جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

التدريب العملي

الصناعي / اللحام وتشكيل المعادن

الثالث

تأليف

أ.د. منى خضير عب اس
م.م. رياض باقر محمد
م.م. باسل محمد علي

المهندس حسن عبد الله كاظم
المهندس باسم كامل شاكر
المهندس عامر قادر جودة

الطبعة الرابعة
1446هـ - 2024 م

المقدمة:

ارتأت وزارة التربية / المديرية العامة للتعليم المهني ضرورة وضع منهج جديد للتدريب العملي لكافة الاختصاصات من خلال مشروع التدريب العملي المبني على الكفاءة لمواصلة التطور العلمي والتربوي وتحسين نوعية التعليم المهني لغرض مواكبة التطور الحاصل في دول العالم المتقدمة بحيث تتلاءم مع متطلبات سوق العمل.

يحتوي كتاب التدريب العملي للصف الثالث اختصاص اللحام وتشكيل المعادن على خمسة فصول تختص بتنفيذ تمارين تطبيقية للحام بالقوس الكهربائي اليدوي (SMAW) واللحام بالغازات المحجبة (الواقية) (TIG – MIG/MAG) وطرائق فحص الملحومات وبعض أنواع تشكيل المعادن وهنالك فصل لتنفيذ بعض المشاريع وحساب كلفتها.

تضع المديرية العامة للتعليم المهني / شعبة المناهج بين يديكم هذه الحقيبة التدريبية وتأمل من الله عز وجل أن تساهم بشكل مباشر في تأهيل المهارات الضرورية اللازمة بأسلوب علمي بسيط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية إكساب هذه المهارات.

المؤلفون

المحتويات

رقم الوحدة	الموضوع	رقم الصفحة
	المقدمة	3
	المحتويات	6-4
	الفصل الاول – لحام القوس الكهربائي اليدوي	7
1-1	مقدمة الفصل	8
2-1	أسس عملية اللحام بالقوس الكهربائي اليدوي	8
3-1	مصادر التيار الكهربائي	9
4-1	مصدر الطاقة (القدرة) للحام	9
5-1	أنواع مكائن اللحام	9
6-1	أقطاب اللحام (Electrodes)	10
7-1	وظائف الغلاف	15
8-1	مصطلحات ورموز في اللحام	15
9-1	لحام الألمنيوم	16
10-1	القطع بالبلازما	17
	التمارين العملية - التمرين الأول - لحام زاوية لقطعتين من الفولاذ منخفض الكربون بالمفصل الزاوي، بطريقة لحام القوس الكهربائي اليدوي.	18
	التمرين الثاني - لحام قطعتين من معدن الألمنيوم بالوضع المستوي مشطوفة على شكل حرف (V)، بطريقة لحام القوس الكهربائي اليدوي.	21
	التمرين الثالث - لحام بالقوس الكهربائي اليدوي لقطعتين من الفولاذ منخفض الكربون في الوضع الافقي 2G	22
	التمرين الرابع - لحام قطعتين من الفولاذ منخفض الكربون في الوضع العمودي G3 بطريقة لحام القوس الكهربائي اليدوي	24
	التمرين الخامس – القطع بالبلازما	25
	اسئلة الفصل	27
	الفصل الثاني – اللحام بالغازات المحجبة	28
1-2	استخدام الغازات الخاملة في لحام (TIG) (MIG/MAG)	29

2-2	اللحام القوسي الكهربائي بالقطب المعدني المحمي بالغاز الخامل أو الفعال (MIG/MAG)	29
3-2	انتقال المعدن في لحام القوس الكهربائي المحمي بالغاز الخامل أو الفعال (MIG/MAG)	30
4-2	الأجزاء الرئيسة لمعدات لحام (MIG/MAG)	31
5-2	الغازات المستخدمة في اللحام والقطع وألوان الأسطوانات	36
6-2	لحام القوس الكهربائي بالأقطاب المجوفة الحاوية على مساعد الصهر (FCAW)	38
7-2	شروط السلامة المهنية وقواعدها عند لحام (MIG/MAG)	39
	التمارين العملية – التمرين الاول - لحام خطروط مستقيمة متباعدة بالوضع المستوي على قطعة من الفولاذ منخفض الكربون بماكينة لحام (MIG/MAG)	40
	التمرين الثاني - لحام تراكبي بالوضع المستوي 2G لقطعتين من الفولاذ منخفض الكربون بماكينة لحام (MIG/MAG)	43
	التمرين الثالث - لحام بناء لست خطوط تناكبي بالوضع الجانبي لقطعتين مشطوفة على شكل (V) من الفولاذ منخفض الكربون بماكينة لحام (MIG/MAG)	45
	التمرين الرابع - لحام زاوية خارجي تصاعدي 3G لقطعتين من الفولاذ منخفض الكربون او (الحديد المطاوع) بماكينة لحام (MIG/MAG)	48
8-2	لحام القوس الكهربائي بقطب التنكستن المحمي بالغاز الخامل (TIG)	49
	التمرين الخامس - لحام وصلة زاوية قائمة T بالوضع الافقي (الجانبي) لقطعتين من الحديد المطاوع بماكينة لحام (TIG)	53
	التمرين السادس - لحام قطعتي أنابيب وبأوضاع مختلفة بماكينة لحام (TIG)	55
	التمرين السابع - لحام تناكبي بالوضع المستوي وترسيب ثلاث خطوط لحام لقطعتين مشطوفة على شكل (V)من الفولاذ منخفض الكربون بماكينة لحام (TIG)	56
	التمرين الثامن - لحام تراكبي لقطعتين من صفيح الالمنيوم بالوضع المستوي بماكينة (TIG)	58
	اسئلة الفصل	60
	الفصل الثالث – عيوب اللحام وطرائق فحصها	61
1-3	المقدمة ـ عيوب اللحام، أسبابها وعلاجها	62
2-3	اختبارات (فحص) الملحومات	64

	التمارين العملية – التمرين الاول - اختبار الثني بواسطة المكبس الهيدروليكي لثلاث قطع ملحومة لحام زاوي خارجي بعد الاختبار البصري للقطع واعتبار الاولى رديئة والثانية متوسطة والاخرى جيدة	70
	التمرين الثاني - اختبار الكسر الثلمي	72
	التمرين الثالث - اختبار عيوب اللحام لقطعة ملحومة بواسطة الفحص بالجسيمات المغناطيسية بطريقة المسحوق الجاف	73
	اسئلة الفصل	75
	الفصل الرابع – المشاريع وحساب الكلفة	76
1-4	المقدمة	77
	التمرين الأول - عمل منضدة من الفولاذ منخفض الكربون	77
	التمرين الثاني - عمل قفص لحماية مكيف الهواء من الفولاذ منخفض الكربون	80
	التمرين الثالث - عمل إطار حماية للشباك (كتيبة) من الفولاذ منخفض الكربون.	83
	التمرين الرابع - عمل شباك ذو نافذتين إحداهما متحركة والأخرى ثابتة من الفولاذ منخفض الكربون.	85
	التمرين الخامس - عمل باب حديد نصف مزجج	89
	اسئلة الفصل	94
	الفصل الخامس – تشكيل المعادن	95
1-5	المقدمة	96
2-5	طرائق تشكيل المعادن	96
3-5	تصنيع خزانات سعة 5000 لتر – 90000 لتر	102
4-5	الحسابات الهندسية لتصنيع خزان أفقي ذي سعة 36000 لتر حسب المواصفة البريطانية	110
	التمارين العملية – التمرين الأول - تشكيل ملقط حدادي بواسطة الأفران الحدادية (عملية الطرق)	113
	التمرين الثاني - تشكيل كوع (عكس) من صفيح الفولاذ المغلون	118
	التمرين الثالث - عمل غطاء لعكس من صفيح الفولاذ المغلون	119
	التمرين الرابع - عمل شباك المنيوم	121
	التمرين الخامس - تشكيل شبكة تسليح بقضبان حديدية بواسطة ماكنة حني أو بواسطة قالب صنع محلي	124
	اسئلة الفصل	126

الفصل الأول

لحام القوس الكهربائي

الأهداف العامة:

في هذا الفصل يكون الطالب قادراً على:

1- التعرف على القوس الكهربائي وأهميته وخواصه.
2- التعرف على مصادر الطاقة للحام.
3- التعرف على أنواع مكائن اللحام.
4- التعرف على أنواع أسلاك اللحام (الأقطاب) وتصنيفها.
5- التعرف على وظائف أغلفة أسلاك اللحام.
6- التعرف على بعض المصطلحات الفنية المستخدمة في اللحام.
7- التعرف على لحام الألمنيوم وسبائكه.
8- التعرف على قطع المعادن بطريقة قوس البلازما.
9- تنفيذ تمارين عمليات اللحام بأوضاعها المختلفة وبوصلات لحام مختلفة.
10- تنفيذ تمارين عمليات قطع المعادن بطريقة قوس البلازما.

لحام القوس الكهربائي Arc Welding

1-1 المقدمة

تعرف عملية اللحام الانصهاري بأنها عملية انصهار نتيجة الحرارة المتولدة بين قطب اللحام (Electrode) وقطعة العمل وتكوين وصلة اللحام، ويتم عزل منطقة اللحام عن الجو المحيط نتيجة تحلل الغطاء المغلف أو مساعد الصهر(Flux) لقطب اللحام أو استخدام غازات حماية (الغازات المحجبة). ويتحكم قطب اللحام في الخواص الميكانيكية والكيمياوية والميتالورجية لوصلة اللحام.

يعرف لحام القوس الكهربائي بأنه نوع من أنواع اللحام الانصهاري الذي يتم عن طريق الحرارة الناتجة عن القوس الكهربائي بين قطب اللحام والجزء المراد لحامه. وتصل درجة الحرارة في هذا النوع من اللحام إلى أكثر من 5000°C(درجة سيليزية)وهي درجة حرارة كافية لصهر المعادن كافة في منطقة اللحام فضلاً على صهر المعدن الإضافي.

2-1 أسس عملية اللحام بالقوس الكهربائي اليدوي

تعتمد عملية اللحام بالقوس الكهربائي اليدوي على توليد قوس كهربائي بين قطعة العمل وقطب اللحام المغلف بالمادة المساعدة للصهر والتي من شأنها أن تتحلل عند التسخين ويكون لها فوائد عدة ومن أهمها:

1. تنتج غازات تحجب القوس الكهربائي عن المحيط الجوي وتمنع الأكسدة.
2. تساعد على زيادة تأين القوس الكهربائي واستقراره.
3. تنتج خبث اً يساعد على تنقية وحماية المعدن المنصهر وتقليل معدل تبريده، كما أن في بعض الأحيان يمكن إضافة العناصر السبائكية والتي من شانها تحسين الخواص للوصلة.
4. تعمل على تركيز الحرارة في منطقة القوس الكهربائي وبالتالي تزيد من عمق التغلغل لمعدن اللحام.

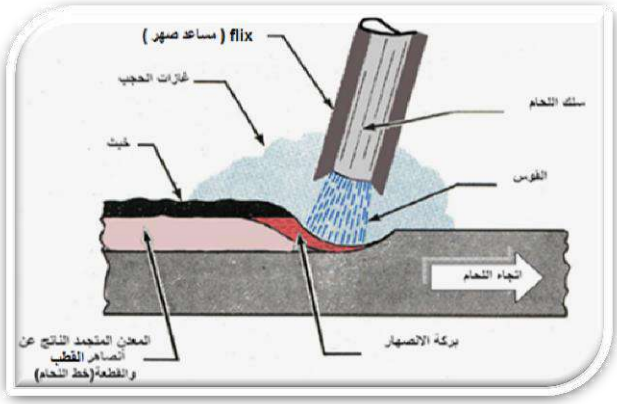
الخواص الكهربائية للقوس الكهربائي:

يعرف القوس الكهربائي بأنه أحد أشكال التفريغ الكهربائي ويتلخص مبدأ اشتغال القوس الكهربائي كما يأتي:عند تماس قطبين (قطب اللحام والمعدن المراد لحامه) يحدث اتصال كهربائي وعند فصلهما يحدث فراغ هوائي بينهما. ونظرا لكبر المقاومة الكهربائية بينهما ترتفع درجة حرارة القطبين إضافة إلى ارتفاع درجة حرارة الفراغ الهوائي وتبدأ الإلكترونات بالخروج من القطب السالب أو الكاثود (Cathode) وعند اصطدامها مع ذرات وجزيئات الهواء تنفصل عن الهواء بعض الإلكترونات محولة الهواء إلى خليط من الأيونات والإلكترونات الحرة ويصبح الهواء موصل للتيار الكهربائي تحت تأثير الإلكترونات المتحررة من القطب السالب. وتتحرك الأيونات السالبة والإلكترونات الحرة إلى القطب الموجب أو الآنود (Anode) مصطدمة به وتتحول الطاقة الحركية للدقائق نتيجة هذه الاصطدامات إلى طاقة حرارية عالية عند القطب الموجب. ويجب أن يكون فرق الجهد بين القطبين بين 60 إلى 80 فولت لحظة تكون القوس الكهربائي ومن ثم ينخفض فرق الجهد اللازم لاستمرارية القوس.

ويمكن تقسيم القوس الكهربائي إلى المناطق الآتية:

1. الفراغ الكاثودي
2. مسار القوس
3. الفراغ الآنودي

والشكل (1–1) يوضح عملية اللحام بالقوس الكهربائي المعدني اليدوي Manual Metal Arc Welding (MMAW).



شكل 1-1 اللحام بالقوس الكهربائي المعدني اليدوي

1-3مصادر التيار الكهربائي

يمكن الحصول على التيار الكهربائي اللازم لعملية اللحام بالطرائق الآتية:

1. مولدات التيار الكهربائية ذات التيار المتناوب أو المستمر، منها ما لها خصائص فولتية ثابتة والبعض الآخر لها خصائص فولتية متغيرة.
2. مكائن لحام تيار متناوب مقاومة لتيار مستمر.
3. محولات كهربائية تعطي تياراً متردداً.

1-4مصدر الطاقة (القدرة) للحام

مصدر الطاقة (القدرة) للحام هو جهاز يوفر تياراً كهربائياً لعمل اللحام. عادةً يحتاج اللحام إلى تيار عالٍ (أكثر من 80A) وقد يحتاج إلى 36000 A لعمل اللحام النقطي (Spot Welding) ، كما يمكن استخدام التيار المنخفض أيضاً ومثال على ذلك يمكن لحام شفرتي حلاقة معاً باستخدام تيار قدره A5 فقط بطريقة لحام قطب التنكستن والغاز الخامل (TIG). يمكن أن يكون مصدر قدرة اللحام بسيطاً باستعمال بطارية سيارة فقط، ويمكن أن يكون معقداً باستعمال مقوم المسيطر السيليكوني (SCR) مع إضافة دوائر منطقية (Logic) لتحسين خواص القوس الكهربائي في عملية اللحام.

1-5أنواع مكائن اللحام

تصنف مكائن اللحام عادة على نوعين:

1. **مكائن لحام ذات التيار الثابت Constant Current (CC)**
2. **مكائن لحام ذات الجهد الثابت (الفولتية الثابتة) Constant Voltage (CV)**

مكائن اللحام ذات التيار الثابت يتم تغيير جهدها لغرض الحفاظ على ثبات التيار، بينما مكائن اللحام ذات الجهد الثابت (الفولتية الثابتة) يتم تغيير تيارها للحفاظ على ثبات الفولتية. في عمليات اللحام بالقوس الكهربائي اليدوي (MMAW) واللحام بقطب التنكستن المحمي بالغاز الخامل(TIG) تستخدم مصادر ثابتة التيار. أما في عمليات لحام القوس بالقطب المعدني المحمي بالغاز الخامل (MIG/MAG) واللحام باستخدام قطب محشو (Flux-Cored) فيتم استخدام الفولتية الثابتة، مع أنه من الممكن أيضاً استخدام تيار ثابت إذا توفر ملقم سلك حساس للجهد. تتجلى الحاجة للماكنة ذات الفولتية الثابتة لعمل لحام القوس الكهربائي باستخدام قطب معدني محمي بالغاز الواقي (الخامل أو الفعال) أواللحام باستخدام قطب محشو بسبب عدم قدرة العامل على التحكم بطول القوس بنفسه.

فإذا شرع العامل في استخدام ماكنة ذات فولتية ثابتة للحام بالمعدن المغطى فإن التغيرات الطفيفة في طول القوس سينتج عنها تغيرات كبيرة في التيار وسيؤثر لاحقاً على جودة اللحام. أما مع الماكنة ذات التيار الثابت فيعتمد العامل على أن كمية التيار الواصلة إلى المعدن ثابتة مهما اختلف طول القوس، مع الأخذ بعين الاعتبار إن الطول الزائد للقوس سينتج عنه لحام غير جيد. الشكل (1–2) يوضح ماكنة اللحام بالقوس الكهربائي.

توجد أنواع أخرى من مكائن اللحام وعلى سبيل المثال توجد مكائن لحام تعمل بأشعة الليزر أو مكائن لحام بالحزمة الإلكترونية، وهذه تحتاج إلى مصادر قدرة مصممة بصورة مختلفة كلياً ولا تدخل في الأنواع السابقة.

شكل 1–2 ماكنة اللحام بالقوس الكهربائي

6-1 أقطاب اللحام (Electrodes)

أقطاب اللحام (Electrodes) أو أسلاك اللحام هي عبارة عن أسلاك تستخدم لترسيب المعدن في الحيز المعد للحام، وتكون مغلفة بغلاف (Coating) يحتوي على مواد كيميائية لتحسين خواص اللحام، وتختلف على حسب أنواعها، وكل نوع له مواصفاته الخاصة ولها أرقام تدل على تلك المواصفات.

كما إن الأقطاب المستخدمة في اللحام اليدوي يتراوح قطرها (ما بين1.6mm إلى 8mm)، ويتم اختيار شدة التيار الكهربائي تبع اً لقطر السلك، فكلما كبر قطرها ازداد التيار المطلوب وذلك لضمان انصهاره من جهة ولتفادي تفكك المسحوق المغلف من جهة أخرى. ولكل نوع من أقطاب اللحام وحسب أقطارها شدة تيار وسرعة لحام مناسبتين.لاحظ الجدول(1-1). وينصح باتباع تعليمات الشركة المصنعة.

جدول 1–1 علاقة سمك المعدن وقطر القطب بظروف اللحام

سمك المعدن (mm)	قطر القطب (mm)	شدة التيار(A)	سرعة اللحام (cm / min)
8 – 5	3.25	100 - 140	47 – 40
10-8	4	120-160	35-40
16-12	5	150-200	35-30

وفي حال عدم توفر التعليمات من المصنع، يرجع إلى المراجع الهندسية والتكنولوجية الرصينة مثل جمعية اللحام الأمريكية (**AWS**). انظر الجدولين (1-2) و(1-3). وعند تعذر ذلك يقدر التيار المطلوب بحدود 30 إلى 40 أمبير لكل ملم من القطر، مع مراعاة استقرار القوس وانتظام ترسيب المعدن.

جدول 1–2 أسلاك لحام الفولاذ الكربوني والفولاذ منخفض السبائكية وأنواع أغلفتها وخصائصها

رقم السلك حسب تصنيف AWS	نوع التيار وقطبية السلك	نوع الغلاف	أوضاع اللحام المناسبة	نوع القوس	مسحوق الحديد (%)
E6010	DC+	سليلوز- صوديوم	كل الأوضاع	عميق التغلغل	10 - 0
E6011	AC or DC+	سليلوز- بوتاسيوم	كل الأوضاع	عميق التغلغل	0
E6012	AC or DC-	روتايل - صوديوم	كل الأوضاع	متوسط التغلغل	10 - 0
E6013	AC or DC+/-	روتايل- بوتاسيوم	كل الأوضاع	قليل التغلغل	10 - 0
E6019	AC or DC+/-	أوكسيد الحديد- روتايل- بوتاسيوم	كل الأوضاع	متوسط التغلغل	10 - 0
E6020	AC or DC+/-	أوكسيد حديد عالي	مستوي/أفقي ركني	متوسط التغلغل	0
E6022	AC or DC+/-	أوكسيد حديد عالي	مستوي/أفقي	عالي السرعة	10 - 0
E6027	AC or DC+/-	أوكسيد حديد - مسحوق الحديد	مستوي/أفقي ركني	متوسط التغلغل	50
E7014	AC or DC+/-	روتايل – مسحوق الحديد	كل الأوضاع	قليل التغلغل	40 – 25
E7015	DC+	واطئ الهيدروجين–صوديوم	كل الأوضاع	متوسط التغلغل	0
E7016	AC or DC+	واطئ الهيدروجين – بوتاسيوم	كل الأوضاع	متوسط التغلغل	0
E7018	AC or DC+	واطئ الهيدروجين – بوتاسيوم –مسحوق الحديد	كل الأوضاع	متوسط التغلغل	40 - 25
E7018M	DC+	واطئ الهيدروجين – مسحوق الحديد	كل الأوضاع	متوسط التغلغل	25 - 10
E7024	AC or DC+/-	روتايل – مسحوق الحديد	مستوي/أفقي ركني	قليل التغلغل	50
E7027	AC or DC+/-	أوكسيد الحديد – مسحوق الحديد	مستوي/أفقي ركني	متوسط التغلغل	50
E7028	AC or DC+	واطئ الهيدروجين – بوتاسيوم –مسحوق الحديد	مستوي/أفقي ركني	متوسط التغلغل	50
E7048	AC or DC+	واطئ الهيدروجين – بوتاسيوم –مسحوق الحديد	كل الأوضاع	متوسط التغلغل	40 - 25

جدول 1-3 شدة التيار الموصى به لأسلاك لحام القوس الكهربائي اليدوي

نوع السلك	القطر (mm)	التيار المستمر (A)	التيار المتناوب (A)	نوع السلك	القطر (mm)	التيار المستمر (A)	التيار المتناوب (A)
E6010	2.4	80 – 40		E7014	2.4	90 – 70	90 – 70
	3.2	130 – 70			3.2	145 – 120	145 – 120
	4	165 – 110			4	250 – 140	210 – 140
	4.8	225 – 140			4.8	280 – 180	280 – 180
	5.6	300 – 160			5.6	375 – 250	375 – 250
	6.35	400 – 200			6.35	420 – 300	420 – 300
E6011	2.4	70 – 50	70 – 50		8	500 – 375	500 – 375
	3.2	130 – 75	130 – 75	E7016	2.4	100 – 70	100 – 70
	4	160 – 120	160 – 120		3.2	130 – 80	130 – 80
	4.8	190 – 150	190 – 150		4	170 – 120	170 – 120
	5.6	250 – 180	250 – 180		4.8	250 – 170	250 – 170
	6.35	300 – 200	300 – 200		5.6	260 – 180	325 – 250
E6012	2.4	90 – 50	120 – 80		6.35	275 – 200	350 – 300
	3.2	135 – 76	120 – 80		8	300 - 220	375 – 235
	4	205- 120	190 – 120	E7018	2.4	110- 80	110- 80
	4.8	255 – 140	240 – 140		3.2	150 – 90	150 – 90
	5.6	335 – 200	330 – 210		4	230 – 110	230 – 110
	6.35	400 - 220	350 – 220		4.8	300 – 150	300 – 150
E6013	2.4	100 – 50	80 – 50		5.6	350 – 250	350 – 250
	3.2	140 – 80	120 – 80		6.35	400 – 300	400 – 300
	4	190 – 120	170 – 120		8	450 – 320	450 – 320
	4.8	220 – 160	220 – 190	E7024	2.4	140 – 100	140 – 100
	5.6	270 – 240	240 – 200		3.2	180 – 130	180 – 130
	6.35	350 – 270	350 – 270		4	240 – 180	240 – 180
	8	420 – 320	420 – 320		4.8	280 – 200	280 – 200
E6020	2.4	145 – 120	145 – 120		5.6	375 – 250	375 – 250
	3.2	175 – 150	175 – 150		6.35	420 – 300	420 – 300
	4	240 – 210	240 – 210		8	500 - 425	500 - 425
	4.8	275 – 240	275 – 240	E7028	2.4		
	5.6	320 – 290	320 – 290		3.2		
E7010	كما في E6010				4	300 – 240	300 – 260
					4.8	400 – 300	400 – 320
E8018	كما في E7018				5.6	450 – 350	470 – 370
					8	550 – 450	500 - 400

تصنيف أسلاك اللحام:

يرمز لأسلاك اللحام حسب نظام جمعية اللحام الأمريكية AWS وأنظمة عالمية أخرى بالحرف E ويعني القطب الكهربائي في حالة أن سلك الحشو جزء من الدائرة الكهربائية، كما في طرائق اللحام بالقوس الكهربائي اليدويMMAW، والقوس الكهربائي بالقطب المعدني المحمي بالغازMIG/MAG، والقوس الكهربائي بالسلك المعدني المحشو والغاطسFCAW وSAW. فيما يرمز لأسلاك اللحام التي لا تكون جزءاً من الدائرة

الكهربائية بالحرف R وتعني Rods أي قضبان، كما في اللحام بالشعلة الغازية واللحام بقطب التنكستن المحمي بالغاز الخامل TIG. هناك أسلاك تستخدم في كلا المجموعتين ويرمز لها بالحرفين ER.

تصنيف أقطاب لحام الفولاذ الكربوني والفولاذ منخفض السبك Electrodes

AWS: E xxxx – x
مثال E 6027
AWS: E xxxxx – x
مثال E 11018 – D2

- **AWS**:رمز يشير إلى جمعية اللحام الأمريكية (American Welding Society) المعدة لهذا النظام.
- **E**: حرف يشير إلى كلمة قطب (Electrode) متبوع برقم مكون من أربع مراتب (أو خمس أحياناً) وفي بعض الحالات ملحقات إضافية.
- أول مرتبتين في الرقم الرباعي (أو ثلاث مراتب في الرقم الخماسي) تشير إلى أدنى مقاومة شد لمعدن اللحام بعد إجراء اللحام في ظروف ملائمة. فإذا كان مثلا (60) فهذا يعني إن أدنى مقاومة شد لمعدن اللحام 60000psi ، وإذا كان 100 فهذا يعني أدنى مقاومة شد لمعدن اللحام هي 100000 psi،وهكذا .
- المرتبة قبل الأخيرة تشير إلى أفضل وضع لحام للقطب، فإذا كان (1) فهذا يعني إمكانية اللحام بهذا القطب في كل أوضاع اللحام وبصورة مرضية. وإذا كان (2) فهذا يعني إن القطب يفضل أن يستخدم في اللحام في الوضع المستوي أو الأفقي. وإذا كان (3) فيفضل أن يستخدم مع الوضع المستوي فقط. أ ما إذا كان (4) فهو مناسب للوضع العمودي ويكون تنازلي وليس تصاعدي.
- المرتبة الأخيرة (تأخذ رقماً من 0 إلى 8) وبالارتباط مع المرتبة ما قبل الأخيرة تشير إلى نوع الغلاف الموجود على القطب والذي يعطي معدن اللحام خصائص إضافية كمعدل الترسيب ومدى التغلغل وكذلك نوع التيار وقطبيته، وكما مبين في الجدول (1-4).
- مجموعة من الحروف والأرقام، تستعمل مع الأقطاب المصنوعة من الفولاذ السبائكي الواطئ وتشير أحيانا إلى التركيب الكيمياوي لمعدن اللحام، كما مبين في الجدول (1-4).

جدول 1-4 بعض الرموز الملحقة برقم السلك وما تمثله من عناصر مضافة إلى غلاف السلك

-A1	0.5% Mo
-B1	0.5% Cr, 0.5% Mo
-B2	1.25% Cr, 0.5% Mo
-B3	2.25% Cr, 1% Mo
-B4	2% Cr, 0.5% Mo
-B5	0.5% Cr, 1% Mo
-C1	2.5% Ni
-C2	3.25% Ni
-C3	1% Ni, 0.35% Mo, 0.15% Cr
-D1& -D2	0.25-0.45% Mo, 1.75% Mn
-G	0.5% min. Ni, 0.3% min. Cr, 0.2% min. Mo, 0.1% min. V, 1% min. Mn, (يتطلب وجود عنصر واحد فقط)

أقطاب اللحام (Electrodes) المستخدمة في لحام الفولاذ الكربوني

يعتمد اختيار نوع القطب على التركيب الكيمياوي للفولاذ المراد لحامه، ومقاومة شد المعدن وسمكه، وتيار وموضع اللحام. ويمكن لحام الفولاذ منخفض الكربون بأي نوع من أقطاب الفولاذ الطري. وعلى الرغم من أن أنواع الفولاذ متوسط أوعالي الكربوني تلحم أحيانا بأقطاب مغلفة بمادة سيليلوزية (عالية الهيدروجين)، إلا أنه يفضل عموما استخدام الأقطاب منخفضة الهيدروجين. شكل (1-3) يوضح بعض أسلاك لحام القوس الكهربائي اليدوي مدون عليها رموزها المميزة حسب نظام AWS.

شكل 1-3 بعض أقطاب اللحام من الفولاذ منخفض الكربون والفولاذ منخفض السبك حسب نظام AWS

أ-نوع عالي السليلوز E6010،E6011

يستخدم قطب E6010 للحام في جميع الأوضاع بتيار مستمر وقطبيه معكوسة أي موجبة. وتحتوي المادة المغلفة على نسبة عالية من السيليلوز ويتميز بقوة وتركيز القوس الكهربائي ويعطى تغلغلاً جيد اً ويتميز أيضاً بسرعة تجمد معدن اللحام في حين أن كمية الغازات المحيطة تكون كبيرة. يلحم القطبE6011 في جميع الأوضاع بتيار متناوب، إضافة إلى التيار المستمر الموجب وباقي الخصائص تماثل القطب E6010.

ب- نوع عالي الروتايل (حامضي - أوكسيد التيتانيوم)E6013، E6012

يستخدم القطب E6012 لجميع الأوضاع بتيار متناوب أو تيار مستمر وقطبية سالبة، يتميز بتغلغل متوسط ولكن ليس بنفس درجة قطبE6010 السيليلوزي هذا بالإضافة إلى فلدسبار وطين وكمية الخبث كبيرة بينما كمية الغازات المحيطة قليلة، يلحم القطبE6013 في جميع الأوضاع بتيار متناوب أو تيار مستمر وقطبية موجبة أو سالبة، له نفس خصائص قطبE6012 بينما يتميز عنه بسهولة إزالة الخبث كما أن القوس يبدأ بسهوله ويستخدم هذا القطب بنسبة كبيرة في لحام أنواع الفولاذ ذو السمك القليل.

ج- نوع منخفض الهيدروجين E7015E7018

يستخدم السلك E7015 واطئ الهيدروجين للحام بكل الأوضاع بتيار مستمر موجب (تستخدم سيليكات الصوديوم كمادة رابطة).درجة التغلغل متوسطة وكمية الخبث كثيفة وسهل الإزالة، يفضل عند استخدامه أن يكون طول القوس قصيراً جداً ويستخدم في لحام مختلف أنواع الفولاذ. ويستخدم السلك E7018 واطئ الهيدروجين للحام بكل الأوضاع بتيار متناوب أو مستمر موجب. غلافه غني بمسحوق الحديد(25% -40%) ويتميز بلحام له خواص ميكانيكية جيدة ملائمة لمعدن الأساس.

1-7وظائف الغلاف

لأغلفة أسلاك اللحام وظائف مهمة في تحسين ظروف اللحام وتحقيق جودة الملحومة، وفيما يأتي أهم تلك الوظائف:

1. لتسهيل قدح واستمرار قوس كهربائي مركز وثابت.
2. لحماية القوس من غازات الهواء (النيتروجين والأوكسجين وبخار الماء الذي يتفكك إلى أوكسجين وهيدروجين في درجة حرارة القوس العالية جداً والتي تتفاعل عندها تلك الغازات مع المعدن المنصهر مكونة مركبات ضارة بالمعدن).
3. لإنتاج خبث يطفو على المعدن المنصهر ويؤدي حماية إضافية ويبطئ تبريد الملحومة الذي يسبب إجهادات داخلية عالية أو تشققات تؤدي إلى فشل الملحومة.
4. لإضافة عناصر سبائكية.
5. لزيادة كفاءة الترسيب.
6. لزيادة العزل الكهربائي.

1-8 مصطلحات ورموز في اللحام

من أجل تسهيل التواصل بين العاملين في مجال اللحام ونقل المعلومات والتوصيف بدقة واختصار، يجري تداول عدد من المصطلحات والرموز. وفيما يأتي إيضاح موجز لبعضها:

أ. طرائق اللحام

1. القوس الكهربائي اليدوي (MMAW) Manul Metal Arc Welding، أو (SMAW)Shield Metal Arc Welding.
2. لحام القوس الكهربائي المعدني المحمي بالغازات الواقية الخاملة/ الفعالة (GMAW) Gas Metal Arc Welding، أو MIG/MAG.
3. لحام القوس الكهربائي بالأقطاب المجوفة الحاوية على مساعد الصهر (FCAW)Flux- Cored Arc Welding
4. لحام القوس لحام الكهربائي بقطب التنكستن المحمي بالغاز الخامل (GTAW)Gas Tungsten Arc Welding أو(TIG) Tungsten Inert Gas Welding
5. اللحام بقوس البلازما (PAW) Plasma Arc Welding.
6. اللحام بالقوس المغمور (SAW) Submerged Arc Welding.

ب. طرائق القطع

1. القطع بالشعلة الغازية والأوكسجينOFC.
2. القطع بقوس البلازماPAC.
3. القطع بالقوس الكربوني والهواء.

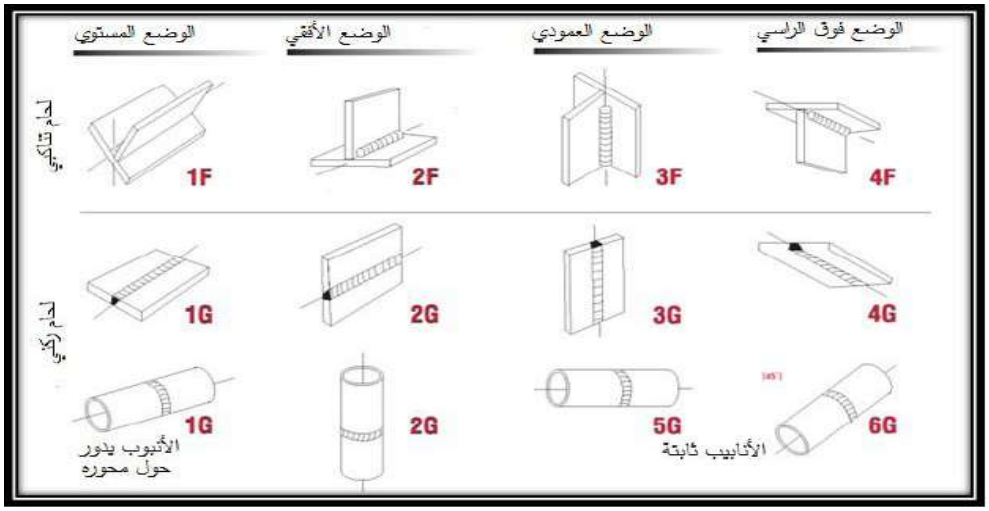
ج. أنواع وصلات اللحام

1. وصلة أخدودية (Groove) ويرمز لها بالحرف G.
2. وصلة ركنية (Fillet) ويرمز لها بالحرف Fوهي أما وصلة تراكبية أو وصلة زاوية داخلية أو خارجية، ويتطلب تنفيذ الوصلة الأخدودية G شروطاً أعلى من الوصلة الركنية F، وبالتالي مهارة أعلى. فمعدن اللحام في G يجب أن ينْفذ (يتغلغل) تماماً من أحد السطحين إلى السطح الآخر محققاً التحام اً تاماً بالمعدن الأساس وتغطية لكامل سمك الملحومة بدون زيادة أو نقص ضارين.

د. أوضاع اللحام (الرقم يرمز إلى الوضع)

يرقم وضع اللحام ونوع الوصلة بالرقم من 1 إلى **6** وبحرف GأوF وكما في الشكل (1-4)، وكالآتي:

1. الوضع المستوي (مستوى الأرضية) 1Gأو1Fحسب نوع الوصلة، أخدودية أو ركنية.
2. الوضع الأفقي 2Gأو2F.
3. الوضع العمودي 3G أو3F وينقسم إلى وضعين: تصاعدي وتنازلي ولكل منهما تطبيقاته.
4. الوضع الرأسي (فوق الرأس) 4Gأو4F.
5. وضع الأنبوب الأفقي الثابت 5G، يضطر اللحام إلى تغيير وضع اللحام من الوضع المستوي إلى العمودي أو الرأسي أو بالعكس لإكمال لحام محيط مقطع الأنبوب.
6. وضع الأنبوب الثابت المائل بزاوية 45 درجة 6G، ويتضمن أوضاع لحام كل منها مركب من وضعين (مستوي-أفقي، عمودي-أفقي، رأسي- أفقي) .يتضمن لحام الأنابيب الأوضاع: 1، 2، 5، 6.



شكل 1-4 أوضاع اللحام ورموزها

9-1 لحام الألمنيوم

إن معظم عمليات اللحام للألمنيوم وسبائكه تنفذ باستخدام لحام TIG و MIG، وتوجد أنواع قليلة من أقطاب مغلفة مخصصة للحام الألمنيوم بطريقة القوس الكهربائي اليدوي،وأهم الأنواع هي:

النوع الاول(E 1100) عبارة عن قطب مغلف من الألمنيوم عالي النقاوة وينتج منطقة لحام مطيلي.

النوع الثاني(E 4043) عبارة عن قطب يحتوي على 5.4-6 % سليكون ويستخدم في لحام العديد من سبائك الألمنيوم. الأرقام بعد الحرف E ترمز إلى سبيكة الألمنيوم حسب جمعية الألمنيوم الأمريكية. لاحظ الشكل (1-5).

شكل 1-5 وصلة لحام تراكبية لقطعتي ألمنيوم

10-1 القطع بالبلازما

البلازما من الناحية الفيزيائية هي الحالة الرابعة للمادة، والحالات الثلاث الأخرى هي الحالة الصلبة، والحالة السائلة، والحالة الغازية. في حالة البلازما ونتيجة ارتفاع الطاقة المكتسبة من قبل الغاز تتفكك جزيئات الغازات إلى ذرات، وهذه الذرات بدورها تفقد السيطرة على إلكتروناتها الخارجية التي تكتسب طاقة حركية وسرعة هائلتين مما يؤدي إلى انفلاتها من قوة الجذب الكهربائية للنويات الموجبة، فتتحول المادة الغازية إلى أيونات موجبة وإلكترونات حرة الحركة. من أمثلة حالة البلازما لهب النار والقوس الكهربائي، فكل طرائق اللحام والقطع بالقوس الكهربائي تتضمن توليد حالة البلازما على شكل قوس كهربائي، وكذلك في اللحام والقطع بالشعلة الغازية. لكن ما يميز حالة البلازما في طرائق القوس الكهربائي فضلاً عن ارتفاع طاقتها وبالتالي درجة حرارتها، هو وجود مجال كهربائي، يوجه سيل الإلكترونات ذات الشحنة السالبة والأيونات موجبة الشحنة. تندفع الإلكترونات من القطب السالب إلى القطب الموجب، فيما تتحرك الأيونات الموجبة من القطب الموجب إلى القطب السالب. ومع أن كلا النوعين من الجسيمات لها سرعات عالية، إلا أن سرعة الإلكترونات أعلى بكثير، الأمر الذي يؤدي إلى تركز ثلثي حرارة القوس الكهربائي عند القطب الموجب (67%) الذي تقصفه الإلكترونات فيما يتركز الثلث المتبقي (33%) عند القطب السالب الذي تصدمه الأيونات الموجبة.

أما من الناحية التكنولوجية، فيقصد بقوس البلازما، القوس الكهربائي المتولد بين قطبين أحدهما غير قابل للاستهلاك (يصنع من النحاس أو الفضة ويحتوي على عنصري التنكستن أو الهافنيوم) والآخر هو إما فوهة مسدس القطع أو المعدن المراد لحامه أو قطعه بوجود غاز قابل للتأين كالهواء أو النتروجين أو الأوكسجين وغير ذلك، ونتيجة للقوس الكهربائي مع الغاز المضغوط يتولد تيار نفاث عالي الطاقة سواء الحرارية أو الحركية ويمكن استغلال هذه الطاقة في قطع مختلف المعادن (وكذلك في لحامها إذا كانت طاقته أقل وبدون تيار نفاث من الغاز، باستثناء غاز الحماية). تحتوي ماكينة القطع بالبلازما على منظومة قوس كهربائي ومنظومة الغاز المضغوط الذي قد يكون الهواء الجوي المجهز من ضاغط هواء، أو النتروجين أو الأوكسجين المضغوط في أسطوانات. تكون مكائن القطع البلازمية من النوع ذي التيار المستمر والربط الأمامي، أي إن الإلكترود يربط إلى القطب السالب، فيما يربط المعدن المراد قطعه إلى القطب الموجب. لاحظ الشكل (1-6).

شكل 1-6 ماكينة قطع بالبلازما

التمارين العملية

- **التمرين الأول:لحام زاوية لقطعتين من الفولاذ منخفض الكربون بالمفصل الزاوي(Fillet Weld).**
  (بطريقة لحام القوس الكهربائي اليدوي).

مكان التنفيذ: ورشة لحام القوس الكهربائي الزمن:6 حصص

أولاً: الأهداف التعليمية:إكساب الطالب المهارة اللازمة للحام الزاوي لقطعتين من الفولاذ منخفض الكربون للمقاطع والهياكل الثابتة.

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة)

ماكنة لحام القوس الكهربائي اليدوي، منضدة عمل حديدية، قطعتان من الفولاذ منخفض الكربون قياس (150×50×6)mm، مطرقة حديدية، مبرد، منقار، ملقط حديدي، فرشة سلكية، بنطة، مسطرة قياس معدنية، شنكار، واقية لحام ذات زجاجة بدرجة عتمة لا تقل عن 10، أرقام، كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية الرأس، صدرية جلدية، قطعة قماش (20 ×20)mm، طباشير ابيض، سندان، مقص قرصي كهربائي أو مقص هيدروليكي أو آلة قطع أو منشار حديدي، قطب لحام بقطر 2.5mm و 3.25mm نوع (E6013)عدد(4)، ملزمة، رسم توضيحي (بوستر)، زاوية قائمة

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية ،كفوف جلدية، واقية الرأس، الحذاء الجلدي، نظارة بيضاء، واقية اللحـــام ذات درجة عتمة Shadow No 10. لمراعاة السلامة المهنية.	
2. اقطع قطعتي الفولاذ منخفض الكربون قياس (150× 50 × 6)mm بواسطة المقاص القرص الكهربائي بعد التخطيط والشنكرة بواسطة الشنكار والمسطرة مراعي اً شروط السلامة المهنية عند القطع.	
3. نظف قطعتي الفولاذ من الصدأ والأكاسيد بالفرشة السلكية لضمان التوصيل الكهربائي.	
4. خطط الحافات المراد لحامها بواسطة المسطرة المعدنية والشنكار بعد ترك (مسافة 3mm) عند كل حافة ثم وضح الخطوط بالطباشير.	

5. اضبط القطعتين في الملزمة الجانبية بحيث يمكن السيطرة أثناء اللحام الجانبي للزوايا وحسب الرسم التوضيحي.	
6 . شغل ماكنة اللحام ونظم التيار حسب توصيات الصانع أو حسب الجدول.	
7. ضع سلك اللحام (القطب) في مقبض اللحام.	
8. قرب سلك اللحام من مكان بدأ اللحام على أن تكون المسافة بين رأس سلك اللحام وسطح القطعتين المراد لحامهما بين (1-3 mm) ثم ضع واقية الرأس واقدح القوس الكهربائي بطريقة النقر الخفيف للسلك على القطعة أو الخدش.	

9. الحم طرفي القطعتين من الجانبين بنقطتي لحام صغيرتين أو استخدم مثبتات ،لضمان عدم تحركهما أثناء اللحام.	
10. الحم القطعتين لحاماً زاوياً داخلي أوخارجي أو بالوضع الجانبي مع مراعاة سرعة وحركة سلك اللحام حركة (دائرية أو على شكل أقواس)	
11. امسك التمرين بواسطة الملقط الحديدي وضعه على المنضدة الحديدية لتنظيف الخبث بالمنقار.	

12. تجنب تبريد التمرين بالماء ويفضل تركه في الهواء بعد إطفاء ماكنة اللحام.
13. نظف وصلة اللحام (بعد زوال الاحمرار وإمكانية مسكها) بواسطة الفرشاة السلكية لإزالة خبث اللحام والأكاسيد وملاحظة جودة اللحام.
14. رقم التمرين بواسطة الارقام والمطرقة والسندان لضمان عمل وعائديه التمرين لك.
15. نظف العدد والأدوات المستخدمة ووضعها في مكانها المخصص لها.
16. نظف مكان العمل والتاكد من إطفاء ماكنة لحام القوس الكهربائي لضمان السلامة المهنية

استمارة قائمة الفحص

تمرين (1)

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: الصف: الثالث التخصص: لحام وتشكيل المعادن

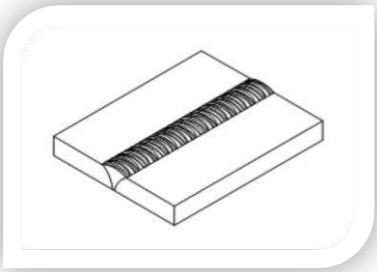
اسم التمرين:لحام قطعتين من الفولاذ الطري بالوضع الزاوي (1F)

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1	ارتداء بدلة العمل ومستلزمات السلامة المهنية	10		
2	قطع المعدن بواسطة المقص الهيدروليكي بالقياس المطلوب وتنظيف القطع	10		
3	تخطيط القطعة بالشنكار وحسب القياس الموجود في الرسم التوضيحي	10		
4	تشغيل ماكنة اللحام	5		
5	لحام القطعتين بالوضع الزاوي	30		
6	إطفاء الماكنة	5		
7	رفع القطعة من المنضدة ووضع مقبض السلك في مكانه المخصص	5		
8	تنظيف القطعة من الأكاسيد	5		
9	ترقيم القطعة	5		
10	تنظيف مكان العمل والعدد والآلات ووضعها في المكان المخصص لها	5		
11	الوقت	10		
المجموع				

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60%على أن يكون ناجح اً في الفقرة 5 وبخلافه يعيد الطالب الخطوات التي لم يحقق فيها درجة نجاح.

اسم وتوقيع المدرب اسم وتوقيع المدرب اسم وتوقيع رئيس القسم

- **التمرين الثاني: لحام قطعتين من معدن الألمنيوم AA1100 بالوضع المستوي 1G وعلى شكل حرف (V) قياس (5 × 50 × 150)mm باستخدام سلك لحام من سبيكة ألمنيوم بقطر 2.5 mm، بطريقة لحام القوس الكهربائي اليدوي.**



مكان التنفيذ: ورشة لحام القوس الكهربائي اليدوي الزمن:6 حصة

أولاً: الأهداف التعليمية: إكساب الطالب المهارة اللازمة للحام الألمنيوم نوع (1100AA) بماكنة القوس الكهربائي باستخدام سلك لحام نوع E1100.

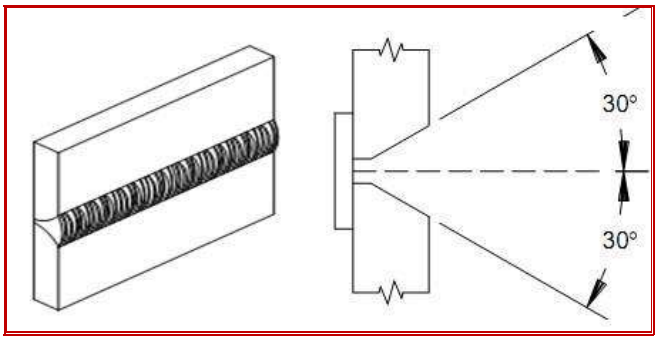
ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد،عدد،أجهزة):ماكنة القوس الكهربائي للتيار المستمر ويوضع قطب اللحام بالمقبض الموصول بالقطب الموجب (قطبية عكسية)، منضدة عمل، قطعتين من معدن الألمنيوم بالقياس الموصوف أعلاه ،أسلاك لحام الألمنيوم E1100 بقطر(2.5 mm)عدد (4)، (مطرقة حديدية 1 kg)، منقار ،ملقط حديدي، فرشاة سلكية، بنطة، مسطرة قياس معدنية، شنكار، واقية لحام قوس كهربائي، أرقام، كفوف جلدية ،حذاء جلدي، واقية الرأس، صدرية جلدية، سندان، مقص هيدروليكي أو منشار يدوي، ملزمة، كمامة تنفس، مشعل حراري، رسم توضيحي (بوستر).

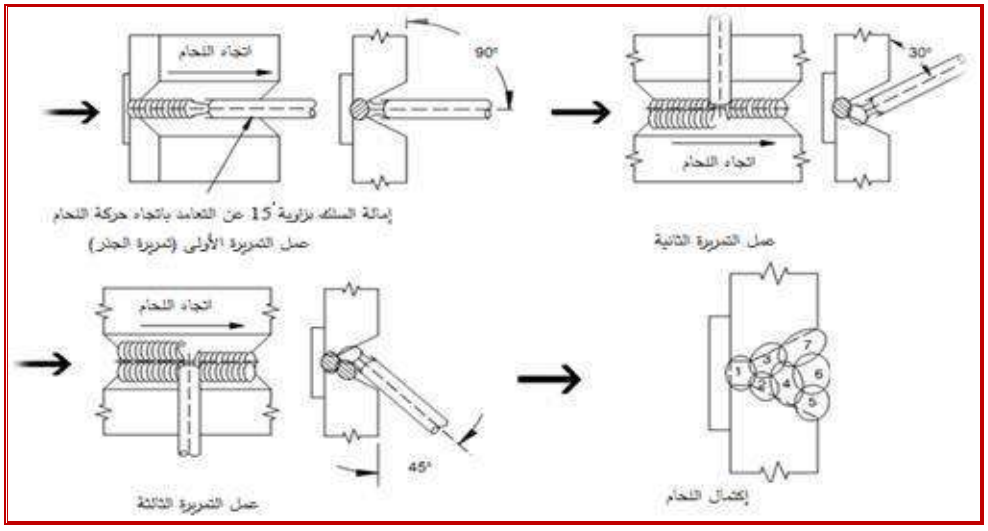
ثالثاً: خطوات العمل،النقاط الحاكمة،معيار الأداء،الرسومات

1. ارتدِ بدلة العمل، الحذاء الجلدي، صدرية جلدية، ردن جلدي، واقية الرأس، نظارة لحام، واقية اللحام بزجاج ذي درجة عتمة .Shadow NO 10 على الأقل.
2. قطع قطعتين من معدن الألمنيوم (1100AA) بقياس mm (150× 50 × 5) بواسطة المقص الهيدروليكي أو المنشار اليدوي مراعياً السلامة المهنية أثناء القطع.
3. اشطف حافة القطعتين بزاوية 30°بواسطة المبرد المسطح بحيث يصنعان زاوية 60°عند تقابلهما.
4. نظف قطع الألمنيوم بالفرشاة السلكية لإزالة الأكاسيد بعد التثبيت في الملزمة.
5. ضع القطعتين على منضدة العمل ثم ثبتهما بنقاط لحام من الخلف بعد وضع مقبض اللحام على القطب الموجب لماكنة لحام التيار المستمر وبعد ترك بينهما فراغ قدره 2 mm وبعد ارتداء كمامة التنفس.
6. سخن الحافة المراد لحامها بواسطة مشعل حراري على طول خط منطقة اللحام لمعالجة التوصيل الحراري العالي للألمنيوم.
7. شغل ماكنة لحام القوس الكهربائي ونظم التيار حسب الجدول المثبت على العلبة A(80 – 120).
8. الحم القطعتين لحاماً تناكبياً نافذاً مراعيا حركة وسرعة اللحام.
9. أطفئ ماكنة اللحام بعد وضعك مقبض اللحام في مكانه المخصص مراعيا طرائق السلامة المهنية.
10. قم بإزالة الخبث بالمنقار ومخلفات الصهر بواسطة الفرشاة السلكية بعد برودة القطعة.
11. قم بترقيم التمرين بواسطة أقلام الترقيم والمطرقة على السندان لضمان عائدية التمرين لك.
12. نظف مكان العمل والعدد والأدوات والآلات المستخدمة وضعها في مكانها المناسب.

•**التمرين الثالث: لحام قطعتين من الفولاذ منخفض الكربون بالقوس الكهربائي اليدوي في الوضع الأفقي** 2G

- مكان التنفيذ: ورشة اللحام بالقوس الكهربائي اليدوي الزمن: 6 حصة
- أولاً: الأهداف التعليمية: إكساب الطالب المهارة اللازمة للحام الفولاذ الكربوني بالوضع الأفقي 2G.
- ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة).
- ماكنة لحام القوس الكهربائي للتيار المستمر أو المتناوب، منضدة عمل حديدية، قطعتان من الفولاذ منخفض الكربون قياس mm (150× 50 × 8)، قطعة نحاس بقياس mm (150× 50 × 3) تثبت خلف قطعتي الفولاذ المراد لحامهما ،مطرقة حديدية، منقار، ملقط حديدي، فرشاة سلكية، أقلام ترقيم، بنطة، مسطرة قياس معدنية، شنكار، واقية لحام قوس كهربائي ،أرقام، كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية الرأس، صدرية جلدية، قطعة قماشmm (20×20)،طباشير ابيض، سندان، مقص قرصي كهربائي ،أسلاك لحام E6010 و E6013 بقطر 3.2 mm و 5.2 mm، ملزمة، رسم توضيحي.





ثالثاً: خطوات العمل: النقاط الحاكمة،معيار الأداء،الرسومات

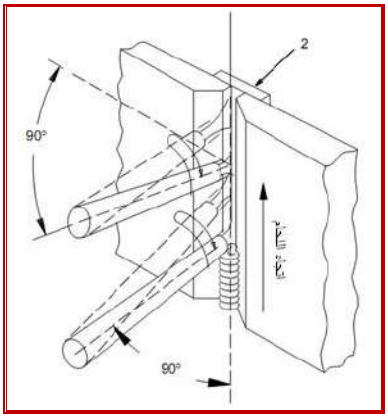
1. ارتدِ بدلة العمل، الحذاء الجلدي، صدرية جلدية، ردن جلدي، واقية الرأس، نظارة لحام، واقية اللحام بزجاج ذي درجة عتمة . Shadow NO 10 على الأقل.
2. اقطع قطعتين من الفولاذ الطري بقياس mm (150× 50 ×8) بواسطة المقص الهيدروليكي أو المنشار اليدوي مراعيا السلامة المهنية أثناء القطع.
3. اشطف حافة القطعتين بزاوية 30°بواسطة المبرد المسطح بحيث يصنعان زاوية 60°عند تقابلهما.
4. نظف قطعتي الفولاذ بالفرشاة السلكية لإزالة الأكاسيد بعد التثبيت في الملزمة.
5. شغل ماكنة لحام القوس الكهربائي على أن يتراوح التيار من A (130 – 70)
6. ثبت قطعة النحاس خلف قطعتي الفولاذ كما في الشكل عن طريق عمل أربع درزات لحام خلفية طول كل منها 5 mm، اثنان من الأسفل على الجانبين واثنان من الأعلى كذلك. (للمدرب تقدير ترك هذه الخطوة).
7. ضع القطعتين على منضدة العمل ثم شكلهما بنقاط لحام من الخلف بعد وضع مقبض اللحام على القطب الموجب لماكنة لحام التيار المستمر وبعد ترك بينهما فراغ قدره 2 mm
8. قم بعملية اللحام بسلك E6010 لتنفيذ تمريرة الجذر (Root Pass) من الأسفل إلى الأعلى بحركة تموجية واترك القطعة لتبرد ثم نظف منطقة اللحام من الخبث.
9. ابدل سلك اللحام إلى E6013 لإكمال باقي تمريرات اللحام حسب الرسم التوضيحي مع مراعاة التنظيف بعد كل تمريرة واترك القطعة لتبرد ثم إزل درزات اللحام الخلفية بواسطة (الكوسرة الطيارية) وافصل قطعة النحاس عن الفولاذ.
10. أطفئ ماكنة اللحام بعد وضعك مقبض اللحام في مكانه المخصص مراعيا طرق السلامة المهنية.
11. قم بإزالة الخبث بالمنقار ومخلفات الصهر بواسطة الفرشاة السلكية بعد برودة القطعة.
12. قم بترقيم التمرين بواسطة أقلام الترقيم والمطرقة على السندان لضمان عائدية التمرين لك.
13. نظف مكان العمل والعدد والأدوات والآلات المستخدمة وضعها في مكانها المناسب.

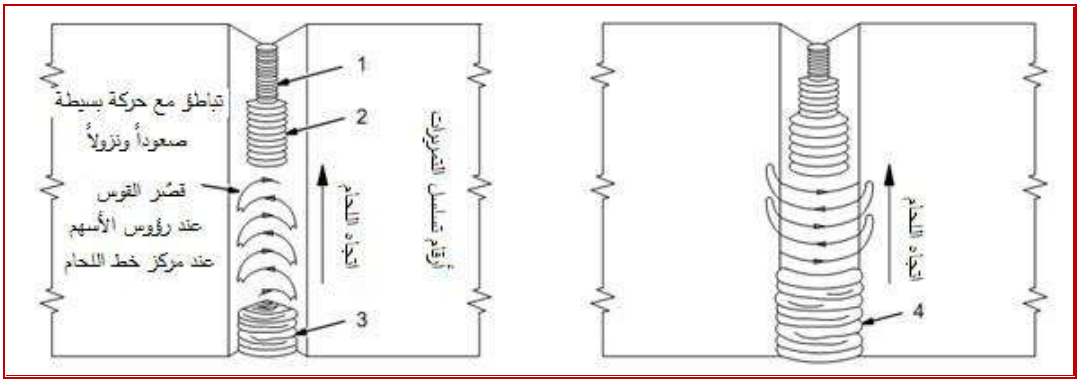
- **التمرين الرابع: لحام قطعتين من الفولاذ منخفض الكربون بالوضع العمودي 3G بطريقة لحام القوس الكهربائي اليدوي.**

مكان التنفيذ: ورشة لحام القوس الكهربائي الزمن:6 حصة

أولاً: الأهداف التعليمية:إكساب الطالب المهارة للحام بالوضع العمودي بواسطة القوس الكهربائي اليدوي .

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة):ماكنة لحام القوس الكهربائي تجهز تيار A 450 بشكل متواصل، منضدة عمل حديدية، قطعتان من الفولاذ الكربوني mm (100× 50 × 8)، قطعة من النحاس mm (100× 50 × 3)تثبت خلف قطعتي الفولاذ المراد لحامهما، ملقط حديدي، فرشاة سلكية، مسطرة قياس معدنية، مطرقة، شنكار، واقية لحام كهربائي، أرقام، كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية الرأس ،صدرية جلدية، قطعة قماش cm (20 × 20)، طباشير ابيض، سندان، أسلاك لحام E6010 و E7018 بقطر 3.2 mm و 2.5 mm، رسم توضيحي (بوستر).





ثالثاً: خطوات العمل،النقاط الحاكمة،معيار الأداء،الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية، كفوف جلدية، واقية الرأس، الحذاء الجلدي، نظارة بيضاء ،واقية اللحام ذات درجة عتمة Shadow No (10) لمراعاة السلامة المهنية.
2. التخطيط والشنكرة بواسطة الشنكار والمسطرة للقياسات المطلوبة مراعياً شروط السلامة المهنية عند القطع.
3. عمل شنفرة شطف للحافات المتقابلة بزاوية 30° لكل قطعة مع مراعاة ترك 1.5 mm من السمك للجذر.
4. نظف قطعتي الحديد من الصدأ والأكاسيد بالفرشة السلكية لضمان التوصيل الكهربائي.
5. اربط القطعتين المراد لحامهما بمنضدة العمل بواسطة الملزمة الجانبية.
6. شغل ماكنة اللحام على أن يكون تيار اللحام بمقدار يتراوحA(160- 210) ، (اتبع تعليمات الصانع على علبة أسلاك اللحام).
7. ضع سلك اللحام في مقبض اللحام وعلى أن يكون مربوطاً بالقطب الموجب في مكائن التيار المستمر.
8. ثبت قطعة النحاس خلف قطعتي الفولاذ كما في الشكل عن طريق عمل أربع درزات لحام خلفية طول كل منها 5 mm، اثنان من الأسفل على الجانبين واثنان من الأعلى كذلك. (للمدرب تقدير ترك هذه الخطوة).
9. ابدأ بسلك لحام E6010 لتنفيذ تمريرة الجذر (root pass). ابدأ من الأسفل واصعد إلى الأعلى بحركة سوطية (زكزاك عمودي على مستوى القطعة المراد لحامها).
10. بعد إنجاز تمريرة الجذر اترك التمرين ليبرد في الهواء، ثم نظف منطقة اللحام من الخبث تماماً، وابدل سلك اللحام إلى E7018، ابدأ من الأسفل إلى الأعلى بحركة تموجيه من أحد الجانبين إلى الجانب الآخر (من اليمين إلى اليسار إلى اليمين وهكذا).

11.امسك التمرين بواسطة الملقط الحديدي واتركه ليبرد في الهواء ثم نظفه من الخبث جيداً.
12. أزل درزات اللحام الخلفية بواسطة (الكوسرة الطيارية) وافصل قطعة النحاس عن قطعتي الفولاذ. (في حال تنفيذ الخطوة رقم 8).
13.رقم التمرين بواسطة الأرقام والمطرقة والسندان لضمان عائدية التمرين لك.
14. نظف العدد والأدوات المستخدمة وضعها في مكانها المخصص لها.
15. نظف مكان العمل وتأكد من إطفاء ماكنة لحام القوس الكهربائي.

- **التمرين الخامس:القطع بالبلازما**

مكان التنفيذ: ورشة لحام القوس الكهربائي اليدوي/ ماكنة القطع بالبلازما الزمن:6 حصة

أولاً: الأهداف التعليمية: إكساب الطالب المهارة اللازمة لقطع المعادن المختلفة بطريقة قوس البلازما.

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة): ماكنة قطع بالبلازما قادرة على تجهيز تيار 100 A بشكل متواصل، مع ضاغطة هواء (Air Compressor) تزود تدفقاً من الهواء المضغوط حتى 150 psi أي ما يعادل (10 bar)، منضدة عمل حديدية، قطع مختلفة من صفائح الفولاذ الكربوني والحديد الزهر والألمنيوم وبأسماك مختلفة من 3mm إلى 16mm، ملقط حديدي، مسطرة قياس معدنية، شنكار ،نظارة واقية، أرقام، كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية الرأس، صدرية جلدية، قطعة قماش cm (20 × 20)، طباشير ابيض للتخطيط.

ثالثاً: خطوات العمل،النقاط الحاكمة،معيار الأداء،الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية، كفوف جلدية، واقية الرأس، الحذاء الجلدي، نظارة واقية معتمة لمراعاة السلامة المهنية.
2. التخطيط والشنكرة بواسطة الشنكار والمسطرة للقياسات المطلوبة.
3. اربط القطعة المراد قطعها بمنضدة العمل بواسطة الملزمة الجانبية.
4. شغل الماكنة على أن يكون تيار ماكنة القطع بمقدار (40 A)
5. يوصل مسدس القطع بالقطب السالب في الماكنة والمعدن المراد قطعه بالقطب الموجب.
6. نظم ضغط الهواء على الهواء على (40 psi) (2.5 bar).
7. قرب مسدس القطع بمسافة 5-3mm ، بزاوية 60 درجة مع الصفيحة المراد قطعها، ثم اضغط الزناد، سيتدفق الهواء في البداية ثم يقدح القوس أوتوماتيكياً بعد فترة قصيرة جداً.
8. أعد التمرين باستخدام تيارات A 30، 40، 50 ، وضغط هواء psi 20، 30، 40، 50، 60 ، وسمك 3mm، 6، 8، 10، 12، 16 ، وللمعادن المتوفرة، وبأوضاع مختلفة.
9. رقم التمارين بواسطة الأرقام والمطرقة والسندان لضمان عائدية التمرين لك.
10. نظف العدد والأدوات المستخدمة وضعها في مكانها المخصص لها.
11. نظف مكان العمل وتأكد من إطفاء ماكنة القطع بالبلازما.

س1) ما هو القوس الكهربائي؟بين ذلك بالرسم مع تحديد مناطقه مع بيان مصادر التيار الكهربائي اللازمة لعملية اللحام.

س2) صنف مكائن اللحام واذكر مواصفاتها واستعمالاتها.

س3) عرف أقطاب اللحام (Electrodes) واذكر أنواعها ووظائفها.

س4) بين وظائف استخدام مساعد الصهر (الفلكس).

س5) اشرح بإيجاز لحام الألمنيوم وأنواعه.

س6) بين خطوات وبالتسلسل كيفية لحام قطعتين من سبيكة الألمنيوم بالوضع المستوي باستخدام سلك لحام الألمنيوم.

س7) عرف البلازما، وبين توزيع الحرارة بين القطبين والسبب في ذلك.

س8) بين خطوات القطع بالبلازما.

س9) بين الخطوات المتسلسلة لكيفية لحام الزاوية لقطعتين من الفولاذ منخفض الكربون بطريقة لحام القوس الكهربائي اليدوي بالمفصل الزاوي باستخدام سلك لحام E6013.

س10) بين الخطوات المتسلسلة لكيفية لحام قطعتين من الفولاذ منخفض الكربون بطريقة لحام القوس الكهربائي اليدوي بالوضع الأفقي باستخدام سلك لحام E6013.

الفصل الثاني

اللحام بالغازات المحجبة

الأهداف العامة:

في هذا الفصل يكون الطالب قادراً على:

1- كيفية استخدام الغازات الخاملة في لحام MIG/MAG،TIG .
2- اللحام بطريقة القوس المعدني والغازات الواقية MIG/MAG.
3- تفكيك وتركيب الأجزاء الرئيسية لمعدات لحام القوس المعدني المحجب بالغاز MIG/MAG.
4- تطبيق شروط السلامة المهنية وقواعدها عند لحام MIG/MAG.
5- تفكيك وتركيب الأجزاء الرئيسية لمعدات لحام القوس الكهربائي بقطب التنكستن TIG.
6- تنفيذ التطبيقات العملية للحام TIG و MIG/MAG.

لحام القوس الكهربائي بالغازات المحجبة

Arc Welding with shielded Gases

1-2 استخدام الغازات في لحام ((TIG،MIG/MAG))

تعريف الغاز الخامل:

هو الغاز الذي لا يتفاعل مع غيره كيميائيا حتى في درجات الحرارة العالية. ومن أهم الغازات الخاملة الواقية التي تستخدم في طرائق لحام((TIG،MIG/MAG)) هي غازات الآركون والهليوم. يستخدم الآركون في لحام الألمنيوم وسبائكه وكذلك الفولاذ المقاوم للتآكل (ستينلس ستيل) والسبائك المقاومة للزحف. وتكتسب هذه الغازات صفة الخمول من كون ذراتها مكتملة الإلكترونات وليس لهذه الإلكترونات ميل للارتباط مع ذرات أخرى أو بالتفاعل الكيميائي لذلك فهي تلعب دورا هاما في المحافظة على عدم تأكسد حافات الوصلات أثناء اللحام. إلا إن تكاليف إنتاجها الباهظة تحد من انتشار استخدامها في عملية اللحام لذا يلجأ في كثير من الأحيان إلى استخدام خليط منها ومن غازات أخرى فعالة كيميائيا أحيانا مثل CO_2 و O_2.

وهنالك عدة أنواع من اللحام بالغازات الخاملة الواقية ونخص في هذا الفصل لحام قطب التنكستن المحمي بالغاز الخامل (**TIG**)، ولحام القطب المعدني المحمي بالغاز الخامل أو الفعال (**MIG/MAG**).

2-2 اللحام القوسي الكهربائي بالقطب المعدني المحمي بالغاز الخامل أو الفعّال (MIG/MAG)

هي إحدى عمليات اللحام بالقوس الكهربائي وذلك بصهر سلك اللحام بقوس كهربائي يحدث بين سلك اللحام والقطعة بوجود غاز خامل واقي مثل الآركون أوالهيليوم ويرمز لها (MIG) وتعني(Metal Inert Gas Arc Welding Process) أي لحام القوس الكهربائي بالقطب المعدني المحمي بالغاز الخامل،أو غاز فعال مثل ثاني أوكسيد الكربوني CO_2 ويرمز لها (MAG) وتعني (Metal Active Gas Arc Welding) أي لحام القوس الكهربائي بالقطب المعدني المحمي بالغاز الفعال. كما يمكن استخدام خليط غازي وبنسب مختلفة مثل الآركون مع نسبة من الأوكسجين أو ثاني أوكسيد الكربوني أو الآركون مع الهيليوم (كما في الولايات المتحدة وكندا).

مميزات اللحام:

1. سهولة استخدامه في لحام اغلب المعادن.
2. قليل الشرر ولا ينتج عنه خبث وينتج عنه لحام نظيف.
3. ذو ترسيب عالي وسرعة لحام عالية
4. يعطي لحاما عالي الجودة كما في لحام أجزاء الطائرات.
5. يستخدم للحام في جميع الأوضاع.

محددات اللحام:

1. معدات هذا النوع من اللحام باهظة الثمن.
2. تحتاج مكائنه إلى صيانة مستمرة.
3. الغازات المستخدمة باهظة الثمن نوعا ما.

3-2 انتقال المعدن في لحام القوس الكهربائي المعدني المحمي بالغاز الخامل أو الفعال

ينتقل المعدن المنصهر من نهاية سلك اللحام أثناء عمل القوس الكهربائي المعدني المحمي بالغاز MIG/MAG بإحدى الطرائق الأربعة الآتية، لاحظ الشكل (2-1):

1. الانتقال بقصر الدائرة الكهربائية أو ما يسمى بالغطس (Short-Circuit or Dip Transfer):هنا يحدث تلامس بين السلك والقطعة فتحدث دائرة قصر وتتولد حرارة تؤدي إلى صهر جزء من السلك وانقطاع الدائرة وباستمرار تغذية السلك تتكرر العملية من 20 إلى 200 مرة بالثانية. يحصل هذا الانتقال عند أوطأ قيم التيارات وباستخدام غاز CO_2، أو خليط منه مع الآركون، وتستخدم أقطار للأسلاك 0.8 mm، 1.0، 1.2، 1.6 ، 2.4، 32. ، ولكل أوضاع اللحام، وللمقاطع الرقيقة ولحد سمك 6mm بدون شنفرة. يصلح للحام المعادن الحديدية وغير مناسب للمعادن غير الحديدية.

2. الانتقال بالقطرات (Globular Transfer): يحصل عند التيارات المنخفضة، وتكون القطرة أكبر قطرا من السلك وتسقط بتأثير الجاذبية. ولذلك تصلح هذه الطريقة للوضع المستوي، ولحد سمك 12.5mmبدون شنفرة.وتستخدم أقطار للأسلاك 1.2mm، 1.6، 2، 2.4 . يستخدم للحام المعادن الحديدية عدا حديد الزهر، وغير مناسب للمعادن غير الحديدية.

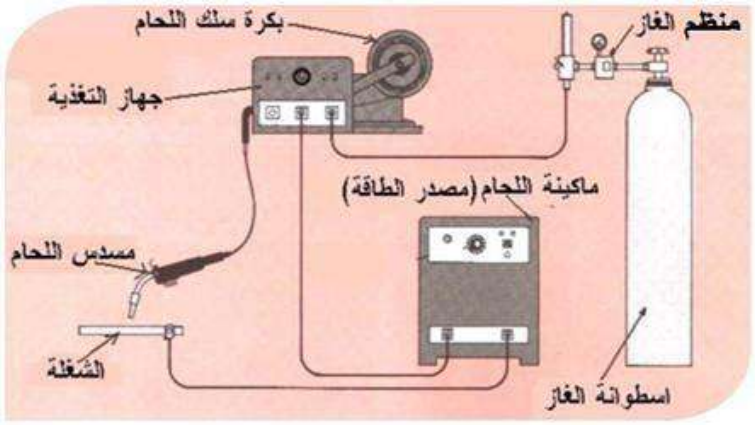
3. الانتقال بالرش (Spray Transfer): تحصل في التيارات العالية ومع الآركون، وتكون القطرات صغيرة جدا. ولا تصلح هذه الطريقة للحام الصفائح الخفيفة ولا لوضع اللحام العمودي أو الرأسي، وتستخدم للحام صفائح بسمك بين (6 – 12.5)mm. وأقطار الأسلاك التي يمكن استخدامها 0.8mm، 1.0، 1.2، 1.6،2.4 . يستخدم للحام جميع المعادن الحديدية وغير الحديدية عدا الحديد الزهر.

4. الانتقال بالرش النبضي (Pulsed-Spray Transfer): يتولد عند ترددات عالية ومـــع الآركون، ويمكن بواسطته لحام الصفائح الرقيقة وكذلك اللحام بمختلف الأوضاع، ولأقطار أسلاك 1.6mm ، 2،2.4، 3.2 . يصلح للحام جميع المعادن.

شكل 2-1 طرائق انتقال المعدن بطريقة لحام MIG/MAG

4-2 الأجزاء الرئيسة لمعدات لحام القوس الكهربائي بالقطب المعدني المحمي (المحجب) بالغازات (MIG/MAG)

تشـــمل معدات لحـــام القوس الكهربائي بالقطب المعدني المحمي بالغازات الخاملـــــة (Inert) أو الفعالة (Active) الأجزاء الآتية: لاحظ الشكل (2-2)



شكل 2-2ماكنة لحام (MIG/MAG)

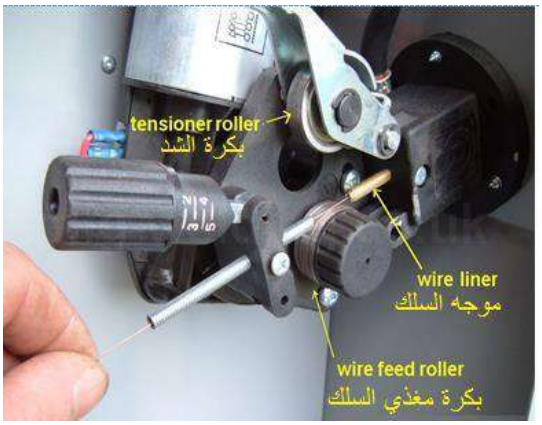
أولا- ماكنة اللحام (مصدر الطاقة)

تستخدم ماكنة اللحام (MIG/MAG) مصدر طاقة كهربائية ذات فولتية ثابتة وتيار مستمر، وقطبية عكسية (سلك اللحام موجب القطبية) غالبا (هناك استثناءات قليلة يكون فيها السلك سالب القطبية). ويمكن أن تكون ماكينة اللحام عبارة عن مولد تيار مستمر (DC) أو محول/ مقوم تيار. ولا يستخدم التيار المتردد في هذا النوع من اللحام حيث أنه غير عملي نظرا لوجود انقطاعات في التيار، فيعطي قوس لحام غير مستقر، ويتم التحكم بتيار اللحام بواسطة جهاز التحكم بسرعة التغذية للسلك. ويضبط مقدار التيار بحسب قطر السلك وسمك المعدن المراد لحامه، والشكل (2-3) يوضح أحد أنواع ماكينات لحام (MIG/MAG).

شكل2-3ماكنة لحام MIG/MAG

ثانيا- عُدة التغذية (وحدة التحكم بالسلك)

عبارة عن محرك كهربائي يغذي السلك ميكانيكيا، وهناك علاقة تربط بين معدل انصهار سلك اللحام وكمية تيار اللحام تحددها سرعة التغذية بسلك اللحام، فكلما زادت سرعة السلك فان كمية الحرارة تزداد، إذ يتم ضبط ذلك على لوحة التحكم بالتغذية بسلك اللحام الموجود في مقدمة وحدة جهاز التغذية بالسلك وكما موضح بالشكل (2-4). تبلغ سرعة التغذية بالسلك m/min (5.2-25). يغذى السلك أما بطريقة الدفع (push) كما في الأسلاك الفولاذية لصلابتها، أو بطريقة السحب (pull)عن طريق بكرة لف في المسدس، وتستعمل مع الأسلاك اللينة التي تعوج بالدفع كالألمنيوم النقي. وأحيانا تستخدم كلا الآليتين الدفع والسحب في نفس الوقت (push- pull)، وهي تتطلب محركات متزامنة لمنع تراكم السلك نتيجة التعرج أو إلى انقطاعه.



شكل 2-4 وحدة التغذية بالسلك

ثالثا- مسدس اللحام

يستخدم مسدس اللحام لتشغيل سلك التغذية وتيار اللحام وغاز الحجب (أي انه ينقل التيار والغاز والسلك). ويقوم اللحّام بتوجيه القوس والتحكم بواسطة مسدس اللحام. وهنالك أنواع مختلفة من المسدسات، كما موضح في الشكل (2-5) إذ يستخدم المسدس ذو تيار أقصى (200 A) فأقل للأعمال الخفيفة، والمسدس ذو تيار أقصى A (500-004) للأعمال الثقيلة، فإذا زاد عن ذلك فلا بد من استخدام وحدة تبريد.

مسدس لحام تبريد بالماء لتيار
500 – 400A

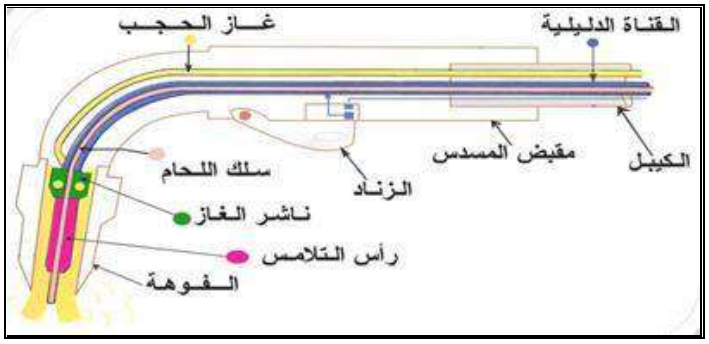
مسدس لحام تبريد بالهواء لتيار
أقل من 200A

أجزاء فوهة الغاز

شكل 2-5 مسدس اللحام وأجزاء فوهة الغاز

أجزاء مسدس اللحام:

1. **الفوهة**: تصنع من النحاس وتقوم بتوجيه غاز الحجب إلى منطقة اللحام.
2. **رأس التلامس**: يصنع من النحاس أو البراص ويقوم بتوجيه السلك إلى منطقة اللحام وتوصيل التيار الكهربائي من المسدس إلى سلك اللحام، ويجب أن يكون قطر رأس التلامس مطابق إلى قطر السلك المستخدم.
3. **موزع(ناشر)الغاز**: يصنع غالبا من النحاس ويقوم بتوزيع الغاز داخل الفوهة ويثبت رأس التلامس وينقل التيار من المسدس إلى رأس التلامس ومن ثم إلى السلك.
4. **القناة الدليلية (الموجهة)**: تصنع من البلاستك أو المعدن وتقوم بتوجيه سلك اللحام من جهاز التغذية إلى رأس التلامس.
5. **المقبض**: يصنع من البلاستك المقوى ويكون عازلا عن التيار وخفيف الوزن.
6. **الزناد**: وهو عبارة عن مفتاح كهربائي يكمل قفل الدائرة الكهربائية عند الضغط عليه ويقوم بتوصيل التيار والغاز والسلك، والشكل (2 - 6) يبين أجزاء مسدس اللحام.



شكل 2-6 أجزاء مسدس اللحام (MIG/MAG)

رابعا-وحدة الغاز

تتكون وحدة الغاز من المعدات الآتية: (لاحظ الشكل) (2-7)

1- **أسطوانة الغاز**: يتم التحكم بالغاز المتدفق من الأسطوانة بواسطة منظم خفض الضغط (وصمامات التحكم اللولبية) ويتم وصل هذه المعدات مع المسدس بواسطة الخراطيم.

2- **المنظم (مقياس التدفق)**: يعمل مقياس التدفق على ضبط معدل تدفق غاز الحجب، ويحتوي على ساعة قراءة لضغط الأسطـــوانة ومقياس تدفق لضبط معـدل تدفق الغاز الذي يتراوح بين L/min (2– 14) أو fl^3/hr (4–30)، وعادة يوصـــى بمعدل تدفق لغاز CO_2 مقداره L/min (8–12) ما يعادل fl^3/hr (16-25).

3- **المسخن الكهربائي (Heater)**: يربط بين صمام أسطوانة غاز CO_2 ومقياس تدفق الغاز، والغرض منه تسخين الغاز الذي يتجمد نتيجة التدفق العالي للغاز مما يؤدي إلى توقف تدفقه وزوال الحماية عن السلك أثناء اللحام، كما أنه قد يؤدي إلى كسر غشاء منظم الغاز .

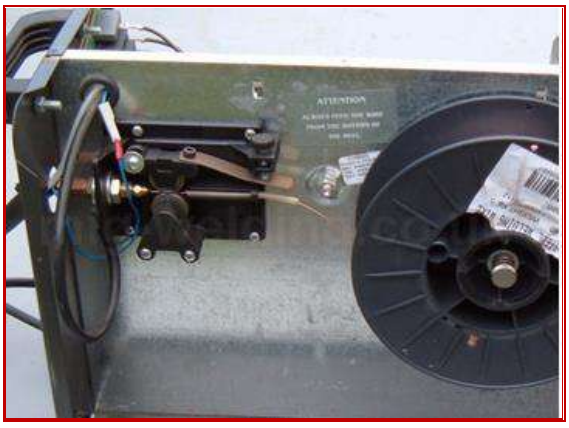
4- **الخراطيم**: تصنع الخراطيم من اللدائن التي تتحمل الضغوط العالية.

5- **الملف اللولبي (داخل الماكنة)**: يتحكم الملف اللولبي الكهربائي بتدفق غاز الحجب ويتم تشغيل الملف اللولبي وسلك التغذية وتيار اللحام بواسطة الضغط على زناد المسدس.

شكل 2-7 المنظم (مقياس التدفق) ومسخن الغاز لمنع الانجماد

خامسا- مجموعة بكرة السلك

تركب مجموعة بكرة السلك على عمود الدوران لتزويد وحدة التحكم والتغذية بالسلك اللازم، كما موضح في الشكل (2–8).



شكل 2-8 مجموعة بكرة السلك

تجميع مُعدات لحام القوس الكهربائي بقطب معدني المحجب بالغاز (MIG/MAG)

1. تهيئة الأسطوانة المملؤة بغاز الحجب، وربط منظم الغاز بالأسطوانة بإحكام، والمنظم يحوي على مقياس ضغط الغاز داخل الأسطوانة ومقياس تدفق الغاز.
2. ربط منظم الغاز بجهاز التغذية بواسطة الخراطيم المطاطية، كما موضح في الشكل (2–9).
3. ربط جهاز التغذية بالمسدس عن طريق صمام الملف اللولبي بواسطة الخراطيم.
4. وصل قطبي التيار الكهربائي من ماكنة اللحام (مصدر الطاقة) إلى منضدة العمل (قطعة العمل المراد لحامها) وجهاز التغذية الذي بدوره يمرر التيار إلى المسدس، كما في الشكل (2-10).

شكل 2-9 ربط منظم الغاز بجهاز التغذية

شكل 2-10 توصيل قطبي التيار الكهربائي

5. تركيب بكرة سلك اللحام على محورها في داخل جهاز التغذية أو خارجه. يعتمد نوع وقطر سلك اللحام على سمك ونوع القطعة المراد لحامها وحسب الجداول المعتمدة من الجهة المصنعة، ومن ثم يوجه سلك اللحام عن طريق القناة الدليلية (الموجهة) إلى رأس المسدس عند الضغط على زناد المسدس لغلق الدائرة الكهربائية من توصيل التيار والغاز والسلك إلى منطقة اللحام، كما في الشكل (2-11).

شكل 2-11 تركيب بكرة سلك اللحام على محور دورانها

6. تركيب رأس التلامس والناشر والفوهة في المسدس، كما في الشكل (2- 12).

شكل 2- 12 تركيب رأس التلامس والناشر والفوهة في المسدس

تفكيك معدات لحام القوس الكهربائي بقطب معدني المحجب بالغاز (MIG/MAG)

1. إغلاق مصدر الطاقة المزود بالتيار وذلك بقفل المفتاح الرئيس للتيار المباشر.
2. إغلاق صمام أسطوانة الغاز ومنظم تدفق الغاز، وافصل الخرطوم الواصل بين المنظم وجهاز التغذية، كما في الشكل (2- 13).

شكل 2- 13إغلاق صمام أسطوانة الغاز ومنظم تدفق الغاز

3. فتح مجموعة بكرة السلك والقناة الموجهة بالخطوات الآتية:
   أ- إرخاء الصامولة التي تثبت مجموعة بكرة السلك على محور الدوران.
   ب- قطع نهاية السلك غير المنظمة للمساعدة في سهولة سحبه عبر القناة الدليلية (الموجهة).
   ت- تحرير بكرات الإدارة أو التغذية للتمكن من تحرير السلك ومن ثم لفه على البكرة بإدارتها بسهولة.
   ث- سحب بكرة السلك ووضعها في علبتها المخصصة في مكان نظيف وجاف لحين الحاجة إليها.

4. فتح مجموعة المسدس ويتم ذلك عند استبدال القطع التالفة أو تغيير رأس التلامس أو ناشر الغاز أو عند الصيانة لهذه المجموعة، وتتم بفتح رأس التلامس والفوهة والناشر، ومنها فتح قابلو تيار اللحام وفصل أسلاك التحكم بمفتاح الزناد، كما في الشكل (2- 14).

شكل 2- 14مجموعة المسدس

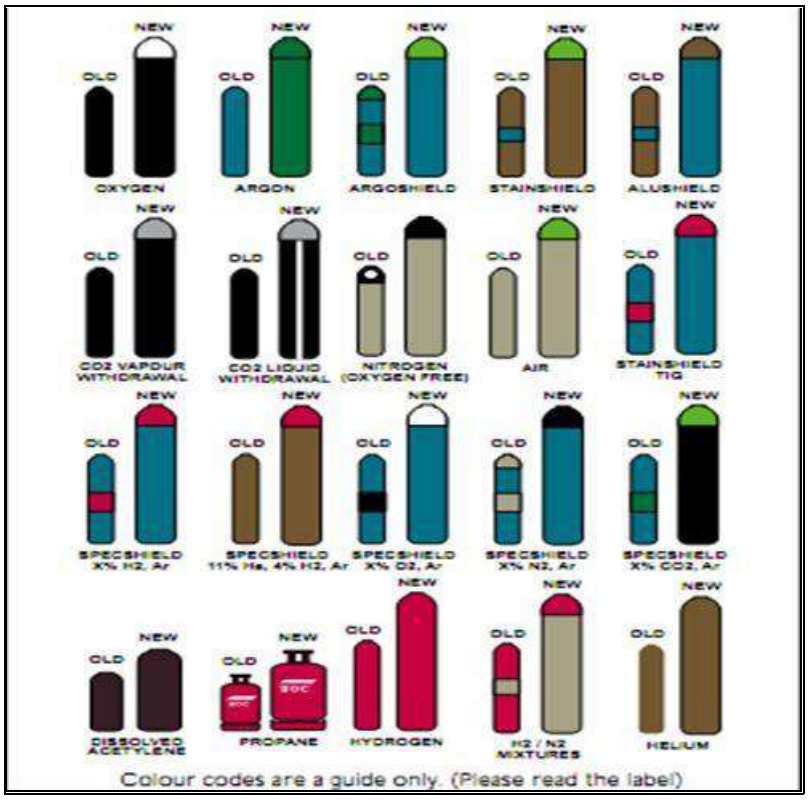
5-2 الغازات المستخدمة في اللحام والقطع وألوان الأسطوانات

تستخدم الغازات في عمليات اللحام والقطع لغايات متعددة، فقد تستخدم لوقاية بركة اللحام كالآركون (Ar) والهليوم (He) والنتروجين (N_2) وثنائي أوكسيد الكربوني (CO_2) أو خلائط غازية، بينما يستخدم الأوكسجين (O_2) في اللحام والقطع بالشعلة الغازية كغاز مساعد على الاشتعال. فيما تستخدم الغازات الوقودية في الطرائق المذكورة آنفا، كغازات قابلة للاشتعال وباعثة للطاقة الحرارية، كالأستيلين (C_2H_2) والبروبان (C_3H_8) والبيوتان(C_4H_{10}) والهيدروجين(H_2). وكذلك يستخدم الهواء المضغوط في إزالة المعدن المنصهر في القطع بالقوس الكهربائي بقطب الكربوني وكذلك في اللحام والقطع بالبلازما. وتستخدم أيضا خلائط من الغازات المذكورة للحصول على خصائص أفضل، لاحظ الجدول (2-1). يكتب اسم الغاز المحتوى بشكل واضح على الأسطوانة، وهي الطريقة الرئيسة لتمييز الغازات، ولسهولة تمييز الغازات تلوّن الأسطوانات الحاوية لها بألوان محددة بالمواصفات كالمواصفة الأوربية E1089-3 (والتي حلتّ محل المواصفة البريطانية BS349)، لاحظ الشكلين (2-15) و(2-16)، (**يجب الحذر من الاعتماد الكلي على اللون فقط لتمييز الغاز**).

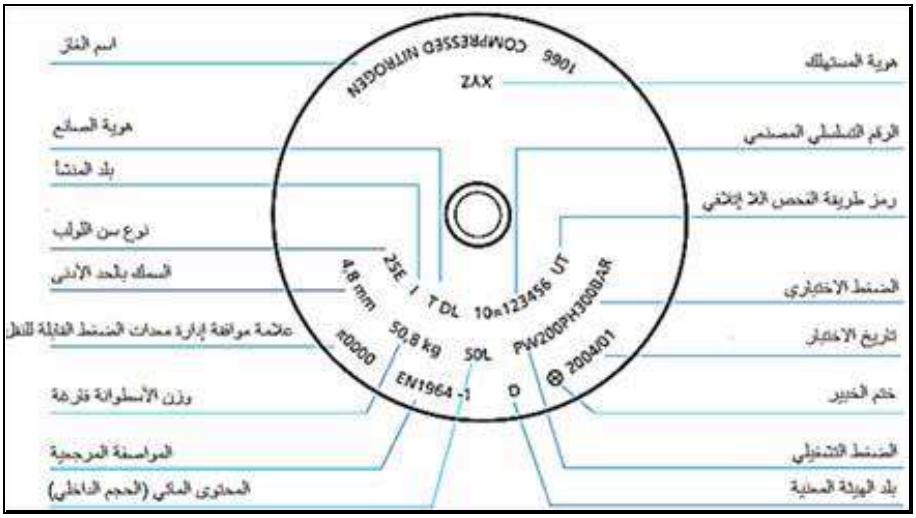
وفيما يتعلق بغاز CO_2 هناك نوعان من الأسطوانات، أحدها باللون الأسود وهو يزوّد عاد ة بالغاز، والثاني باللون الأسود مع شريط ابيض على طول الأسطوانة يسمى السايفون يسمح بتدفق CO_2 بشكل سائل فقط وبكمية أكبر، ولمنع الانجماد يستخدم المسخن الكهربائي. في النوع الأول من الأسطوانات تكون طاقة المسخن 250 W،وفي النوع الثاني تكون طاقة المسخن الكهربائي 300 W وفيه أنبوب يمتد إلى قعر الأسطوانة وبذلك يتم تجهيزCO_2من الأسفل وبالحالة السائلة، أما في النوع الاعتيادي (الأول) فيجهز الغاز من رأس الأسطوانة. من جهة أخرى، فإن محتوى CO_2 يباع حسب الوزن وليس حسب الضغط كما في بقية الغازات، وذلك لأن قراءة الضغط لا تعطي قيما دقيقة لكمية CO_2 يبلغ وزن أسطوانة CO_2 القياسية 60 kg (فارغة)، و83 kg (مملوءة)، أي أنها تحتوي على 23 kg من CO_2 تقريبا (12317 لتر عند متوسط ضغط 68 bar أو 1000 psi أو 9.6 MPa).**ينصح بعدم تفريغ أسطوانات الغازات بأنواعها تماما لتجنب دخول الرطوبة والهواء الجوي والملوثات إلى داخل الأسطوانة في حالة انخفاض ضغط الغاز عن 2 بار**).

جدول 2-1 غازات الحماية وخلائطها واستخداماتها

غاز الحماية	تفاعل الغاز	MIG/MAG , FCAW	TIG , PAW
الغازات النقية			
Ar آركون	خامل	معادن لا حديدية	كل المعادن
He هيليوم	خامل	معادن لا حديدية	Al, Mg, Cu وسبائكها
CO_2ثنائي أوكسيد	مؤكسد	فولاذ طري، فولاذ منخفض السبك	لا يستخدم
خلائط غازية مكونة من الكربوني			
غازين Ar + 20-50% He	خامل	Al, Mg, Cu وسبائكها، فولاذ مقاوم للصدأ، وفولاذ منخفض السبك	Al, Mg, Cu وسبائكها
Ar + 1-2% CO_2	مؤكسد	فولاذ طري، فولاذ منخفض السبك، بعض أنواع الفولاذ المقاوم للصدأ	لا يستخدم
Ar + 3-5% CO_2	مؤكسد	فولاذ طري، فولاذ منخفض السبك، بعض أنواع الفولاذ المقاوم للصدأ	لا يستخدم
Ar + 20-30% CO_2	مؤكسد قليلا	لا يستخدم	لا يستخدم
Ar + 2-4% He	مختزل	الألمنيوم وسبائكه، النحاس وسبائكه	النيكل وسبائكه
He + 25% Ar	خامل		الألمنيوم وسبائكه ،النحاس وسبائكه
CO_2 + up to 20% O_2	مؤكسد	فولاذ طري، فولاذ منخفض السبك	لا يستخدم
CO_2 + 3-10% O_2	مؤكسد	فولاذ طري، فولاذ منخفض السبك	لا يستخدم
خلائط غازية مكونة من ثلاثة غازات			
He + 7.5% Ar + 2.5% CO_2	خامل	فولاذ مقاوم للصدأ، وفولاذ منخفض السبك	لا يستخدم
Ar + 3-10% O_2 + 15% CO_2	مؤكسد	فولاذ طري	لا يستخدم



شكل 2-15 ألوان أسطوانات الغاز حسب محتوياتها (للاطلاع فقط: اعتمد محتوى بطاقة الدلالة للأسطوانة)



شكل 2-16المعلومات المثبتة على كتف أسطوانة الغاز

6-2 لحام القوس الكهربائي بالأقطاب المجوفة الحاوية على مساعد الصهر (FCAW)

المختصر FCAW يرمز إلى Flux Cored Arc Welding Process أي لحام القوس الكهربائي بالأقطاب المجوفة الحاوية على مساعد الصهر. في هذه الطريقة تستخدم عادة نفس معدات وتقنيات طريقة MIG/MAG، باستثناء عدم الحاجة إلى غاز للحماية في الغالب، وإنما تتحقق حماية بركة اللحام عن طريق انصهار وتبخر الحشو الداخلي وتكوين غلاف واقي كما في طريقة اللحام القوسي الكهربائي اليدوي.

2-6-1-أسلاك لحام القوس الكهربائي بالقطب المعدني المحمي بالغازات الخاملة (MIG/MAG) والأقطاب المجوفة الحاوية على مساعد الصهر (FCAW)

يرمز لأسلاك اللحام بطريقة MIG/MAG وبطريقة Flux Cored كالآتي: ExxX-x، إذ ترمز المرتبة الأولى بعد الحرف E إلى الحد الأدنى لمقاومة الشد بوحدات باوند/الإنج المربع (psi) ولكن بعد ضرب الرقم في 10000، أي أن 7 تعني 70000 psi، فيما تشير المرتبة الثانية إلى أوضاع اللحام التي يمكن إنجازها، وهي أما 0 وتعني إمكانية اللحام بالوضعين المستوي والأفقي أو 1 وتشير إلى إمكانية اللحام بجميع الأوضاع. ويرمز الحرف بعد المرتبتين الأولى والثانية إلى شكل مقطع السلك فهو أما مصمت Solid ويرمز له بالرمز S أو مركب مضفور ويرمز له بالحرف Cويعني (Composite Stranded) أو أنبوبي مجوف لكي يحشى بمساعد الصهر وبرمز له بالحرف T (أي Tube). يستخدم النوعان S وC في طريقة لحام MIG/MAG، فيما يستخدم النوع T في طريقة Flux Cored. أما الرقم الأخير فيخص التركيب الكيمياوي. من الأسلاك شائعة الاستخدام في لحام الفولاذ منخفض الكربون بطريقة لحامMIG/MAG السلك E70S-3 و E70S-6 وهما يحتويان على المنغنيز والسيليكون كمضادين للأكسدة، والأخير أغنى بالسيليكون ويلائم تيارات لحام أعلى وبسرعة لحام أعلى وعمق تغلغل أكبر وله خواص ميكانيكية أفضل من حيث مقاومة الشد ومقاومة الصدمة. ويقابلهما في طريقة القطب المحشو E70T-3 وE70T-6. تتراوح أقطار الأسلاك المستخدمة في طرائق (MIG/MAG) و (FCAW) بين 0.8 mm و5، ومعدل تدفق الغاز من 5-25 L/min (10-50)ft^3/hr اعتمادا على قيم التيار وطريقة انتقال المعدن وقطر السلك وتركيبه الكيمياوي.

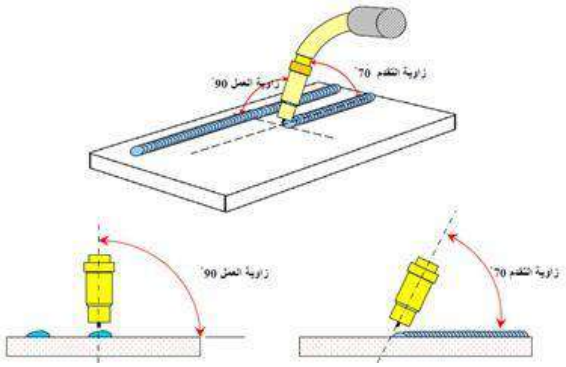
2-7شروط السلامة المهنية وقواعدها عند لحام (MIG/MAG)

1. الحرص على جعل المعدات المستعملة تحت أنظار الشخص العامل بصورة دائمة.
2. يجب فحص منظومة الغاز بانتظام وخاصة أماكن التسرب من الوصلات أو الأنابيب أو الخراطيم الخاصة بتوصيل الغازات لعملية اللحام لان تسرب الغازات مثل الآركون أو الأوكسجين أو ثاني أوكسيد الكربوني قد يؤدي إلى اختناق أو حدوث انفجار.
3. لابد من توفير وسائل التهوية المختلفة الميكانيكية أو السحب الموضعي، وذلك لوجود أبخرة متصاعدة أو غازات الحجب أثناء عملية اللحام على اختلاف أنواعها، كما في الشكل (2-17).
4. ارتداء معدات الحماية الشخصية أثناء العمل.
5. التأكد من الربط الصحيح لدائرة اللحام الكهربائية.

شكل 2- 17 وسائل التهوية

التمارين العملية

- **التمرين الأول: لحام خطوط مستقيمة متباعدة بالوضع المستوي على قطعة من الفولاذ منخفض الكربون بواسطة طريقة لحام (MAG)**



مكان التنفيذ: ورشة اللحام الزمن: 6 حصص

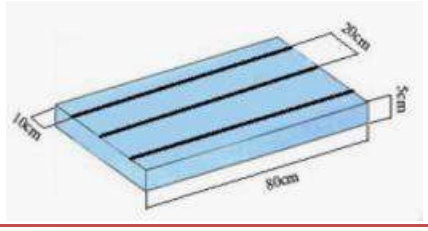
أولا: الأهداف التعليمية: يجب أن يكون الطالب قادرا على لحام خطوط مستقيمة بالوضع المستوي على قطعة من الفولاذ منخفض الكربون بماكينة لحام (MAG).

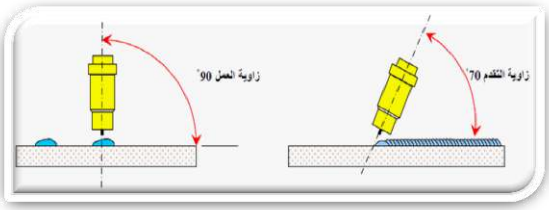
ثانيا: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة)

ماكينة لحام (MAG)، منضدة عمل حديدية، قطعة من الفولاذ منخفض الكربون بإبعاد mm (5×60 ×80)، قنينة غاز CO_2، مطرقة حديد، منقار، ملقط حديدي، فرشة سلكية، بنطة، مسطرة قياس معدنية، شنكار، نظارة لحام واقية، أرقام، كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية الرأس، صدرية جلدية، قطعة قماش cm(20 ×20)،طباشير ابيض، سندان، مقص هيدروليكي أو آلة قطع الحديد ،ملزمة (منكنة) ،رسم توضيحي (بوستر).

ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية، كفوف جلدية، واقية الرأس، الحذاء الجلدي، نظارة بيضاء، واقية اللحام ذو درجة عتمة Shadow No10 لمراعاة السلامة المهنية.	
2. اقطع قطعة الفولاذ منخفض الكربون قياس mm(5×60×80) بواسطة مقص هيدروليكي او كهربائي مراعيا السلامة المهنية عند العمل.	
3. نظف قطعة التمرين من التآكل والصدأ بالفرشة السلكية لإزالة الأكاسيد	

4. خطـط القطعـة بواسـطة الشـنكار والمسـطرة المعدنيـة بخطـوط مستقيمة وكمـا مبـين بالرسـم التوضيحي	
5. بنط القطعة بواسطة البنطة والمطرقة والسندان على أن تكون المسـافة بين بنطة وأخرى 5cm	
6. ضع قطعة التمرين على منضدة العمل	
7. قم بفحص وحدة اللحام من التوصيلات الكهربائية وتوصيلات الغاز وراس التلامس مع ربط القطب السالب على منضدة العمل (قطعة العمل) والقطب الموجب بالمسدس	
8. ادر مفتاح الطاقة الرئيس وشغل ماكنة لحام (MAG) علـى أن يتـراوح التيار بين A (180 -200) وسرعة تغذية للسلك مناسبة للتيار وحسب دليل الماكنة	
9. اضغط على زناد المسدس حتى يبرز سلك اللحام مـن فوهة المسدس واقطعه لمسـافة 9mm تقريبا عن الفوهة بواسطة ماسكة عامة (بلايس).	
10. افتح غاز CO_2 وذلك بإدارة عتلة الصمام باتجاه عكس عقارب الساعة وإلى النهاية وبسهولة على أن يكون مقياس سريان الغاز بحدود L/min (8-12).	

11. قرب المسدس (سلك اللحام) على سطح قطعة التمرين في مكان بدأ اللحام وبمسافة ما بين (12.5-25) mm لضمان تكون القوس الكهربائي على أن تكون زاوية العمل 90° وزاوية التقدم 70°.	
12. الحم الخط الأول من اليمين إلى اليسار أو بالعكس وبسرعة منتظمة للحصول على ترسيب جيد للسلك على قطعة العمل وبحركة للمسدس للأعلى والأسفل منسقة.	
13. ارفع قطعة التمرين من منضدة العمل بواسطة الملقط الحديدي المسطح بعد وضع المسدس في مكانه المخصص وإغلاق وحدة الغاز والطاقة.	
14. نظف القطعة بواسطة الفرشاة السلكية بعد وضعها بالمنكنة.	
15. كرر الخطوات (9) (10) (11) (12) (13) لكل لحام خط مستقيم لحين تكملة الخطوط.	
16. قم بتنظيف التمرين جيدا ورقمّ التمرين باستخدام الأرقام والمطرقة والسندان لضمان عمل وعائديه التمرين لك	
17. نظف العدد والأدوات المستخدمة وضعها في مكانها المخصص ونظف مكان العمل والتأكد من إطفاء ماكنة اللحام وإغلاق وحدة الغاز لضمان السلامة المهنية.	

استمارة قائمة الفحص

تمرين (1)

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: الصف: الثالث التخصص: اللحام وتشكيل المعادن

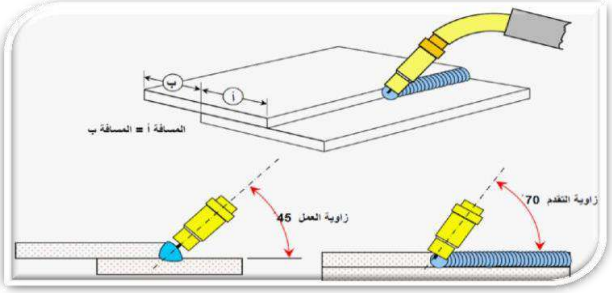
اسم التمرين لحام خطوط مستقيمة متباعدة بالوضع المستوي على قطعة من الفولاذ منخفض الكربون أو الحديد المطاوع بماكينة لحام (MAG).

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1	ارتداء بدلة العمل ومستلزمات السلامة المهنية	5		
2	قطع الصفيح بالمقص الهيدروليكي وبالقياس المطلوب	5		
3	تخطيط القطعة بالشنكار وحسب الرسم التوضيحي	5		
4	عملية التبنيط	5		
5	إملاء البنط بالطباشير	3		
6	تشغيل ماكنة اللحام	5		
7	لحام الخطوط المستقيمة	35		
8	حركة وسرعة اللحام	10		
9	رفع القطعة من المنضدة ووضع مقبض السلك في مكانه المخصص بعد إطفاء وحدتي الطاقة والغاز	5		
10	تنظيف القطعة من الأكاسيد	5		
11	ترقيم القطعة	2		
12	تنظيف مكان العمل والعدد ووضعها في المكان المخصص لها	5		
13	الوقت	10		
المجموع				

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% على أن يكون ناجحا في الفقرة (7)

اسم وتوقيع المدرب اسم وتوقيع المدرب اسم وتوقيع رئيس القسم

- **التمرين الثاني: لحام تراكبي بالوضع المستوي لقطعتين من الفولاذ منخفض الكربون بماكينة لحام (MAG)**



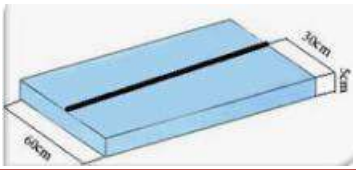
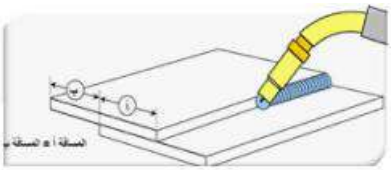
مكان التنفيذ: ورشة اللحام **الزمن: 6 حصص**

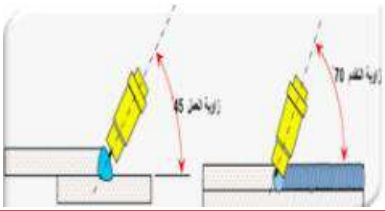
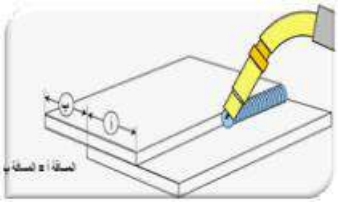
أولا: الأهداف التعليمية: يجب أن يكون الطالب قادرا على لحام تراكبي بالوضع المستوي لقطعتين من الفولاذ منخفض الكربون بماكينة لحام (MIG/MAG).

ثانيا: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة)

ماكينة لحام (MAG)، منضدة عمل حديدية، قطعتان من الفولاذ منخفض الكربون بإبعاد mm (5×60×80)، قنينة غاز CO_2، مطرقة حديد، منقار، ملقط حديدي، فرشة سلكية، بنطة، مسطرة قياس معدنية، شنكار، نظارة لحام واقية، أرقام، كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية الرأس، صدرية جلدية، سندان، مقص هيدروليكي أو آلة قطع الحديد، منكنة، رسم توضيحي (بوستر).

ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية، كفوف جلدية، واقية الرأس، الحذاء الجلدي، نظارة بيضاء، واقية اللحام ذات درجة عتمة Shadow No 10 لمراعاة السلامة المهنية.	
2. اقطع قطعتي الفولاذ منخفض الكربون اللتان بقياس mm (5×60×80) بواسطة المقص الهيدروليكي والكهربائي مراعيا السلامة المهنية عند العمل.	
3. نظف قطعة التمرين من الصدأ بالفرشة السلكية لازالة الأكاسيد.	
4. خطط أحدى القطع بواسطة الشنكار والمسطرة المعدنية بخط مستقيم من نصف القطعة.	
5. ضع قطعتي التمرين على منضدة العمل متراكبة مع بعضها من منتصف القطعة المخططة.	
6. قم بفحص وحدة اللحام من التوصيلات الكهربائية وتوصيلات الغاز ورأس التلامس مع ربط القطب السالب على منضدة العمل (قطعة العمل) والقطب الموجب بالمسدس.	
7. ادر مفتاح الطاقة الرئيس وشغل ماكنة لحام (MIG/MAG) على أن يتراوح التيار من (180–200)A وسرعة تغذية للسلك مناسبة للتيار وحسب الجدول الملصق على الماكنة	

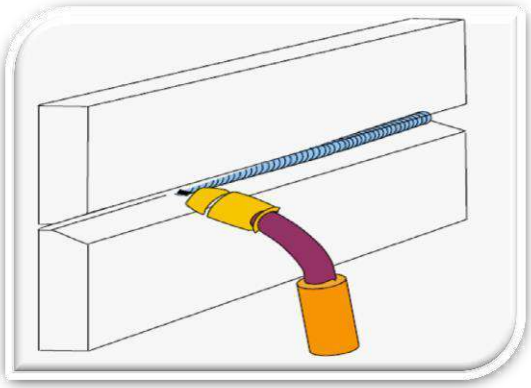
8. اضغط على زناد المسدس حتى يبرز سلك اللحام من فوهة المسدس واقطعه لمسافة مقدارها 9mm تقريبا عن الفوهة بواسطة كلابتين عامة (بلايس)	
9. افتح غاز CO_2 وذلك بإدارة عتلة الصمام باتجاه عكس عقارب الساعة والـــى النهاية وبسهولة علـى أن يكـون مقيـاس سـريان الغـاز بحـدود (12-8)L/min.	
10. قرب المسدس (سلك اللحام) على سطح قطعة التمرين في مكان بدأ اللحام وبمسافة مقدارها (12.5-25) mm لضمان تكون القوس الكهربائي على أن تكون زاوية العمل 45° وزاوية التقدم 70°	
11. الحم طرفي قطعتي العمل بنقاط لحام تثبيت	
12. الحم من اليمين إلى اليسار أو بالعكس وبسرعة منتظمة للحصول على ترسيب جيد للسلك على قطعة العمل وبحركة للمسدس للأعلى والأسفل منسقة.	
13. ارفع قطعة التمرين من منضدة العمل بواسطة الملقط الحديدي المسطح بعد وضع المسدس في مكانه المخصص وإغلاق وحدة الغاز والطاقة.	
14. نظف القطعة بواسطة الفرشة السلكية بعد وضعها بالمنكنة.	
15. رقّم التمرين باستخدام الأرقام والمطرقة والسندان لضمان عمل وعائدية التمرين لك.	
16. نظف العدد والأدوات المستخدمة وضعها في مكانها المخصص.ونظف مكان العمل والتأكد من إطفاء ماكنة اللحام لضمان السلامة المهنية.	

التمرين الثالث:لحام بناء خطوط تناكبية بالوضع الأفقي2G لقطعتين مشطوفة على شكل (V) من الفولاذ منخفض الكربون بماكينة لحام (MIG/MAG)

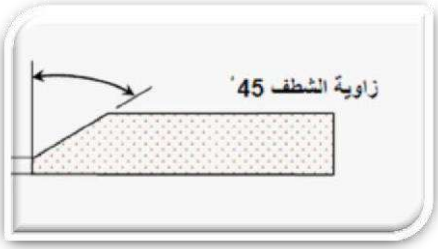
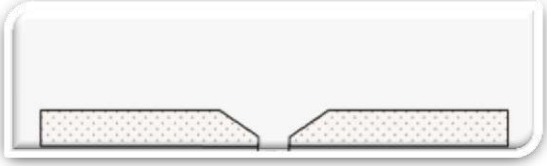
مكان التنفيذ: ورشة اللحام **الزمن: 6 حصص**

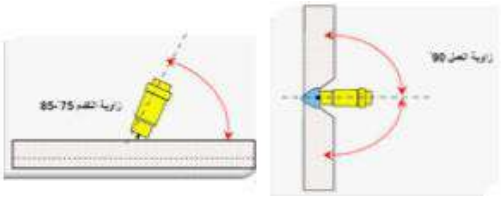
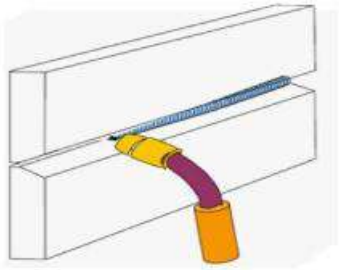
أولا: الأهداف التعليمية: يجب أن يكون الطالب قادرا على لحام تناكبي بالوضع الأفقي2G لقطعتين مشطوفتين على شكل (V) من الفولاذ منخفض الكربون بماكنة لحام (MIG/MAG).

ثانيا: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة): ماكينة لحام (MIG/MAG)، قنينة غاز CO_2، منضدة عمل حديدية، الماسك العمودي للقطعة، قطعتان من الفولاذ منخفض الكربون بإبعاد (80×30×6)mm، مطرقة حديد، منقار، ملقط حديدي، فرشة سلكية، بنطة، مسطرة قياس معدنية، شنكار، نظارة واقية لحام، أرقام ،كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية الرأس، صدرية جلدية، قطعة قماش (20×20) cm، سندان، مقص هيدروليكي أو آلة قطع الحديد، منكنة، مبرد مسطح، رسم توضيحي (بوستر) .



ثالثا: خطوات العمل،النقاط الحاكمة،معيار الأداء،الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية، كفوف جلدية، واقية الرأس، الحذاء الجلدي، نظارة بيضاء، واقية اللحام ذات درجة عتمة (shadow) NO. 10 لمراعاة السلامة المهنية.	
2. اقطـــع قطعا مـــــن الفولاذ الكربوني قياس mm (60×30×80) بواسطة المقص الهيدروليكي أوالكهربائي مراعيا السلامة المهنية عند العمل بعد التخطيط بواسطة المسطرة والشنكار.	
3.نظف قطع التمرين من الصدأ بالفرشة السلكية لإزالة الأكاسيد	
4. اشطف حافتي القطعتين بزاوية 45° وكما مبين بالشكل بواسطة المبرد المسطح	
5. ضع قطعتي التمرين على منضدة العمل متقابلة مع بعضها ولمسافة (2-3)mm وكما مبين بالشكل.	
6. قم بفحص وحدة اللحام من التوصيلات الكهربائية وتوصيلات الغاز وراس التلامس مع ربط القطب السالب على منضدة العمل (قطعة العمل) والقطب الموجب بالمسدس	

7. ادر مفتاح الطاقة الرئيسي وشغل ماكنة لحام (MIG/MAG) على أن يتراوح التيار من A (200 – 180) وسرعة تغذية للسلك مناسبة للتيار وحسب الجدول الملصق على الماكنة	
8. اضغط على زناد المسدس حتى يبرز سلك اللحام من فوة المسدس واقطعه لمسافة 9mm تقريبا عن الفوهة بواسطة ماسكة عامة (بلايس)	
9. افتح الغاز وذلك بإدارة عتلة الصمام باتجاه عكس عقارب الساعة والى النهاية وبسهولة على أن يكون مقياس سريان الغاز بحدود L/min (8-12).	
10. قرب المسدس (سلك اللحام) على سطح قطعة التمرين في مكان بدأ اللحام وبمسافة (12.5-25 mm) لضمان تك و ن القوس الكهربائي على أن تكون زاوية العمل 90° وزاوية التقدم (75-85°).	
11. الحم طرفي قطعتي العمل بنقاط لحام تثبيت.	
12. الحم الخط الأول من اليمين إلى اليسار أو بالعكس وبسرعة منتظمة للحصول على ترسيب جيد للسلك على قطعة العمل وبحركة للمسدس للأعلى والأسفل منسقة.	
13. إطفاء أجهزة الطاقة الكهربائية ووحدة تحكم الغاز، ثم نظف منطقة اللحام بالفرشة السلكية، وكرر الخطوات (7-8-9-10) للحام خطي اللحام و الخط الأول، وبنفس الخطوات يتم لحام الثلاث خطوط وكما مبين بالشكل	
14. ارفع قطعة التمرين من الماسك العمودي بواسطة الملقط الحديدي المسطح بعد وضع المسدس في مكانه المخصص وإغلاق وحدة الغاز والطاقة.	
15. نظف القطعة بواسطة الفرشة السلكية بعد وضعها بالمنكنة.	
16. رقّم التمرين باستخدام الأرقام والمطرقة والسندان لضمان عائدية التمرين لك.	
17. نظف العدد والأدوات المستخدمة وضعها في مكانها المخصص ونظف مكان العمل والتأكد من إطفاء ماكنة اللحام لضمان السلامة المهنية.	

التمرين الرابع: لحام زاوية خارجي بالوضع المستوي لقطعتين من الفولاذ منخفض الكربون بماكينة لحام (MIG/MAG)

مكان التنفيذ: ورشة اللحام الزمن : 6 حصص

أولا: الأهداف التعليمية: يجب أن يكون الطالب قادرا على لحام زاوية خارجي بالوضع المستوي لقطعتين من الفولاذ منخفض الكربون أو الحديد المطاوع بماكينة لحام (MIG/ MAG).

ثانيا: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة)

ماكينة لحام (MIG/MAG)، منضدة عمل حديدية، قطعتان من الفولاذ منخفض الكربون قياس mm (80× 30 ×6)، قنينة غاز CO_2،ماسك عمودي للشغلة، مطرقة حديد، منقار، ملقط حديدي، فرشة سلكية، بنطة، مسطرة قياس معدنية، شنكار، نظارة واقية لحام، أرقام، كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية الرأس، صدرية جلدية، قطعة قماشcm(20×20)، سندان، مقص هيدروليكي أو آلة قطع الحديد، زاوية قائمة منكنة، رسم توضيحي (بوستر).

ثالثا: خطوات العمل،النقاط الحاكمة،معيار الأداء،الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية، كفوف جلدية، واقية الرأس، الحذاء الجلدي، نظارة بيضاء، واقية اللحام ذات درجة عتمة 10 Shadow Noلمراعاة السلامة المهنية.	
2.اقطع قطعة الفولاذ منخفض الكربون قياسmm (80×30×6)بواسطة المقص الهيدروليكي أوالكهربائي مراعيا السلامة المهنية عند العمل بعد التخطيط بواسطة المسطرة والشنكار.	
3. نظف قطعتي التمرين من الصدأ بالفرشة السلكية لإزالة الأكاسيد.	
4. قم بفحص وحدة اللحام من التوصيلات الكهربا ائية وتوصيلات الغاز ورأس التلامس مع ربط القطب السالب على منضدة العمل (قطعة العمل) والقطب الموجب بالمسدس. 5. ادر مفتاح الطاقة الرئيسي وشغل ماكنة لحام (MIG/M AG) ونظم التيار على أن يتراوح ما بين A (180) –200)لسلك قطره (1 mm) وبطريقة انتقال المعدن بالغطس (Dip Transfer) وسرعة تغذية للسلك مناسبة للتيار وحسب الجدول الملصق على الماكنة.	
6. اضغط على زناد المسدس حتى يبرز سلك اللحام من فوهة المسدس واقطعه لمسافة 9mm تقريبا عن الفوهة بواسطة كلابتين عامة (بلايس)	

7. افتح الغاز وذلك بإدارة عتلة الصمام باتجاه عكس عقارب الساعة والى النهاية وبسهولة على أن يكون مقياس سريان الغاز بحدود (8-12 لتر/دقيقة).

8. ضع إحدى قطع التمرين على منضدة العمل، وضع القطعة الثانية على الأولى عموديا من الحافات.

9. قرب المسدس (سلك اللحام) على سطح قطعة التمرين في مكان بدأ اللحام وبمسافة mm(12.5-25) لضمان تك و ن القوس الكهربائي على أن تكون زاوية العمل °45 وزاوية التقدم°70

10. الحم طرفي قطعتي العمل بنقاط لحام تثبيت

11. الحم من اليمين إلى اليسار أو بالعكس وبسرعة منتظمة للحصول على ترسيب جيد للسلك على قطعة العمل وبحركة للمسدس للأعلى والأسفل منسقة.

12. ارفع قطعة التمرين من منضدة العمل بواسطة الملقط الحديدي المسطح بعد وضع المسدس في مكانه المخصص وإغلاق وحدة الغاز والطاقة.

13. نظف القطعة بواسطة الفرشة السلكية بعد وضعها بالملزمة (المنكنة).

14. رقّم التمرين باستخدام الأرقام والمطرقة والسندان لضمان عمل وعائدية التمرين لك.

15. نظف العدد والأدوات المستخدمة وضعها في مكانها المخصص ونظف مكان العمل والتأكد من إطفاء ماكنة اللحام لضمان السلامة المهنية.

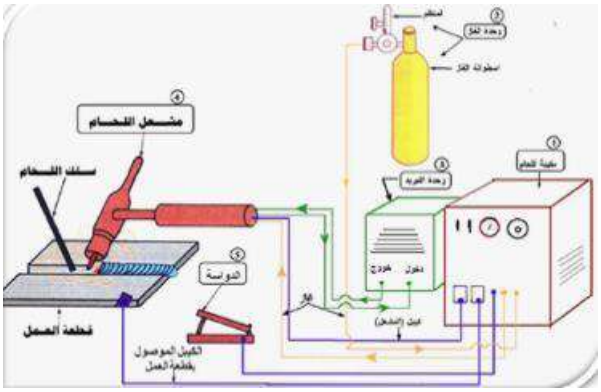
8-2 لحام القوس الكهربائي بقطب التنكستن المحمي بالغاز الخامل (TIG)

يستخدم في هذا النوع من اللحام قطب من التنكستن ذو درجة انصهار عالية(3400°C) ليكون مصدر لحرارة الصهر فقط وتكون مادة اللحام من انصهار سلك من المعدن المطلوب لحامه تحت تأثير الحرارة العالية للقوس المتكون بين قطب التنكستن وقطعة المعدن المراد لحامها. ويراعى في لحام (TIG) استخدام قطبية مباشرة (قطب سالب) وذلك لتسليط حرارة أكبر على منطقة اللحام وتقليلها على القطب حماية له من الانصهار مع حماية القطب بالتبريد بالماء. ويحاط القوس الكهربائي بغلاف واقي من غاز خامل كالآركون أو الهيليوم لمنع أكسدة المناطق المنصهرة في وصلة اللحام مع تنظيف وصلات اللحام أثناء اللحام. ويستخدم في لحام الألمنيوم والمغنيسيوم والنحاس وسبائكها ثم الفولاذ المقاوم للصدأ والسبائك المقاومة للزحف وكذلك المعادن والسبائك التي لا تتبخر بسهولة. وهنالك ثلاث طرائق للحام الـ(TIG) منها اللحام اليدوي واللحام نصف الآلي واللحام الآلي.

مُعدات لحام الـ (TIG)

يوضح الشكل (2- 18) معدات اللحام (TIG) وتتكون من:

1. ماكينة اللحام، 2.وحدة الغاز، 3.وحدة التبريد، 4.مشعل اللحام، 5.دواسة التشغيل



شكل 2 - 18 معدات اللحام (TIG)

مكونات وحدة اللحام بقطب التنكستن المحمي بالغاز الخامل (TIG)

1. ماكنة اللحام: تتكون من مفاتيح الإطفاء والتشغيل مع اذرع اختيار نوع التيار أما تيار مستمر قطبية عكسية أو تيار مستمر قطبية مباشرة أو تيار متناوب، كما في الشكل (2 – 19).

شكل 2 –19 ماكنة اللحام

2. وحدة الغاز الخامل (اسطوانة غاز– المنظم): وتتكون من أسطوانة الغاز الخامل ومنظم يحوي مقياس ضغط الغاز داخل الأسطوانة ومقياس تدفق الغاز.

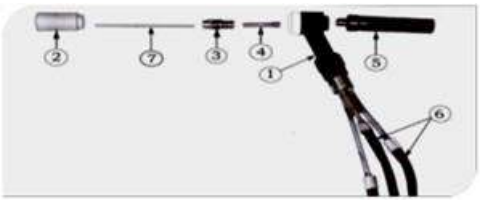
3. وحدة التبريد: هنالك نظامان لتبريد ماسك (مقبض) القطب بواسطة الهواء أو الماء عبر قنوات تكون داخل أنابيب بلاستيكية أو مطاطية، ويستخدم نظام التبريد بالماء عند استخدام تيارات اللحام العالية (200 –700A).

4. ماسك (مقبض) قطب التنكستن: يجب أن يكون ماسك اللحام خفيف الوزن ويحتوي على مجرى ماء التبريد ومجرى لعبور الغاز مع سلك توصيل التيار الكهربائي (قابلو) وهنالك أنواع من المقابض وكما مبينة في الشكل (2 -20).

شكل 2-20 ماسك قطب التنكستن

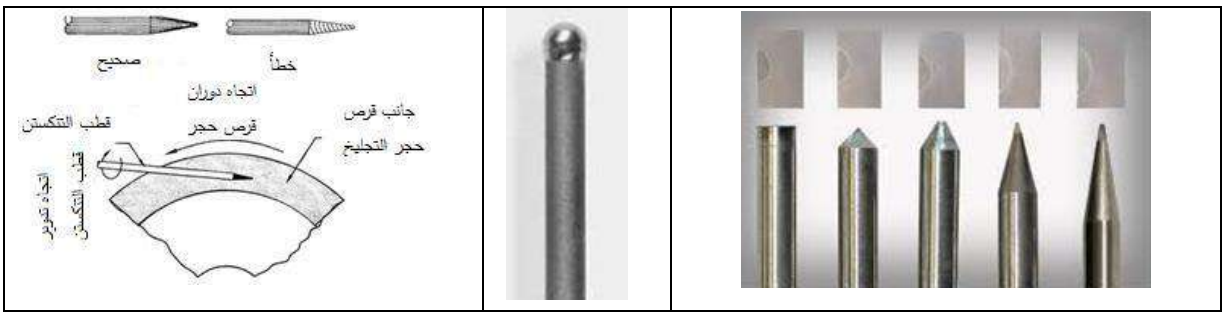
أما أجزاء مقبض القطب وكما في الشكل (2-21) فتتكون من:

1.مقبض، 2. فوهة، 3. الخانق ، 4. ناقل الغاز ، 5.الغطاء الخلفي للقطب ، 6.أنابيب الغاز البلاستيكية، 7. قطب التنكستن

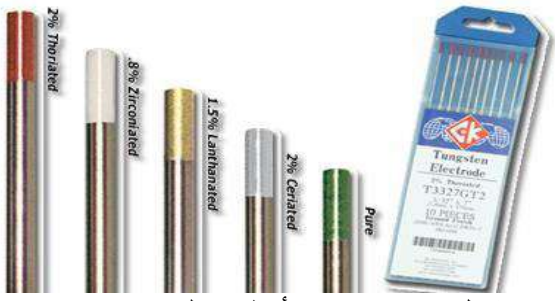


شكل 2-21 أجزاء مقبض القطب

توجد أقطاب تنكستن بتراكيب كيمياوية وأقطار وأطوال مختلفة. تميز أطراف هذه الأقطاب البعيدة عن اللحام بألوان محددة حسب نوع الأكاسيد المضاف إليها حسب ما موضح في الجدول (2-2). تتراوح أقطار أقطاب التنكستن بين 0.5mm – 10 ، وأكثرها استخداما الأقطار (1-6.4)mm، وتختار حسب نوع وسمك المعدن المراد لحامه ونوع ومقدار التيار المستخدم، كما مبين في الجدولين (2-3) و(2-4).تتراوح أطوال هذه الأقطاب بين 300-50mm. وغالبا ما تبرى رؤوس الأقطاب التي ستتعرض للقوس الكهربائي بحجر التجليخ باتجاه مواز لطول القطب بحيث يتشكل مخروط كنهاية قلم الرصاص يبلغ قطر نهايته المستدقة من 0.25 – 0.5 من قطر القطب، وطول المخروط بحدود ثلاثة أمثال قطر القطب. وفي أحيان أخرى تشكل كرة صغيرة في نهاية القطب بطريقة قصر الدائرة الكهربائية لثوان قليلة بحيث لا يزيد قطر الكرة عن (1-1.5) من قطر القطب، القصد من ذلك السيطرة على القوس وتركيزه وتقليل شروده. انظر الشكل (2-22). ويظهر الشكل (2-23) بعض أقطاب التنكستن. لاحظ ألوان أطرافها مع نسبة الأكاسيد المشابهة.



شكل 2-22 أشكال رؤوس الأقطاب (الطرف العامل غير الملوّن) وطريقة بري قطب التنكستن



شكل 2-23 بعض أقطاب التنكستن

جدول 2-2 أقطار أقطاب التنكستن وأقطار الفوهات المناسبة ونوع ومقدار التيار المستخدم

قطر القطب mm	قطر الفوهة mm	تيار مستمر (-) A	تيار مستمر (+) A	تيار متناوب A
0.5	6.4	20 – 5	—	15 – 5
1.0	9.6	75 – 10	—	70 – 15
1.6	9.6	150 – 70	20 – 10	100 – 50
2.4	12.8	250 – 150	30 – 15	160 – 100
3.2	12.8	400 – 250	40 – 25	210 – 150
4.0	12.8	500 – 400	55 – 40	275 – 200
4.8	16.0	750 – 500	80 – 55	350 – 250
6.4	19.2	1000 - 750	125 – 80	450 – 325

جدول 2-3 أنواع أقطاب التنكستن وألوان نهاياتها

تصنيف ISO		تصنيف AWS		النسبة المئوية للأوكسيد المضاف للتنكستن	التيار والقطبية
الرمز	اللون	الرمز	اللون		
WP	أخضر	EWP	أخضر	تنكستن نقي بنسبة99.5 –99.8%	متناوب
WC 20	رمادي	EWCe-2	رمادي	1.8 – 2.2 % أوكسيد السيريوم	متناوب،مستمر(-)
WL 10	أسود	EWLa-1	أسود	0.8 –1.2 % أوكسيد اللانثانوم	مستمر(+)،متناوب
WL 15	ذهبي	EWLa-1.5	ذهبي	1.3 –1.7 % أوكسيد اللانثانوم	متناوب،مستمر(-)
WL 20	سمائي	EWLa-2	سمائي	1.8 –2.2 % أوكسيد اللانثانوم	متناوب،مستمر(-)
WT 10	أصفر	EWTh-1	أصفر	0.8 –1.2 % أوكسيد الثوريوم	مستمر (-)
WT 20	أحمر	EWTh-2	أحمر	1.7 – 2.2 % أوكسيد الثوريوم	متناوب،مستمر(-)
WT 30	بنفسجي		بنفسجي	2.8 – 3.2 % أوكسيد الثوريوم	متناوب،مستمر(-)
WT 40	برتقالي		برتقالي	4 % تقريبا أوكسيد الثوريوم	متناوب،مستمر(-)
WY 20	أزرق		أزرق	2 % تقريبا أوكسيد اليتريوم	متناوب،مستمر(-)
WZ 3	بني	EWZr-1	بني	0.15 –0.5 % أوكسيد الزركونيوم	متناوب
WZ 8	أبيض	EWZr-8	أبيض	0.7 –0.9 % أوكسيد الزركونيوم	متناوب
		EWG	غير ذلك	للصانع اختيار أي لون عدا التي ذكرت	مستمر (-)

جدول 2-4 المعادن والسبائك التي يمكن لحامها بطريقةTIGوما يناسبه من نوع التيار وقطبيته

نوع المعدن أو السبيكة المراد لحامها	تيار مستمر قطبية موجبة	تيار مستمر قطبية سالبة	تيار متناوب
الألمنيوم وسبائكه، بسمك2.5mm أو أقل	مقبول	مقبول	الأفضل
الألمنيوم وسبائكه، بسمك أكبر من2.5mm	مقبول	لا يوصى به	الأفضل
المغنيسيوم وسبائكه	لا يوصى به	مقبول	الأفضل
الفولاذ الكربوني والفولاذ منخفض السبائكية	الأفضل	لا يوصى به	لا يوصى به
الفولاذ المقاوم للتآكل	الأفضل	لا يوصى به	لا يوصى به
النحاس	الأفضل	لا يوصى به	لا يوصى به
البرونز	الأفضل	لا يوصى به	مقبول
البرونز الألمنيومي	مقبول	لا يوصى به	الأفضل
البرونز السيليكوني	الأفضل	لا يوصى به	لا يوصى به
النيكل وسبائكه	الأفضل	لا يوصى به	مقبول
التيتانيوم وسبائكه	الأفضل	لا يوصى به	مقبول

- **التمرين الخامس:لحام وصلة زاوية قائمة T بالوضع الأفقي(الجانبي) لقطعتين من الفولذ منخفض الكربون بماكينة لحام(TIG)**

مكان التنفيذ: ورشة اللحام الزمن : 6 حصص

أولا: الأهداف التعليمية: يجب أن يكون الطالب قادرا على لحام زاوية قائمة T بالوضع الأفقي (الجانبي)بماكينة لحام (TIG).

ثانيا: التسهيلات التعليمية (مواد عدد، أجهزة): ماكينة لحام (TIG)، منضدة عمل حديدية، قطعتان من الفولاذ منخفض الكربون بإبعاد mm(5×60×80)، قطب التنكستن، مطرقة حديد، ملقط حديدي، فرشاة سلكية، بنطة، مسطرة قياس معدنية، شنكار، نظارة واقية لحام، أرقام، كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية الرأس، صدرية جلدية، قطعة قماش cm (20×20)، سندان، مقص هيدروليكي أو آلة قطع الحديد، كوسرة ثابتة ،منكنة ،سلك لحام ،رسم توضيحي (بوستر).

ثالثا: خطوات العمل،النقاط الحاكمة،معيار الأداء،الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية، كفوف جلدية، واقية الرأس، الحذاء الجلدي، نظارة بيضاء، واقية اللحام ذات درجة عتمة 13 Shadow No لمراعاة السلامة المهنية.	
2. اقطع قطعتان الفولاذ قياس mm (5× 60 × 80) بواسطة المقص الهيدروليكي او الكهربائي مراعيا السلامة المهنية عند العمل بعد التخطيط بواسطة المسطرة والشنكار.	
3. نظف قطعتي التمرين من الصدأ بالفرشاة السلكية لازالة الاكاسيد	
4. قم بفحص وحدة اللحام من التوصيلات الكهربائية وتوصيلات الغاز وأجزاء مقبض القطب (التنكستن)على أن يشطف رأس التنكستن بشكل مخروط وكما في الشكل مع ربط القطب الموجب على منضدة العمل(الشغلة) والقطب السالب بمقبض القطب	
5. ادر مفتاح الطاقة الرئيسي وشغل ماكنة لحام(TIG) على أن يتراوح التيار من Amp (180–200) وحسب الجدول الملصق على الماكنة اعتمادا على سمك الفولاذ وقطر قطب التنكستن المستخدم.	
6. افتح الغاز وذلك بإدارة عتلة الصمام باتجاه عكس عقارب الساعة والى النهاية وبسهولة على أن يكون مقياس سريان الغاز بحدود L/min(4 – 6)	
7. ضع إحدى قطع التمرين على منضدة العمل، وضع القطعة الثانية على الأولى عموديا من الحافات	
8. قرب مقبض قطب التنكستن على سطح قطعة التمرين في مكان بدأ اللحام على مسافة mm(2-3) لضمان تكون القوس الكهربائي	
9. الحم طرفي قطعتي العمل بنقاط لحام تثبيت	
10. الحم من اليمين إلى اليسار أو بالعكس وبسرعة منتظمة للمقبض للحصول على ترسيب جيد لسلك اللحام على قطعة العمل وبحركة للسلك باتجاه بركة الانصهار التي كونها القوس الكهربائي بين قطب التنكستن وقطعة العمل	

11. المراد ارفع لحامها قطعة التمرين من منضدة العمل بواسطة الملقط الحديدي المسطح بعد وضع المسدس في مكانه المخصص واغلاق وحدة الغاز والطاقة.	
12. نظف القطعة بواسطة الفرشة السلكية بعد وضعها بالمنكنة.	
13. رقمّ التمرين باستخدام الأرقام والمطرقة والسندان لضمان عمل وعائدية التمرين لك .	
نظف العدد والأدوات المستخدمة ووضعها في مكانها المخصص. ونظف مكان العمل والتأكد من إطفاء ماكنة اللحام لضمان السلامة المهنية.	

- **التمرين السادس:لحام قطعتي أنابيب من الفولذ منخفض الكربون وبأوضاع مختلفة بماكينة لحام(TIG)**

مكان التنفيذ: ورشة لحام (TIG) الزمن: 6 حصص

أولا: الأهداف التعليمية: يجب أن يكون الطالب قادرا على لحام قطع من الأنابيب وبكافة الأوضاع.

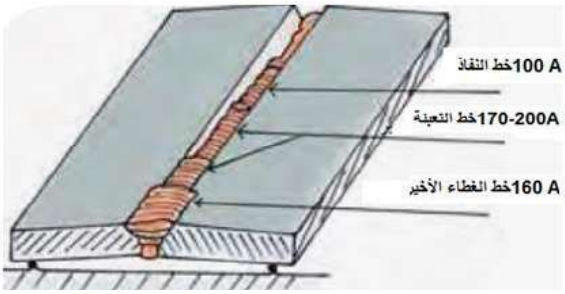
ثانيا: التسهيلات التعليمية:(مواد، عدد ، أجهزه): محطة لحام(TIG)، منضدة عمل مع الماسك العمودي ،قطعتان من الأنابيب بقطر(50 mm) وسمك (5 mm)، سلك لحام فولاذ كاربوني طري بطول (200 mm) وقطر (3mm)،ورقة تنعيم(السنفرة)،قطعة من القماش، مطرقة حديد (kg1)، ملقط مسطح، فرشة سلكية، مسطرة قياس معدنية، بنطة، شنكار، أقلام ترقيم، نظارة لحام، نظارة عمل شفافة بيضاء، كفوف جلدية ،مقص هيدروليكي، سندان، صدرية جلدية، ردن جلدي، حذاء جلدي، واقية رأس، رسم توضيحي.

ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية، كفوف جلدية، واقية الرأس، الحذاء الجلدي، نظارة بيضاء، واقية اللحام ذو درجة عتمة Shadow No 13 لمراعاة السلامة المهنية.
2. اقطع أنبوب قطر (50 mm)إلى قطعتين وبطول (200)mm بواسطة المقص الكهربائي بعد تخطيط القياس بالمسطرة والشنكار.
3. اشطف طرفي الأنبوبين بواسطة المبرد بزاوية (30°) لكل منهما بحيث يصنعان زاوية (60°)عند تجميعهما.
4. نظف قطعتي الأنبوب من الصداء بالفرشة السلكية لإزالة الأكاسيد وكذلك نظف طرفي وصلتي الأنبوب من الداخل والخارج باستعمال ورق التنعيم(السنفرة) والقماش

5. ضع قطعتي الأنبوبين على قطعة مشطوفة على شكل حرف V موجودة على منضدة العمل بالوضع الصحيح بحيث تتأكد من استقامة التجمع للأنبوبين.	
6. قم بفحص وحدة اللحام من التوصيلات الكهربائية وتوصيلات الغاز وأجزاء مقبض قطب التنكستن على أن يشطف رأس قطب التنكستن بشكل مخروط وكما في الشكل مع ربط القطب الموجب على منضدة العمل(الشغلة) والقطب السالب بمقبض القطب	
7. ادر مفتاح الطاقة الرئيسي وشغل ماكنة لحام(TIG) على أن يتراوح التيار من A(200-180) وحسب الجدول الملصق على الماكنة، اعتمادا على سمك الفولاذ وقطر قطب التنكستن	
8. افتح الغاز وذلك بإدارة عتلة الصمام باتجاه عكس عقارب الساعة والى النهاية وبسهولة على أن يكون مقياس سريان الغاز بحدود L/min(4 – 6)	
9. قم بالضغط على دواسة تشغيل مرور التيار الكهربائي ثم الحم الأنبوبين بنقطتي لحام صغيرة لضمان عدم تحركهما أثناء اللحام واربط قطعتي العمل بواسطة الماسك العمود الموجود على منضدة العمل	
10. قرب رأس القطب التنكستن من خط اللحام الدائري وابدأ باللحام.	
11. كرر الخطوات (5-6-7-9) للحام خط التغطية	
12. برد القطعة في الهواء الجوي بعد رفعها من منضدة العمل بواسطة الملقط الحديدي المسطح	
13. نظف التمرين بالفرشاة السلكية.	
14. رقم التمرين بواسطة اقلام الترقيم والمطرقة والسندان لضمان حفظ تمرينك	
15. نظف مكان العمل والعدد والأدوات والآلات المستخدمة ووضعها في المكان المناسب مع التأكد من غلق وحدة الغاز والطاقة الكهربائية مراعاة للسلامة المهنية	

- **التمرين السابع:لحام تناكبي بالوضع المستوي وترسيب ثلاثة خطوط لحام لقطعتين مشطوفة على شكل (V) من الفولذ منخفض الكربون بماكينة لحام (TIG)**



مكان التنفيذ: ورشة اللحام الزمن : 6 حصص

أولا: الأهداف التعليمية: يجب أن يكون الطالب قادرا على لحام تناكبي لقطعتين مشطوفة على شكل (V) من الفولاذ الكربوني بماكينة لحام(TIG).

ثانيا: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة)، ماكينة لحام (TIG)، قنينة غاز، منضدة عمل حديدية، سلك لحام E70S-3 قطعتان من الفولاذ الكربوني بأبعاد mm (8 ×40× 08)، مطرقة حديد، منقار ،ملقط حديدي، فرشة سلكية ،بنطة، مسطرة قياس معدنية، شنكار، نظارة واقية لحام، أرقام، كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية الرأس، صدرية جلدية، قطعة قماش، سندان، مقص هيدروليكي أو آلة قطع الحديد ،سلك لحام، منكنة،مبرد مسطح، رسم توضيحي (بوستر).

ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية، كفوف جلدية ،واقية الرأس، الحذاء الجلدي ،نظارة بيضاء، واقية اللحام ذو درجة عتمة 13 لمراعاة السلامة المهنية.	
2. اقطع قطع الفولاذ الكربوني قياس (80×40×8)mm بواسطة المقص الهيدروليكي اوالكهربائي مراعيا السلامة المهنية عند العمل بعد التخطيط بواسطة المسطرة والشنكار	
3. نظف قطع التمرين من الصدأ بالفرشة السلكية.	
4. اشطف حافتي القطعتين بزاوية (45°) بواسطة المبرد المسطح.	
5. ضع قطعتي التمرين على منضدة العمل متقابلة مع بعضها ولمسافة (2-3)mm وكما مبين بالشكل.	
6. قم بفحص وحدة اللحام من التوصيلات الكهربائية وتوصيلات الغاز مع ربط القطب الموجب على منضدة العمل(الشغلة) والقطب السالب بمسدس اللحام.	
7. ادر مفتاح الطاقة الرئيسي وشغل ماكنة لحام (TIG) ونظم التيار بين (180 –220)A وسرعة تغذية للسلك مناسبة للتيار عند لحام الخط الأول (النفاذ).	
8. افتح الغاز وذلك بإدارة عتلة الصمام باتجاه عكس عقارب الساعة والى النهاية وبسهولة على أن يكون مقياس سريان الغاز بحدود L/min(6-4)	
9. قرّب قطب التنكستن على سطح قطعة التمرين في مكان بدء اللحام وبمسافة (2-3) mm لضمان تكون القوس الكهربائي.	

10. الحم طرفي قطعتي العمل بنقاط لحام تثبيت	
11. الحم الخط الأول (النفاذ) من اليمين إلى اليسار أو بالعكس وبسرعة منتظمة للحصول على ترسيب جيد للسلك على قطعة العمل وبحركة للمسدس للأعلى والأسفل او هلالية منسقة.	
12. ارفع قطعة التمرين من منضدة العمل بواسطة الملقط الحديدي المسطح بعد وضع المسدس في مكانه المخصص وإغلاق وحدة الغاز والطاقة.	
13. نظف القطعة بواسطة الفرشة السلكية بعد وضعها بالمنكنة.	
14.كرر الخطوات (7-8-9-10) للتهيئة للحام الخط الثاني (التعبئة) على أن يكون التيار من Amp(200 –170) وسرعة تغذية مناسبة	
15. الحم الخط الثاني (التعبئة) من اليمين إلى اليسار أو بالعكس وبسرعة منتظمة للحصول على ترسيب جيد للسلك على قطعة العمل وبحركة للمسدس للأعلى والأسفل او هلالية منسقة.	
16. كرر الخطوات (13-14-7-8-9) للتهيئة للحام الخط الثالث (الغطاء) على أن يكون التيار منAmp 160 وسرعة تغذية مناسبة	
17. رقّم التمرين باستخدام الأرقام والمطرقة والسندان لضمان عمل وعائدية التمرين لك.	
18. نظف العدد والأدوات المستخدمة ووضعها في مكانها المخصص.ونظف مكان العمل والتأكد من إطفاء ماكنة اللحام لضمان السلامة المهنية.	

- **التمرين الثامن:لحام تراكبي لقطعتين من صفيح الألمنيوم بالوضع المستوي بماكينة (TIG)**

مكان التنفيذ: ورشة اللحام الزمن : 6 حصص

أولا: الأهداف التعليمية:يجب أن يكون الطالب قادرا على لحام صفيح من الألمنيوم بالوضع المستوي بماكينة (TIG).

ثانيا: التسهيلات التعليمية: (مواد، عدد، أجهزة)،ماكينة لحام (TIG)، قنينة غاز الآركون،منضدة عمل حديدية، قطعتان من الألمنيوم قياس mm(8×60×80)،مطرقة حديدية، ملقط حديدي ،فرشاة سلكية،مسطرة قياس معدنية، شنكار،نظارة، واقية لحام ،أرقام، كفوف جلدية،حذاء جلدي، واقية الرأس،صدرية جلدية،قطعة قماش cm(20×20)، سندان ،منكنة ،معدن الحشو (Filler)، رسم توضيحي (بوستر).

ثالثا: خطوات العمل،النقاط الحاكمة،معيار الأداء،الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية، كفوف جلدية، واقية الرأس، الحذاء الجلدي، نظارة بيضاء، واقية اللحام ذات درجة عتمة Shadow No 13 لمراعاة السلامة المهنية.

2. اقطع صفيح من الألمنيوم قياس (8× 60 × 80)mm بواسطة المقص الهيدروليكي أوالكهربائي مراعيا السلامة المهنية عند العمل بعد التخطيط بواسطة المسطرة والشنكار.

3. نظف قطع التمرين من الصدأ بالفرشة السلكية لإزالة الاكاسيد وباستخدام محلول مخفف من حامض الهيدروكلوريك أو الكبريتيك.

4. قم بفحص وحدة اللحام من التوصيلات الكهربائية وتوصيلات الغاز ومقبض قطب التنكستن مع ربط القطب السالب على منضدة العمل(الشغلة) والقطب الموجب بمقبض القطب

5. أدر مفتاح الطاقة الرئيسي وشغل ماكنة لحام(TIG) على التيار المتناوب(المتردد) واضبط شدة التيار من A(70 - 50) وحسب الجدول الملصق على الماكنة.

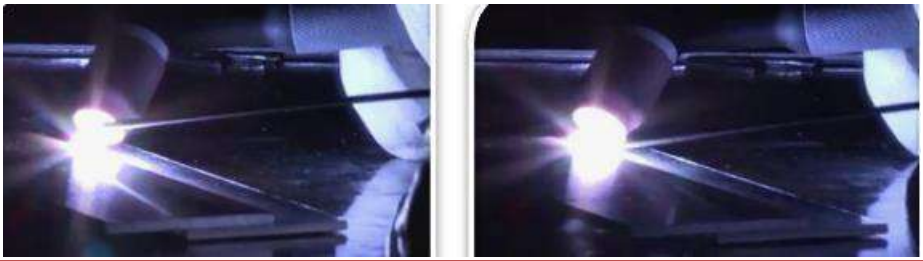
6. افتح الغاز وذلك بإدارة عتلة الصمام باتجاه عكس عقارب الساعة وإلى النهاية وبسهولة على أن يكون مقياس سريان الغاز بحدود L/min(25 -20).

7. ضع قطعتي التمرين على منضدة العمل متراكبة مع بعضها وكما مبين بالشكل.

8. قرّب قطب التنكستن على سطح قطعة التمرين في مكان بدء اللحام وبمسافة mm (2-3) لضمان تكون القوس الكهربائي واضغط على دواسة مرور التيار الكهربائي وكما مبين بالشكل.

9. الحم طرفي قطعتي العمل بنقاط لحام تثبيت

10. الحم من اليمين إلى اليسار وبسرعة منتظمة للحصول على ترسيب جيد للسلك على قطعة العمل وبحركة كما مبين بالشكل بتغميس السلك في بركة الانصهار ثم رفع السلك عن البركة وبحركة منسقة وهكذا لحين إكمال خط اللحام.



11. ارفع قطعة التمرين من منضدة العمل بواسطة الملقط الحديدي المسطح بعد وضع مقبض القطب في مكانه المخصص وإغلاق وحدة الغاز والطاقة.

12. نظف القطعة بواسطة الفرشة السلكية من الاكاسيد وبقايا الخبث بعد وضعها بالمنكنة.

13. رقّم التمرين باستخدام الارقام والمطرقة والسندان لضمان عمل وعائدية التمرين لك.

14. نظف العدد والأدوات المستخدمة ووضعها في مكانها المخصص،ونظف مكان العمل والتأكد من إطفاء ماكنة اللحام لضمان السلامة المهنية.

س1: عرف الغاز الخامل واشرح استخداماته في لحام (TIG) و (MIG).

س2: اشرح اللحام بالقوس الكهربائي بقطب معدني المحمي (المحجب) بالغازات الخاملة أو الفعالة (MIG/MAG) مع ذكر مميزات اللحام وعيوبه.

س3: عدد الأجزاء الرئيسة لمعدات لحام القوس الكهربائي بقطب معدني المحجب بالغازات الخاملة أو الفعالة بطريقة لحام (MIG/MAG).

س4: اشرح استخدامات مسدس اللحام مع ذكر أجزاءه.

س5: تتكون وحدة الغاز من معدات، اذكرها مع الشرح.

س6: كيف يتم ربط سلك اللحام في ماكنة لحام (MIG/MAG)؟ اشرحها بالتفصيل.

س7: ما هي شروط السلامة المهنية وقواعدها عند لحام (MIG/MAG)؟

س8: اشرح اللحام بالقوس الكهربائي المحجب بالغاز الخامل باستخدام قطب التنكستن (TIG).

س9: اذكر أجزاء معدات اللحام بـ (TIG).

س10: اذكر خطوات لحام قطعتين في الأنابيب بماكنة لحام (TIG).

س11: اذكر اللحام التراكبي بالوضع المستوي لقطعتين من الفولاذ منخفض الكربون بماكنة (MIG/MAG).

س12: اذكر خطوات لحام زاوية خارجي بالوضع المستوي لقطعتين من الفولاذ منخفض الكربون بماكنة (MIG/MAG).

س13: اذكر خطوات اللحام التراكبي لقطعتين من صفيح الألمنيوم بالوضع المستوي بماكنة (TIG).

الفصل الثالث

عيوب اللحام وطرق فحصه

الأهداف العامة:

في هذا الفصل يكون الطالب قادراً على:

1- التعرف على عيوب اللحام وطرق معالجتها.
2- التعرف على الأجهزة المستخدمة في كشف العيوب والمعدات.
3- التعرف على أسباب ومسببات العيوب.
4- كيفية استخدام الأجهزة والمعدات المختبرية في كشف العيوب.
5- تنفيذ تمارين متنوعة على اختبار الملحومات.

عيوب اللحام وطرائق فحصها Welding Defects and its Tests

1-3 المقدمة/ عيوب اللحام، أسبابها وعلاجها

تؤدي عيوب اللحام إلى ضعف الملحومات بما يؤدي إلى فشلها أما بانهيارها بالكسر مثلاً، أو إخفاقها في أداء الوظائف المتوخاة منها كضعف مقاومتها الميكانيكية أو تغير شكلها الهندسي أو ابعادها أو حتى مظهرها الخارجي. وكثيراً ما يؤدي هذا الفشل إلى حوادث مؤسفة على حياة وسلامة البشر فضلاً عن الخسائر الاقتصادية الفادحة. ومن البديهي، أن الوقاية من تلك الإخفاقات خير من علاجها. ولغرض الوقاية وكذلك لمعالجة تلك حالات الفشل للأجزاء الملحومة فلا بد من معرفة أسبابها أولاً. وفيما يأتي وصف لأهم عيوب اللحام وأسبابها وإجراءات الوقاية منها أو العلاج:

1. ترذذ اللحام (طشار اللحام) Weld Spatter: وهو انجماد قطرات صغيرة من المعدن المنصهر على شكل حبيبات على خط اللحام أو خارجه. وهو بحد ذاته لا يؤدي إلى ضعف المقاومة الميكانيكية للملحومة، لكنه يؤدي إلى مظهر رديء ويتطلب تكاليف إضافية للتنظيف .

	الأسباب المحتملة	العلاج
	تيار عالي	عدل قيمة التيار ضمن الحد الموصى به.
	قطبية خاطئة	تأكد من القطبية الصحيحة.
	قوس كهربائي طويل	قلل طول القوس
	جريان المعدن المنصهر أمام القوس الكهربائي.	عدّل زاوية السلك (70-85°) على خط اللحام.
	انحراف القوس بتأثير الحقول المغناطيسية أو الكتل الحديدية	قللّ من تأثيره، بإعادة توزيع الكتل الحديدية أو لف قابلو ماكنة اللحام حول الجزء المراد لحامه أو محاذاة خط اللحام باتجاه الانحراف
	رطوبة سلك اللحام	تأكد من جفاف أسلاك اللحام.

2. النخر Undercut: بشكل أخدود موازي لخط اللحام، مما يؤدي إلى ضعف مقاومة الشد للملحومة، وتقصير عمر الكلال.

	الأسباب المحتملة	العلاج
	تيار عالي	عدل قيمة التيار ضمن الحد الموصى به
	سرعة لحام عالية	اضبط سرعة اللحام
	قطر السلك كبير	بدل السلك بقطر أصغر
	زاوية السلك غير مناسبة	عدّل زاوية السلك (70-85°) على خط اللحام.

3. لحام خشن وغير منتظم Rough Welding: مظهر رديء وقد يؤدي إلى وجود مناطق تركز إجهادات تؤدي إلى الفشل الكلال.

	الأسباب المحتملة	العلاج
	تيار غير مناسب	عدل قيمة التيار حسب توصيات المصنع.
	قطبية خاطئة	تأكد من القطبية الصحيحة.
	رطوبة الأسلاك	استخدم أسلاك جديدة خارجة من علبها أو تأكد من تجفيفها قبل اللحام.

4.المسامية والفجوات السطحية Porosity and Surface Holes: معظم المسامات صغيرة وغير مرئية، لكن المسامية العالية قد تؤدي إلى ضعف الملحومة.

الأسباب المحتملة	العلاج
وجود صدأ أو تقشرأو صبغ أو دهون أو رطوبة أو أتربة وأوساخ	نظف منطقة اللحام جيداً قبل اللحام، واستخدم الأسلاك السليلوزية للفولاذ غير النظيف.
سرعة انجماد بركة اللحام مما يؤدي إلى احتباس الغازات	ابق بركة اللحام فترة أطول للتخلص من الغازات.
قوس طويل	قلل من طول القوس.
لحام سبائك الفولاذ واطئة الكربوني أو المنغنيز أو عالي الكبريت أو الفسفور	استخدم الأسلاك واطئة الهيدروجين مع تقصير القوس وتقليل التيار وزيادة سرعة اللحام لتقليل التغلغل.

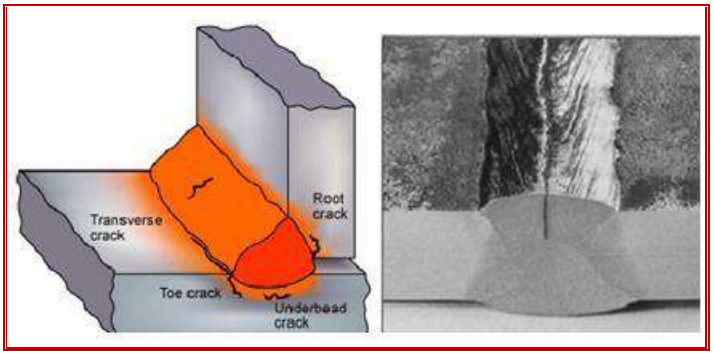
5.انصهار قليل: Poor Fusion الانصهار المناسب يؤدي إلى التحام جدران وصلة اللحام مع معدن اللحام بشكل جيد دون أثر للانفصال، غالباً ما يبدو الانصهار القليل واضحاً للعيان على شكل مناطق غير مندمجة مؤدية إلى ضعف كبير في الخواص الميكانيكية.

الأسباب المحتملة	العلاج
تيار واطئ	ارفع التيار واستعمل تقنية درزات الارتكاز.
عدم نظافة الحافات	نظف الحافات واستخدم أسلاك سليلوزية.
فجوة كبيرة بين جداري الملحومة	قلل الفجوة أو استخدم تقنية النسج (وهي مشابهة لحركة إبرة الحياكة).

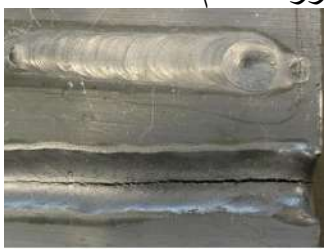
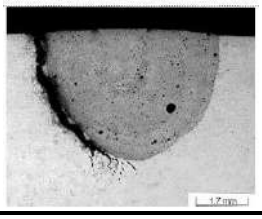
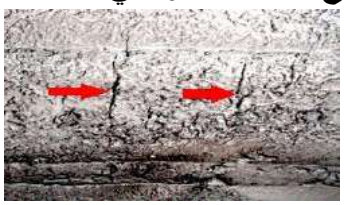
6.تغلغل ضحل (قليل العمق) Shallow Penetration: يقصد بالتغلغل هو عمق دخول معدن اللحام إلى معدن الاساس، وهو شرط ضروري للحصول على أقصى مقاومة ميكانيكية.

الأسباب المحتملة	العلاج
تيار واطئ	ارفع مقدار التيار.
سرعة لحام عالية	قلل سرعة اللحام.
قطر سلك اللحام كبير بما لا يتناسب مع ضيق فجوة وصلة اللحام	استخدم سلك لحام أصغر قطراً، أو وسّع فجوة الوصلة

7.التشققات Cracking: من المحتمل ظهور مختلف الأنواع من التشققات في منطقة اللحام بعضها مرئي والبعض الآخر غير مرئي، وكلاهما يشكل ضرراً كبيراً على الملحومات ويمكن أن تؤدي إلى فشلها كليّاً. تنشأ التشققات في وقت مقارب لعملية اللحام أو بعدها بقليل، وتنقسم إلى نوعين: التشققات الساخنة والتشققات الباردة. تنشأ التشققات الساخنة عند درجات الحرارة العالية ولها علاقة بانجماد منصهر المعدن، فيما تنشأ التشققات الباردة بعد وصول درجة حرارة الملحومة قرب درجة حرارة الغرفة ولها علاقة بالهيدروجين. تنتج معظم التشققات عند برودة معدن اللحام بسبب انفعالات الانكماش إذا حصل تقييد للانكماش بسبب منطقة المعدن الأساس الصلبة والمحيطة بمنطقة اللحام والذي يؤدي إلى إجهادات داخلية. وكلما ازداد حجم المعدن المنكمش (زيادة مساحة وعمق منطقة اللحام) ازدادت الإجهادات الداخلية بسبب الانكماش. وتبرز هذه الحالة بوضوح أكبر عندما تكون مقاومة الشد لمعدن الأساس ومعدن اللحام عاليتين. لاحظ الشكل (3-1).



شكل 3-1 بعض أنواع التشققات

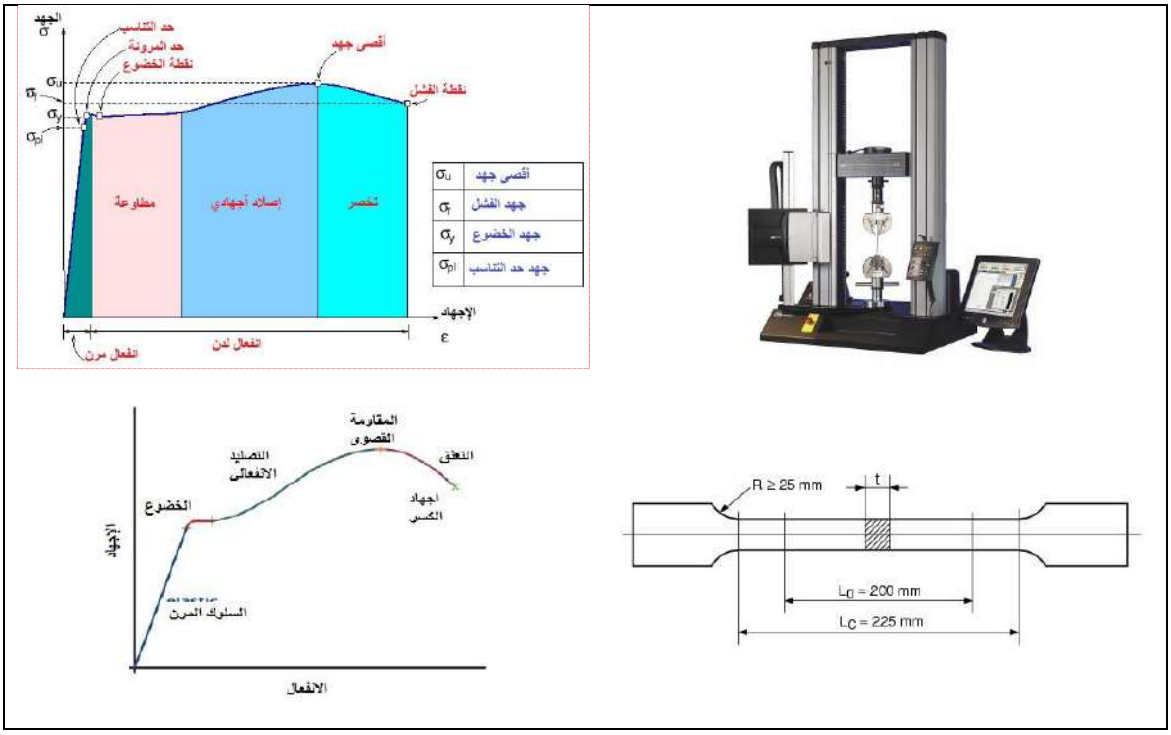
	الأسباب المحتملة	العلاج
أ- تشقق الخط المركزي لدرزة اللحام 	انعزال بعض مكونات البنية المعدنية ذات درجات الانصهار الواطئة كالكبريت والفسفور في المركز.	تقليل عمق التغلغل أو تغيير تصميم الوصلة.
	أو بسبب شكل خرزة اللحام	تقليل التيار وبالتالي الطاقة الحرارية الداخلة والوقت اللازم للتصلب.
	أو بسبب شكل سطح اللحام	زيادة نسبة المنغنيز مما يؤدي إلى تكوين كبريتيد المنغنيز ذي درجة الانصهار العالية والمقاوم للانعزال على حساب كبريتيد الحديد.
ب- تشقق المنطقة المتأثرة بالحرارة HAZ وتظهر في المعدن الأساس المجاور لمعدن اللحام 	وجود نسبة كافية من الهيدروجين	استخدام اللحام المعدني المحمي بالغاز بدلاً من اللحام القوسي اليدوي.
	وجود مادة حساسة للهيدروجين	
	وجود إجهاد عالٍ داخلي أو خارجي	
ج- التشقق العرضي 	لنفس الأسباب أعلاه	1. استخدام الأسلاك القاعدية واطئة الهيدروجين. 2. الخزن الجاف الجيد للأسلاك. 3. تسخين الأسلاك قبل اللحام. 4. تسخين الملحومة اللاحق للحام
	معدن اللحام أقوى من المعدن الأساس	1. نفس المعالجات أعلاه. 2. التسخين المسبق للملحومة. 3. استخدام معدن لحام أقل قوة وأكثر مطيلية.

2-3 اختبارات (فحص) الملحومات

نظرا لًلاستخدامات الكثيرة لعمليات اللحام ودخولها بشكل أساس في المنتجات الصناعية (أسطوانات الغاز، خزانات المشتقات البترولية، خزانات الماء)، والأعمال المدنية (الجسور، العمارات، المسقفات والسيارات)، لذا يجب أن تكون هنالك طرائق فحص واختبارات أساسية للملحومات قبل بدء العمل فيها وهذه الطرائق مثبتة على أسس علمية وموحدة عالمياً وتنقسم إلى: الفحوصات الإتـلافية،الفحوصات اللاإتلافية

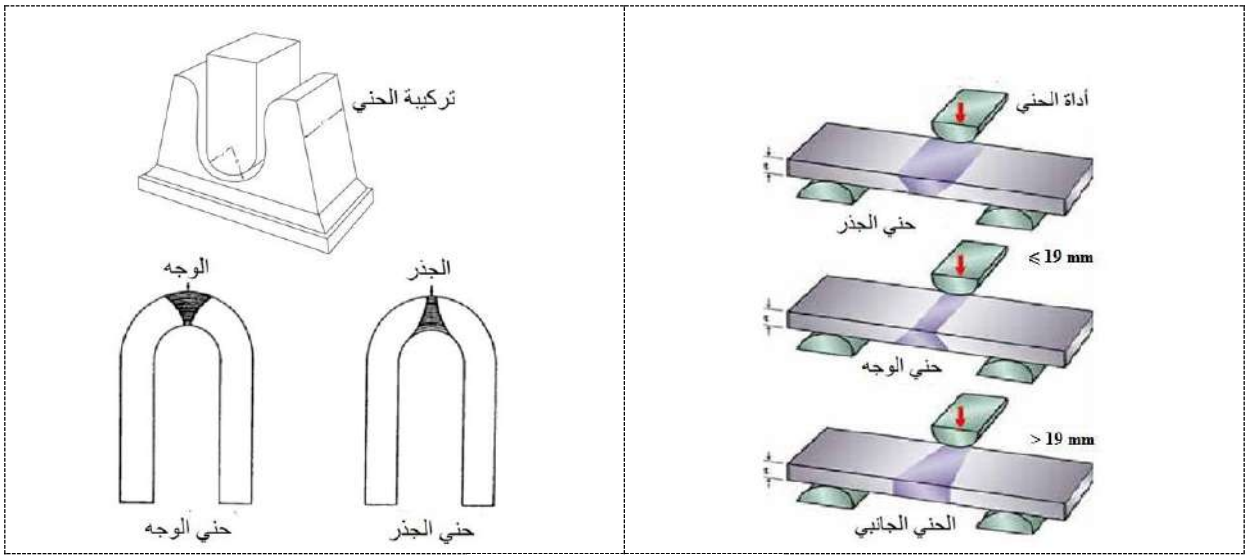
1.الفحوصات الاتلافية Destructive Tests تتم هذه الاختبارات لغرض تحديد ومعرفة الخواص الميكانيكية لمنطقة اللحام مثل مقاومة الشد، نقطة الخضوع، المطيلية وغيرها. وفي هذه الحالة يتم إتلاف القطع أو الوصلات التي يجري عليها الاختبار ومن أهم هذه الاختبارات هي:

أ-اختبارات الشد Tensile Test: تستعمل لمقارنة القيم الميكانيكية للحام مع خواص ومواصفات المعدن الأصلي، انظر الشكل (3-2). يستعمل اختبار الشد في الحصول على مقاومة الشد للملحومة وإجهاد الخضوع والمطيلية، وتعد الملحومة مستوفية لشروط المواصفة إذا كانت مقاومة شدّها مساوية أو أعلى من مقاومة الشد قبل اللحام.



شكل 3-2 ماكنة اختبار الشد وعينة الشد ومخططان لسلوك الاجهاد-الانفعال لمعدنين مختلفين

ب- اختبارالحني Bending Test: يستخدم هذا الاختبار في التحقق من وجود عيب داخلي في موقع اللحام نتيجة لحني القطعة في موضع اللحام، والشكل (3-3) يبين أنواع اختبارات الحني الثلاثة للصفائح الملحومة التي لا يزيد سمكها عن(3/4 inch) 19 mm يجري اختبار الحني للجذر والوجه، أما الصفائح الملحومة التي يزيد سمكها عن ذلك فيجري عليها اختبار الحني الجانبي. ينتهي الاختبار إذا انحنى طرفا العينة بزاوية 180درجة، بحيث لا يمكن إدخال سلك قطره 3mm في أي منطقة بين الليف الخارجي للعينة وتركيبة الحني. وتقبل العينة إذا لم تنفصل ولم يظهر فيها شق أطول من 3mm باتجاه السطح المنحني (تهمل الشقوق في حافات العينة إذا لم تكن ناشئة عن نقص الالتحام أو المحتويات الخبثية أو الانقطاعات الداخلية).

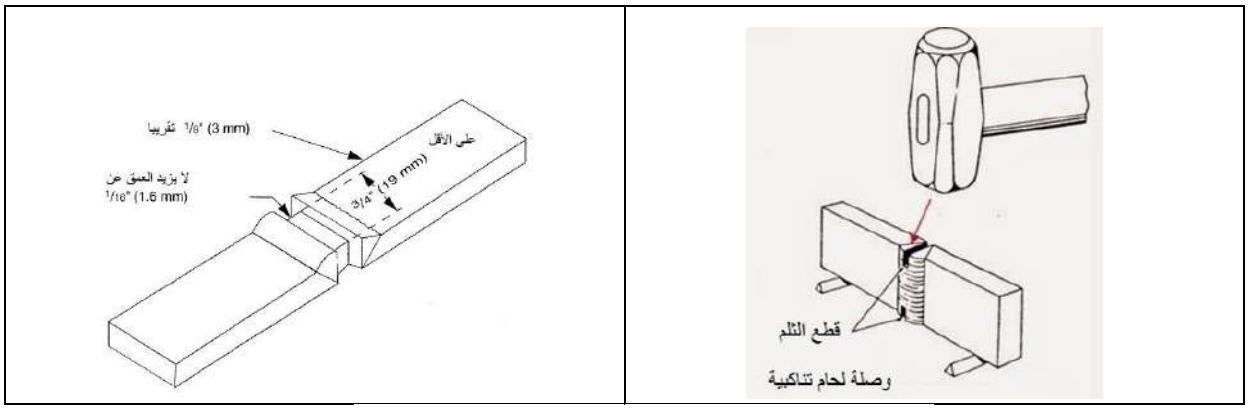


شكل 3-3اختبارات الحني.

ج-**اختبار الصدمة**Impact Test:هو اختبار بالصدم كما في الشكل (3-4) وذلك بتوجيه ضربة واحدة من مطرقة مع تسجيل الطاقة الممتصة في كسر العينة والنتيجة هي قياس طاقة الكسر ومقارنتها مع المعدن الأصلي.

شكل3-4 جهاز اختبار الصدمة وعينة اختبار قبل وبعد الكسر

د- **اختبار الكسر الثلمي**Nick Break Test: وهو اختبار لفحص العيوب الداخلية للملحومة، بعمل حـــز بعمق 3mm من جانبي منطقة اللحام وطرق الملحومة لكسرها، ومن ثم فحص عيوب منطقة اللحام، كما موضح في الشكل (3-5).



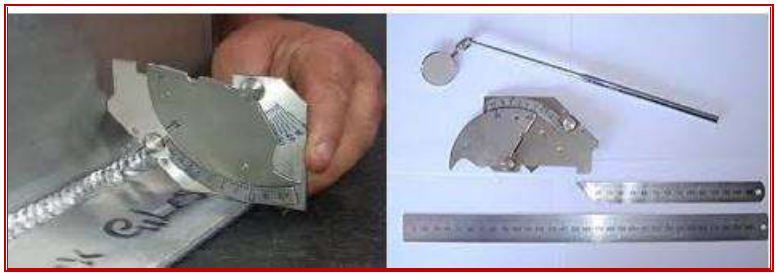
شكل 3-5طريقة اختبار الكسر الثلمي وشكل العينة

2.الفحوصات اللاإتلافية Non Destructive Tests

هي الاختبارات التي تجري على مناطق ملحومة دون تعرضها للتلف،وأهم الفحوصات اللاإتـلافية:

أ-**الفحص البصري** (الفحص بالنظر) Visual Inspection

ويعد هذا الفحص من الفحوصات الأكثر استعمالاً وأهمية وأقل كلفة وذلك لبساطته وسرعة إنجازه. ويستعمل لتحديد كفاءة الملحومات للاستخدام بعيد المدى وهو يتطلب خبرة واسعة لمن يقوم به، والأدوات التي تستعمل هـــي (المساطر، محددات القياس، سندات الزوايا، المربعات، والعدسات المكبرة)، كما موضح في الشكل (3– 6).



شكل 3 – 6 الفحص البصري

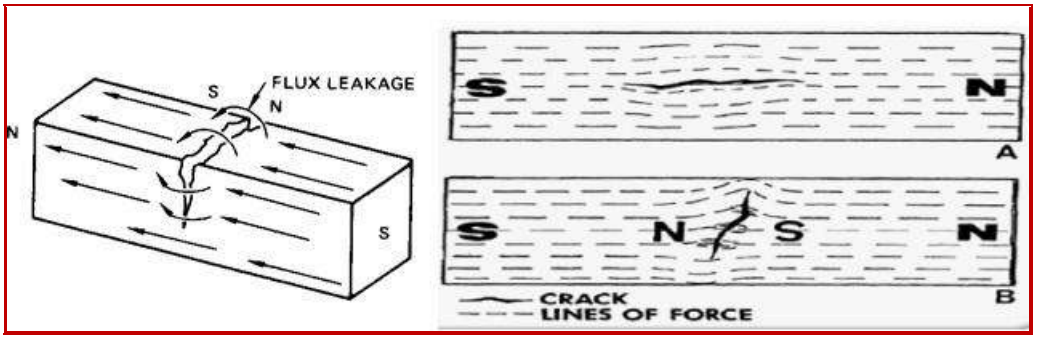
ب-**الفحص بالصبغات الملونة النافذة** Liquid Penetrant Inspection

في هذا النوع من الفحص يتم وضع أو رش سطح القطعة المراد فحصها بصبغة ملونة أما صبغة حمراء (Dye Penetrant) أو خضراء أو مضيئة (Fluorescent Penetrate) نافذة لها خاصية الانسياب أو التغلغل إلى العيوب السطحية (مثلاً الشقوق الدقيقة المفتوحة إلى السطح) بالخاصية الشعرية، وبعد ذلك يتم مسح سطح القطعة وإزالة الصبغة الملونة الزائدة من السطح ومن ثم يتم استعمال مادة مظهرة (مسحوق ابيض) وذلك برشها على السطح على شكل طبقة رقيقة. تعمل هذه المادة على سحب الصبغة من منطقة العيب إلى السطح ثانية أي تعمل على امتصاص الصبغة الملونة والتي قد تغلغلت في الشقوق وإظهاره إلى السطح فوق الشقوق مباشرة وبذلك يستدل على وجود الشقوق أو العيوب إن وجدت. ويصلح هذا النوع من الاختبارات للكشف عن العيوب السطحية فقط وفي جميع المواد الهندسية (المعادن الحديدية واللاحديدية، السبائك، الزجاج وغيرها) ما عدا المواد المسامية، كما في الشكل (3– 7).

شكل 3-7 عدّة الصبغة النافذة، عيّنة مفحوصة بالصبغة، ومراحل الكشف عن الشقوق بطريقة الصبغة النافذة

ج-الفحص بالدقائق أو الجسيمات المغناطيسية Magnetic Particle Test

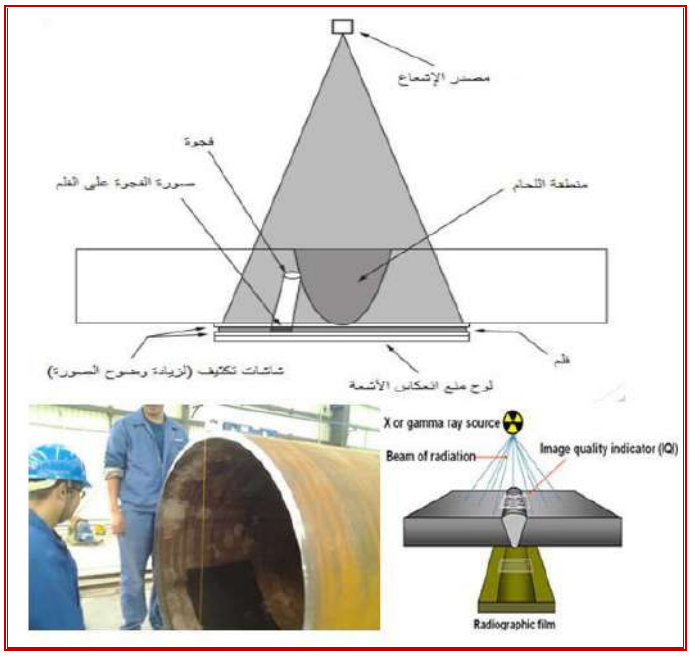
في هذا الاختبار يتم تعريض القطعة أو الجزء إلى مجال مغناطيسي قوي ناتج عن مرور تيار كهربائي وبعد ذلك يتم رش سطح القطعة بالبرادة والتي سوف ترتب نفسها تحت تأثير المجال المغناطيسي عليها. فإذا وجد شق أو تشققات في القطعة سواء كانت واقعة تحت السطح أو على السطح نفسه فإن المجال المغناطيسي سوف يتركز عند حافات تلك الشقوق ونتيجة لذلك فإن الدقائق أو الجسيمات سوف تتأثر هي الأخرى وتقاطع خطوط المجال المغناطيسي وتتجمع بكميات أكثر فوق هذه الشقوق بشكل يدل على مكان الشقوق وطولها واتجاهها، كما موضح في الشكل (3 -8). وهذا الاختبار يستخدم بشكل واسع في فحص المنتجات والأجزاء الحديدية. ويساعد على تحديد الشقوق والعيوب الأخرى التي تقع على سطح وصلة اللحام أو داخل منطقة اللحام قريباً من السطح.



شكل 3-8 الفحص بالدقائق أو الجسيمات المغناطيسية

د-الفحص بالأشعة (التصوير الشعاعي) X-Ray Radiography

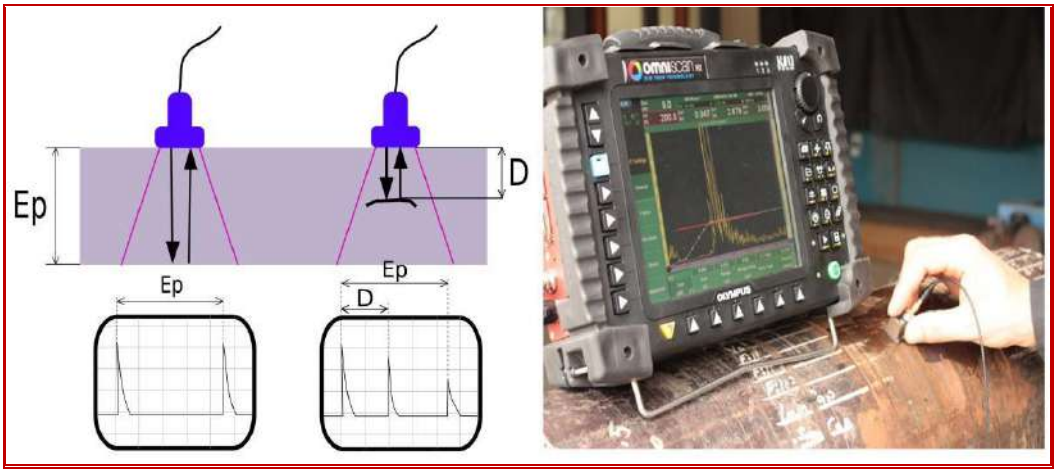
يعد هذا النوع من الاختبارات الدقيقة في كشف العيوب الداخلية مثل الشقوق والمسامات والفجوات الهوائية والغازية والشوائب وغيرها، ويتم ذلك باستعمال الأشعة السينية أو أشعة أكس(X-Ray)، وأشعة كاما (Gamma Ray). ولهذه الأشعة خاصية اختراق كبيرة للأجسام فإذا وضع فلم التصوير على سطح القطعة أو الجزء المراد فحصه فسوف تنطلق الأشعة من مصدر الإشعاع عبر القطعة المراد فحصها ثم تلتقط الصورة بواسطة فلم حساس لهذه الأشعة، كما موضح في الشكل (3-9). وعند مشاهدة الفلم تظهر عيوب اللحام الداخلية مثل الشقوق أو الفقاعات الغازية وغيرها من العيوب والتي تظهر أكثر سواداً من مناطق اللحام السليمة الخالية من العيوب.



شكل3-9 الفحص بالأشعة (التصوير الشعاعي)

هـ -الفحص بالأمواج فوق الصوتية Ultrasonic waves Inspection

تستخدم الأمواج فوق الصوتية (أو فوق السمعية) عالية التردد المتولدة من مجس (Probe) جهاز الفحص، ويتم توجيه الأمواج فوق الصوتية بواسطة المجس على شكل نبضة خلال منطقة اللحام ال م راد فحصها وتسجل النبضة كإشارة كهربائية على شاشة الجهاز. ومن ثم تنعكس هذه الأمواج عند الجهة الأخرى لمنطقة اللحام، وتظهر على الشاشة كإشارة منعكسة، ومن ثم تحوّل الفترة الزمنية المستغرقة للذهاب والإياب بعد تنصيفها الى مسافة تمثل سمك المعدن الخالي من الشوائب، وفي حال اصطدامها بأي عيب من عيوب اللحام الداخلية مثل الشقوق أو انقطاع ناتج عن انصهار غير كاملاً ومسامية أو خبث، تظهر بشكل إشارات كهربائية مبكرة قبل الإشارة المنعكسة للمعدن السليم على شاشة الجهاز. ومن خلال هذه الإشارات يمكن كشف وتقدير مقاسات عيب اللحام. وتمتاز طريقة الفحص بالأمواج فوق الصوتية بإمكانية فحص كامل للحام من جهة واحدة على طول خط اللحام، كما موضح في الشكل (3-10).



شكل 3 -10الفحص بالموجات فوق الصوتية باستخدام المجسّمات الاعتيادية (Normal Probes)

التمارين العملية

- **التمرين الأول:اختبار ثني ملحومة بواسطة المكبس الهيدروليكي لثلاث قطع ملحومة لحام زاوي بعد الاختبار البصري للقطع واعتبار الأولى رديئة والثانية متوسطة والأخرى جيدة (الاختبار غير قياسي)**

مكان التنفيذ: ورشة اللحام الزمن : 6 حصص

أولاً:الأهداف التعليمية: يجب أن يكون الطالب قادراً على اختبار الملحومات بواسطة المكبس الهيدروليكي لقطع ملحومة لحام زاوي بعد الاختبار البصري للقطع.

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد ،أجهزة)

مكبس هيدروليكي، ثلاث قطع ملحومة لحام زاوي،سندان،مطرقة ،أرقام

ثالثاً: خطوات العمل،النقاط الحاكمة،معيار الأداء،الرسومات

1. ارتدِ بدلة العمل على أن تكون ملائمة لحجم جسمك وارتدائها حسب الخطوة المناسبة.	
2. ضع قطعة التمرين الأولى (رديئة اللحام) على منضدة المكبس الهيدروليكي.	
3. الضغط على القطعة	
4. زيادة الضغط بصورة تدريجية لحين الحصول على حركة مفصلية	
5. نقوم بفصل القطعتين	
6. ضع قطعة التمرين الثانية (غير جيدة اللحام) على منضدة المكبس الهيدروليكي	

7. تكرر نفس الخطوات أعلاه	
8. ملاحظة إن الشقوق في القطعة رقم (2) أقل من رقم (1)	
9. ضع قطعة التمرين الثالثة (جيدة اللحام) على منضدة المكبس الهيدروليكي	
10. اضغط على القطعة رقم (3) بواسطة المكبس الهيدروليكي	
11. يلاحظ عدم فصل القطعتين الملحومة رقم (3) مما يدل على أن السلك المستخدم في اللحام (E6013) هو الأفضل، على سبيل المثال.	
12.قم بتنظيف التمارين جيداً ورقمها باستخدام الارقام والمطرقة والسندان لضمان عمل وعائدية التمرين لك.	
13. نظف العدد والأدوات المستخدمة وضعها في مكانها المخصص ونظف مكان العمل	

استمارة قائمة الفحص تمرين (1)				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	الصف: الثالث	التخصص: اللحام وتشكيل المعادن		
اسم التمرين اختبار الثني بواسطة المكبس الهيدروليكي لثلاث قطع ملحومة لحام زاوي بعد الاختبار البصري للقطع واعتبار الأولى رديئة والثانية متوسطة والأخرى جيدة.				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1	ارتداء بدلة العمل ومستلزمات السلامة المهنية	5		
2	اختبار القطعة الأولى	25		
3	اختبار القطعة الثانية	25		
4	اختبار القطعة الثالثة	25		
5	ترقيم القطعة	5		
6	تنظيف مكان العمل والعدد والآلات ووضعها في المكان المخصص لها	5		
7	الوقت	10		
المجموع				

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60%على ان يكون ناجحا في الفقرة(2،3،4)

اسم وتوقيع المدرب اسم وتوقيع المدرب اسم وتوقيع رئيس القسم

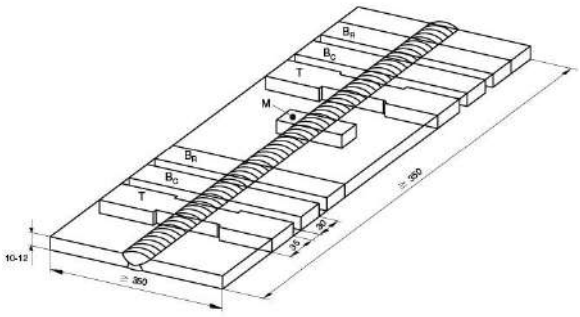
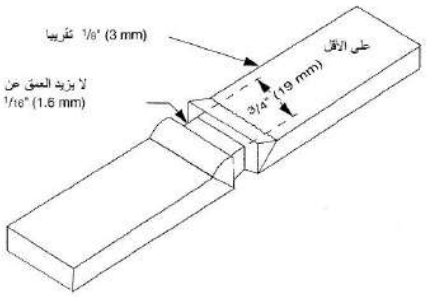
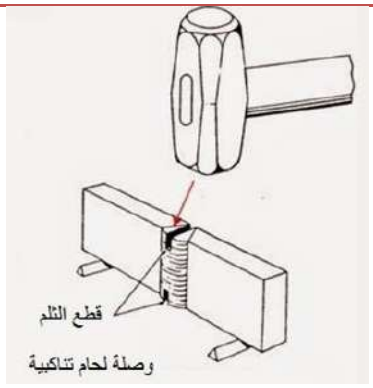
- **التمرين الثاني:اختبار الكسر الثلمي الزمن :6 حصص**

أولاً: الأهداف التعليمية: يجب أن يكون الطالب قادراً على فحص عيوب الملحومات بواسطة الطرق على قطع ملحومة لحام تناكبي بعد الاختبار البصري للقطع.

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة)

منشار آلي ترددي، عدد من القطع ملحومة لحام تناكبي، ملزمة، مطرقة، أرقام.

ثالثاً: خطوات العمل،النقاط الحاكمة،معيار الأداء،الرسومات

1. ارتدِ بدلة العمل والحذاء الجلدي، صدرية جلدية ،كفوف جلدية، واقية الرأس، نظارة لحام.	
2. قطع شريط بطول 230mm وعرض 25mm عمودياً على خط اللحام بواسطة المنشار الآلي (أو بمشعل القطع بالأوكسجين)، ويراعى تشغيل جوانب العينات لضمان الانتظام وتوازي السطوح .	
3.اقطع بالمنشار الآلي ثلماً بعرض 3mm من جانبي العينة عمودياً على محورها الطولي، بحيث لا يزيد عمق الشق عن 1.6mm (يجب عدم إزالة تقوية اللحام).	
4.ثبت أحد طرفي العينة بالملزمة بإحكام، ثم الطرق على الطرف الآخر حتى تنكسر العينة من منطقة الثلم. يمكنك وضع العينة على مسندين ثم الطرق على منطقة الثلم حتى تنكسر	
5. افحص سطحي الكسر ولاحظ العيوب في عينة جيدة اللحام وعينات رديئة اللحام. في العينة جيدة اللحام، يجب أن لايزيد قطر أي فجوة غازية عن 1.6mm ، ولاتزيد نسبة مجموع مساحة الفجوات الغازية عن 2% من مساحة السطح. أما بالنسبة للاحتواءات الخبثية، فيجب أن لايزيد عمقها عن 0 .8mm ولايزيد طولهاعن3mm أو نصف سمك العينة أيهما أقل. بخلاف ذلك، تعد العينة فاشلة.	

- **التمرين الثالث: اختبار عيوب اللحام لقطعة ملحومة بواسطة الفحص بالجسيمات المغناطيسية بطريقة المسحوق الجاف.**

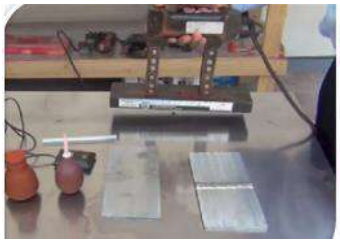
أولاً: الأهداف التعليمية: يجب أن يكون الطالب قادراً على اختبار عيوب اللحام بواسطة الفحص بالجسيمات المغناطيسية بطريقة المسحوق الجاف.

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة): قطعة حديدية ملحومة، جهاز يوك ذو الأقطاب المغناطيسية، قاعدة الجهاز المغناطيسي، علبة المسحوق الجاف، منفاخ هواء، مسطرة حديد قياسية، مستلزمات الحماية الشخصية

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات

1. ارتدِ مستلزمات الحماية الشخصية.

2. ضع القطعة الملحومة على المنضدة ثم التأكد من مغناطيسية جهاز يوك بعد تشغيل التيار الكهربائي



3. ضع الأقطاب المغناطيسية لجهاز يوك على القطعة الملحومة وكما مبين في الشكل

4. رش المسحوق الجاف على طول وصلة اللحام بين الأقطاب المغناطيسية

5. نظف وصلة اللحام من المسحوق الجاف بواسطة منفاخ الهواء، وكما مبين بالشكل

6. ارفع أقطاب الجهاز المغناطيسي عن القطعة الملحومة ستلاحظ وجود تجمع لجسيمات المسحوق فوق الشقوق والذي يدل على مكانها

7. قِس طول الجسيمات المتجمعة فوق الشقوق بواسطة المسطرة الحديدية القياسية لمعرفة مقدار وحجم العيوب في منطقة اللحام

8. نظف العدد والأدوات المستخدمة وضعها في مكانها المخصص ونظّف مكان العمل

أسئلة الفصل الثالث

س1) صنف عيوب اللحام بالقوس الكهربائي مع الشرح.

س2) حدد الأسباب المحتملة لأبرز العيوب ضمن الجدول الآتي وكيفية معالجتها:

الرقم	الشكل	نوع العيب	السبب المحتمل	العلاج
1		خط لحطام غير منتظم وغير مناسب		
2		كثرة الترشش المتطايرة		
3		ظهور تجاويف		
4		تشقق خط اللحام بعد عملية التبريد		
5		فجوات تقلص في خط اللحام بأشكال مختلفة تقع في درزة اللحام		

س3) عدد أهم طرائق فحص واختبارات أساسية للملحومات مع الشرح.

س4) عدد أنواع الاختبارات الاتلافية مع شرح واحدة منها.

س5) عدد أهم الاختبارات اللااتلافية مع شرح واحدة منها.

س6) اشرح طريقة الفحص بالجسيمات المغناطيسية.

س7) اذكر خطوات تنفيذ تمرين اختبار الثني.

س8) اذكر خطوات تنفيذ تمرين اختبار عيوب اللحام لقطعة ملحومة بواسطة الفحص بالجسيمات المغناطيسية بطريقة المسحوق الجاف.

الفصل الرابع

المشاريع وحساب الكلفة

الأهداف العامة:

في هذا الفصل يكون الطالب قادراً على:

1- تنفيذ تمرينات تمارين لمشاريع متنوعة مع حساب كلفة المشروع.
2- تنفيذ تمرين عمل إطار باب من الفولاذ منخفض الكربون من حديد الزاوية.
3- تنفيذ تمرين عمل منضدة من الفولاذ منخفض الكاربون من حديد الزاوية.
4- تنفيذ تمرين عمل قفص حماية مكيف الهواء من الفولاذ منخفض الكاربون.
5- تنفيذ تمرين عمل إطار حماية للشباك (كتيبة) من الفولاذ منخفض الكاربون.
6- تنفيذ تمرين عمل شباك ذي نافذتين إحداهما ثابتة والأخرى متحركة باستخدام الأنبوب المربع ذي المقاطع المختلفة.
7- تنفيذ تمرين عمل باب حديدي نصف مزجج من الفولاذ المنخفض الكاربون باستخدام الأنبوب المربع ذى مقاطع مختلفة.

المشاريع وحساب الكلفة

1-4المقدمة

يعد فصل المشاريع وحساب الكلفة من الفصول المهمة التي تهيئ الطلبة المتخرجين من الإعداديات المهنية لرفد الساحة والسوق المحلية بكادر فني متعلم متخصص في مجال اللحام وتشكيل المعادن عن طريق عمل مشاريع يمكن اعتمادها كأساس في تأهيلهم، إذ تم إعداد بعض المشاريع التي تساعدهم وتنمي قدرتهم للاعتماد على أنفسهم في إنجاز العمل وفق خطوات صحيحة ودقيقة.

التمرين الأول: عمل منضدة من الفولاذ منخفض الكربون إبعادها(150×90×75) cm من حديد الزاوية ذو قياس (1¼Inch) بالنظام الإنكليزي، ويساوي بالنظام العالمي (31 mm) تقريبا وبسمك (5 mm) باستعمال سلك لحام (E6013) قطره (3.25 mm) وماكينة لحام القوس الكهربائي اليدوي.

أولا: مكان التنفيذ: ورشة لحام القوس الكهربائي الزمن:12 حصة

الأهداف التعليمية: إكساب الطالب المهارة اللازمة لعمل منضدة

ثانيا: التسهيلات التعليمية (مواد،عدد ،أجهزة)

حديد زاوية حسب القياسات المطلوبة، صفيحة معدنية سمك (3mm) بقياس(1500 ×900 ×750) mm ، ماكينة لحام القوس الكهربائي اليدوي، أسلاك لحام (E6013) عدد(10)، منشار قرصي (كتر كهربائي) ،ماكينة تجليخ كهربائية متحركة(كوسرة طيارية)، قرص تجليخ، بدلة عمل، صدرية جلدية، كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية لحام، نظارة شفافة واقية، أداة قياس شريطية، قلم تأشير ملون، زاوية قائمة ،مسدس صبغ كهربائي أو فرشاة صبغ قياس 31mm (1¼Inch)، علبة صبغ(1/4) غالون مضاد للتآكل، مادة لتخفيف الصبغ.

ثالثا: خطوات العمل،النقاط الحاكمة،معيار الأداء،الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية، كفوف جلدية، واقية الرأس، الحذاء الجلدي، نظارة بيضاء ،واقية اللحام ذات درجة عتمة (Shadow No. 10) لمراعاة السلامة المهنية.	
2. ثبّت القياسات المراد قطعها على حديد الزاوية باستخدام قلم التأشير الملون.	
3. ثبت قطع العمل المراد قطعها على المنشار القرصي وابدأ بقطع حديد الزاوية وحسب القياسات الموضحة في الشكل(90×4) cm، (75×5)cm، (150×3) cm .	
4. ضع قطع العمل على المنضدة واجعلها على شكل مستطيل طوله (150 cm) وعرضه يساوي (75 cm) واستخدام الزاوية القائمة للتأكد من دقة قياس الزوايا.	
5. شغل ماكينة لحام القوس الكهربائي واجعل مؤشر التيار على A (100-140) لسلك بقطر (3.25mm) وضع سلك اللحام في حامل السلك أي القطب الموجب في حالة استخدام التيار المستمر(DC) واربط قطعة العمل بالقطب السالب.	
6. اقدح سلك اللحام بقطعة حديد خاصة توضع على منضدة العمل لتهيئة بدء القوس الكهربائي.	

7. ثبت قطعة العمل بنقاط لحام صغيرة في الزوايا واستخدام الزاوية القائمة للتأكد من دقة قياس الزوايا.

8. الحم قطع العمل بخطوط مستقيمة والتي تمثل سطح المنضدة.

9. حدد منتصف قطعة العمل ثم الحم قطعة زاوية في المكان الذي تم تحديده.

10. ابدأ بتثبيت الارتفاع (الأرجل) وذلك بلحام القطعة الأولى بنقطة لحام ثم استخدم الزاوية القائمة لوجهي القطعة للتأكد من تعامد القطعة مع الهيكل الرئيس (سطح المنضدة) وكرر العمل لباقي القطع.

11. حدد منتصف الارتفاع (الأرجل) والحم قطع زاوية بين كل الارتفاعات واربط بينها لغرض التثبيت.

12. الحم الصفيحة المعدنية على وجه المنضدة.

13. بعد انتهاء عملية اللحام ابدأ بإزالة الخبث واللحام الزائد بواسطة ماكينة التجليخ الكهربائية المتحركة (الكوسرة الطيارية).

14. اصبغ قطعة العمل بالصبغ المضاد للتآكل بواسطة المسدس الكهربائي أو الفرشة واتركها لتجف.

15. اطفى ماكينة اللحام وافصل القطب السالب من قطعة العمل.

16. إعادة كافة الأدوات والعدد المستخدمة إلى أماكنها الخاصة والتأكد من فصل القابس الكهربائي ونظف المكان بعد انتهاء العمل.

استمارة قائمة الفحص

تمرين (1)

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: الصف: الثالث التخصص: اللحام وتشكيل المعادن

- اسم التمرين: **عمل منضدة من الفولاذ منخفض الكربون**

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1	ارتداء بدلة العمل وتهيئة المواد المطلوبة وتنظيف مكان العمل	10		
2	قطع التمرين والتخطيط وفق الأبعاد المطلوبة	10		
3	تشغيل ماكينة اللحام	5		
4	عمل التمرين وحسب تسلسل الخطوات	50		
5	تجليخ التمرين النهائي والصبغ	15		
6	الوقت	10		
المجموع	100			

الدرجة الدنيا لاجتياز الفحص 60% على أن يكون ناجحا في الفقرة (4) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.

اسم وتوقيع المدرب اسم وتوقيع المدرب اسم وتوقيع رئيس القسم

حساب الكلفة

احسب الكلفة الإجمالية لعمل منضدة من الفولاذ منخفض الكربون إبعادهاcm (150×75×90) من حديد الزاوية ذو قياس(1¼ Inch) وبسمك (5mm) باستعمال سلك لحام(E6013)قطره(3.25 mm) وماكينة لحام القوس الكهربائي اليدوي.إذا علمت أن أسعار المواد كما في الجدول أدناه:

ملاحظة: الإجابة تكون في حقل السعر الإجمالي

المادة	السعرللمفرد(دينار)	السعرالإجمالي
حديد الزاوية ذو قياس (1 ¼ Inch) وبسمكmm 5بطول مقداره(6m) (روطة)	12000	
سلك لحام (E6013)(قطره 3.25 mmعدد (12) سلك	50	
حجر قطع للمنشار القرصي الكهربائي عدد (1)	5000	
حجر تجليخ لماكنة التجليخ الكهربائية (الكوسرة الطيارية) عدد1	2000	
فرشة صبغ قياس فرشاة صبغ قياس (1 ¼ Inch)عدد1	1000	
علبة صبغ 4/1 غالون مضاد للتآكل	2500	
مخفف صبغ	500	
أجور نقل	10000	
المجموع		

التمرين الثاني: عمـل قفص لحمايـــة مكيف الهواء مــن الفولاذ منخفض الكربون أبعـاده تســاوي (70×70×45) cm من حديد الزاوية وصفيحة معدنية (راسطة) قياسهما (1)Inch وبسمك (3mm) باستعمال سلك لحام (E6013) قطره (3.25) mm، وماكينة لحام القوس الكهربائي اليدوي.

أولا: مكان التنفيذ: ورشة لحام القوس الكهربائي الزمن: 12 حصة

ثانيا: الأهداف التعليمية: إكساب الطالب المهارة اللازمة لعمل قفص حماية لمكيف الهواء

ثالثا: التسهيلات التعليمية (مواد،عدد ،أجهزة)

حديد زاوية، شريط معدني (راسطة)، ماكينة لحام القوس الكهربائي اليدوي، أسلاك لحام E6013 عدد (20) سلك، منشار قرصي (كتر كهربائي)، ماكينة تجليخ كهربائية متحركة (كوسرة طيارية)، قرص تجليخ، بدلة عمل، صدرية جلدية، كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية لحام، نظارة شفافة واقية، زاوية قائمة، أداة قياس شريطية، قلم تأشير ملون، زاوية قائمة، جهاز صبغ كهربائي (مسدس صبغ كهربائي) أو فرشاة صبغ قياس (1 ¼ Inch)، علبة صبغ (4/1) غالون مضاد للتآكل، مادة لتخفيف الصبغ.

رابعا: خطوات العمل،النقاط الحاكمة،معيار الأداء،الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية، كفوف جلدية، واقية الرأس، الحذاء الجلدي، نظارة بيضاء، واقية اللحام ذات درجة عتمة (Shadow No. 10) لمراعاة السلامة المهنية.	
2. اشر القياسات المراد قطعها على حديد الزاوية والصفيحة المعدنية باستخدام قلم التأشير الملون.	
3. ثبتت قطتع العمل المراد قطعها على المنشار القرصي وابدأ بقطع حديد الزاوية وحسب القياس (76×2)cm، (70×2)cm (45×4)cm، (64×4)cmواقطع الصفيحة المعدنية (الراسطة) وحسب القياسات (70×6) cm ، (45×9) cm كما في الشكل.	
4. ضع قطع حديد الزاوية قياس (76×2)cm و (45×2)cmعلى المنضدة واجعلها على شكل مستطيل واستخدم الزاوية القائمة للتأكد من دقة قياس الزوايا لعمل الوجه الأمامي للمكيف.	

5. شغل ماكينة لحام القوس الكهربائي واجعل مؤشر التيار على A (100-140) لسلك بقطر (3.25) mm وضع سلك اللحام في حامل السلك أي القطب الموجب في حالة استخدام التيار المستمر (DC) واربط قطعة العمل بالقطب السالب	
6. اقدح سلك اللحام بقطعة حديد خاصة توضع على منضدة العمل لتهيئة بدء القوس الكهربائي اللحام نظيفة من نتوءات اللحام	
7. ثبت قطعة العمل بنقاط لحام صغيرة في الزوايا واستخدام الزاوية القائمة للتأكد من دقة قياس الزوايا	
8. الحم وجهي قطعة العمل بخطوط مستقيمة.	
9. ضع قطع حديد الزاوية قياس cm (70×2) ، cm (45×2) على المنضدة واجعلها على شكل مستطيل واستخدام الزاوية القائمة للتأكد من دقة قياس الزوايا لعمل الوجه الخلفي للمكيف.	
10. ثبت قطعة العمل بنقاط لحام صغيرة في الزوايا واستخدام الزاوية القائمة للتأكد من دقة قياس الزوايا.	
11. الحم وجهي قطعة العمل بخطوط مستقيمة	
12. ضع الوجه الخلفي على المنضدة ثم الحم قطع حديد الزاوية ذات القياس cm (64×4) وتأكد من استقامة القطعة باستخدام الزاوية القائمة (والتي تمثل الوجه الجانبي للقفص)	
13. الحم الوجه الأمامي على قطع حديد الزاوية التي تم تثبتها على الوجه الخلفي في الخطوة السابقة	
14. حدد أبعاد الوجه الجانبي الأول والخلفي والوجه الجانبي الثاني إلأجزاء متساوية باستخدام أداة القياس الشريطية وقلم التأشير الملون ثم الحم حديد الصفيحة المعدنية (الراسطة) cm (45 ×9) كل (3) قطع على وجه.	
15. حدد أبعاد الوجه العلوي والسفلي إلى أجزاء متساوية باستخدام أداة القياس الشريطية وقلم التأشير الملون ثم الحم حديد الصفيحة المعدنية (الراسطة) cm (70×6) كل (3) قطع على وجه.	

16. بعد انتهاء عملية اللحام ابدأ بإزالة الخبث واللحام الزائد بواسطة ماكينة التجليخ الكهربائية المتحركة (الكوسرة الطيارية).	
17. اصبغ قطعة العمل بالصبغ المضاد للتآكل بواسطة المسدس الكهربائي أوالفرشاة واتركها لتجف.	
18. أطفئ ماكينة اللحام وافصل القطب السالب من قطعة العمل.	
19. إعادة كافة الأدوات والعدد المستخدمة إلى أماكنها الخاصة والتأكد من فصل القابس الكهربائي.	
20. نظف المكان بعد انتهاء العمل.	

حســـاب الكلفـــة

احسب الكلفة الإجمالية لعمل قفص لحماية مكيف الهواء من الفولاذ منخفض الكربون إبعاده (45×70×70)mmمن حديد الزاوية وشريط معدني (راسطة) أو صفيحة معدنية قياسهما(1¼ Inch)، وبسمك (3) mm باستعمال سلك لحام (E6013) قطره (3.25) mm وماكينة لحام القوس الكهربائي اليدوي. إذا علمت أن أسعار المواد كما في الجدول أدناه:

ت	المادة	السعر للمفرد دينار	السعر الإجمالي
.1	حديد الزاوية ذو قياس (1 ¼Inch) وبســـمك (3) mm طول القطعة (6) m (روطة)	12000	
.2	شريط معدني (راسطة) قياسه (1 ¼) Inch وبسمك (3)mm طول القطعة (6) m	4000	
.3	سلك لحام (E6013) قطره (3.25) mm عدد (15) سلك	50	
.4	حجر قطع للمنشار القرصي الكهربائي عدد (1)	5000	
.5	حجر تجليخ لماكنة التجليخ الكهربائية (الكوسرة الطيارية) عدد (1)	2000	
.6	فرشة صبغ قياس فرشاة صبغ قياس (1¼) Inch عدد (1)	1000	
.7	علبة صبغ (1/4) غالون مضاد للتآكل	2500	
.8	مخفف صبغ	500	
.9	أجور نقل	10000	
المجموع			

التمرين الثالث: عمل اطار حماية للشباك (كتيبة) من الفولاذ منخفض الكربون أبعاده cm (100×100)مـن حديد الزاوية ذي قياس(1¼Inch) وبسمك mm (5)وقضيب حديدي مقطع مربع سمك (10mm) لعمل الحماية (الكتيبة) باستعمال سلك لحام (E6013) قطرهmm(3.25) وماكينة لحام القوس الكهربائي اليدوي.

مكان التنفيذ: ورشة لحام القوس الكهربائي الزمن: 12 حصة

أولا: الأهداف التعليمية:إكساب الطالب المهارة اللازمة لعمل إطار حماية الشباك

ثانيا: التسهيلات التعليمية (مواد،عدد ،أجهزة)

حديد زاوية، قضيب حديدي مربع، ماكينة لحام القوس الكهربائي، أسلاك لحام (E6013) عدد (15)، منشار قرصي (كتر كهربائي)، ماكينة تجليخ كهربائية متحركة (كوسرة طيارية)، قرص تجليخ، بدلة عمل، صدرية جلدية، كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية لحام، نظارة شفافة واقية، حديد زاوية، أداة قياس شريطية، قلم تأشير ملون، زاوية قائمة، جهاز صبغ كهربائي (مسدس صبغ كهربائي) أو فرشاة صبغ قياس (1¼Inch)،علبة صبغ ¼ غالون مضاد للتآكل، مادة لتخفيف الصبغ.

ثالثا: خطوات العمل،النقاط الحاكمة،معيار الأداء،الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية، كفوف جلدية، واقية الرأس ،الحذاء الجلدي، نظارة بيضاء، واقية اللحام ذات درجة عتمة (Shadow No. 10) لمراعاة السلامة المهنية.	
2. حدد القياسات المراد قطعها على حديد الزاوية باستخدام المقياس الشريطي واشرها باستخدام قلم التأشير الملون.	
3. ثبت قطع العمل المراد قطعها على المنشار القرصي وابدأ بقطع حديد الزاوية وحسب القياسات cm (100×4) كما في الشكل.	
4. ضع قطع العمل على المنضدة واجعلها على شكل مربع طوله cm (100) وعرضه يساوي cm (100) واستخدام الزاوية القائمة للتأكد من دقة قياس الزوايا.	

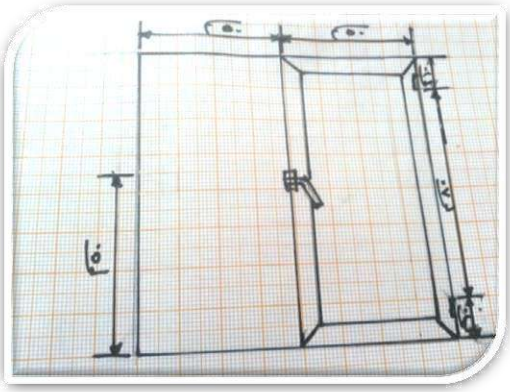
5. شغل ماكينة لحام القوس الكهربائي واجعل مؤشر التيار على A (100-140) لسلك بقطر 3.25 mm وضع سلك اللحام في حامل السلك أي القطب الموجب واربط قطعة العمل بالقطب السالب	
6. اقدح سلك اللحام بقطعة حديد خاصة توضع على منضدة العمل لتهيئة بدء القوس الكهربائي	
7. ثبت قطعة العمل بنقاط لحام صغيرة في الزوايا واستخدام الزاوية القائمة للتأكد من دقة قياس الزوايا	
8. الحم قطع العمل بخطوط لحام مستقيمة لوجهي الإطار	
9. اقطع القضيب المربع بواسطة المقص الكهربائي إلى cm (99) عدد (4)قطع وcm (19) عدد (12) قطعة	
10. الحم قطع القضيب الحديدي بقياس cm (99) بصورة أفقية موزعة بالتساوي.	
11. الحم قطع القضيب الحديد قياس cm (19) بصوره عمودية.	
12. بعد انتهاء عملية اللحام ابدأ بإزالة الخبث واللحام الزائد بواسطة ماكينة التجليخ الكهربائية المتحركة (الكوسرة الطيارية).	
13. اصبغ قطعة العمل بالصبغ المضاد للتآكل بواسطة جهاز الصبغ الكهربائي (مسدس الصبغ الكهربائي) والفرشاة واتركها لتجف.	
14. أطفئ ماكينة اللحام وافصل القطب السالب من قطعة العمل	
15. إرجاع كافة الأدوات والعدد المستخدمة إلى أماكنها الخاصة والتأكد من فصل القابس الكهربائي	
16. نظف المكان بعد انتهاء العمل.	

حساب الكلفة

احسب الكلفة الإجمالية لعمل إطار حماية للشباك (كتيبة) من الفولاذ منخفض الكربون أبعاده cm (100×100) من حديد الزاوية ذي قياس (Inch 1 ¼)وبسمكmm (5) وقضيب حديدي مقطع مربع سمك mm (10) لعمل الحماية (الكتيبة) باستعمال سلك لحام (E6013) وقطره mm (3.25) وماكينة لحام القوس الكهربائي، إذا علمت أن أسعار المواد كما في الجدول أدناه:

ت	المادة	السعر للمفرد(دينار)	السعر الإجمالي
.1	حديد زاوية قياس(1 ¼ Inch) وبسمك mm (5) طول القطعة m (6) (روطة)	12000	
.2	قضيب حديدي مقطع مربع سمك mm (10) بطول m (6)	8000	
.3	سلك لحام (E6013) قطره mm (3.25) عدد(15) سلك	50	
.4	حجر قطع للمنشار القرصي الكهربائي عدد (1)	5000	
.5	حجر تجليخ لماكنة التجليخ (الكوسرة الطيارية) عدد(1)	2000	
.6	فرشة صبغ قياس 1¼Inch عدد1	1000	
.7	علبة صبغ 1/4 غالون مضاد للتآكل	2500	
.8	بنزين 1 L	500	
.9	أجور نقل	10000	
	المجموع		

التمرين الرابع: شباك ذو نافذتين إحداهما متحركة والأخرى ثابتة أبعاده cm (100×100) من الفولاذ منخفض الكربون باستخدام الأنبوب المربع ذو مقاطع مختلفة قياس Inch(1 ¼)وبسمك 2mm باستعمال سلك لحام E6013 قطره mm (3.25) وماكينة لحام القوس كهربائي.



مكان التنفيذ: محطة العمل/ ورشة القوس الكهربائي الزمن: 16 حصة

أولا: الأهداف التعليمية: إكساب الطالب المهارة اللازمة لعمل شباك.

ثانيا: التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ،أجهزة)

أنبوب مربع مقطع (L) قياسInch 1¼وبسمكmm (2)،أنبوب مربع مقطع (T) قياسInch 1 ¼ وبسمك mm(2)، أنبوب مربع مقطع (Z) قياسInch 1 ¼ وبسمك mm (2)،مفصل شباك (نرمادة) قياس cm 5 وقطرmm 10 عدد 2، مسمار تثبيت لولبي ذو رأس قاطع (برغي بريمة) قياسmm (25) ووجه مستدير عدد (4) براغي، ماكينة لحام القوس الكهربائي، أسلاك لحام E6013 عدد (10)، منشار قرصي (كتر كهربائي)،ماكينة تجليخ كهربائية متحركة (كوسرة طيارية)، مثقب كهربائي، أداة تثبيت المسمار اللولبي، قرص تجليخ، بدلة عمل، صدرية جلدية، كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية لحام، نظارة شفافة واقية، حديد زاوية، أداة قياس شريطية، قلم تأشير ملون، زاوية قائمة، جهاز صبغ كهربائي (مسدس صبغ كهربائي) أو فرشاة صبغ قياسInch 1 ¼، 1/4 غالون صبغ مضاد للتآكل، مادة لتخفيف الصبغ.

ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية، كفوف جلدية، واقية الرأس، الحذاء الجلدي، نظارة بيضاء ،واقية اللحام ذات درجة عتمة (Shadow No. 10) لمراعاة السلامة المهنية.	
2. اشر القياسات المراد قطعها على الأنبوب ذو الشفة الواحدة باستخدام قلم التأشير الملون.	
3. ثبت قطع العمل المراد قطعها على المنشار القرصي واقطع قطعة الأنبوب المربع ذو الشفة الواحدة مقطع (L) وبقياس (2×100)cm، cm(2× 94)cm (1×94) كما في الشكل.	
4. الزاوية القائمة للتأكد من دقة قياس الزوايا ضع قطع العمل (هيكل الشباك) على شكل مربع.	
5. شغل ماكينة لحام القوس الكهربائي واجعل مؤشر التيار على100-140Aلسلك بقطر (3.25) mm وضع سلك اللحام في حامل السلك أي القطب الموجب واربط قطعة العمل بالقطب السالب	
6. اقدح سلك اللحام بقطعة حديد خاصة توضع على منضدة العمل لتهيئة بدء القوس الكهربائي	
7. ثبت قطعة العمل (هيكل الشباك) بنقاط لحام صغيرة في الزوايا والتأكد من القياسات قبل اللحام النهائي	
8. حدد منتصف إطار الشباك باستخدام أداة القياس الشريطية وأشّر القياس باستخدام قلم التأشير الملون	
9. الحم قطعة الحديد (مقطع T) قياسcm (94) في المنتصف.	
10. ابدأ لحام زوايا هيكل الشباك والمنتصف بخطوط مستقيمة للوجه الأمامي ثم انتقل والحم الوجه الخلفي بعد التأكد من قياس الزوايا مرة أخرى.	

11. بعد انتهاء عملية اللحام ابدأ بإزالة الخبث واللحام الزائد بواسطة ماكينة تجليخ الكهربائية المتحركة (الكوسرة الطيارية).	
12. أشّر القياسات على الأنبوب المربع مقطع (Z) باستخدام قلم التأشير الملون.	
13. ثبت قطع العمل المراد قطعها على المنشار القرصي واقطع قطعة الأنبوب وحسب القياسات المؤشرة بزاوية (54°) إلى (4) أجزاء.	
14. ثبت قطعة العمل بنقاط لحام صغيرة في الزوايا واستخدام الزاوية القائمة للتأكد من دقة قياس الزوايا قبل اللحام النهائي.	
15. ابدأ لحام أركان الجزء المتحرك بخطوط مستقيمة للوجه الأمامي ثم انتقل والحم الوجه الخلفي بعد التأكد من قياس الزوايا مرة أخرى.	
16. بعد انتهاء عملية اللحام ابدأ بإزالة الخبث واللحام الزائد بواسطة ماكينة تجليخ الكهربائية المتحركة (الكوسرة الطيارية).	
17. حدد مسافة مناسبة من الأعلى والأسفل على هيكل الشباك والجزء المتحرك باستخدام المقياس الشريطي واشر النقاط باستخدام قلم التأشير الملون لغرض لحام المفاصل (النرمادة)	
18. بعد انتهاء عملية اللحام ابدأ بإزالة الخبث واللحام الزائد بواسطة ماكينة تجليخ الكهربائية المتحركة (الكوسرة الطيارية).	
19. اطفىء ماكينة اللحام وافصل القطب السالب من قطعة العمل	

20. حـدّد منتصـف المسـافة باسـتخدام المقيـاس الشـريطي للجـزأين الثابـت والمتحـرك مـن الشباك وأشّـر النقطـة باسـتخدام قلـم التلـوين لغرض تثبيت المزلاج ومثبت المزلاج.	
21. ضع أداة تثبيت المسمار اللولبي ذي رأس قاطع (برغي بريمة) في المثقب الكهربائي وثبتها بإحكام.	
22. تثبيت المزلاج على الجزء المتحرك ومثبت المزلاج على الجزء الثابت.	
23. اصبغ قطعة العمل بالصبغ المضاد للتآكل بواسطة المسدس الكهربائي أو الفرشاة واتركها لتجف.	
24. إعادة كافة الأدوات والعدد المستخدمة إلى أماكنها الخاصة والتأكد من فصل القابس الكهربائي.	
25. نظف المكان بعد انتهاء العمل.	

حساب الكلفة

احسب الكلفة الإجمالية لعمل شباك ذي نافذتين إحداهما متحركة والأخرى ثابتة أبعاده (100×100) cm من الفولاذ منخفض الكربون باستخدام الأنبوب المربع ذو مقاطع مختلفة قياسInch(1 ¼) وبسمك 2mm باستعمال سلك لحام (E6013) قطره mm (3.25) وماكينة لحام القوس كهربائي إذا علمت أن أسعار المواد كما في الجدول أدناه:

ت	المادة	السعر للمفرد(دينار)	السعر الإجمالي
.1	أنبوب مربع مقطع(L) قياسInch(1¼) وبسمكmm (2)	13000	
.2	أنبوب مربع مقطع (T) قياس Inch (1 ¼) وبسمكmm (2)	13000	
.3	أنبوب مربع مقطع (Z) قياس Inch (1 ¼) وبسمكmm (2)	13000	
.4	مفصل شباك (نرمادة)قياس cm (5) وقطرmm (10) عدد(2)	500	

.5	مسمار تثبيت لولبي ذو رأس قاطع (برغي بريمة) قياس(25)mm ووجه مستدير عدد (4) براغي	20	
.6	مزلاج شباك	1000	
.7	مثبت المزلاج	500	
.8	سلك لحام (E6013) قطره3،25 mmعدد (10) سلك	50	
.9	حجر قطع للمنشار القرصي الكهربائي عدد1	5000	
.10	حجر تجليخ لماكنة التجليخ الكهربائية عدد1	2000	
.11	فرشة صبغ قياس فرشاة صبغ قياسInch ¼ 1عدد1	1000	
.12	علبة صبغ 1/4 غالون مضاد للتآكل	2500	
.13	مخفف صبغ	500	
.14	أجور نقل	10000	
	المجموع		

التمرين الخامس:عمل باب حديد نصف مزجج أبعاده cm (100×200) من الفولاذ منخفض الكربون باستخدام أنبوب مربع ذي مقاطع مختلفة قياس 1¼Inch وبسمك (2)mm باستعمال سلك لحام E6013 قطره mm (3.25) وماكينة لحام كهربائي.

مكان التنفيذ: ورشة القوس الكهربائي الزمن: 28 حصة

أولا: الأهداف التعليمية:إكساب الطالب المهارة اللازمة لعمل أبواب.

ثانيا: التسهيلات التعليمية (مواد،عدد ،أجهزة):أنبوب مربع واحدة مقطع (L) قياسInch ¼ 1 وبسمك (2mm)،أنبوب مربع مقطع(T) قياسInch (1¼) وبسمك (2mm)،صفيحة معدنية (بليت) قياســها (1 mm× 100 cm×90cm) عدد (2)،أنبوب مربع قياسInch ¼ 1 وبسمك (2 mm)، قفل باب (كيلون) عدد (1)،ماسك الباب عدد (2)،مفصل باب (نرمادة) قياس(10 cm) وقطر (20 mm)عدد (2)، مسمار تثبيت لولبي ذو رأس قاطع (برغي بريمة) قياس (25 mm) ووجه مستدير عدد (4) براغي، ماكينة لحام القوس الكهربائي، أسلاك لحام E6013 عدد (20) ،منشار قرصي (كتر كهربائي)،ماكينة تجليخ كهربائية متحركة (كوسرة طيارية)،أداة قطع لعمل فتحة الكيلون قطرها (25 mm)،مثقب كهربائي، أداة تثبيت المسمار اللولبي ،قرص تجليخ، بدلة عمل، صدرية جلدية، كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية لحام، نظارة شفافة واقية، حديد زاوية، أداة قياس شريطية، قلم تأشير ملون، زاوية قائمة، جهاز صبغ كهربائي (مسدس صبغ كهربائي) أو فرشاة صبغ قياسInch ¼ 1، (¼) غالون صبغ مضاد للتآكل عدد (2)، مادة لتخفيف الصبغ.

ثالثا: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية، كفوف جلدية، واقية الرأس، الحذاء الجلدي، نظارة بيضاء، واقية اللحام ذات درجة عتمة Shadow No. (10) مراعاة للسلامة المهنية.	
الإطار الخارجي للباب (الجزء الثابت)	
2. أشّر القياسات المراد قطعها على الأنبوب ذو شفة واحدة مقطع (L)	
3. ثبت قطع العمل المراد قطعها على المنشار القرصي واقطع الأنبوب وحسب القياسات في الشكل (194×2) cm و (120×2) cm	
4. ضع الإطار على منضدة العمل واستخدم الزاوية القائمة للتأكد من دقة قياس الزوايا.	
5. شغل ماكينة لحام القوس الكهربائي واجعل مؤشر التيار على A(100-140) لسلك بقطر 3mmوضع سلك اللحام في حامل السلك أي القطب الموجب واربط قطعة العمل بالقطب السالب	
6. اقدح سلك اللحام بقطعة حديد خاصة توضع على منضدة العمل لتهيئة بدء القوس الكهربائي	
7. ثبت قطعة العمل بنقاط لحام صغيرة في الزوايا والتأكد من القياسات قبل اللحام النهائي.	

8. ابدأ لحام قطع العمل بخطوط مستقيمة للوجه الأمامي ثم انتقل والحم الوجه الخلفي	
9. بعد انتهاء عملية اللحام ابدأ بإزالة الخبث واللحام الزائد بواسطة ماكينة التجليخ الكهربائية المتحركة (الكوسرة الطيارية).	
الإطار الداخلي للباب (الجزء المتحرك)	
1. أشّر القياسات المطلوبة على الأنبوب المربع ذي الشفة الواحدة مقطع (L)، والأنبوب ذي الشفتين مقطع (T).	
2. ثبت قطع العمل المراد قطعها على المنشار الأنبوب المربـــــع ذي شفة واحدة مقطع(L) الشفتين مقطع (T) (3x87)cm	القرصـــــي واقطـــــع قطعة الأنبوب وحسب القياسات (2x190) cm، (5x87)cm والانبوب المربع ذي
3. ضع الأنبوب ذي الشفة الواحدة على منضدة العمل قياس (2×190) cm واجعلها بشكل مستطيل	
4. ثبت قطعة العمل بنقاط لحام صغيرة في الزوايا واستخدم الزاوية القائمة للتأكد من دقة قياس الزوايا قبل اللحام النهائي	
5. حدد المسافة100 cm، ابدأ من الأسفل إلى الأعلى ثم الحم القطعة (1×87) cm ثم قسم المنطقة المحددة إلى أجزاء متساوية باستخدام المقياس الشريطي	

6. قسم الجزء العلوي (منطقة الزجاج) إلى أجزاء متساوية باستخدام المقياس الشريطي	
7. ثبت القطع ذات القياس cm (3×87) في الجزء العلوي بصورة عمودية بنقاط لحام صغيرة في الزوايا واستخدام الزاوية القائمة للتأكد من دقة قياس الزوايا قبل اللحام النهائي.	
8. الحم قطع الإطار الداخلي بخطوط مستقيمة	
9. بعد انتهاء عملية اللحام ابدأ بإزالة الخبث واللحام الزائد بواسطة ماكينة التجليخ الكهربائية المتحركة (الكوسرة الطيارية).	
10. الحم قطعتي الصفيحة المعدنية (البليت) .	
11. حدد مسافة مناسبة من كلا الطرفين (العلوي والسفلي) والحم المفاصل (النرمادة) على أن يثبت الجزء المجوف في الإطار المتحرك والجزء المدبب الثاني في الإطار الخارجي (الثابت)	
12. بعد انتهاء عملية اللحام ابدأ بإزالة الخبث واللحام الزائد بواسطة ماكينة التجليخ الكهربائية المتحركة (الكوسرة الطيارية)	
13. هيئ مكان قفل الباب (الكيلون) وذلك بتأشير مكانه على ارتفاع cm (95) ابتداء من أسفل الإطار الداخلي المتحرك.	

14. ثبت أداة القطع على المثقب الكهربائي وابدأ بقطع الصفيحة (البليت) لعمل فتحة قفل الباب (الكيلون)

15. ضع أداة تثبيت المسمار اللولبي ذي رأس قاطع (برغي بريمة) في المثقب الكهربائي وثبتها بإحكام.	
16. ثبت قفل الباب (الكيلون) باستخدام المثقب الكهربائي	
17. الحم ماسك الباب لكلا الجهتين	
18. بعد انتهاء عملية اللحام ابدأ بإزالة الخبث واللحام الزائد بواسطة ماكينة التجليخ الكهربائية المتحركة (الكوسرة الطيارية).	
19. اصبغ قطعة العمل بالصبغ المضاد للتآكل بواسطة المسدس الكهربائي أو الفرشاة واتركها لتجف.	
20. أطفئ ماكينة اللحام وافصل القطب السالب من قطعة العمل	
21. إرجاع كافة الأدوات والعدد المستخدمة إلى أماكنها الخاصة والتأكد من فصل القابس الكهربائي ونظف المكان بعد انتهاء العمل.	

حساب الكلفة

احسب الكلفة الإجمالية لعمل باب حديد نصف مزجج أبعاده cm (200 ×100) من الفولاذ منخفض الكربون باستخدام أنبوب مربع ذي مقاطع مختلفة قياسInch 1¼ وبسمكmm 2 باستعمال سلك لحام E6013 قطره 3.25mm وماكينة لحام كهربائي. إذا علمت أن أسعار المواد كما في الجدول أدناه:

ت	المادة	السعر للمفرد(دينار)	السعر الإجمالي
.1	أنبوب مربع ذو شفة واحدة مقطع(L)قياس1¼ Inch وبسمك 2 mm	13000	
.2	أنبوب مربع مقطع (T) قياس1¼ Inch وبسمك 2 mm	13000	
.3	أنبوب مربع مقطع قياس1¼ Inch وبسمك 2 mm	13000	
.4	صفيحة معدنية (بليت) عدد (2)	18000	
.5	مسمار تثبيت لولبي ذو رأس قاطع (برغي بريمة) قيـاس mm 25 ووجه مستدير عدد (4براغي)	20	
.6	مفصل باب (نرمادة) قياس10 cm وقطر20 mm عدد 2	1000	
.7	قفل باب (كيلون) عدد 1	10000	
.8	ماسك الباب عدد (2)	5000	
.9	سلك لحام E6013 قطره3،25mmعدد (20) سلك	50	
.10	حجر قطع للمنشار القرصي الكهربائي عدد (1)	5000	
.11	حجر تجليخ لماكنة التجليخ (الكوسرة الطيارية)عدد1	2000	
.12	فرشة صبغ قياس1¼Inchعدد1	1000	
.13	علبة صبغ 1/4 غالون مضاد للتآكل	2500	
.14	مخفف صبغ	500	
.15	أجور نقل	20000	
	المجموع		

أسئلة الفصل الرابع

س1) اذكر خطوات تنفيذ تمرين عمل منضدة من الفولاذ منخفض الكربون من حديد الزاوية مع حساب الكلفة التخمينية وحسب أسعار المواد في الأسواق المحلية وحسب القياسات المطلوبة لغرض التنفيذ.

س2) اذكر خطوات عمل شباك ذي نافذتين إحداهما ثابتة والأخرى متحركة من الفولاذ منخفض الكربون باستخدام الأنبوب المربع ذي مقاطع مختلفة مع حساب الكلفة التخمينية وحسب أسعار المواد في الأسواق المحلية وحسب القياسات المطلوبة لغرض التنفيذ.

س3) اذكر خطوات عمل إطار حماية شباك (كتيبة) من الفولاذ منخفض الكربون مع حساب الكلفة التخمينية وحسب أسعار المواد في الأسواق المحلية وحسب القياسات المطلوبة لغرض التنفيذ.

س4) اذكر خطوات تنفيذ تمرين عمل قفص لحماية مكيف الهواء من الفولاذ المنخفض الكربوني من مقاطع حديد مختلفة مع حساب الكلفة التخمينية وحسب أسعار المواد في الأسواق المحلية وحسب القياسات المطلوبة لغرض التنفيذ.

س5) اذكر خطوات عمل باب نصف مزجج من الفولاذ منخفض الكربون من مقاطع الحديد المختلفة مع حساب الكلفة التخمينية بأسعار المواد في الأسواق المحلية وحسب القياسات المطلوبة لغرض التنفيذ.

الفصل الخامس

تشكيل المعادن

الأهداف العامة:

في هذا الفصل يكون الطالب قادراً على:

1- التعرف على عمليات تشكيل المعادن وأنواعها واستخداماتها وأقسامها على الساخن وعلى البارد.
2- التعرف على تشكيل المعادن على الساخن، وتشكيل وتجميع الصفائح المعدنية بعملية الدرفلة واللحام بالقصدير واستخدام الماكنة (المخرطة) والقوالب لتشكيل الصفائح، وتشكيل مقاطع الألمنيوم وتركيبها وعمل شبّاك، وثني القضبان الحديدية بالماكنة أو العتلات اليدوية للحصول على أشكال معينة.
3- التعرف على عمليات تصنيع الخزانات.

تشكيل المعادن Metal Forming

1-5 المقدمة Introduction

تعد عمليات تشكيل المعادن وأعمال الصفائح المعدنية من العمليات المستخدمة في أكثر الصناعات الميكانيكية، وعن طريقها يمكن تغيير أبعاد وأشكال المعادن والسبائك وتجري هذه العمليات دون صهر للمعدن وتتم هذه العمليات عن طريق قوى مثل (الشد، الثني، الكبس، الطرق) بواسطة أجهزة ومعدات خاصة تعمل على إحداث تغيير في شكل المعدن مع الاحتفاظ بحجمه. عمليات التشكيل تتضمن (السحب-السحب العميق – الدرفلة- البثق - الطرق –الثني – وغيرها من العمليات)، وأنواعها هي: التشكيل على البارد والتشكيل على الساخن.

التشكيل على البارد: هي عمليات التشكيل التي تتم على المعدن أو السبيكة وهي في درجة حرارة أقل من درجة حرارة إعادة التبلور. السبائك التي يمكن تشكيلها على البارد هي: الفولاذ منخفض الكربون - الألمنيوم وسبائكه- النحاس وسبائكه. يساعد التشكيل على البارد: على زيادة مقاومة وصلادة المعدن ويقلل المطيلية.

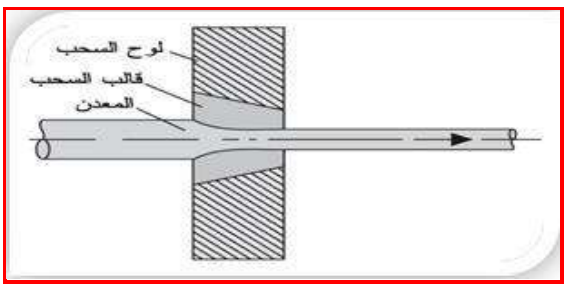
مميزات التشكيل على البارد:

1. **الحصول على تشطيب جيد للأسطح**
2. **الحصول على دقة في أبعاد المنتجات**
3. **يمكن تشكيل الأشكال الدقيقة**
4. **يعطي للسبائك خواص ميكانيكية جيدة**

التشكيل على الساخن: تتم عمليات التشكيل على الساخن في درجة حرارة أعلى من درجة حرارة إعادة التبلور. وتزداد قابلية المعدن للتشكيل على الساخن بزيادة درجة الحرارة. ويعمل التشكيل على الساخن إلى تغير كبير في أبعاد وشكل الشغلة (القطعة). تتم عمليات التشكيل على عدة مراحل حيث يستخدم التشكيل على الساخن حتى الوصول إلى الشكل بالأبعاد المطلوبة.ثم تجري عملية التشكيل على البارد لغرض تحسين خواصه الميكانيكية.

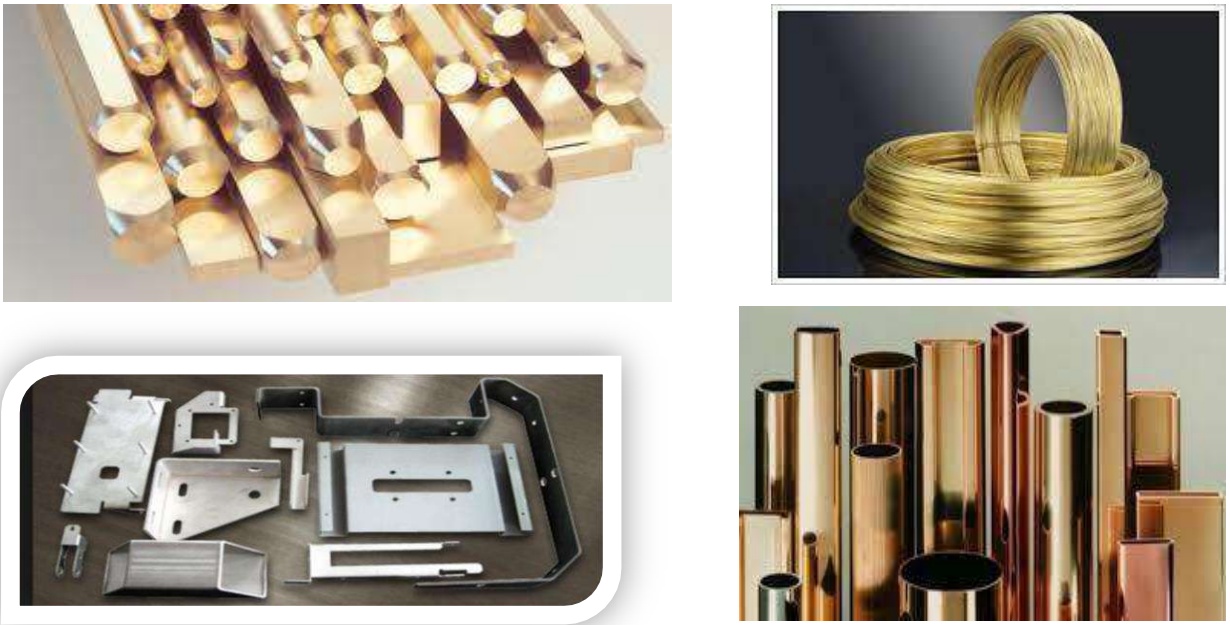
2-5 طرائق تشكيل المعادن Metal Forming Methods

1. **التشكيل بالسحب (Drawing)**:هي عملية تشكيل المعدن على البارد بسحبه خلال فتحة أصغر من مقطعه . ويستعمل السحب لإنتاج أسلاك وأنابيب رقيقة الجدران ومقاطع عرضية مختلفة. ويحصل المعدن بعد السحب على أبعاد مضبوطة وسطح أملس ومقاومة مرتفعة نتيجة لتشكيله على البارد. ويجرى السحب من خلال قالب السحب كما في الشكل(5-1)والذي يصنع عادة من الفولاذ السبائكي. ولتقليل الاحتكاك الخارجي وتآكل الفتحات يستعمل التزييت بوساطة الزيوت المعدنية أو خليط من الزيوت والكرافيت والصابون والماء. ويمكن إجراء معالجة إعادة التبلور بين عمليات السحب لإزالة الهشاشة الناشئة عن التشكيل على البارد.



شكل 5-1 عملية السحب

يعتمد نجاح هذه العملية على خاصية المطيلية التي تسمح للمعدن بأن يستطيل استطالة كبيرة بدون كسر،ويستخدم السحب بشكل أساسي لصناعة الأسلاك .وقطعة العمل عبارة عن سلك ذي قطر معين أجريت عليه درفلة أو بثق، وبعد ذلك يتابع سحب السلك خلال قوالب فولاذ أصغر فأصغر مما يؤدي إلى تناقص القطر تدريجيا. وتتعرض القوالب لبِلىَ كبير ولذلك تصنع الفوهات عادة من مواد متينة مثل كاربيد التنكستن، وقد يستخدم الماس الصناعي لإنتاج أسلاك رفيعة جداً، وعادة ما يستخدم التزييت لتقليل الاحتكاك أثناء عمليات السحب. وتميل عملية السحب إلى جعل الأسلاك صلدة إلى حد ما. والشكل (5-2) يوضح بعض منتجات عملية السحب.



شكل 5-2منتجات عملية السحب

2.**التشكيل بالسحب العميق (Deep Drawing)**:

ويقصد بها عملية سحب المعدن من خلال قالب للحصول على منتجات مجوفة من صفائح وألواح معدنية مسطحة. وتكون المنتجات أسطوانية الشكل أو مكعبة أو مجوفة. ويتلخص أسلوب السحب العميق بوضع صفيحة معدنية قرصية على قالب يمثل الشكل الخارجي للمشغولة المراد إنتاجها ثم دفعها بمكبس يتحرك هيدروليكياً أو ميكانيكياً فيدفعها داخل القالب ويشكلها على حسب شكل فجوة القالب. ومن المنتجات المشكلة بالسحب العميق أوعية الطبخ المنزلية وأجسام الثلاجات وأسطوانات الغاز وأغلفة الطلقات النارية وهياكل الحافلات وغيرها. وتجرى عملية السحب العميق أما على البارد وأما على الساخن حسب طبيعة المعدن وسمكه وقابليته لعملية السحب مثل صفائح الفولاذ والنحاس والألمنيوم. تجرى عملية السحب العميق مرة واحدة للقطع القليلة الارتفاع مثل (أواني الطبخ) أما إذا كانت المنتجات كبيرة العمق تطلب الأمر إجراء عدة عمليات سحب متتالية حتى لا يحدث تشقق أو فشل لقطعة العمل عند السحب (مثل علب المشروبات الغازية) كما في الشكل (5-3)، فقطع العمل الرقيقة تتطلب استخدام ترتيب معين بحيث تضغط القطعة على القالب قبل عملية السحب وإلا ظهرت في أعلى جدار الشغلة أو في طرفها تشوهات أو تشققات. ويحتاج كل معدن إلى قوة مناسبة وملائمة لمسكه وإذا زادت هذه القوة على القدر اللازم تسببت في تشقق المعدن في أثناء سحبه وإذا كانت أقل من اللازم سببت حدوث تشوهات في أطراف العينة.

شكل5-3 نماذج لمنتجات بعملية السحب العميق

تشكيل علبة مياه غازية:

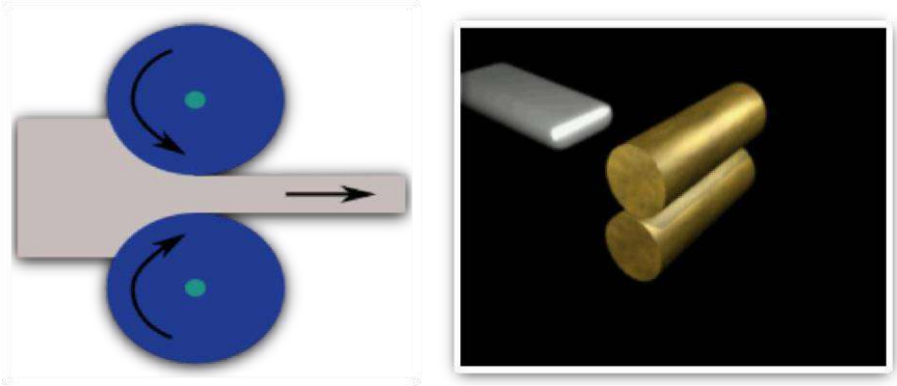
يتم إجراء عملية قص (Blanking) للحصول على قرص دائري ومن ثم يتم تعريض هذا القرص إلى عملية السحب، ويتم تكرار عملية السحب العميق من أجل زيادة عمق الشكل الناتج بدون أن يتم تشويهه أو حدوث شقوق فيه. ويخضع المنتج لعملية تقليل في سمكه، مع تحسين في خواصه الميكانيكية نتيجة التصليد الإجهادي، وتسمى عملية مد أو كوي(Ironing) وهي تشبه عملية السحب، يتم تشكيل القبة في أسفل العلبة (Doming)ضمن قالب حدادة(Forging). ويتم تشكيل عنق العلبة (Necking) بواسطة درافيل صغيرة (Rolls) يتم لحام غطاء العلبة الذي يتم تشكيله بشكل منفصل على العلبة الناتجة.

يتميز منتج عملية التشكيل هذه:

- سطح لماع وأبعاد دقيقة جدا.
- متانة عالية بالنسبة لسمكه الصغير.

3. **التشكيل بالدرفلة (Rolling):**

الدرفلة هي عملية صناعية تعد إحدى طرائق تشكيل المعادن. وتعتمد فكرتها على تمرير المعدن على البارد أو الساخن عبر أجسام أسطوانية ثقيلة وذات صلادة عالية (تسمى الدرافيل) وذلك بهدف تقليل سمك الصفائح أو قطر القضبان الشكل (5-4) يوضح ذلك.



شكل5-4 رسم تخطيطي يمثل عملية الدرفلة للمشغولات

والدرفلة هي عملية تشكيل المقاطع المعدنية الدائرية أو المسطحة بالشكل المطلوب، وبحسب قوالب السحب الدوارة تتشكل المعادن إلى ألواح أو قضبان أو أي أشكال أخرى. وتعني انزلاق الخامة بين معدنين ضاغطين، وتعتمد بشكل عام على أسطوانات متقابلة ضاغطة بقوة تستطيع كبس المعدن وسحبه، وتدار بواسطة محرك كهربائي. وهي تكون إما أسطوانات ملساء لتشكل الصفائح أو بكرات محفورة لتشكيل القضبان. ويقوم العاملون في هذا الاتجاه بتجهيز وتشغيل وخدمة درافيل تشكيل الألواح والمقاطع والأنابيب الفولاذية وإجراءات عمليات الدرفلة، والدرفلة تكون على نوعين في الغالب بحسب درجة حرارة المعدن:

1. الدرفلة على البارد: وتكون بدرجة حرارة أقل من درجة حرارة إعادة التبلور للمعدن ولكنها أسهل واقل معدات.
2. الدرفلة على الساخن: وهي تتميز بارتفاع درجة حرارة المعدن للوصول إلى أعلى من درجة حرارة إعادة التبلور للتشكيل الصفائحي أو الأسطواني أو ما شابه ذلك.

من أنواع الدرفلة (في مجال صناعة الحديد والفولاذ):

درفلة القضبان الفولاذية (فولاذ التسليح): ويتم ذلك عن طريق عملية الصب المستمر عبر مجموعة من الدرافيل التي تقوم بتحويل شكله من مقطع مربع إلى مقطع دائري (بأقطار مختلفة).

- درفلة الأسلاك وهي مشابهة لدرفلة القضبان ولكن يتم لف المنتج في صورة لفائف بدلاً من تقطيعه في صورة قضبان.
- درفلة المقاطع ويتم عن طريقها إنتاج مقاطع الفولاذ مختلفة الأشكال والقياسات.
- درفلة صفائح الفولاذ: ويتم عن طريقها إنتاج صفائح الفولاذ التي تستخدم في أغراض متعددة مثل هياكل السيارات والأجهزة المنزلية وأسطوانات الغاز وغيرها كما في الشكل (5-5).

ماكنة الدرفلة

قضبان منتجة بالدرفلة

صفائح منتجة بالدرفلة

شكل (5-5) بعض المنتوجات لعملية الدرفلة وإحدى مكائن الدرفلة

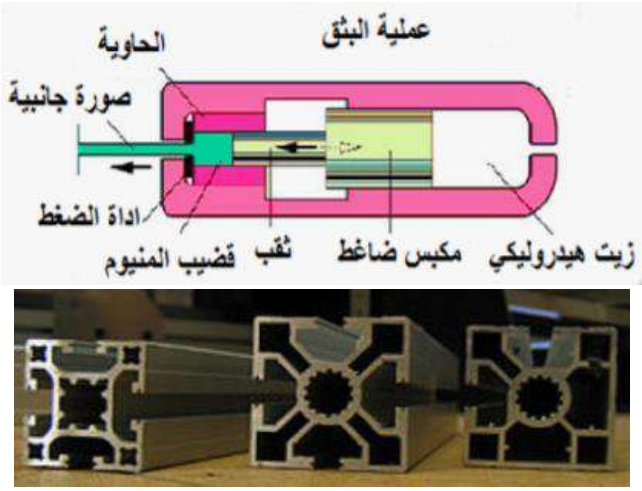
4. **التشكيل بالبثق**: وهي عملية تشكيل للمعدن تستخدم لإنتاج أعمدة بمقاطع ثابتة الشكل، حيث يتم ضغط المادة المعدنية خلال القالب الذي له نفس الشكل المقطعي المطلوب .ومن أهم مميزات عملية البثق عن العمليات الأخرى قدرتها على إنتاج أشكال مقطعية غاية في التعقيد، كما أنها تنتج منتجات نهائية ذات جودة سطح عالية، وقد تكون عملية البثق مستمرة لإنتاج أطوال كبيرة أو غير مستمرة لإنتاج أطوال قصيرة نسبياً، وقد يتم أيضاً التشكيل بالبثق على الساخن أو على البارد. وتكون عملية البثق عموماً اقتصادية، كما موضح بالشكل (5-6).

البثق على الساخن: تتم عملية البثق في الوعاء المسخن للحفاظ على المعدن من التصليد أثناء التشكيل، ولتسهيل خروج المعدن من القالب تتم معظم عمليات البثق على الساخن في مكابس هيدروليكية أفقية لها قوة تحميل ton (200-1200).

البثق على البارد:يتم البثق على البارد في درجة حرارة أقل من درجة حرارة إعادة التبلور، والمعادن التي غالباً ما يتم بثقها على البارد هي الرصاص والقصدير والألمنيوم.

البثق المباشر:البثق المباشر يسمى أيضاً بالبثق الأمامي، وهي الطريقة المستخدمة عادةً في الصناعة. وتتم العملية بوضع المادة الخام في وعاء سميك ثم تضغط المادة الخام باتجاه القالب، ومن أهم عيوب البثق المباشر أنه يتطلب قوى كبيرة مقارنة بالبثق غير المباشر وهي قوة بثق المادة الخام وقوة مقاومة الاحتكاك الناتج عن انتقال المادة الخام على طول الوعاء. لذا فإن القوى الكبيرة اللازمة لبدء العملية تنخفض باستمرار عملية البثق.

البثق غير المباشر: يسمى البثق غير المباشر أيضاً بالبثق الخلفي، وتكون حركة الوعاء والمادة الخام في نفس الاتجاه، وبهذا الشكل يتم اختزال القوى المطلوبة إلى قوة البثق فقط ولا يتطَلب قوة مقاومة الاحتكاك، يستخدم البثق غير المباشر لإنتاج أعمدة بمقاطع ثابتة الشكل.



شكل 5-6 رسم تخطيطي لجهاز البثق المباشر وبعض منتجات عملية البثق

5.**التشكيل بالطرق**: يعد الطرق اليدوي أقدم طريقة لتشكيل المعادن، منذ عصور ما قبل التاريخ، لكن تشكّل المعادن حديثًا بوساطة الآلات، كما في الشكل (5-7).

شكل 5-7 الطرق الآلي واليدوي

الطَّرْق اليدوي: يستعمل هذا النوع للمشغولات الصغيرة وكذلك في أعمال التصليح. إذ يمارسه الحدادون فيصنع الأدوات وأشياء أخرى صغيرة. يقوم الحداد بتسخين الحديد في الفرن أولاً حتى درجة الإصفرار، ثم يقوم بانتزاعه بملقط والحديد ما يزال حامياً، ثم يطرقه على السندان حتى يأخذ الشكل المطلوب.

الطَّرْق الآلي: يساعد الطرق الآلي على إنتاج المشغولات بكميات كبيرة. إذ تختلف آلات الطرق في الحجم، وبذلك تستطيع عمل أشياء أكبر بكثير مما تستطيع اليد البشرية عمله، وهذا يقتضي بالفعل استعمال الرافعات الضخمة لوضع بعض المشغولات الثقيلة على السندان.

هناك نوعان من آلات الطرق: مطارق الطرق ومكابس الطرق. وفي كلا النوعين تستخدم أدوات مجوفة دقيقة الصنع تسمَّى القوالب للمساعدة على تشكيل المعدن، فعندما تحشر قطعة العمل في القالب يأخذ شكل تجويف القالب، وتكون قوالب الطرق على نوعين: مزدوج ومفرد، وتستخدم القوالب المزدوجة في صنع الأدوات وأجزاء المحرك، ومشغولات أخرى لها أشكال معقدة. يوصَّل القالب العلوي مع المطرقة أو مع جزء المكبس المتحرك، بينما يتم ربط القالب السفلي مع السندان. تسمى الأشياء المشغولة بوساطة القالب المزدوج مشغولات القالب المغلق في حالة استعمال المطرقة، تسمى مشغولات المطرقة.

6. التشكيل بالحني (Bending)

الحني هو إحدى عمليات التشكيل الدائم للمعدن التي تعطيه شكلاً منحنياً، إذ بتأثير الإجهادات المتولدة في مقطع المعدن تحدث عملية الحني. وتتم العملية بشكل حر أو في قالب. يثبت أحد أطراف القطعة ويثنى الطرف الآخر بضربات من المطرقة. وتحنى المطروقات ذات المقطع الكبير على مكابس مرفقية. وتستخدم القوالب لإعطاء القطع عند الحني شكلاً معيناً. وتحدث أثناء عملية الحني حالة شد بالطبقات الخارجية للمعدن الجاري حنيه وضغط بالطبقات الداخلية، مع العلم أن الضغط النسبي للطبقات الداخلية والشد النسبي للطبقات الخارجية يزيد كلما قل نصف قطر الحني، لهذا فإن أدنى قيمة لنصف قطر الثني تختار على أساس شروط لا تسمح بتشقق السطح الأعلى للمعدن. تحدث أثناء حني المعدن على البارد انفعالات مرنة ولدنة بالقرب من زوايا الحني. وتؤدي مرونة المعدن إلى تغيير زاوية الحني بمقدار يعادل زاوية الارتداد المرن، كما موضح في الشكل (5-8).

شكل 5-8 بعض المكائن والأدوات المستخدمة في عملية الحني للمشغولات

5-3تصنيع الخزانات سعة L(5000 – 90000)

الخزانات هي أوعية خزن للسوائل بحيث تتحمل الضغط الجوي بالإضافة إلى ضغط عمود السائل، وتستعمل لحفظ المياه والمشتقات النفطية كالبنزين وغير ذلك من السوائل. ويمكن أن تكون الخزانات عمودية أو أفقية، وذلك حسب وضع محور الخزان، انظر الشكل (5-9).

شكل 5-9 الخزانات الأفقية والعمودية

والخزانات الأفقية يمكن أن تنصب فوق الأرض أو تحت الأرض. والمواصفة المشار إليها أعلاه تخص الخزانات الأفقية فوق الأرض وتحت الأرض، وبسعات خزن من 5000 لتر إلى 90000 لتر (من 5 متر مكعب إلى 90 متر مكعب). يكون سمك الصفائح التي تصنع منها الخزانات الأفقية تحت الأرضية 6mm ، فيما يكون سمك الخزانات فوق الأرض 6mm، 8، 9 ، حسب السعة الخزنية، كما هو مذكور في المواصفة.

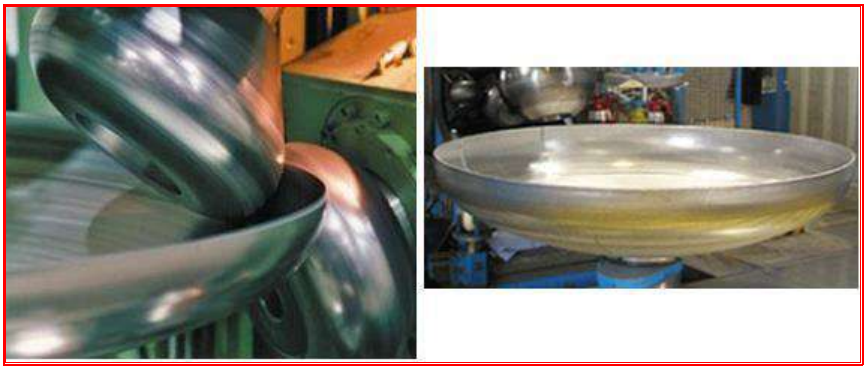
5-3-1 الأجزاء الرئيسة للخزان الأفقي

يتألف بدن الخزان بشكل رئيس من القشرة الأسطوانية (Shell) والصفيحتين الطرفيتين (End Plates) أو الصحنين (Dishes). انظر الشكلين (5-10) و(5-11). تصنع القشرة من الصفائح الفولاذية بطريقة الدرفلة لتحويل الصفائح المستوية إلى أسطوانة مجوفة مفتوحة من النهايتين، كما في الشكل (5-12). أما النهايات فتكون بأشكال مختلفة، وتشكل بمكائن خاصة تحتوي على رؤوس تشكيل لتحويل الصفائح المستوية إلى صحون (Dishes)، كما في الشكل (5-13).

شكل 5-10 القشرة الأسطوانية (Shell)

شكل 5-11 الصفيحتان الطرفيتان (End Plates) أو الصحنان (Dishes)

شكل5-12 ماكنة الدرفلة لتشكيل قشرة الخزان الأسطوانية (Shell)



شكل 5-13 ماكنة تشكيل نهايات الخزانات (Dishes)

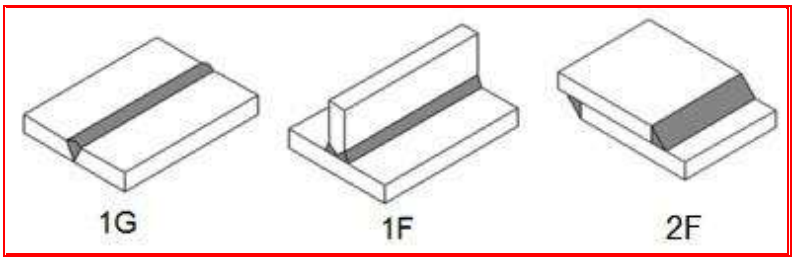
يجب أن يكون القطر الخارجي للنهايات بحيث يتطابق مع القطر الداخلي للقشرة، وتدخل النهاية في القشرة بعمق 15mm مع بقاء 10mm من إطارها الأسطواني خارج القشرة لاستيعاب خط اللحام.

يتكون الخزان من الأجزاء الآتية:

1. قشرة الخزان Shell
2. نهايتا الخزان (الصحون Dishes)
3. فتحات الخدمة (المانهولات)
4. أنابيب المليء والتصريف
5. الحاضنان (قاعدة استناد الخزان)
6. حلقتا الرفع (وتستخدمان لرفع الخزان فقط في حال كونه فارغاً من السوائل)

5-3-2 إرشادات وملاحظات حول تصنيع الخزانات

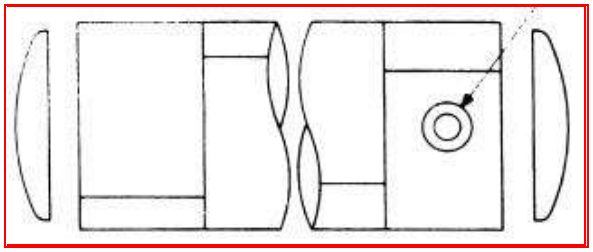
1. تجري عمليات اللحام بالوضع المستوي 1G و1F والوضع الأفقي الركني 2F، كما في الشكل (5-14).



شكل 5-14 وصلات اللحام المستخدمة في تصنيع الخزانات

2. جسم الخزان أسطواني، وعند إفراده ينتج سطح مستطيل، طوله هو طول قشرة الخزان، وعرضه هو محيط المقطع الدائري للخزان، وسمكه هو سمك الصفائح التي سيجمّع منها الخزان.

3. توضع الصفائح بحيث يكون اتجاه الدرفلة عمودياً على المحور الطولي للخزان. ستكون هناك خطوط لحام موازية لمحور الخزان وأخرى عمودية عليه. يجب أن تنتهي الخطوط الطولية في منتصف الخطوط العرضية بطريقة الحل والربط كما في بناء الطابوق. لاحظ الشكل (5-15) (ولا يجوز أن يتصل خط لحام طولي بخط طولي آخر).



شكل5-15ترتيب خطوط اللحام الطولية والمحيطية

4. تلحم قشرة الخزان لحاماً تناكبياً بالوضع 1G من السطح العلوي، وبعد انتهاء كل عمليات لحام القشرة من أحد السطحين، يقلب أعلاها إلى الأسفل بحيث يظهر السطح السفلي للأعلى والسطح الملحوم سابقاً للأسفل، ثم تلحم بنفس الطريقة.

5. بسبب سمك الصفيحة فإن القطر الخارجي أكبر من القطر الداخلي بمقدار ضعف السمك وعند احتساب المحيطين سيكون هناك فرق بينهما بمقدار ضعف النسبة الثابتة مضروبة في السمك.

6. وبما أن سطحي المستطيل المجمّع من الصفائح الملحومة متساويان بالعرض، فإن السطح الخارجي سيقصر بمقدار ضعف النسبة الثابتة مضروبة في السمك.

7. وبما أن المواصفة تعطي القطر الداخلي والذي على أساسه تحسب سعة الخزان، فيجب تعويض الفرق عن طريق زيادة عرض المستطيل بالمقدار الذي ذكرناه أعلاه. وستكون هناك زيادة في المحيط الداخلي يتم التخلص منها بالشنفرة (بالكوسرة اليدوية).

8. يحسب الطول المطلوب للمستطيل مساوياً لطول قشرة الخزان بدون نهاياته.

ملاحظة:عند الرجوع للمواصفة البريطانية ستجد في الجداول A الطول المماسي، طول القشرة مقاساً بالمليمتر هو: A-20

9. يحسب عرض المستطيل كالآتي:

$$\frac{22}{7} \times (\text{القطر الداخلي المطلوب} + \text{السمك})$$

مثال: مطلوب تصنيع خزان أفقي سعة 35000 L حسب المواصفة البريطانية BS 2594-1975، القطر الداخلي 2750 mm، الطول المماسي A للجزء الأسطواني للخزان 5750 mm سمك القشرة 6mm، احسب أبعاد إفراد القشرة الأسطوانية المطلوبة.

الحل: $\frac{22}{7} \times (6 + 2750) = 8662$ mm

10. يتم تحديد سعة الخزان المطلوبة والتي على أساسها سيجري تفصيل جسم الخزان.

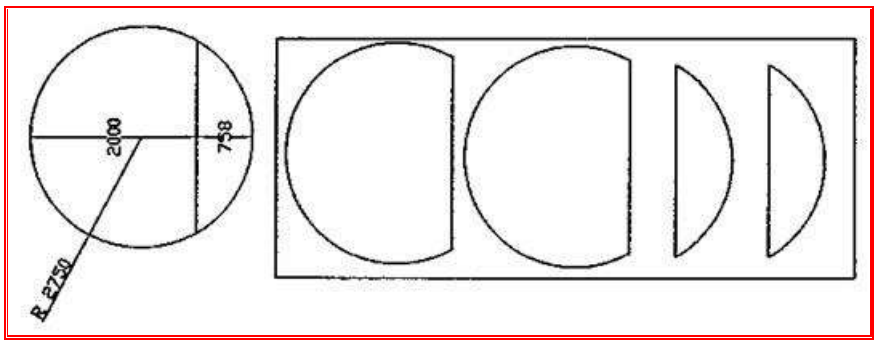
11. يستخدم الفولاذ الكربوني (A 283- Gr. C) حسب مواصفات الجمعية الأمريكية للفحص والمواد (ASTM).

12. تتوفر الصفائح الفولاذية بأبعاد مختلفة من حيث الطول والعرض والسمك حسب حاجة المستهلك. بعد تحديد السمك المطلوب يتم اختيار أبعاد الصفائح من حيث الطول والعرض. تفضل الصفائح الأكبر حجماً لتقليل أعمال اللحام. الأبعاد المتوفرة عادة (بالملليمتر): (2000×6000، 3000×6000، 1500×6000، 2000×9000).

13. تشكل أولاً النهايات المحدبة للخزان (الصحن) بماكنة الدرفلة الخاصة بها، وتستعمل صفيحة سمكها لا يقل عن سمك القشرة وأكبر من 6 mm، أيهما أكبر. فمثلاً إذا كان سمك القشرة 6 mm فيجب أن استعمال صفيحة بسمك 8 mm للنهايات.

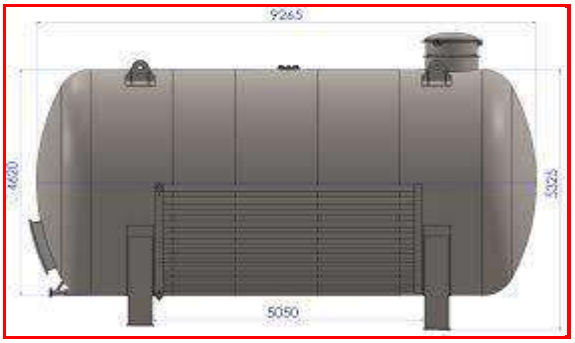
14. لحساب قطر النهاية الدائرية لغرض تشكيلها على شكل صحن يضاف سمك الصفيحة إلى القطر الخارجي المطلوب للنهاية والتي تساوي القطر الداخلي للخزان. (2758 mm = 8 + 2750)،كما في الشكل (5-15) بعد تشكيل الصحنين سيكون قطراهما الخارجيان 2750 mm وهو نفس القطر الداخلي للقشرة ،بحيث يدخل كل صحن جزئياً في طرف القشرة من كل جانب، فتتشكل ما تسمى بالكبسولة وهي جسم الخزان.

ملاحظة: يتم تجهيز النهايات (الصحون) بمكائن الدرفلة الخاصة مسبقاً ثم ترسل إلى قسم اللحام لغرض لحامها مع القشرة).



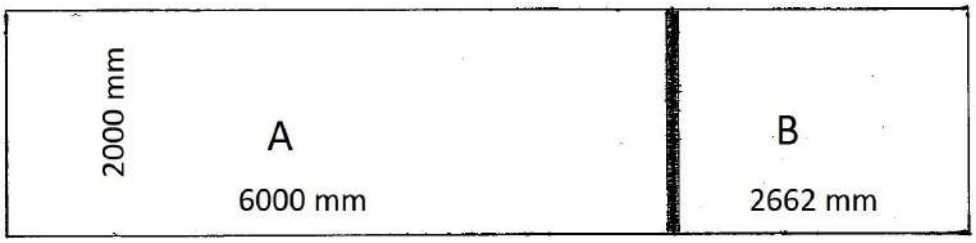
شكل 5-16 تفصيل أجزاء النهايات الدائرية

16. تتكون قشرة الخزان الأسطوانية من مقاطع أسطوانية أو كورسات (Courses)، وكما موضح في الشكل (5-17).



شكل 5-17 مقاطع (كورسات) الخزان

17. بعد حساب أبعاد مستطيل إفراد قشرة الخزان، يتم تفصيل القشرة عن طريق احتساب عدد الصفائح المطلوبة لكل مقطع (كورس). وعادة يتكون الكورس الواحد من صفيحة واحدة وجزء من صفيحة توضعان بالطول إحداهما محاذية للأخرى مع ترك فاصلة للحام 3.0 mm –1.5 ثم تلحم القطعتان. وبعد درفلتهما إلى أسطوانة ارتفاعها يساوي عرض الصفيحة يتكون المقطع (كورس). يجب إنجاز اللحام العرضي لكل المقاطع قبل البدء بلحامها طولياً، كما في الشكل (5-18).

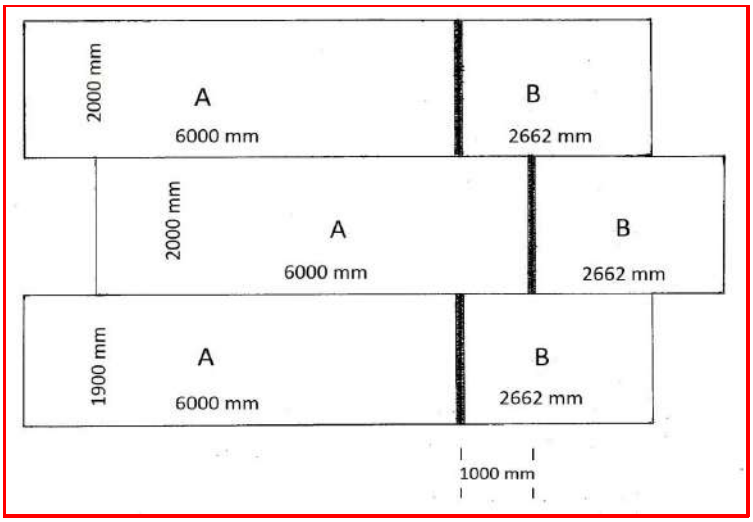


شكل 5-18 لحام الصفائح لغرض درفلتها إلى مقطع اسطواني

18. يلاحظ قياس عرض فرش ماكنة درفلة القشرة فيما إذا كان يستوعب درفلة مقطعين أو أكثر، فمثلاً إذا كان عرض فرشه 2500 mm فلن يتحمل أكثر من مقطع واحد في كل عملية درفلة. وإذا كان عرضه 5000 mm فيمكنه درفلة مقطعين ملحومين في كل عملية درفلة، أما إذا كان عرض الفرش 6000 mm أو أكثر فيمكن درفلة ثلاثة مقاطع دفعة واحدة. وعلى هذا الأساس يقرر ما إذا سيتم لحام مقطعين أو أكثر قبل الدرفلة أو اللجوء إلى درفلة مقطع واحد في كل مرة.

19. إذا كان بالإمكان درفلة ثلاثة مقاطع دفعة واحدة، فيجب وضع كل منها محاذية للأخرى بطريقة الحل والشد، كما مبين في الشكل (5-19) (لاحظ أن عرض المقطع الأخير يساوي طول القشرة مطروحاً منه مجموع عرض المقاطع الكاملة). بعد ذلك تلحم طولياً ثم تدرفل. وإذا لم يمكن درفلة أكثر من مقطع في المرة الواحدة، فيدرفل كل مقطع إلى أسطوانة وتلحم حافتاها، بعد ذلك تجمع المقاطع وتلحم.

20. لاحظ أن خطوط اللحام العرضية وعرض الصفائح سيكون موازياً للمحور الطولي للخزان، فيما ستكون خطوط اللحام العرضية موازية لطول الصفائح (ولإتجاه درفلة الصفائح الأصلي من المصنع) وستكون هذه الخطوط دوائر على محيط الخزان وموازية لاتجاه درفلة المقاطع، كما موضح في الشكل (5-20).

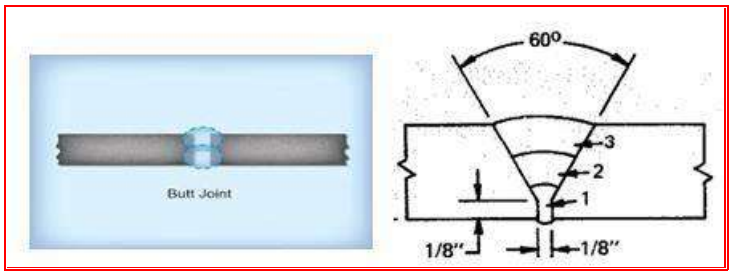


شكل 5-19 ترتيب المقاطع (الكورسات) لغرض لحامها مع بعضها البعض

21. لضمان دائرية قشرة الخزان نستعمل ما يسمى بالعنكبوت (Spider) وهو عبارة عن عمودين متساويين بالطول ومتعامدين يوضعان في داخل القشرة لإسنادها، كما في الشكل (5-20).

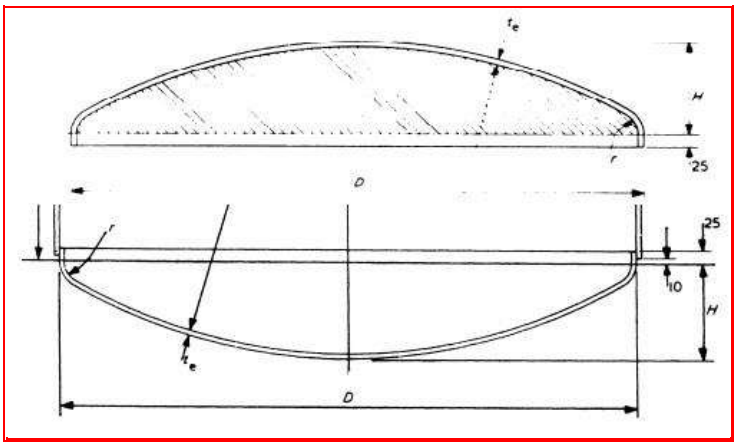
شكل 5-20 قشرة الخزان وتظهر في داخلها القضبان المتعامدة لمنع انبعاج المقطع الدائري إلى بيضوي

في حالة استخدام صفائح بسمك 6 mm تثبت القطع المراد لحامها بشكل تقابلي (تناكبي) مع ترك مسافة فجوة 3-2 mm بينهما. تستخدم أسلاك لحام E6013 بتمريرتين، واحدة على السطح العلوي ثم يقلب بحيث يظهر السطح السفلي ويلحم بالتمريرة الثانية، كما في الشكل (5-21) على اليمين، ولسمك 8 mm تكون وصلة اللحام التناكبية (Butt Joint) كما في نفس الشكل على اليسار.



شكل 5-21 الوصلات التناكبية (Butt Joints) لسمك 6mm (الشكل على اليمين)، ولسمك 8mm (الشكل على اليسار)

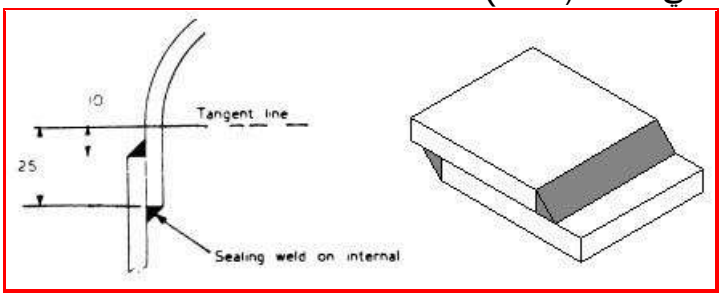
22. تلحم إحدى النهايات مع قشرة الخزان على طول المحيط من الداخل ومن الخارج، كما في الشكل (5-22).



شكل 5-22 نهاية الخزان (End of Tank) أو الصحن (Dish)، وكيفية تداخلها مع القشرة (Shell)

(لاحظ أن الجزء المستقيم من الصحن ارتفاعه 25 mm يدخل منها 15 mm في القشرة والباقي يكون موضعاً للحام).

22. تلحم النهاية مع القشرة على طــول المحيط من الداخل والخارج لحاماً مســتمراً بوصــلات ركنية (Fillet Joints)، كما في الشكل (5-23)



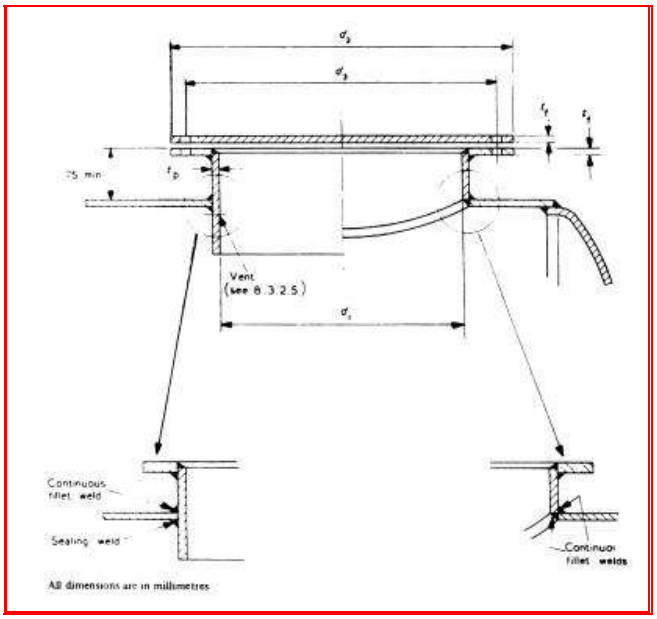
شكل 5-23 لحام نهاية الخزان مع القشرة بوصلات ركنية

23. تقطع الفتحات الدائرية للمانهولات وفتحات الأنابيب، ثم تلحم النهاية الثانية بنفس الطريقة. (هذه الفتحات ستفيد في دخول وخروج العاملين وفي التهوية ومد الأسلاك وغير ذلك من الأدوات).

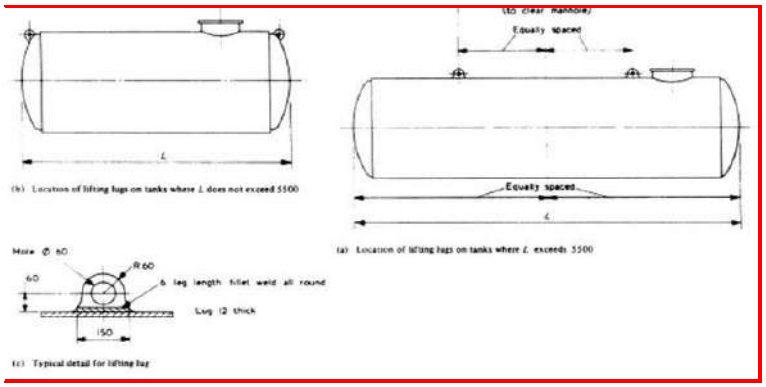
24. تلحم الفلنجات حسب الأبعاد المطلوبة في المواصفة والتي تتلخص بالقطر الداخلي 600 mm، والقطر الخارجي وقطر الفلنجة 720 mm، وارتفاع شفة المانهول لا يقل عن 75 mm، تصنع المانهولات من صفائح بسمك 6 mm، فيما تصنع الفلنجة وغطاء المانهول من صفيحة فولاذية بسمك 10 mm، تثقب الفلنجة 24 ثقباً قطر كل منها 18 mm، ويستعمل لإغلاق الغطاء البراغي ذات قياسM16، لاحظ الشكل (5-24).

25. تلحم حلقتا الرفع على أعلى الخزان بموازاة طوله بحيث تبلغ المسافة بينهما 2/3 الطول الكلي للخزان، ويكون بعد كل منهما عن منتصف طول الخزان 1/3 الطول الكلي للخزان، لاحظ الشكل (5-25).

26. يجمّع ويلحم الحاضنان ويثبتان عمودياً بحيث تبلغ المسافة بين منتصفيهما 4390 mm.

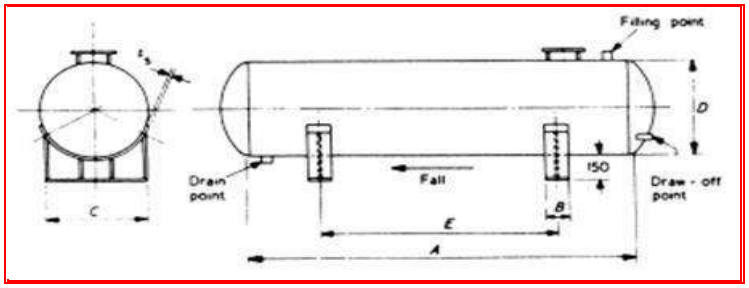


شكل 5-24 تفاصيل مواضع ووصلات لحام المانهول (Manhole)



شكل 5-25 مواضع لحام حلقتي الرفع لخزان طوله أكثر من 5500mm (اليمين)، ولخزان طوله لا يتجاوز 5500mm (اليسار) ، وشكل وتفاصيل حلقة الرفع ولحامها

(لاحظ الشكل). يرتفع أسفل الخزان عن الأرض 150 mm، عرض الرجل الواحدة بموازاة المحور الطولي للخزان 250 mm، فيما يبلغ عرض السرج (المسافة الخارجية بين الرجلين 2400 mm)، يصنع الحاضن من صفائح فولاذية بسمك 8 mm، لاحظ الشكل (5-26).



شكل 5-26 مواضع الأرجل والحاضنات وتفاصيلها

27. يرفع الخزان من حلقتي الرفع ثم يوضع برفق فوق الحاضنين، بحيث يتساوى الجزأين الخارجين من قشرة الخزان عن الحاضنين، كما في الشكل السابق. ثم يلحم الخزان مع الحاضنات لحاماً ركنياً.

28. تجري بعد ذلك أعمال التنعيم والتنظيف، ثم يخضع الخزان للفحص البصري والفحوصات الأخرى التي تتطلبها المواصفات الخاصة بالخزانات، ومن أهمها الفحص الهيدروستاتيكي لملاحظة احتمال وجود تسربات، وقد يطلب بعض المشترين الفحص بالضغط.

29. تجري بعد ذلك أعمال الإنهاء كالطلاء والصبغ ووضع العلامات وغير ذلك.

4-5 الحسابات الهندسية لتصنيع خزان أفقي ذي سعة 36000 L حسب المواصفة البريطانية

السعة المطلوبة للخزان = 36000 L

الأبعاد حسب المواصفة البريطانية:

- مادة التصنيع: فولاذ كاربوني A 283 (Grade C) حسب مواصفات الجمعية الأمريكية ASTM.
- سمك صفائح القشرة =6 mm ، سمك صفائح النهايات = 8mm
- أبعاد الصفيحة = 6000mm × 2000mm

- القطر الداخلي لقشرة الخزان = 2750mm
- متوسط قطر قشرة الخزان = القطر الداخلي + السمك = 2756mm
- الطول الكلي للخزان = 6588mm، طول قشرة الخزان = 5900mm
- القطر الخارجي للنهايات = 2750mm
- قطر الصفيحة التي تصنع منها النهايات = القطر الخارجي للنهاية + سمك الصفيحة

= 2750 + 8 = 2758mm

- القطر الداخلي للمانهول = 600mm ، القطر الخارجي لفلنجة المانهول = 720mm
- سمك المعدن المستخدم لجسم المانهول = 6mm، سمك المعدن المستخدم في الفلنجات = 10mm
- سمك المعدن المستخدم في الحاضنات والأرجل = 8mm
- تشكل النهاية من دائرة قطرها كما ذكرنا أعلاه = 2758mm
- لايمكن قطع دائرة بهذه الأبعاد من صفيحة واحدة لأن عرض الصفيحة أقل من قطر النهاية، فتقطع قطعة كبرى من دائرة قطرها 2758mm ، وارتفاعها هو عرض الصفيحة 2000mm . من الممكن أن يستخرج قطعتين بتلك الأبعاد من صفيحة واحدة، قطعة لكل نهاية.
- لإكمال الدائرة نحتاج إلى قطعة دائرة صغرى قطرها 2758mm وارتفاعها 758mm ، واحدة لكل نهاية، تقطع هاتان القطعتان الصغريان من نصف الصفيحة المتبقية من فصال القشرة.
- لتسهيل العمل على الدوائر ترسم الدوائر على ورق مقوى أو خشب معاكس خفيف أو صفائح بلاستك خفيفة، تسمى هذه النماذج (شابلونات) والغرض منها هو تخطيط الدوائر على الصفائح لغرض قطعها.

ملاحظـــة: يتم تجهيز النهايات جاهزة ومشكّلة على هيئة صحون بالأبعاد المحددة حسب المواصفة إلى قسم اللحام، لتلحم مع القشرة.

محيط مقطع الخزان = متوسط القطر × $\frac{22}{7}$ = $\frac{22}{7}$×2756 = 8662mm

أي نحتاج إلى صفيحة كاملة طولها 6000mm + قطعة صفيحة طولها = 8662 – 6000 = 2662mm (أقل من طول نصف صفيحة)، انظر الشكل (5-19).

-عدد المقاطع (الكورسات) اللازمة للقشرة= عدد المضاعفات الصحيحة لعرض الصفيحة + 1 عدد المضاعفات الصحيحة لعرض الصفيحة على طول قشرة الخزان = 2 عرض كل منها 2000mm

5900 – 2×2000 = 1900mm عرض المقطع الأخير (تقطع من الصفيحة شريحة على طول الصفيحة بعرض لا يزيد على 100mm)

إذا سَيكون لدينا ثلاثة مقاطع (2+1) أبعادها كما يأتي: 2000 + 2000 + 1900mm كل مقطع يحتاج إلى صفيحة ونصف تقريباً

ملاحظة: التقريب لغرض حساب عدد الصفائح، بينما الأبعاد يجب أن تكون دقيقة.
إذاً سنحتاج إلى صفائح كاملة عدد/3، ونحتاج أنصاف صفائح عدد /3 والتي تقطع بدورها من صفيحتين فيكون مجموع الصفائح المطلوبة للقشرة 5 صفائح، يتبقى منها نصف صفيحة سنحتاج إليها لاحقاً.
المجموع الكلي للصفائح اللازمة لجسم الخزان هي عدد /6 صفائح.

ملاحظة: العدد يعتمد على أبعاد الصفائح المتوفرة. وسنحتاج إلى صفيحة أخرى لتصنيع الحاضنات والأرجل، وقد نستفيد من القطع المتبقية من عمليات تصنيع سابقة.

حساب وزن الخزان:

وزن الخزان = وزن القشرة + وزن النهايتين + وزن الملحقات

وزن القشرة بالكيلوغرام =[متوسط القطر (cm) × $\frac{22}{7}$ × طول القشرة (cm) × السمك (cm) × كثافة الفولاذ($7.85g/cm^3$)] ÷ 1000 =2407 kg كيلوغرام.

وزن النهاية بالكيلوغرام = [(قطر الصفيحة الكلي)^2 (cm^2) ÷ 4 × $\frac{22}{7}$ × سمك الصفيحة (cm)× كثافة الفولاذ ($7.85g/cm^3$)] ÷ 1000 =281.5 kg.

وزن القشرة + وزن النهايتين = 2407 + 2×281.5=2970 kg.

إذاً سيكون الوزن الكلي للخزان وهو فارغ بحدود 3500 kg - 4000 أي 3.5إلى 4 Ton.

حساب كمية اللحام:

- لدينا خطوط لحام ذات وصلات تراكبية مربعة تقريباً مع تقوية السطحين العلوي والسفلي، هذه الخطوط على نوعين: خطوط لحام طولية بموازاة محور الخزان وخطوط لحام محيطية بموازاة محيط الخزان.

مجموع أطوال خطوط اللحام الطولية = 2 لكل مقطع (كورس) × عدد المقاطع × طول قشرة الخزان (لكل مقطع خط يربط القطعتين A،B وخط يربط طرفي الأسطوانة)

= 2 × 3 × 5900 = 35400mm (÷ 10) = 3540cm

(تقسم أطوال خطوط اللحام ÷ 10 لتحويلها من المليمترات إلى السنتمترات)

خطوط اللحام المحيطية بدورها هي على نوعين:خطوط لحام محيطية ذات وصلة تناكبية مجموع أطوالها:

2 × متوسط قطر الخزان × 22/7

= 2 × 2756 × 7/22 =17323mm =1735cm تقريباً

- خطوط لحام محيطية ذات وصلة تراكبية، من الداخل ومن الخارج لوصل كل نهاية مع القشرة مجموع أطوالها: 2 × 2 × متوسط قطر الخزان × 7/22

= 2 × 2 × 2756 × 7/22 = 34650mm = 3465cm تقريب

مجموع خطوط اللحام ذات الوصلة التناكبية = 3540 + 1735 =5275cm

مجموع خطوط اللحام ذات الوصلة التراكبية = 34.65cm

مساحة مقطع الوصلة التناكبية لسمك 6mm = $33mm^2$

نضرب مساحة مقطع الوصلة التناكبية × مجموع أطوال خطوط اللحام التناكبية × كثافة الفولاذ/1000

= 30 × 52.75 × 7.85 ÷ 1000 =12.5 kg

(حيث أن مساحة مقطع وصلة اللحام = $30mm^2$ ، ارجع في ذلك إلى المهندس المسؤول أو إلى المصادر الهندسية المختصة)

مساحة مقطع الوصلة التراكبية لسمك 6mm على 8mm = $30mm^2$

بنفس الطريقة نضرب مساحة مقطع الوصلة التراكبية × مجموع أطوال خطوط اللحام لنفس الوصلة × كثافة الفولاذ/1000 = 30 × 34.65 × 7.85÷ 1000 =8 kg

20.5 kg= 8 +12.5 بافتراض كفاءة لحام 100%

وبما أن كفاءة لحام القوس الكهربائي اليدوي هي بحدود 60%، نقسم وزن اللحام على 0.60 ، فيتم الحصول على ما يقارب 35 kg من أسلاك اللحام، وهي تعادل 7 علب من أسلاك لحام E6013 من النوع المتوفر في الأسواق.

حساب زمن اللحام:

- يقدر المعدل التقريبي لترسيب المعدن لسلك لحام E6013 حوالي 1.5kg /hr
- 35kg ÷1.5kg/hr = 24 ساعة لحام، بافتراض أن معامل التشغيل هو0.25 ، فإن عدد الساعات الكلية للحام = 24 ÷ 0.25 = 96 ساعة عمل

عدد أيام العمل (بافتراض أن عدد ساعات العمل الفعلية 6 ساعات في اليوم) = 96 ÷ 6 = 16 يوم عمل

إذا كان عدد اللحامين 2 فإنه يمكن أنجاز العمل في 8 أيام عمل، ينفذه فريق عمل يضم لحامين اثنين ومساعدين اثنين ورئيس عمال واحد، (إضافة إلى الكادر الهندسي والإداري)، يمكن تقليص المدة الزمنية إلى النصف وربما إلى الثلث، باستخدام طريقة لحام MIG/MAG، وكذلك تخفيض التكاليف.

حساب الكلفة: يتم احتساب الكلفة الكلية بجمع كلفة المواد من صفائح وأسلاك لحام (وربما غازات حماية في حالة استخدام طريقة لحام MIG/MAG)، وكلف استخدام العدد والأدوات والخدمات + أجور العمل + الكلف الإدارية.

التمارين العملية

- **التمرين الأول: تشكيل ملقط حدادي بواسطة الأفران الحدادية (عملية الطرق)**

أولاً: الأهداف التعليمية: يجب أن يكون الطالب قادراً على تشكيل المعادن بواسطة الطرق على المعادن.

مكان التنفيذ: قسم المعادن / وحدة الحدادة الزمن: 4 ساعات

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد،عدد،أجهزة): فرن حدادي (Blacksmith Furnace)، منظم غاز ذو ضغط عالي،مشغل حدادي،قدّاحة، قطعتان من القضيب المدور قطر من الحديد المطاوع (20 mm) وبطول (40cm)، قطعتان من العمود المدور طول ضلعه (15 mm) من الحديد المطاوع، شاخص طوله (1 m)، بدلة عمل، صدرية جلدية، ردن جلد، كفوف جلدية، حذاء جلدي، واقية رأس، نظارات واقية بيضاء، ملقط حدادة ذو رأس مدور، مطرقة حدادة (2 kg)، مطرقة حدادة (3 kg)، ماكنة تجليخ كهربائية متحركة (كوسرة طيارية)، ضبعات، مسطرة حديدية طول(30 cm)، سندان حدادة، أرقام، طباشير ابيض، حوض فيه ماء، رسم توضيحي.

ثالثاً: خطوات العمل،النقاط الحاكمة،معيار الأداء،الرسومات

1. ارتد بدلة العمل، الصدرية الجلدية، ردن جلدية ،كفوف جلدية، واقية الرأس، الحذاء الجلدي، نظارة بيضاء، لمراعاة السلامة المهنية.	
2. ضع منظم الغاز في قنينة غاز السائل وافتح منظم الغاز مع التأكد من عدم تسرب الغاز من الأنبوب المطاطي	
3. أشعل فرن الحدادة بقداحة معدنية	
4. أغلق باب الفرن لغرض التسخين على أن يكون أنبوب التنفيس مفتوحاً	

5. حدد قياس العمود المربع بطول(300 mm) بواسطة المسطرة والشنكار	
6. اقطع العمود المدور وبعدد (2) بواسطة قرص القطع (الكتر) الكهربائي	
7. ضع العمود المدور عدد(2) والعمود المربع عدد (2) في الكورة باستخدام الشاخص لوضعها داخل الكورة لغرض تسخينها إلى درجة الاحمرار وهي (750°C).	
8. اسحب احد القطعتين من العمود المدور إلى باب الكورة بواسطة الشاخص وبعد التأكد من احمرارها أخرجها بواسطة الملقط ذو الرأس المدور على أن يكون المسك بإحكام مع مراعاة السلامة المهنية.	
9. ضع رأس العمود على السندان وحسب الشكل والطرق على حافة العمود لعمل سلبة (شطف)	
10. كرر الخطوات (7)، (8)، (9) للقطعة الأخرى ثم ادخلها في الفرن مرة أخرى	
11. شكل التمرين كما في الشكل	
12. شكل التمرين كما في الشكل	

13. شكل التمرين كما في الشكل	
14. شكل التمرين كما في الشكل	
15. شكل التمرين كما في الشكل	
16. اجعل القطعتين متناظرتين	
17. ضع قطع التمرين على قوالب (ضبعات) واطرق لغرض تشكيل الأقواس	
18. ضع قطع التمرين على طرف السندان وقم بالطرق للتشكيل وكما موضح بالشكل	
19. اسحب قطع التمرين من الفرن واعمل الثقب في المكان المطلوب بواسطة ثاقب مصنوع من الفولاذ وكما في الشكل	

20. قم بالتعديلات النهائية لشكل التمرين بالطريقة الموضحة	
21. اسحب العمود المربع من الفرن وقم بطرقه من الأطراف لعمل سلبة لغرض لحامه بالطرق مع الجزء المشكل من العمود المدور وإعادته للفرن لغرض التسخين	
22. اخرج القطعتين من الفرن بعد تسخينهما لدرجة الاحمرار وضعهما على السندان بصورة تراكبية وكما في الشكل	
23. اطرق على منطقة الترابط بين القطعتين بواسطة المطرقةkg(3) بعد وضع مسمار الربط وكما مبين بالشكل	
24. سخن قطعة التمرين لدرجة الاحمرار لضمان سهولة التشكيل	
25. سخن القطعة إلى درجة الاحمرار لغرض الترقيم.	
1. برد القطعة في حوض الماء	
2. أغلق منظم الغاز مع رفع المنظم من القنينة	
3. ضع العدد والأدوات والآلات المستخدمة في عملك إلى مكانها المخصص	
4. نظف موقع العمل مع التأكد من غلق كل الصمامات والكهربائيات العائدة إلى الأجهزة المستخدمة لمراعاة السلامة المهنية.	

استمارة الفحص

تمرين (1)

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب: **الصف:** الثالث **التخصص:** اللحام وتشكيل المعادن

اسم التمرين: تشكيل ملقط حدادي بواسطة الطرق

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1	ارتداء بدلة العمل ومستلزمات السلامة المهنية	5		
2	وضع المنظم بالقنينة	3		
3	تهيئة الفرن وغلق باب الفرن بأحكام	5		
4	قطع العمود الفولاذي بجهاز القطع الكهربائي	5		
5	تحديد مكان الطرق	4		
6	وضع القطع في الفرن	5		
7	سحب القطع من الفرن	5		
8	الطرق على القطعتين لغرض الربط والتوصيل	10		
9	توقف الطرق عند اختفاء اللون الأحمر وإعادة التسخين	5		
10	تكرار الطرق لحين الوصول إلى الشكل المطلوب	20		
11	عمل الشطف على رأس العمود بالطرق	10		
12	تبريد القطعة	5		
13	ترقيم القطعة	5		
14	تنظيف مكان العمل والعدد والآلات ووضعها في المكان المخصص لها	5		
15	الوقت	8		
	المجموع			

الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% على أن يكون ناجحا في الفقرات 10، 11

اسم وتوقيع المدرب اسم وتوقيع المدرب اسم وتوقيع رئيس القسم

التمرين الثاني:تشكيل عكس (Duct) من صفيح الفولاذ المغلون

مكان التنفيذ: ورشة اللحام وتشكيل المعادن الزمن: 4 ساعات

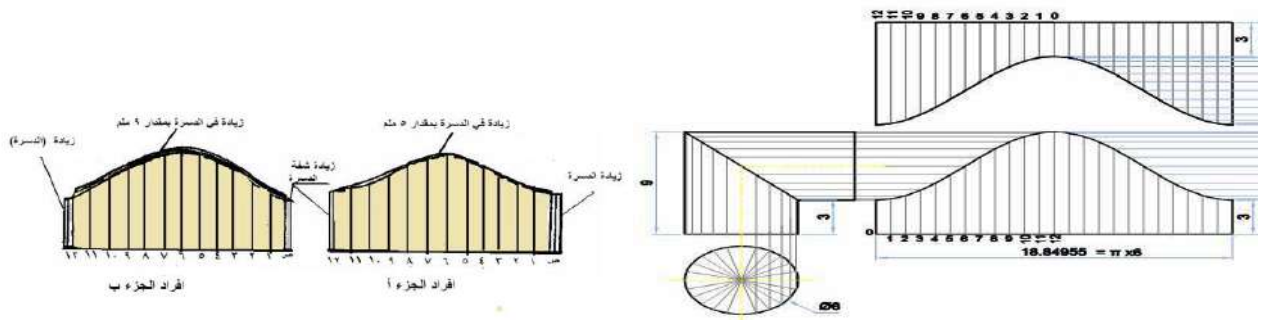
أولاً: الأهداف التعليمية: يجب أن يكون الطالب قادراً على إتقان تشكيل وتجميع عكس (Duct) بعملية الدرفلة وتجميعها واللحام بالقصدير.

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد،أجهزة)
ماكنة الحني، ماكنة القص، صفيح فولاذ مغلون، مقص يدوي، كلابتين (بلايس)، قارصة، مثقاب يدوي، بدلة عمل، صدرية جلدية، كفوف جلدية، سندان حدادة، صولدر لحام، مطرقة، كاوية لحام، أرقام، رسم توضيحي.

ثالثاً: خطوات العمل،النقاط الحاكمة،معيار الأداء،الرسومات

2. ارتد معدات الوقاية الشخصية ويتم ارتداؤها حسب خطوة التمرين لمراعاة السلامة المهنية.	

2. خطط التمرين على صفيح الفولاذ المغلون بواسطة المسطرة والشنكار على انفراد العكس المراد عمله وكما مبين بالشكل



3.قص صفيح الفولاذ المغلون المخطط لأجزاء العكس كافة بواسطة المقص اليدوي والمقص الكهربائي وماكنة القص وحسب متطلبات التمرين.	
4. قم بعملية الدرفلة للصفائح الفولاذية بواسطة ماكنة الدرافيل الأسطوانية	
5. تشكيل الصفيحتين بالاستعانة بالسندان (استخدم الجزء الأسطواني منه) أو بماكنة الدرفلة وقم بتثبيت جزئي التمرين باستعمال آلة الثني مع استعمال المطرقة الخشبية والسندان الأسطواني وثني شفتي التوصيل لجزئي التمرين.	
6. قم بعملية لحام العكس بالقصدرة	
7. رقم التمرين بواسطة الأرقام والمطرقة	
8. ضع العدد والأدوات في مكانها المناسب	
9. نظف الأجهزة والمكائن والآلات والعدد ومكان العمل	

التمرين الثالث:عمل غطاء لعكس من صفيح الفولاذ المغلون

مكان التنفيذ: ورشة اللحام وتشكيل المعادن الزمن: 4 ساعات

أولاً:الأهداف التعليمية: يجب أن يكون الطالب قادراً على تشكيل غطاء من صفيح الفولاذ المغلون

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد،عدد،أجهزة)

مخرطة، ماكنة القص، صفيح الفولاذ المغلون، مقص يدوي، كلاب ذوفكين (بلايس)،قارصة، عتلة قرصية، قلم قطع، قالب، بدلة عمل، صدرية جلدية، كفوف جلدية، نظارات واقية بيضاء، سندان حدادة، مطرقة، أرقام، رسم توضيحي.

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء،الرسومات

1. ارتد معدات الوقاية الشخصية ويتم ارتداؤها حسب خطوة التمرين لمراعاة السلامة المهنية.

2. خطط التمرين على صفيح الفولاذ المغلون بواسطة المسطرة والشنكاروالفرجال الحديدي وعلى شكل دائرة بالقياس المطلوب.

3. قص صفيح الفولاذ المغلون المخطط وحسب خط الدائرة بواسطة المقص اليدوي أو المقص الكهربائي أو ماكنة القص وحسب متطلبات التمرين وكما مبين بالشكل.

4. ضع القالب على عينة الماكنة الدوارة وضع قطعة التمرين بين القالب وقطعة الحصر المثبتة بغراب الماكنة وكما مبين بالشكل

5. شغل الماكنة (الشبيهة المخرطة) وتوجيه عتلة فيها قرص متحرك من الفولاذ لغرض دفع الشغلة على القالب

6. كرر الضغط بواسطة العتلة على الشغلة باتجاه القالب وكما مبين بالإشكال

7. اقطع الشكل الدائري الداخلي المتصل بواسطة قلم قطع مثبت على عتلة
8. رقم التمرين بواسطة الأرقام والمطرقة
9. ضع العدد والأدوات في مكانها المناسب
10. نظف الأجهزة والمكائن والآلات والعدد ومكان العمل

التمرين الرابع: عمل شباك ألمنيوم

مكان التنفيذ: ورشة اللحام وتشكيل المعادن الزمن: 4 ساعات

أولاً: الأهداف التعليمية: يجب أن يكون الطالب قادراً على عمل هيكل الشباك وتجميعه

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد،عدد،أجهزة)

ماكنة القص القرصية، مقاطع ألمنيوم مختلفة، قطع بلاستيكية، برايم، كلابتين (بلايس)، قارصة، مفك، مثقاب يدوي، مفصل شباك (نرمادة) عدد (2)، مقبض، بدلة عمل، صدرية جلدية، كفوف جلدية، منضدة عمل، مطرقة، مسطرة قياس، زاوية قائمة، أرقام، رسم توضيحي.

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات

1- ارتد معدات الوقاية الشخصية ويتم ارتداؤها حسب خطوة التمرين لمراعاة السلامة المهنية.	
2- خطط مقاطع الألمنيوم وألواحها بواسطة القلم والمسطرة للقياسات المطلوبة	
3- اقطع مقاطع الألمنيوم بزاوية 45° وحسب القياسات المطلوبة	
4- اقطع ألواح الألمنيوم بزاوية 45° وحسب القياسات المطلوبة	

5- اقطع ألواح البلاستك بزاوية 45° وحسب القياسات المطلوبة والمماثلة لقياسات مقاطع الألمنيوم والألواح

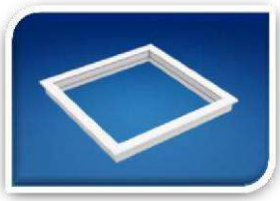
6- ادخل ألواح البلاستك في مقاطع الألمنيوم واربطهما بالبراغي المخصصة لذلك وكما في الشكل

7- اثقب القواطع بواسطة المثقب الكهربائي بعد ربط ألواح الألمنيوم بقواطعه وكما مبين بالشكل

8- اثقب جوانب القواطع بواسطة المثقب الكهربائي وكما مبين بالشكل وأغلق هذه الثقوب لتثبيت هيكل الشباك بالجدار

9- ضع القواطع كما في الشكل ثم قم بسنفرة حافات التقاء القواطع بواسطة ورق السنفرة

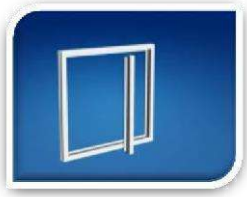
10- اربط القواطع الأربعة كما في الشكل



11- أزل زوائد الحافات

12- اقطع ألواح الألمنيوم كما في الشكل بواسطة القاطع ا كهربائي

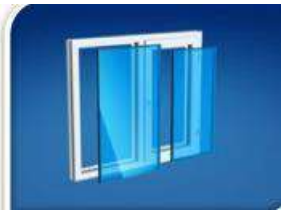
13- اربط قطعة الألمنيوم بالهيكل وكما مبين بالشكل

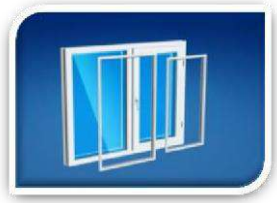


14- ربط الإطارات بالهيكل وكما مبين بالشكل بعد وضع الإطار المطاطي

15- اربط مفتاح (مقبض) لفتح وغلق الشباك في إطار الألمنيوم وكما مبين في الشكل مع تثبيت المجموعة على هيكل الشباك

16- اربط زجاج الشباك وكما مبين بالشكل



17- اربط إطارات البلاستك فوق الزجاج	
18- رقم التمرين لدلالة عائديه التمرين لك	
19 - ضع العدد والأدوات في مكانها المناسب	
20- نظف الأجهزة والمكائن والآلات والعدد ومكان العمل	

التمرين الخامس: تشكيل شبكة تسليح بقضبان معدنية بواسطة ماكنة حني أو بواسطة قالب صنع محلي

مكان التنفيذ: ورشة تشكيل المعادن الزمن: 4 ساعات

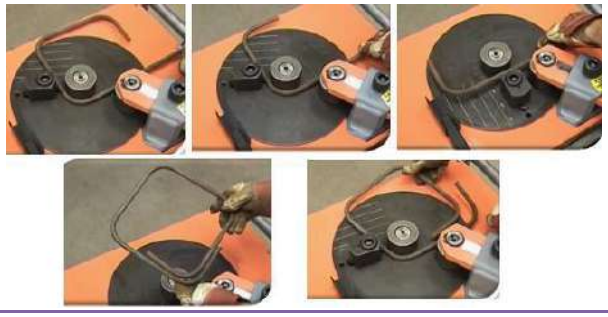
أولاً: الأهداف التعليمية: يجب أن يكون الطالب قادراً على تشكيل شبكة تسليح بقضبان معدنية.

ثانياً: التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة)

ماكنة الحني، مقص كهربائي أو يدوي، عتلة حني، أنبوب مجوف، قضيب معدني10 mm(3/8 Inch)، بدلة عمل، صدرية جلدية، كفوف، مسطرة حديدية، طباشير، رسم توضيحي

ثالثاً: خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات

1. ارتد معدات الوقاية الشخصية ويتم ارتداؤها حسب خطوة التمرين لمراعاة السلامة المهنية.	
2. خطط التمرين على القضيب المعدني بواسطة المسطرة والطباشير وحسب القياس المطلوب للشبكة	
3. اقطع القضيب المعدني بواسطة المقص	
4. ضع القضيب المعدني على ماكنة الحني أو القالب اليدوي لحني القضيب وكما في الشكل	

5. كرر عملية حني القضيب وفق تأشير القياسات المخططة لحين إكمال الشبكة 
6. رقم التمرين ثم ضع العدد والأدوات في مكانها المناسب
7. نظف الأجهزة والمكائن والآلات والعدد ومكان العمل

أسئلة الفصل الخامس

س1) ضع علامة(**صح**) أمام العبارة الصحيحة وعلامة(**خطأ**) أمام العبارة الخاطئة:

1. تزداد قابلية المعدن للتشكيل على البارد بزيادة درجة الحرارة.
2. يعمل التشكيل على الساخن إلى تغيير كبير في أبعاد وشكل قطعة العمل.
3. عملية السحب العميق تكون على الساخن عندما يكون المعدن ذو سمك رقيق.
4. الثني هي إحدى عمليات التشوه المرن للمعدن التي تعطيه شكلاً منحنياً.

س2) ماذا يعني كلٍ مما يأتي:

1.السحب العميق 2. الدرفلة 3. البثق 4. الطرق 5. الثني

س3) عدد أهم عمليات تشكيل المعادن، وما هي أقسامها؟

س4)عدد أنواع عمليات البثق.

س5) ما هي ميزات التشكيل على البارد؟

س6) اذكر خطوات تنفيذ تشكيل الملقط الحديدي بالطرق على الساخن.

س7) اذكر خطوات تنفيذ الكوع وكما مبين في الشكل أدناه بواسطة السمكرة ولحام القصدير.

س8) اذكر خطوات تنفيذ عمل شبكة قضبان تسليح وكما مبين في الشكل.

س9) ما هي الأجزاء الرئيسة للخزان؟ وما هي الخطوات الرئيسة لتصنيعه؟

س10) ما نوع وصلات اللحام في قشرة الخزان؟ وضح بالرسم.

س11) ما نوع وصلات اللحام لربط القشرة بنهاية الخزان (الصحن)؟ وضح بالرسم.