية وطفايات الحريق	مواد وأدوات تنظيف مناسبة

جدول رقم ٢١: متطلبات التدريب

المعارف المرتبطة بالتدريب

مراجعة المعارف النظرية السابق شرحها في المعارف النظرية المرتبطة بالتمرين وبأوضاع اللحام واختيار سلك اللحام.

خطوات تنفيذ التدريب

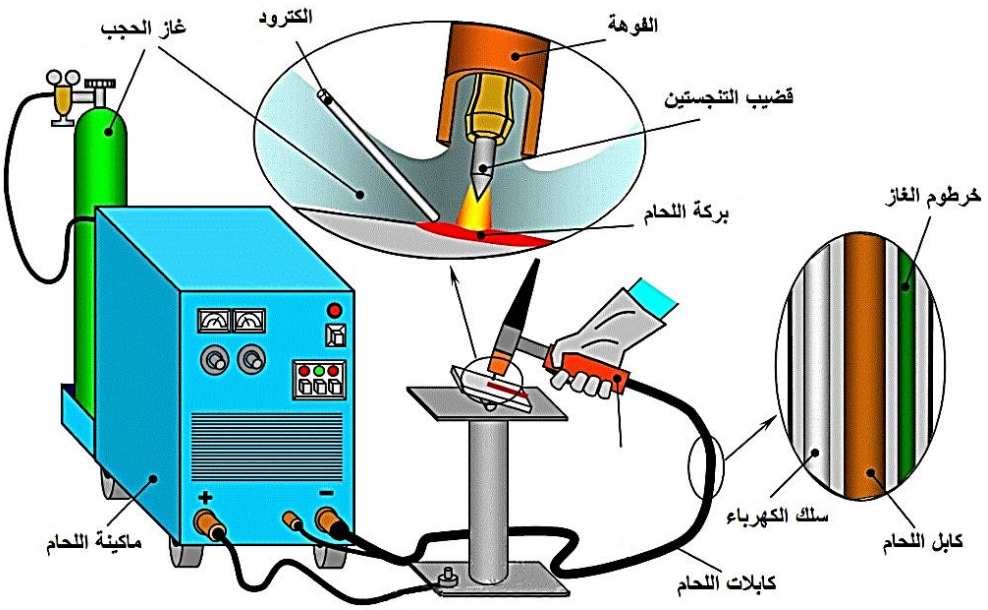
١. تطبق إجراءات السلامة والأمان الخاصة بورشة اللحام، ومن أهمها أن يكون المتدرب قد ارتدى الزي المناسب للحام وأدوات الحماية الشخصية الخاصة بلحام الأرجون لأهميتها البالغة والموضحة في (شكل رقم ١٢٩).

شكل رقم ١٢٩: أدوات الحماية الشخصية اللازمة بالورشة (PPE)

٢. احضر العدد المساعدة (مثل فرشاه سلك وملاقط حداده للامساك بالمشغولات آو الأجزاء ومطرقة للاستعدال).

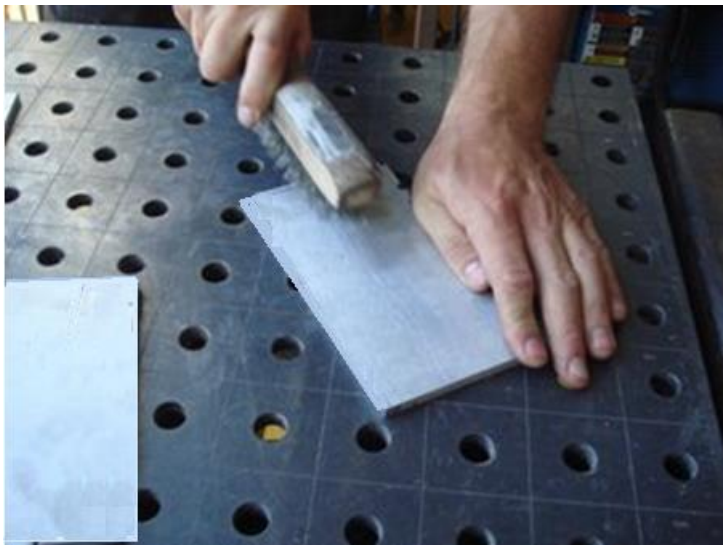
شكل رقم ١٣٠: فرشاة التنظيف

٣. جهز مكان العمل واحضر المعدات وشغل شفاط التهوية.



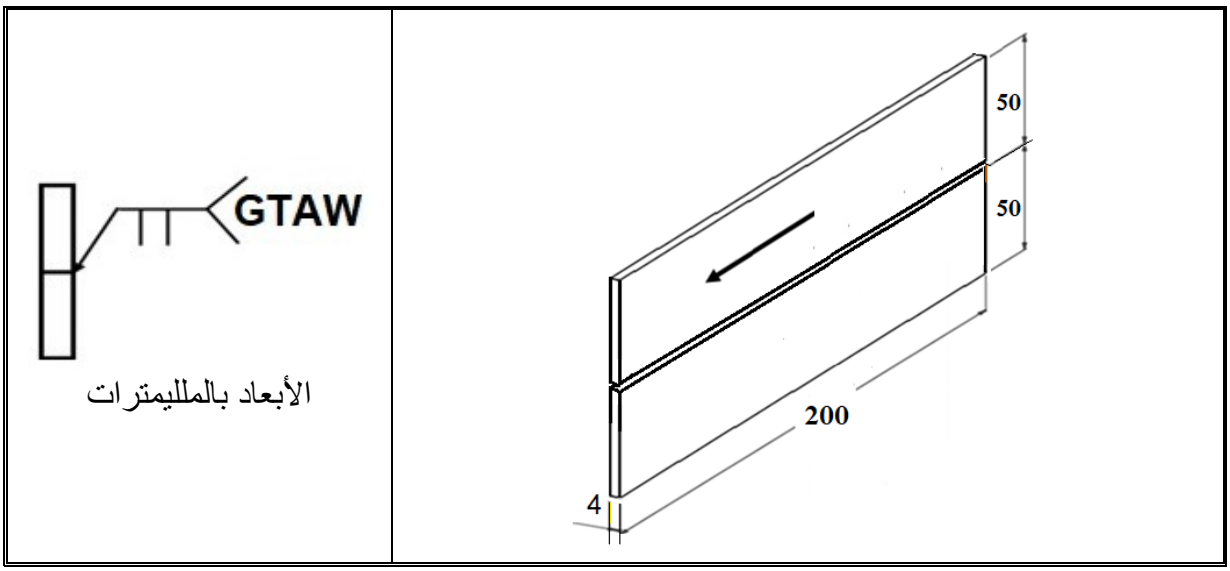
شكل رقم ١٣١: تجهيز مكان وأدوات العمل المطلوبة للحام

٤. قم بإعداد وتجهيز قطعة العمل وتنظيفها من الصداء والرايش والأتربة والزيوت أو الأصباغ أو أي مخلفات أخرى باستخدام فرشاة سلكية.



شكل رقم ١٣٢: تنظيف قطعتي العمل باستخدام فرشاة سلكية

٥. قم بقراءة الرسم التنفيذي.



شكل رقم ١٣٣: وصلة تقابليه (وضع كورنيش)

٦. اضغط تدفق غاز الأرجون بمنظم الضغط ليكون في حدود ١٢ لتر / دقيقة.

٧. تأكد من توصيل الكابلات بالماكينة بشكل سليم وآمن.

٨. قم بتوصيل الطرف الموجب بكابل الأرضي مع تزجه العمل الموجود عليها الشغلة عن طريق الماسك.

٩. قم بتوصيل الكهرباء لماكينة اللحام بالتيج TIG.

١٠. اضغط على مفتاح تشغيل الماكينة واجعله في وضع التشغيل (ON).

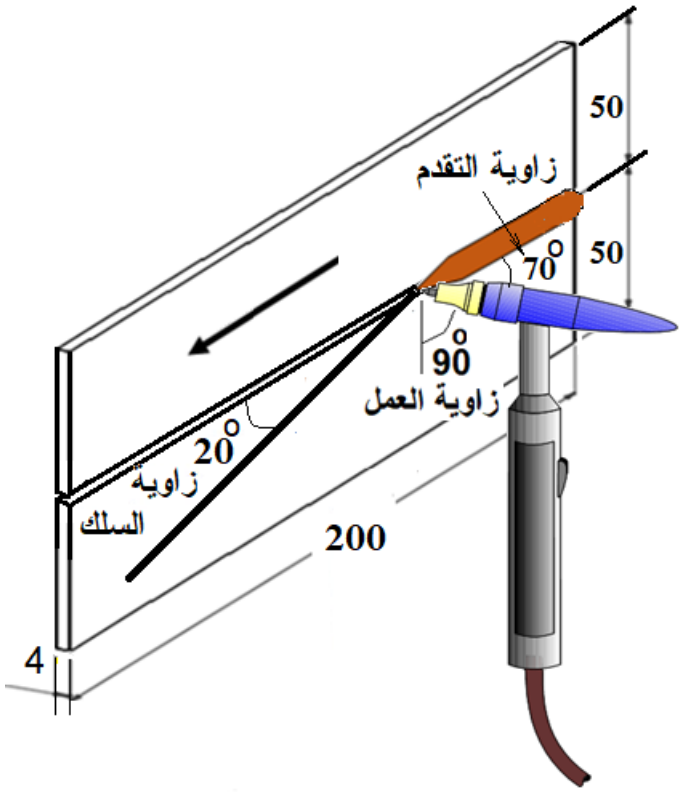
١١. قم باختيار وضع التيار المستمر قطبية مباشرة سالبة (DC-) للحام اليدوي.

١٢. اختر شدة التيار المناسبة لسمك قطعة العمل المطلوب لحامها في حدود ١٦٠ أمبير تقريبا (١ أمبير/ ٠,٠٢٥ مم من سمك المعدن بمعنى ٤مم/٠,٠٢٥ =١٦٠ أمبير).

١٣. قم بالوقوف أمام تزجه اللحام بالوضع الصحيح استعدادا للحام

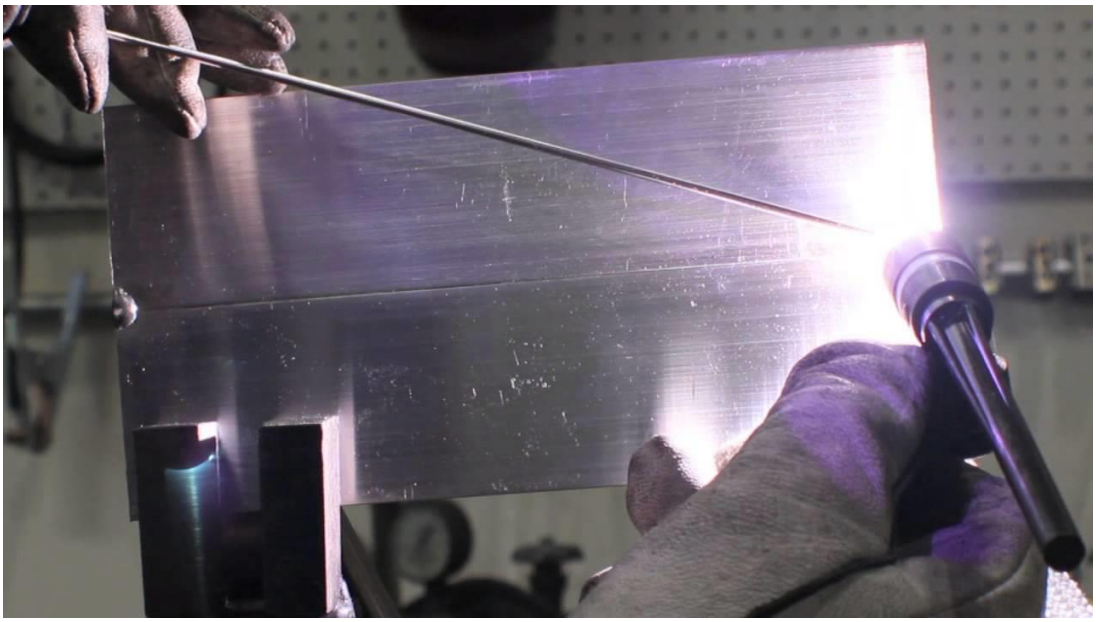
١٤. قم بتشغيل وحدة تزويد الغاز قبل بدء اللحام بحوالي ٢٠ ثانية.

١٥. اضبط زاوية التقدم وزاوية العمل وزاوية ميل سلك اللحام بالوضع الصحيح لوضعية اللحام كما هو مبين في (شكل رقم ١٣٤).



شكل رقم ١٣٤: ضبط زاوية العمل وزاوية التقدم وزاوية السلك للحام أمام مستوى النظر

١٦. ثبت قطعتي العمل بعمل بنط لحام (تلقيط) منتظمة وموزعة على طول خط اللحام مع ترك فراغ بين حافات القطع المراد لحامها بحدود ١-٢ مم، مع مراعاة أن تكون الحواف متوازية كما هو مبين في (شكل رقم ١٣٥).

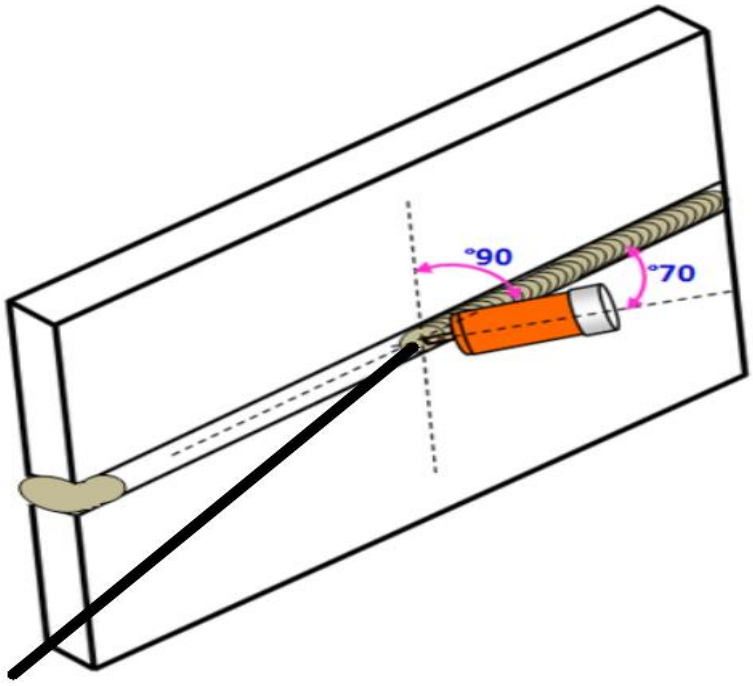


شكل رقم ١٣٥: تبنيط قطعتي العمل

١٧. نفذ اللحام على طول خط تقاطع قطعتي المعدن بشكل مستقيم ومنتظم مع مراعاة الحافظ على الفراغ بين طرف سلك التنجستن بطورش اللحام ووصلة اللحام بمقدار يتراوح من ٢-٣ مم للحفاظ

على استقرار اشتعال القوس أثناء عملية اللحام يراعي استمرار هبوط سلك (الكترود) المليء لأسفل للمحافظة.

١٨. قم بتحريك الالكترود من اليمين إلى اليسار بسرعة منتظمة مع الحفاظ على التوافق بين حركة طورش اللحام وسرعة صهر وانسياب المعدن واستمرار تغذية سلك (الكترود) المليء بالقدر المناسب كلما تناقص نتيجة فقد قطرات تتساقط منه في بركة اللحام ومراعاة عدم تحريك طورش اللحام في حركات ترددية عرضية أثناء الحركة حتى لا يخترق الهواء غاز الحماية.



شكل رقم ١٣٦: عمل اللحام

١٩. اترك تدفق غاز الأرجون حوالي ١٠ ثواني بعد الانتهاء من لحام الوصلة ليتم تبريد نهاية قطب التنجستن.

٢٠. اترك خط اللحام ليبرد قليلا.

٢١. اغلق ماكينة اللحام وفق شروط السلامة المهنية.

٢٢. قم برفع قطعة اللحام بواسطة اللقط وقم بتبريدها في حوض التبريد ثم قم بتجفيفها.

٢٣. قم بتنظيف اللحام بالفرشاة السلك.

٢٤. اكشف على حالة اللحام بالنظر والاختبارات (عند اللزوم حسب تعليمات المدرب) لكشف العيوب.

٢٥. قم بإعادة وإصلاح عمليات اللحام إن كان بها عيوب عند الفحص.

٢٦. قم بتسليم قطعة العمل للمدرب لإجراء عملية التقييم.

٢٧. تأكد من فصل مفتاح الكهرباء الرئيسي عن وحدة اللحام.

٢٨. قم بطي كابلات اللحام في المكان المخصص لها.

٢٩. نظف مكان العمل واعد الأدوات المستخدمة إلى مكانها بشكل منظم.

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

.....

تقييم الأداء

أن يصبح المتدرب قادرا على أن:

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
١	يطبق تعليمات السلامة والصحة المهنية			
٢	يجهز مكان وأدوات العمل			
٣	يفحص معدات اللحام بالتيج قبل التشغيل			
٤	يوصل كابلات طورش اللحام وماسك الأرضي بطريقة صحيحة			
٥	يضبط شدة التيار المناسبة لقطب التنجستن وسمك الشغلة			
٦	يضبط تدفق كمية الغاز ويفتحها قبل اللحام ويغلقها بعد اللحام في التوقيت السليم			
٧	يجهز ويبنط قطعتي العمل بشكل سليم			
٨	يحافظ على استقرار اشتعال القوس أثناء عملية اللحام			
٩	يحقق توافق بين حركة سلك (الكترود) المليء وسرعة انسياب المعدن ويضبط صهر سلك المليء في بركة اللحام بشكل سليم ومنتظم وبدون زيادات مفرطة.			
١٠	يمسك سلك اللحام ويضبط زاوية ميله بقيمة صحيحة أثناء اللحام			
١١	يمسك طورش اللحام بطريقة صحيحة ويحافظ على زاوية ميل طورش للحام بشكل سليم أثناء اللحام			
١٢	ينفذ لحام وصلة تقابليه أمام مستوى النظر بدقة وبدون عيوب			

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
١٣	ينظف قطعة العمل ويبردها بشكل سليم			
١٤	يفحص جودة اللحام ويصلح الوصلات المعيبة			
١٥	يقوم بتنظيف مكان العمل وإعادة الأدوات إلى أماكنها			

جدول رقم ٢٢: معايير تقييم أداء المتدرب

توقيع المدرب

الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: .....

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب الأجزاء التالية:

- معدات اللحام بالأرجون (التيج)
- قطعتين من الحديد الصلب الطري مقاس (٢٠٠ × ٥٠ × ٤ مم)
- سلك لحام ٢ مم (ER70S) أو حسب المتاح في المخازن

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٣٠ دقيقة:

- تشغيل ماكينة اللحام بالأرجون وضبط شدة التيار وتدفق غاز الأرجون
- لحام وصلة تقابليه أمام مستوى النظر (كورنيش) بدون عيوب

لحام وصلة تقابليه (تناكبيه) تصاعدي			
تدريب رقم	٦	الزمن	٢٤ ساعة

أهداف

يتوقع أن يصبح المتدرب قادرا على أن:

- تجهيز مكان العمل.
- تحضير قطعتي العمل وتنظيفها.
- تنفيذ لحام وصلة تقابليه (تناكبيه) تصاعدي.
- تنفيذ الحام بدقة وبدون عيوب.

متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات
ماكينة اللحام بالأرجون وملحقاتها	قطعتين من الحديد المطاوع أو الحديد الصلب الطري بمقاس ٢٠٠ × ٥٠ مم، سمك ٤ مم (أو حسب المتاح في المخازن)
طاولة عمل بالملحقات	
جاكوش استعدال	
لقط حدادي	
فرشاة سلكية	سلك لحام ER70S قطر ٢ مم
زراديه مفصلية	
سندان حدادي	مواد وأدوات تنظيف مناسبة
أدوات الوقاية الشخصية وطفايات الحريق	

جدول رقم ٢٣: متطلبات التدريب

المعارف المرتبطة بالتدريب

مراجعة المعارف النظرية السابق شرحها في المعارف النظرية المرتبطة بالتمرين وبأوضاع اللحام واختيار سلك اللحام.

خطوات تنفيذ التدريب

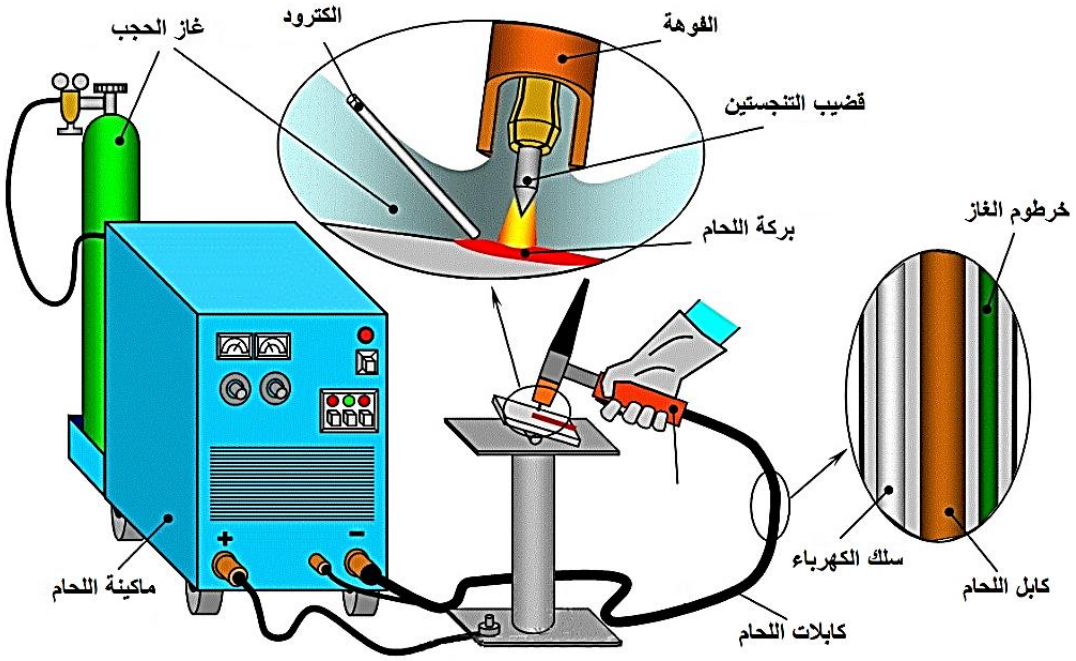
١. تطبق إجراءات السلامة والأمان الخاصة بورشة اللحام، ومن أهمها أن يكون المتدرب قد ارتدى الزي المناسب للحام وأدوات الحماية الشخصية الخاصة بلحام الأرجون لأهميتها البالغة والموضحة في (شكل رقم ١٣٧).

شكل رقم ١٣٧: أدوات الحماية الشخصية اللازمة بالورشة (PPE)

٢. احضر العدد المساعدة (مثل فرشاه سلك وملاقط حداده للامساك بالمشغولات آو الأجزاء ومطرقة للاستعدال).

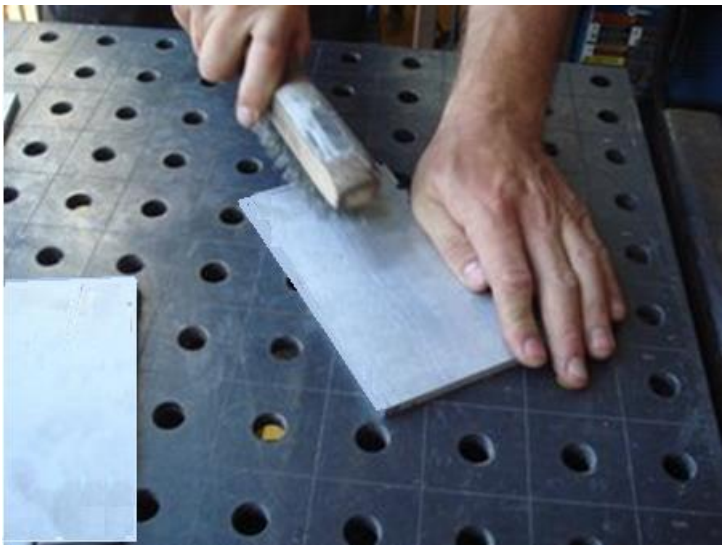
شكل رقم ١٣٨: فرشاة التنظيف

٣. جهز مكان العمل واحضر المعدات وشغل شفاط التهوية.



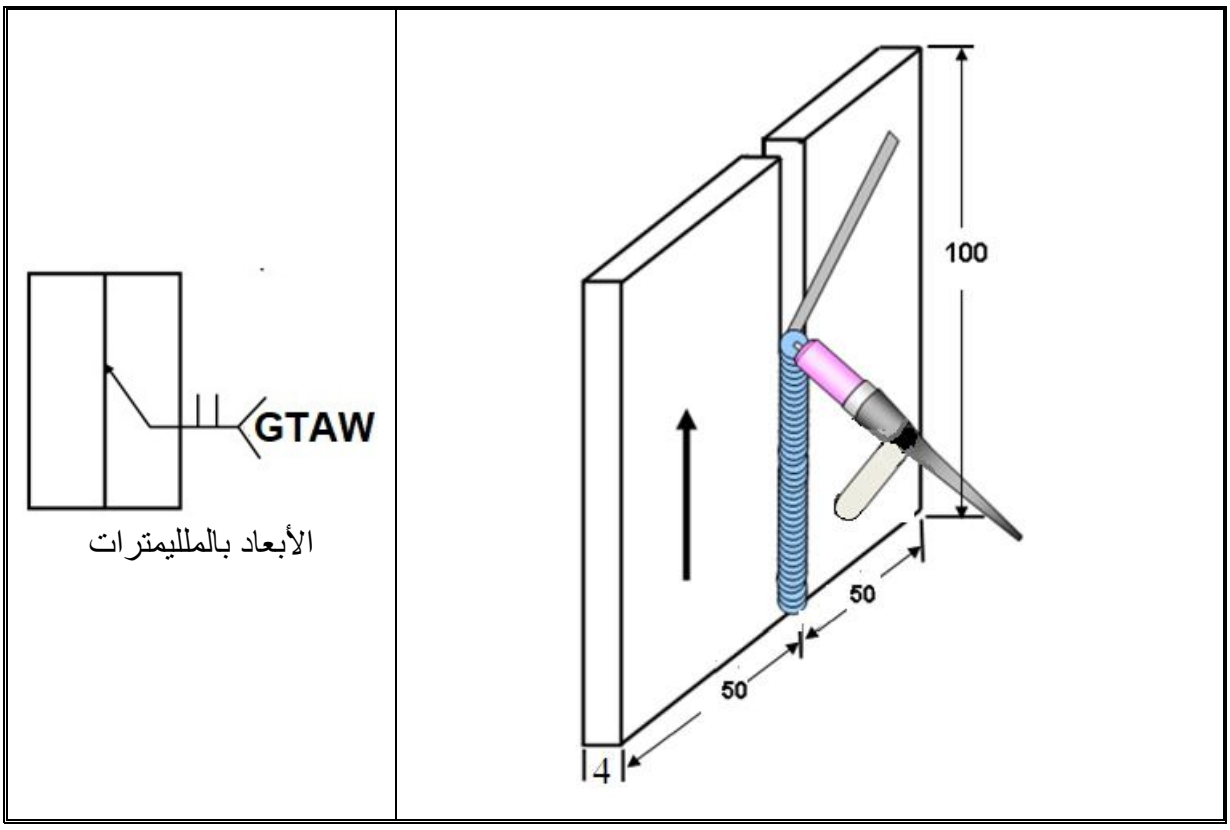
شكل رقم ١٣٩: تجهيز مكان وأدوات العمل المطلوبة للحام

٤. قم بإعداد وتجهيز قطعة العمل وتنظيفها من الصداء والرايش والأتربة والزيوت أو الأصباغ أو أي مخلفات أخرى باستخدام فرشاة سلكية.



شكل رقم ١٤٠: تنظيف قطعتي العمل باستخدام فرشاة سلكية

٥. قم بقراءة الرسم التنفيذي.



شكل رقم ١٤١: وصلة تقابلية في وضع رأسي

٦. اضغط تدفق غاز الأرجون بمنظم الضغط ليكون في حدود ١٢ لتر / دقيقة.

٧. تأكد من توصيل الكابلات بالماكينة بشكل سليم وآمن.

٨. قم بتوصيل الطرف الموجب بكابل الأرضي مع تزجه العمل الموجود عليها الشغلة عن طريق الماسك كما هو مبين في (شكل رقم ١٤٢).

شكل رقم ١٤٢: توصيل ماسك كابل الارضي بتزجة العمل

٩. قم بتوصيل الكهرباء لماكينة اللحام بالتيج TIG.

١٠. اضغط على مفتاح تشغيل الماكينة واجعله في وضع التشغيل (ON).

١١. قم باختيار وضع التيار المستمر قطبية مباشرة سالبة (DC-) للحام اليدوي.

١٢. اختر شدة التيار المناسبة لسمك قطعة العمل المطلوب لحامها في حدود ١٦٠ أمبير تقريبا (١ أمبير/ ٠,٠٢٥ مم من سمك المعدن بمعنى ٤مم/٠,٠٢٥ =١٦٠ أمبير).

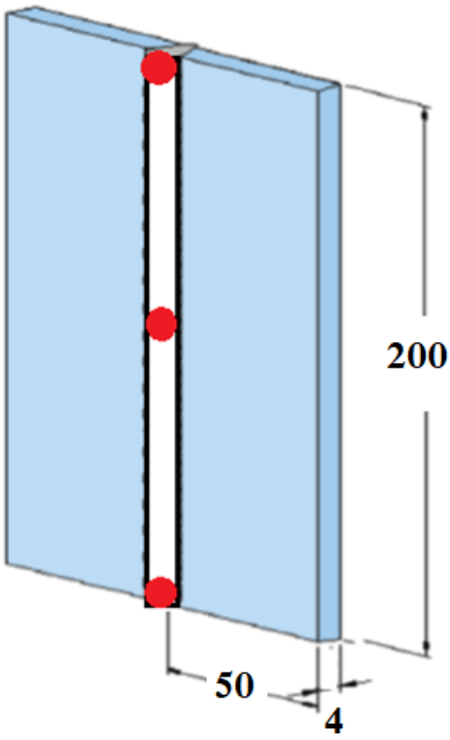
١٣. قم بالوقوف أمام تزجه اللحام بالوضع الصحيح استعدادا للحام.

١٤. ضع قطعتي العمل على طاولة العمل بشكل قائم من الخارج باستخدام مساند في وضع تصاعدي.

١٥. قم بتشغيل وحدة تزويد الغاز قبل بدء اللحام بحوالي ٢٠ ثانية.

١٦. اضبط زاوية التقدم بقيمة ٧٠ درجة وزاوية العمل ٩٠ درجة وزاوية ميل سلك اللحام ٢٠ درجة.

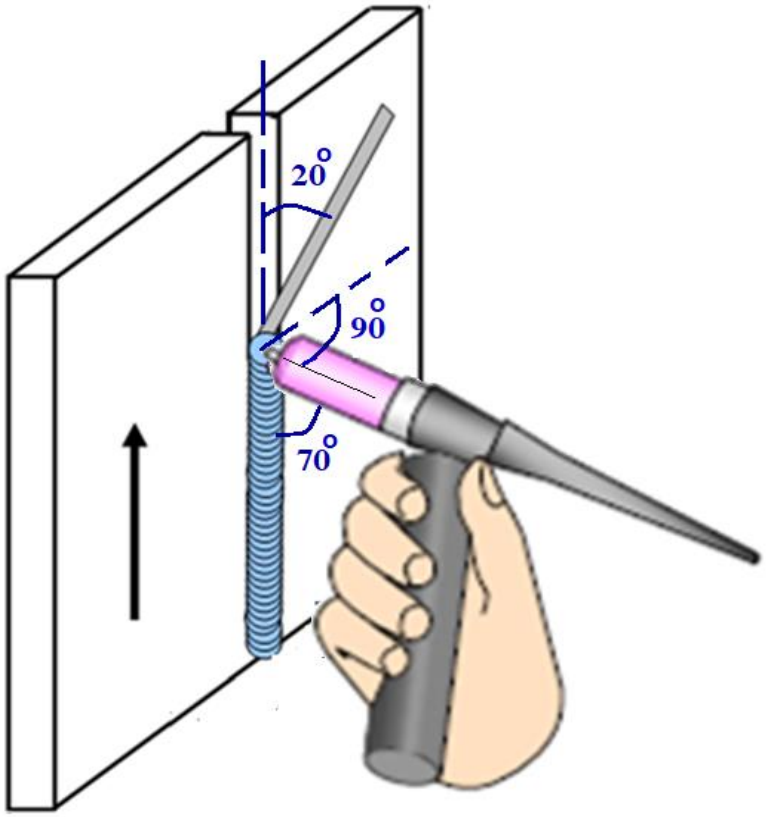
١٧. ثبت قطعتي العمل بعمل بنط لحام (تلقيط) منتظمة وموزعة على طول خط اللحام مع ترك فراغ بين حافات القطع المراد لحامها بحدود ١-٢ مم، مع مراعاة أن تكون الحواف متوازية كما هو مبين في (شكل رقم ١٤٣).



شكل رقم ١٤٣: عمل بنط على مسافات منتظمة

١٨. نفذ اللحام على طول خط تقاطع قطعتي المعدن بشكل تصاعدي منتظم مع مراعاة الحافظ على الفراغ بين طرف سلك التنجستن بطورش اللحام ووصلة اللحام بمقدار يتراوح من ٢-٣ مم للحفاظ على استقرار اشتعال القوس أثناء عملية اللحام يراعي استمرار هبوط سلك (الكترود) المليء لأسفل للمحافظة.

١٩. قم بتحريك الالكترود من أسفل إلى اعلى تصاعديا بسرعة منتظمة مع الحفاظ على التوافق بين حركة طورش اللحام وسرعة صهر وانسياب المعدن واستمرار تغذية سلك (الكترود) المليء بالقدر المناسب كلما تناقص نتيجة فقد قطرات تتساقط منه في بركة اللحام ومراعاة عدم تحريك طورش اللحام في حركات ترددية عرضية أثناء الحركة حتى لا يخترق الهواء غاز الحماية.



شكل رقم ١٤٤: تنفيذ اللحام التقابلي في وضع تصاعدي

٢٠. اترك تدفق غاز الأرجون حوالي ١٠ ثواني بعد الانتهاء من لحام الوصلة ليتم تبريد نهاية قطب التنجستن.

شكل رقم ١٤٥: صورة للحام التقابلي في وضع تحت مستوى النظر

٢١. اترك خط اللحام ليبرد قليلا.

٢٢. اغلق ماكينة اللحام وفق شروط السلامة المهنية.

٢٣. قم برفع قطعة اللحام بواسطة اللقط وقم بتبريدها في حوض التبريد ثم قم بتجفيفها.

٢٤. قم بتنظيف اللحام بالفرشاة السلك.

٢٥. اكشف على حالة اللحام بالنظر والاختبارات (عند اللزوم حسب تعليمات المدرب) لكشف العيوب.

٢٦. قم بإعادة وإصلاح عمليات اللحام إن كان بها عيوب عند الفحص.

٢٧. قم بتسليم قطعة العمل للمدرب لإجراء عملية التقييم.

٢٨. تأكد من فصل مفتاح الكهرباء الرئيسي عن وحدة اللحام.

٢٩. قم بطي كابلات اللحام في المكان المخصص لها.

٣٠. نظف مكان العمل واعد الأدوات المستخدمة إلى مكانها بشكل منظم.

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

.....

تقييم الأداء

أن يصبح المتدرب قادرا على أن:

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
١	يطبق تعليمات السلامة والصحة المهنية			
٢	يجهز مكان وأدوات العمل			
٣	يفحص معدات اللحام بالتيج قبل التشغيل			
٤	يوصل كابلات طورش اللحام وماسك الأرضي بطريقة صحيحة			
٥	يضبط شدة التيار المناسبة لقطب التنجستن وسمك الشغلة			

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
٦	يضبط تدفق كمية الغاز ويفتحها قبل اللحام ويغلقها بعد اللحام في التوقيت السليم			
٧	يجهز ويبنط قطعتي العمل بشكل سليم			
٨	يحافظ على استقرار اشتعال القوس اثناء عملية اللحام			
٩	يحقق توافق بين حركة سلك (الكترود) المليء وسرعة انسياب المعدن ويضبط صهر سلك المليء في بركة اللحام بشكل سليم ومنتظم وبدون زيادات مفرطة.			
١٠	يمسك سلك اللحام ويضبط زاوية ميله بقيمة صحيحة اثناء اللحام			
١١	يمسك طورش اللحام بطريقة صحيحة ويحافظ على زاوية ميل طورش للحام بشكل سليم اثناء اللحام			
١٢	ينفذ لحام وصلة تقابليه بوضع تصاعدي بدقة وبدون عيوب			
١٣	ينظف قطعة العمل ويبردها بشكل سليم			
١٤	يفحص جودة اللحام ويصلح الوصلات المعيبة.			
١٥	يقوم بتنظيف مكان العمل وإعادة الأدوات إلى أماكنها.			

جدول رقم ٢٤: معايير تقييم أداء المتدرب

توقيع المدرب

الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: .....

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب الأجزاء التالية:

- معدات اللحام بالأرجون (التيج)
- قطعتين من الحديد الصلب الطري مقاس (٢٠٠ × ٥٠ × ٤ مم)
- سلك لحام ٢ مم (ER70S) أو حسب المتاح في المخازن

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٣٠ دقيقة:

- تشغيل ماكينة اللحام بالأرجون وضبط شدة التيار وتدفق غاز الأرجون
- لحام وصلة تقابليه في وضع تصاعدي بدون عيوب

قائمة المصطلحات العلمية

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
لحام بالغاز وقوس التنجستن	GTAW
تيار متغير (متردد)	Alternative Current
الرمز الكيمائي لغاز الأرجون	Ar
معدن الأساس	Base metal
خط اللحام (حبة أو درزة)	Bead
معدل سرعة الحرق	burn – off rate
وصلة تقابليه (تناكبيه)	Butt joint
مرشح السعة (مكثف)	Capacitor
قواطع الطاقة للحماية من زيادة الجهد	Circuit breaker protection
ركن	Corner
الترسب	deposited
تيار مستمر (ثابت)	Direct current
معدن الحشو	filler metal
اللحام بالقوس المعدني والغاز	Gas Metal Arc Welding (GMAW)
اللحام بقوس التنجستن والغاز	Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)
الرمز الكيمائي لغاز الهليوم	He
تعريف (ترميز)	identification
وصلة تراكبية	Lap joint
سالب	Negative
فونية (فوهة)	Orifice
مذبذب	Oscillator
فوق الرأس	Overhead
القطع بالأوكسي استلين	Oxy-Acetylene Cutting (OAC)
اللحام بالأوكسي استلين	Oxy-Acetylene Welding (OAW)
البلازما	Plasma

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
موجب	Positive
تسخين أولي	preheat
عملية	Process
موحد (مقوم)	Rectifier
اللحام بالقوس المعدني المحجب	Shielded Metal Arc Welding (SMAW)
وصلة قائمة حرف T	Tee-Joint
مشعل اللحام (طورش)	Torch
اللحام بقوس التجستن والأرجون	Tungsten Inert Gas (TIG)
معدن التنجستن	Tungsten
أدوات الحماية الشخصية	Personal Protective Equipment (PPE)
خوذة حماية للراس	Protective Helmet
سدادات أذن	Ear Plugs
ملابس مرئية	Vis clothes
قفاز امان	Safety Gloves
حذاء الحماية (الأمان)	Protective (safety) boots
كمامة	Dust Mask
نظارة حماية	Eye Wear
القدم الصلب	Steel Ruler
متر القياس	measuring tape
القدمة ذات الورنية	Vernier caliper
سنبك العلام	Centre Punch
المطرقة (الشاكوش)	Hammer
الشقوق	Cracks
اللحام	Welding
أوضاع اللحام	Welding Positions
منظم الغاز	Gas Regulator

المصطلحات باللغة العربية	المصطلحات باللغة الإنجليزية
صمام أمان	Safety valve
مشعل اللحام	Welding Torch
مشعل القطع	Cutting Torch
مساعد صهر	Flux
حاجز الشرر	Spark arrestor
اللهب المتعادل	Neutral Flame
اللهب المؤكسد	Oxidizing Flame
اللهب المكربن	Carbonizing Flame
وصلة تقابلية	Groove Weld
وصلة زاوية	Fillet Weld
جذر اللحام	Weld Root
الحام القصدير	Soldering
الحام المونة	Brazing
أكاسيد المعدن	Metal Oxides

قائمة المراجع

المصادر العربية:

١. كتاب تكنولوجيا اللحام - الدكتور أحمد ذكي
٢. المؤسسة المصرية للتكنولوجيا والصناعات الهندسية

المصادر الأجنبية:

3. Unitor maritime welding handbook- Wilhelmsen (14th edition).
4. Fabrication and welding Engineering, Roger Timings.

صفحات إنترنت:

5. https://safetysystems1.wordpress.com/
6. https://www.thefabricator.com/