الباب الأول

المقدمة

1-1 مقدمة عامة:

عرف اللحام منذ أمد بعيد قبل الميلاد بألاف السنين وأنه قامت منه حضارات قديمة واندثرت واختفت أثارها وأن تلك الحضارات ربما فاقت حضارات اليوم ويتضح ذلك جلياً في قصة "ذي القرنين" فقد أوتي علما كما جاء في القرآن الكريم. قال تعالى: **(إِنَّا مَكَّنَّا لَهُ فِي الْأَرْضِ وَآتَيْنَاهُ مِن كُلِّ شَيْءٍ سَبَبًا)** الكهف الآية: (84) وقام ببناء سداً منيعاً من الحديد مستخدما طريقة اللحام.

يعرف اللحام بأنه عملية يتم فيها وصل مادتين (عادة معدنيين) ببعض بشكل يعطى صلادة دائمة. ويتم ذلك عن طريق رفع درجة الحرارة والضغط أو بدون ضغط حسب الحالة الميتالورجية المطلوبة للوصلة.

في العصر القديم منذ 3000 آلاف سنة استخدمت طريقة اللحام بالحدادة عن طريق العالم بلاك سميث، وسمي باسمه. أما اللحام بالضغط فقد جاء نتيجة تطور الطريقة السابقة، وفي نهاية القرن التاسع عشر 1885 تم اكتشاف طريقة اللحام بالصهر نتيجة اكتشاف لهب الأوكسي استلين، وطريقة اللحام بالصهر هي وصل معدنين عن طريق صهرهما بالتسخين ودمجهما معا حتى يصبحان معدن واحد.

وبعد اكتشاف الكهرباء اكتشفت طريقة القوس الكهربي بين الكترود من الكربون والشغلة. نجد أن اللحام منذ اكتشافه إلى وقتنا الحاضر يتطور مصاحبا للتطورات المختلفة في حياة الإنسان أو بالأحرى يتطور ليوفر جميع حاجيات التطور الصناعي في شتى المجالات المختلفة، إذ هو العنصر الأساسي لتلك التطورات، إذا كان لابد من تطور طرق وماكينات اللحام المستخدمة في إنجاز الوصلات المختلفة في جميع أنواع المعادن، ما يعرف باللحام الحديث وهو اللحام الذي يتم فيه استخدام أحدث الطرق والأجهزة التي صنعها الإنسان.

1-2 مشكلة البحث:

تكمن مشكلة البحث في وجود مشاكل في التصميم وعيوب في وصلات اللحام مما يؤدي إلى تلف الوصلة أو إنهيارها بعد فترة من الزمن.

1-3 أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في تقديم توجيهات وحقائق يجب أخذها في الإعتبار لتفادي حدوث عيوب ومشاكل في وصلات اللحام وذلك لتحقيق وصله لحام ذات بنية أكثر متانة وتحملاً للإجهادات ومناسبة للحمل المسلط عليها وذات عمر أطول.

1-4 أهداف البحث:

معرفة الإعتبارات التصميمية المناسبة التي يجب إتخاذها عند عمل وصلات اللحام تحت الأحمال المختلفة.

1-5 مجال البحث:

دراسة تطبيقية تبحث في معرفة الإعتبارات التصميمية التي يجب إتخاذها لعمل وصلات من معدن الStructural Steel S235JR بواسطة لحام ال MAG ومن ثم عمل إختبارات إتلافية ولا إتلافية لمعرفة جودة الوصلات التقابيلة والوصلة ذات الزاوية الدخلية حرفT وذلك في مجمع اليرموك للتصنيع الحربي.

1-6 المنهجية:

البداية
دراسة أنواع وعمليات اللحام وعيوبها
(دراسات سابقة)
عمل زيارة ميدانية لمجمع
اليرموك للتصنيع الحربي
دراسة لأنواع وعمليات
اللحام الموجودة بالمصنع
تطبيق عينات بواسطة
لحام ال MAG
عمل إختبارات إتلافية
ولا إتلافية للعينات
دراسة نتائج العينات و
مقارنتها بالمواصفات القياسية
وضح الحلول والإعتبارات
المناسبة وفق النتائج
النهاية

الباب الثاني

الإطار النظري والدارسات السابقة

2-1 أنواع اللحام:

وفقاً لنوع الطاقة المستخدمة ينقسم اللحام إلى:

2-1-1 اللحام الميكانيكي:

وفيه تستخدم الطاقة الميكانيكية التي تسبب انفعالات لدنة في منطقة اللحام بحيث تكون هذه الانفعالات كافية للحصول على الوصلة الملحومة. ومن هذه الطرائق: اللحام على البارد واللحام الاحتكاكي واللحام بالانفجار .

2-1-2 اللحام الكيميائي:

وفيه تحول الطاقة الكيميائية إلى حرارية يبلغ فيها المعدن حالة الانصهار من دون تسليط أي ضغط خارجي. ومن هذه الطرائق: اللحام الغازي بالصهر.

2-1-3 اللحام الكهربائي :

وفيه تحول الطاقة الكهربائية إلى حرارية لصهر حواف القطع المواد لحامها، ومن هذه الطرائق: اللحام بالقوس الكهربائي يدويا أو نصف آلي أو آليا واللحام الكهربائي الخبثي بنشر حرارة عالية عند مرور تيار كهربائي بالخبث، واللحام بالأشعة الإلكترونية، واللحام بتحريض تيار كهربائي ذي ترددات عالية، واللحام بأشعة الليزر.

2-1-4 اللحام الكهروميكانيكي:

وفيه تحول الطاقة الكهربائية إلى حرارية لتسخين المعدن إلى ما دون حالة الانصهار، يتبعها تسليط قوى ضغط خارجية لإحداث انفعالات لدنة في سطحي القطعتين لوصلهما، ومن هذه الطرائق: طريقة اللحام الكهربائي بالتماس (وتدعى أحيانا بطريقة لحام المقاومة).

2-2 اللحام وفقا لحالة المعدن:

وفقا لحالة المعدن في منطقة اللحام في اثناء عملية اللحام ينقسم اللحام إلى:

2-2-1 اللحام بالضغط:

تتم عملية اللحام بالضغط عند درجة حرارة أقل من درجة حرارة انصهار المعدن المراد لحامه، اذ بتسليط ضغوط خارجية يمكن لحام القطعتين وهما في الحالة الصلبة شريطة أن تكون هذه الضغوط كافية لإحداث انفعالات لدنة في سطحي القطعتين المراد وصلهما، وتشمل هذه المجموعة: اللحام الاحتكاكي، اللحام على البارد، اللحام بالغاز والكبس، اللحام الكهربائي بالتماس (لحام المقاومة) اللحام بالانتشار، اللحام بالانفجار، اللحام بالأمواج فوق الصوتية اللحام بالتطريق.

2-2-2 اللحام على البارد:

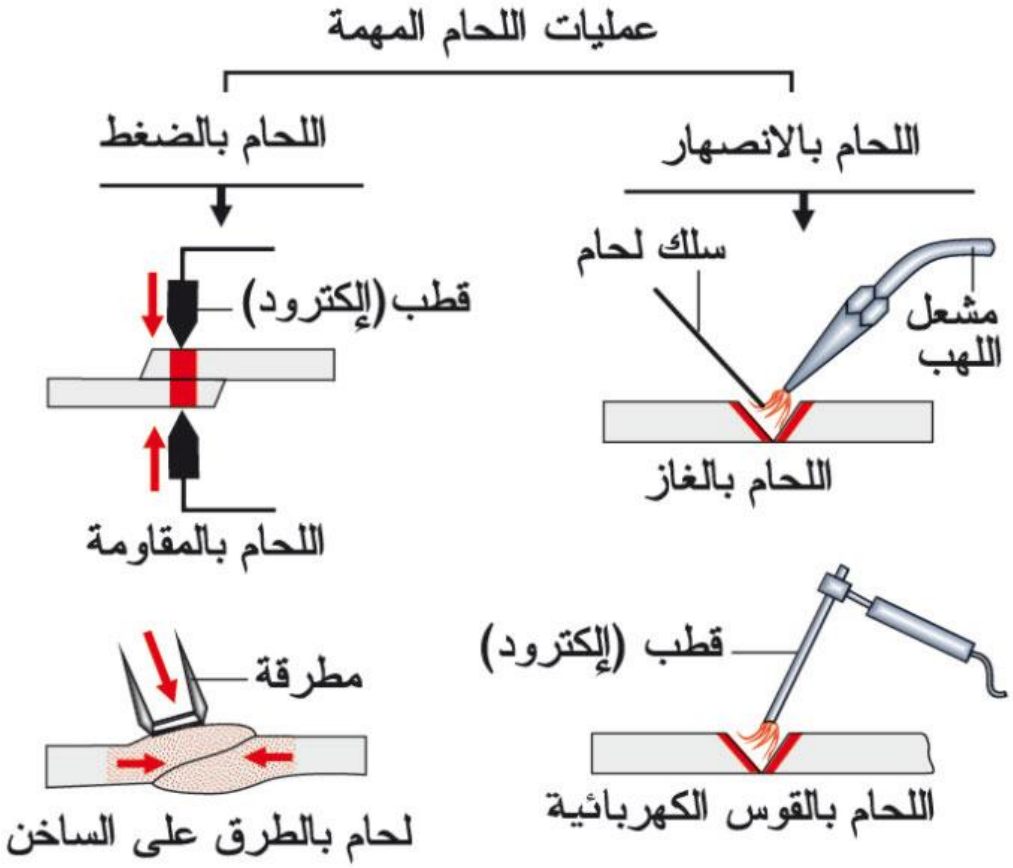
تعد هذه الطريقة إحدى طرائق اللحام بالضغط، ويتم بهذه الطريقة الحصول على وصلات لحام بإحداث انفعالات لدنة كبيرة في سطحي القطعتين المراد وصلهما من دون أي تسخين خارجي لهاتين القطعتين. فتوضع الصفيحتان المراد لحامهما متراكبتين وتحصران بمقبضين لمنع حدوث انتفاخ عند تعرض الصفيحتين للضغط، ويتم ضغطهما برأسي كبس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

2-2-3 اللحام بالغز والكبس:

يشبه مبدأ اللحام بالغاز والكبس مثيله في اللحام بالتطريق، ولكن تسخين القطع المراد لحامها بهذه الطريقة يتم باستخدام اللهب الناتج من احتراق الغازات، ويمكن التحكم باستطاعة هذا اللهب

وتركيزه بدقة على النقاط المراد تسخينها قبل الضغط عليها. ويتم التسخين إما تدريجياً مع الضغط على النقطة الساخنة، أو تسخين المقطع المراد لحامه كاملاً مع الضغط في آن واحد في الشكل (2-1). وفي الحالة الثانية يُسخن المقطع جانبياً أو تُسخن الحواف فقط؛ فإذا كان التسخين من الجانب فإنه يمكن تطبيق الضغط على القطع في أثناء التسخين باللهب، أما إذا سُخنت الحواف فقط، فيجب إبعاد اللهب قبل تسليط الضغط على القطع. ولما كان إبعاد اللهب بفاصل زمني قصير حتى لحظة تسليط الضغط، يؤدي إلى تأكسد سطوح الحواف بفعل أكسجين الهواء، فإن تسخين هذه الحواف يجب أن يتم حتى حالة الانصهار، بهدف عصر المصهور السطحي المؤكسد خارج منطقة اللحام لدى تسليط الضغط، ثم يتم لحام سطحي الحواف النظيفين تماماً والخاليين من الأكاسيد.

يستخدم لهب الأكسي – أستيلين عادة لتسخين المقطع؛ إذ تصل درجة حرارة هذا اللهب إلى 3000 درجة مئوية. وتستخدم طريقة اللحام بالغاز والكبس في إجراء اللحامات التناكبية للأنابيب ومجموعة الوصلات في السكك الحديدية التي تكون مصنعة من الفولاذ الكربوني المنخفض الكربون.



الشكل (2-1): يوضح طريقة اللحام بالغاز واللحام بالضغط

2-2-4 اللحام الكهربائي بالتماس:

يعد اللحام الكهربائي بالتماس احد طرائق اللحام بالضغط ، وتتم عملية اللحام بتسخين القطع المراد لحامها بطريقة المقاومة الكهربائية اذ تتولد حرارة كبيرة جدا عند مرور تيار كهربائي عبر سطوح التماس بين القطعتين ففي المرحلة الاولى يرفع الضغط الميكانيكي عن القطعتين لتحقيق التماس بين سطحيهما وفي المرحلة الثانية يوصل التيار مع بقاء الضغط ثابتا، وفي المرحلة الثالثة يقطع التيار ويزاد الضغط ثم ينخفض تدريجيا وتترك الوصلة لتبرد تتعدد أساليب اللحام الكهربائي بالتماس فمنها: لحام التماس التناكبي(بالمقاومة – بالصهر) ولحام التماس النقطي ولحام التماس بالدرز المستمر أو المتقطع ولكل من هذه الأساليب تقانته وميزاته ومجالات استخدامه المتعددة.

2-2-5 اللحام بالانتشار:

هو أحد طرائق لحام الضغط الحديثة والخاصة وتتم عمليه اللحام نتيجة الانتشار المتبادل بين ذرات السطوح المتلامسة وعند درجه حرارة مرتفعة ومؤثرة لمده قد تطول نسبيا اضافة الى توافر انفعالات لدنه غير كبيرة وتتم عملية اللحام باستخدام الات لحام خاصه اذ توضع القطعتان في حجره مفرغه تماما من الهواء (مخلاة) ويحافظ على الخلاء في الحجرة عند تسخين القطع لحمايه سطوحها من الأكسدة والنترجة ويتم التسخين بمولد كهربائي ذي ترددات عالية أما تسليط الضغط اللازم فيتم بواسطه مجموعة هيدروليكية ثم تبرد الوصلات اللحامية الى درجه حراره الغرفة المخلاة نفسها تستخدم طريقه اللحام بالانتشار في لحام الوصلات الصعبة والدقيقة في بعض الاجهزة الحديثة وفي صناعة فوهات اللحام من معدن التنجستين وفي صناعة الصمامات الكيميائية والغازية كما يستخدم اللحام بالانتشار على نطاق واسع في الصناعات الالكترونية وتضمن هذه الطريقة الحصول على وصلات لحام مقاومة للاهتزازات ولدرجات الحرارة المرتفعة نسبيا مع الحفاظ على أبعاد القطع الملحومة وشكلها بدقة عالية ويمكن بهذه الطريقة لحام رقائق دقيقة جدا (من 3 الى 8 ميكرونات) من معدن النيكل أو الالمنيوم مع سماكات كبيرة وتراوح السماكات التي يمكن لحامها بهذه الطريقة بين عدة ميكرونات وعدة سنتيمترات.

2-2-6 اللحام بالانفجار:

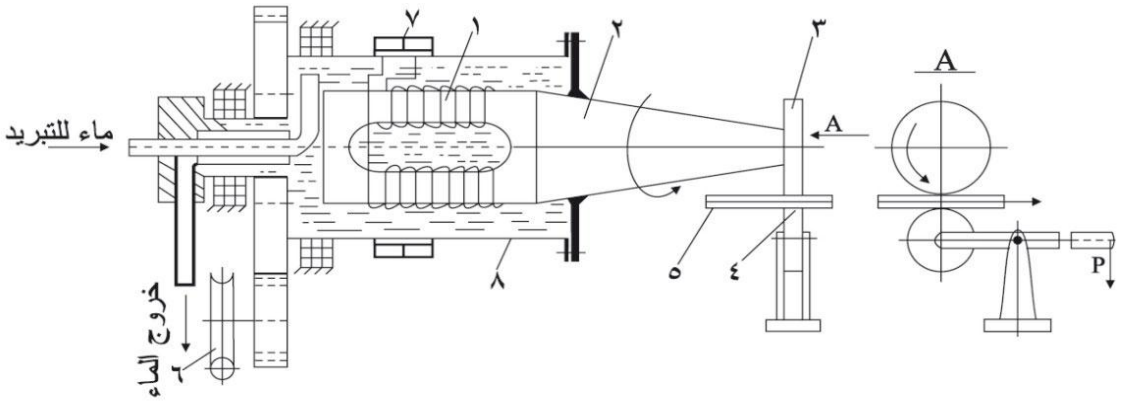
وهو من طرائق اللحام بالضغط الحديثة والخاصة وينسب عادة الى مجموعة الطرائق الميكانيكية للحام المعادن إذ تتحول الطاقة الكيميائية الناتجة من تحول طاقة المادة المتفجرة الى طاقة ميكانيكية تدفع احدى القطعتين المراد لحامها بسرعة عالية جدا نحو الاخرى وينتج من هذه الطاقة الحركية التي تتسبب في تصادم القطعة المتحركة مع سطح القطع الثابتة احداث انفعالات لدنة مشتركة لطبقات المعدن المتماسة مما يؤدي الى تشكل وصلة اللحام ويتحول مفعول الانفعالات اللدنة

إلى حرارة تسخن المعدن الى درجات حرارة عالية [الانفجار] ويؤدي ذلك الى حدوث سيولة في المعدن تحت الضغط وظهور مركبة جانبية للسرعة تجبر معدن الطبقات السطحية لكلا الجزأين المصطدمين أن يتشوه بالاتجاه المحدد وبسرعة عالية ويقرب السطحين أحدهما من الآخر الى اقصى حد فتتحطم الأكاسيد والاوساخ السطحية الأخرى وتتجمع في منطقة معينة تجرف خارجا ويتم الالتحام بين السطحين تتعلق الافاق المستقبلية ومجالات استخدام اللحام بالانفجار بمقدرة هذه الطريقة على تكوين وصلات لحامية متينة في حالتها الصلبة كما تتعلق بسرعة أجراء عملية اللحام وعلى سطوح كبيرة جدا فمثلا يمكن أجراء وصلات لحام قد تبلغ مساحة سطوحها 20–1 مترا مربعاً.

2-2-7 اللحام بالأمواج فوق الصوتية:

تستخدم الامواج فوق الصوتية في اللحام لأغراض مختلفة اذ يمكن بتأثير هذه الامواج في حوض اللحام المصهور في اثناء تبلوره تحسين الخواص الميكانيكية للوصلة اللحامية بتصغير حجم حبيبات معدن الدرزة اللحامية واطلاق الغازات منها بطريقة أفضل ويمكن أن تكون الأمواج فوق الصوتية مصدرا للطاقة وذلك بهدف إجراء وصلات لحام نقطية أو على شكل ذرات اذ تستطيع هذه الأمواج ان تكسر القشور الطبيعية والمصطنعة مما يسمح باستخدامها في لحام المعادن التي تعلو سطوحها أكاسيد أو طبقات دهان أو غيرها وتستخدم هذه الطريقة في مجال الصناعات الالكترونية على نطاق واسع وتلقى تطورا سريعا في مجال الصناعات اللدائنية اذ يمكن عن طريقها الحصول على وصلات بلاستيكية عالية الجودة مع العلم ان عملية لحام المواد اللدائنية بطرائق اللحام الاخرى صعبة أو غير ممكنة احيانا لان الوصلة الناتجة من اللحام بالأمواج فوق الصوتية هي حصيلة تأثير مشترك لاهتزازات ميكانيكية ذات ترددات عالية وقوى ضغط كبيرة نسبيا وتتم عملية اللحام بالأمواج فوق الصوتية عادة تحت تأثير ثلاث عوامل هي: الاهتزازات ذات التردد العالي، الضغط، التأثير الحراري الذي يرافق عملية اللحام وتتألف الة اللحام بالأمواج فوق الصوتية من منبع تغذية بالتيار

الكهربائي وجهاز تحكم ونظام اهتزاز ميكانيكي وموصل للضغط ويقوم نظام الاهتزاز الميكانيكي بتحويل الطاقة الكهربائية إلى ميكانيكية وتوصيل هذه الأخيرة الى منطقة اللحام وتركيز هذه الطاقة ومن ثم الحصول على القيمة اللازمة لسرعة الاهتزازات المشع. لا تقل متانة وصلة اللحام بالأمواج فوق الصوتية عن متانة معدن الاساس للوصلة ولا تتغير متانة الوصلة اللحامية بازدياد زمن تأثير الأمواج فوق الصوتية. كما هو موضح بالشكل (2.2).



١ــ مبدّل كهروميكانيكي. ٢ ــ محول الاهتزازات المرنة. ٣ــ البكرة اللاحمة.

٤ ــ البكرة المثبتة. ٥ ــ الوصلة اللحامية. ٦ ــ آلة الوصل.

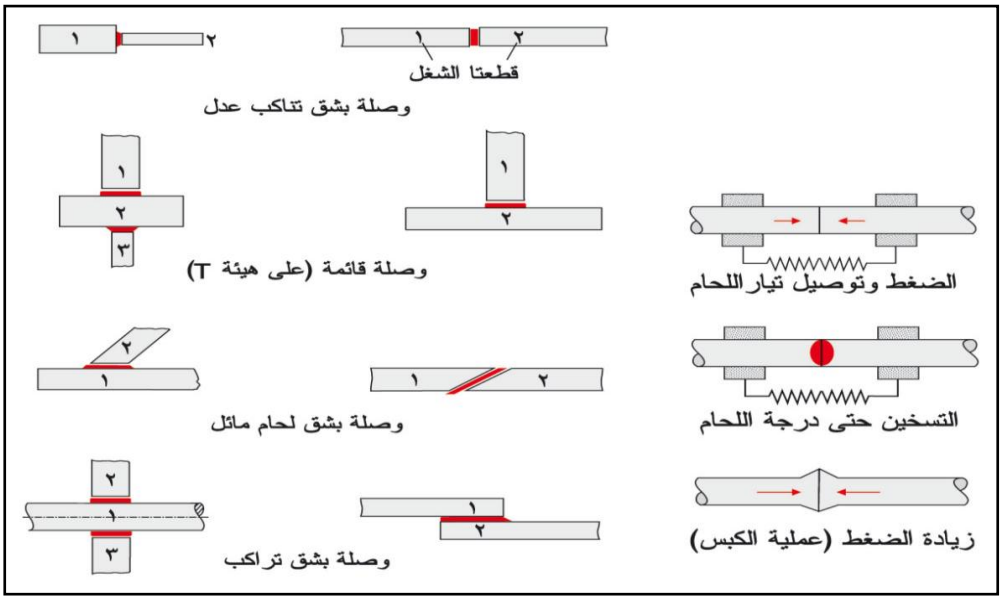
٧ ــ مأخذ للتيار الكهربائي من مولد للاهتزازات فوق الصوتية. ٨ ــ الغطاء المعدني للمبدّل.

الشكل (2-2): يوضح طريقة اللحام بالموجات الفوق الصوتية

2-2-8 اللحام بالتطريق:

يعد اللحام بالتطريق (اللحام بالحدادة) أحد طرائق اللحام بالضغط، وهو الأسلوب التقليدي لوصل المعادن الذي كان مستخدماً في القرون السابقة، وتتلخص تقانته بتسخين منطقة الوصل للقطعتين المراد لحامهما في كور الحدادة أو في فرن مناسب إلى درجة الحرارة المطلوبة ثم وضعهما إحداهما فوق الأخرى وتطريقهما يدوياً أو آليا أو بالمكبس حتى تلتحما في وحدة واحدة. وتعتمد قوة الصدم أو الضغط اللازمة على مقدار التسخين الذي تعرضت له القطعتان. ومن المعادن التي يشيع لحامها بالتطريق الحديد الطروق والفولاذ المنخفض نسب الكربون، ولكن هذه المعادن تتأكسد بسرعة

إذا تعرضت للهواء الجوي بعد تسخينها إلى درجة حرارة عالية، وتتكون عندئذ قشور أكسيدية على السطوح، وما لم تكن هذه الأكاسيد في حالة من الميوعة تسمح بصهرها خارج منطقة اللحام، فإنها تمنع تلاحم القطعتين تلاحماً جيداً، لذلك يجب العمل على منع الأكسجين من الوصول إلى المعدن الجاري تسخينه. وتستعمل لهذا الغرض مساعدات صهر مختلفة لخفض درجة انصهار هذه الأكاسيد ومنع زيادة التأكسد. أما أساليب اللحام الشائعة الاستعمال فهي: اللحام بالتطريق باستخدام المطارق، اللحام بالقوالب، اللحام بالدرفلة. وينحصر الاختلاف الأساسي بين هذه الأساليب في الطريقة التي يولد بها الضغط اللازم لعملية اللحام. ففي حين ينشأ الضغط في لحام التطريق اليدوي من ضربات خفيفة نسبياً فإنه ينشأ في لحام التطريق الآلي من مطرقة تعمل بالهواء المضغوط أو بالضغط الهدروليكي أو بالبخار أو بوسائل الضغط الآلي الأخرى، وفي حين يسلط الضغط في اللحام بالقوالب عن طريق الجزء المتحرك من القالب فإن اللحام بالدرفلة يتم بدفع المشغول طولياً بين درفيلي ألواح يولدان الضغط المطلوب كما في الشكل (2-3).



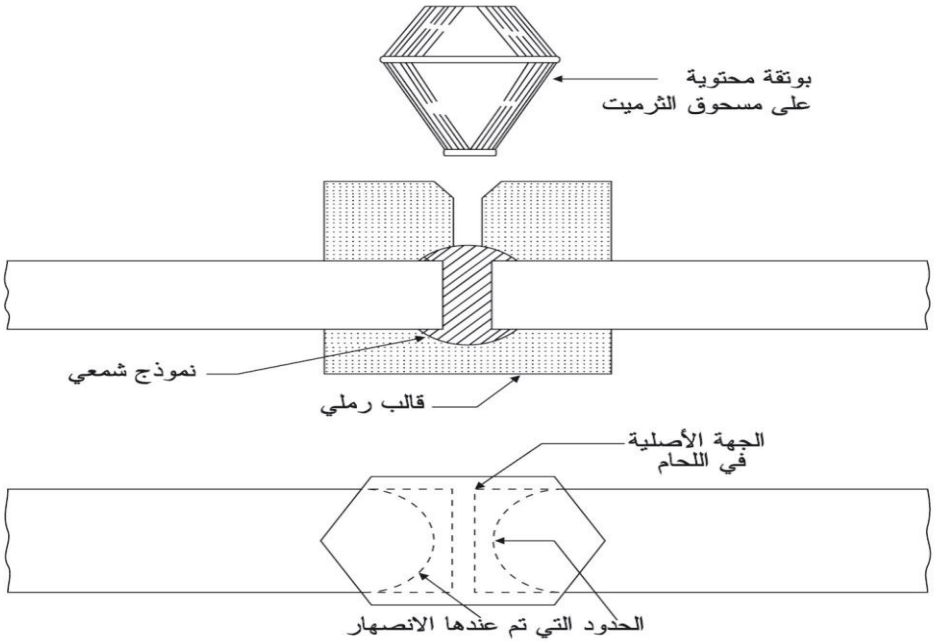
الشكل (2-3) يوضح طريقة اللحام بالتطريق

2-2-9 اللحام بالصهر:

يتم فيه اللحام بصهر الحواف القطع المراد لحامها، ويتم اللحام من دون تسليط قوى ضغط خارجية. وتشمل هذه المجموعة لحام الثيرمت، لحام الصهر بالغاز، اللحام بالقوس الكهربائية، اللحام في وسط من الغازات الواقية، اللحام بالبلازما، اللحام بالأشعة الإلكترونية، اللحام بأشعة الليزر، اللحام بالهيدروجين الذري، اللحام تحت الماء.

2-2-9 لحام الثيرمت:

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



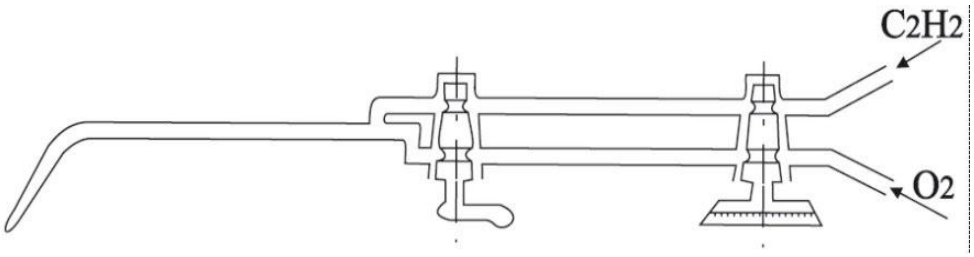
الشكل (2–4) يوضح لحام الثيرمت

2–2–10 لحام الصهر بالغاز (اللحام بالغاز):

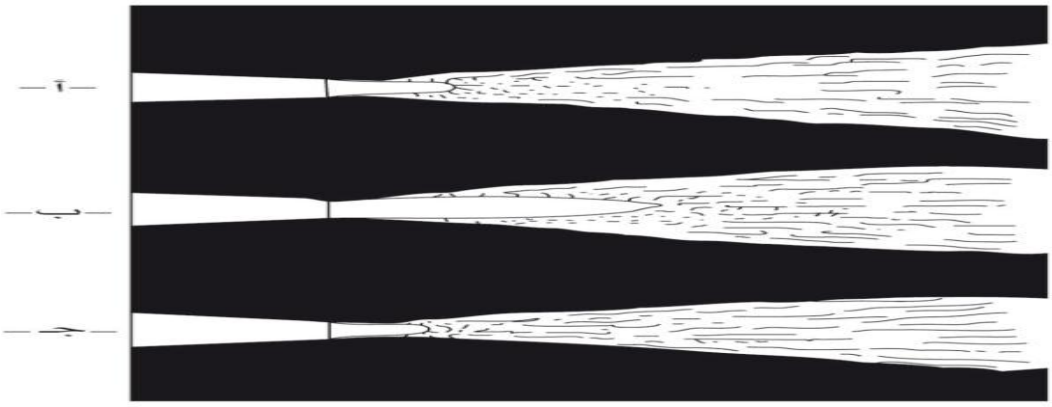
يتم توليد الحرارة في هذه الطريقة بحرق وقود غازي مناسب مع الهواء أو الأكسجين النقي، وتصل درجة حرارة اللهب الناتج من هذا الاحتراق إلى عدة آلاف. ويمزج الغاز عادة بالهواء أو الأكسجين في مشعل خاص، ويتم تنظيم نسب مزج هذه الغازات لإنتاج اللهب. وتستخدم فيها غازات متنوعة منها غاز الأستيلين والغاز المنزلي والميتان والبروبان والهدروجين وبخار البنزين. يصلح اللحام بالغاز بصفة خاصة لوصل الألواح المعدنية التي تراوح سماكاتها بين 2 و50 مم، أما استخداماته اليوم فتنحصر في لحام الألواح التي تتراوح سماكاتها بين 1و10 مم، وقد يستخدم في الحالات التي يتعذر فيها الوصول بسهولة إلى مواضع الوصلات المراد لحامها.

فإذا ضبط اللهب كما يجب في الشكلان (2–5) و (2–6) يمكن باستخدام غاز الأستيلين الحصول على درجة حرارة لحام تزيد على 3000 درجة مئوية، في حين لا تزيد درجة حرارة اللهب الناتج من استخدام الهدروجين على 1900 درجة. ولهذا، يفضل الهدروجين في لحام الصفائح والأنابيب

المعدنية الرقيقة الجدران، في حين يستخدم الأستيلين في الصناعات الهندسية للحام المقاطع الكبيرة (وخاصة الوصلات الفولاذية).



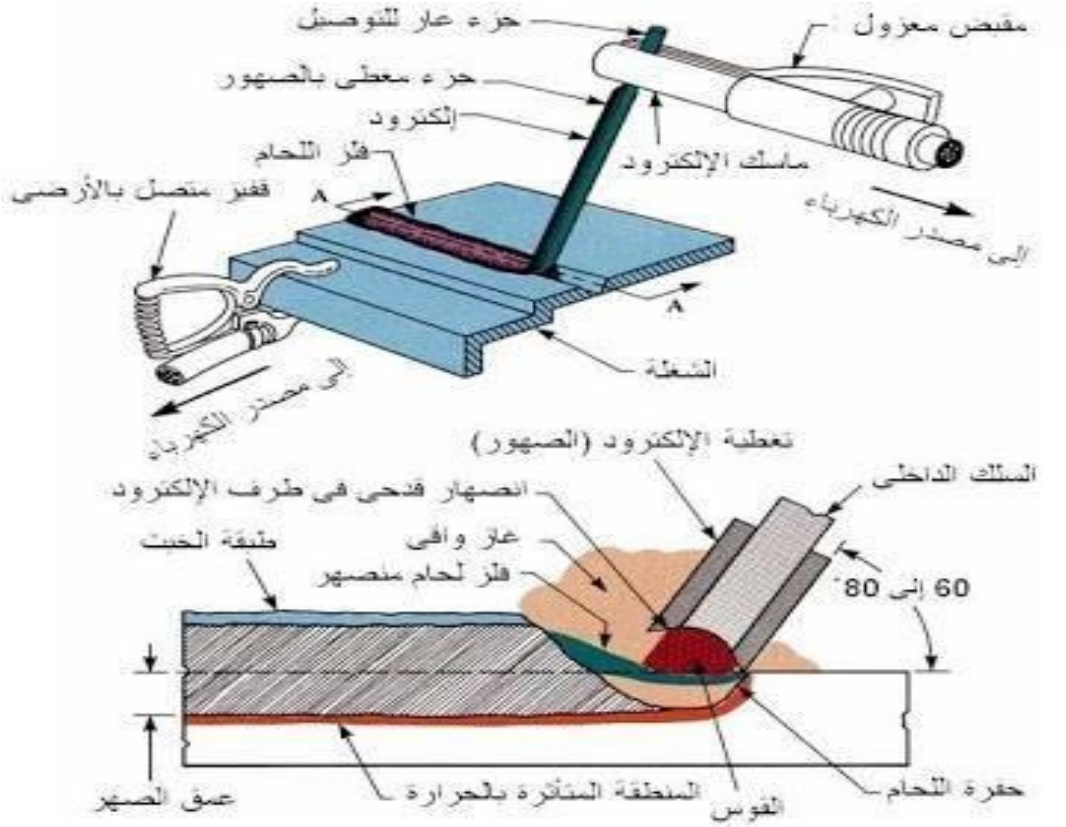
الشكل (2–5) يوضح مشعل اللحام



الشكل (2–6) يوضح نوع لهبة اللحام في لحام الغاز

2–2–11 اللحام بالقوس الكهربي:

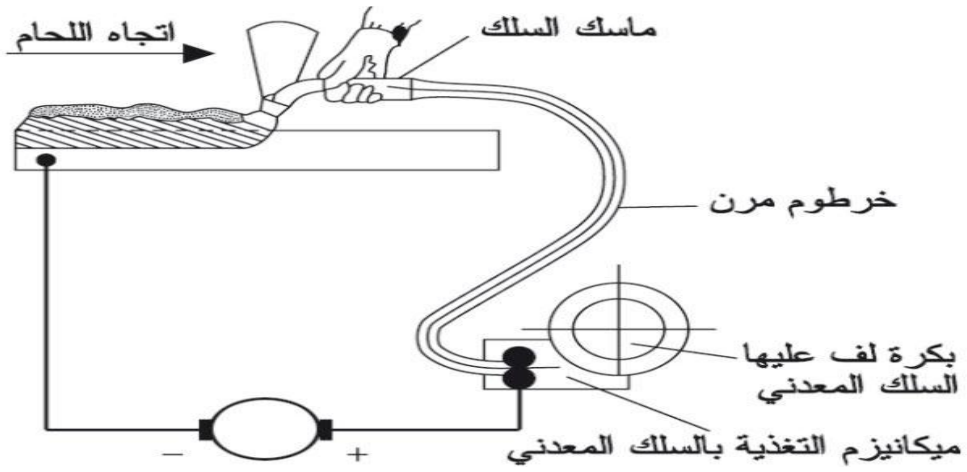
تتفوق طريقة اللحام بالقوس الكهربائية على سائر الطرائق الأخرى حتى إنها تبلغ 90% من مجموع استخدامات طرائق لحام الصهر المختلفة. ويتم بهذه الطريقة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية تستخدم في الصهر الموضعي لطرفي الوصلة. وتعرّف القوس الكهربائية أنها عملية تفريغ مستمرة للتيار الكهربائي في وسط غازي متأين موجود بين قطبين (إلكترودين) صلبين أو سائلين ويغذيهما توتر كهربائي. وتعد عملية التفريغ هذه المنبع الحراري المستخدم للصهر الموضعي عند اللحام كما في الشكل (2–7).



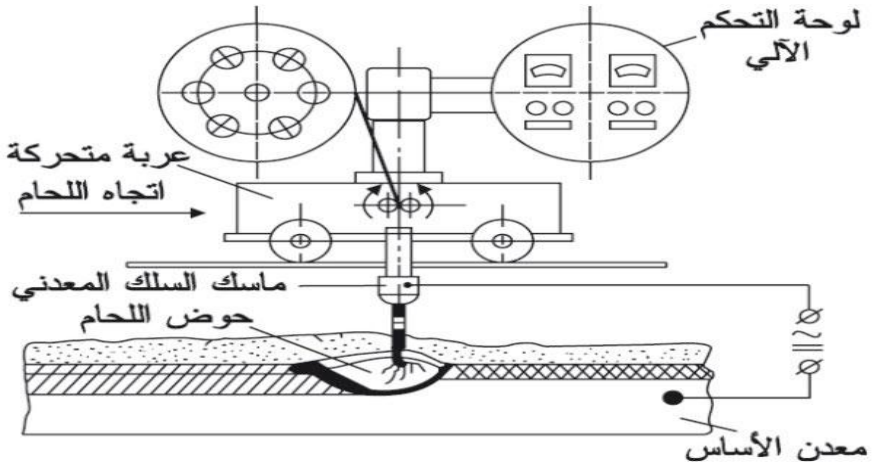
الشكل (2–7) طريقة اللحام بالقوس الكهربي

2–2–12 اللحام الكهروخبثي :

وهي من طرائق لحام الصهر الحديثة والخاصة، إذ لا تستخدم هذه الطريقة إلا في لحام السماكات الكبيرة (أكثر من 16مم)، ومن الناحية الإقتصادية يمكن القول إن هذه الطريقة تستخدم للحام السماكات التي تزيد على 40 مم. ويلحم بهذه الطريقة جميع أنواع الفولاذ والفونت تقريب أو السبائك المختلفة من معادن النحاس والتيتان. وتتميز هذه الطريقة من غيرها من طرائق اللحام الآلي بالقوس المغمورة بطبقة من الفلاكس (والتي تعد تطوراً عن هذه الطرائق) بأن عملية اللحام الكهربائي الخبثي تتم بمسار لحام واحد، ويكون توضع حوض اللحام عمودياً في أثناء إجراء عملية اللحام. ويؤدي الخبث المصهور دور المصدر الحراري لإتمام عملية اللحام بهذه الطريقة كم في الشكلان (2–8) و (2–9).



الشكل (2–8) يوضح طريقة اللحام بالقوس الكهروخبثي

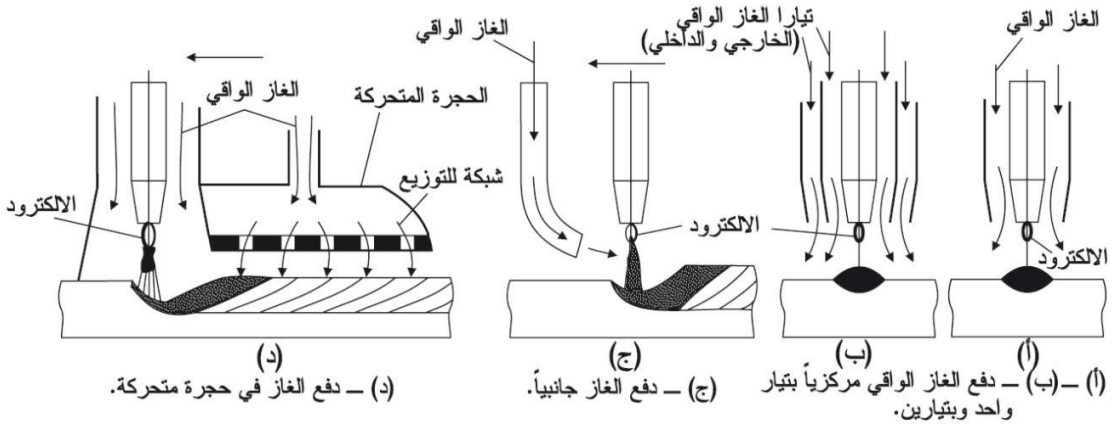


الشكل (2–9) يوضح طريقة اللحام الخبثي

2–2–13 اللحام في وسط من الغازات الواقية :

وتعد من الطرائق الحديثة، وتستخدم في جو من الغازات الواقية للحم القطع المصنوعة من أنواع مختلفة من الفولاذ الكربوني والسبائكي والإنشاءات المصنوعة من المعادن غير الحديدية ومن سبائك هذه المعادن. ويمكن أن تتم عملية اللحام يدوياً أو نصف آلي أو آلياً. أما الغازات الواقية فهي غازات خاملة (مثل الآرغون والهليوم) أو غازات أخرى مثل ثاني أكسيد الكربون، أو مزيج من غازين

أو أكثر من هذه الغازات. وأكثر الغازات استخداماً في الوقت الحاضر الآرغون وغاز ثاني أكسيد الكربون أو مزيج منها كما في الشكل (2–10).



الشكل (2–10) يوضح طريقة اللحام من الغازات الواقية

2–2–14 لحام البلازما:

البلازما هي غاز متأين جزئياً أو كلياً، ويتألف من ذرات وجزيئات معتدلة ومن شوارد (أيونات) وإلكترونات. ويمكن عد الغاز المشرد كهربائياً الحالة المثلى للبلازما. تنتج البلازما في معدات خاصة تسمى مشاعل البلازما. وتستخدم في الصناعة مشاعل البلازما التي تنتج في أقواس تغذت بتيار مستمر. وأكثر طرائق الحصول على البلازما شيوعاً هي تلك التي يستخدم فيها الغاز لزيادة قوس تشتعل في قناة ضيقة نسبياً ومبردة بالماء. يتم اختيار قطر الإلكترود ونوعية الغاز المشكل للبلازما حسب الشروط المطلوب توافرها في عملية اللحام. وتستخدم قوس البلازما في لحام الفولاذ غير القابل للصدأ والتيتان وسبائك النيكل والموليبدينيوم والتنغستين ومعادن وسبائك أخرى كثيرة تستعمل في الصناعات المختلفة مثل صناعة الطائرات والإلكترونيات والسفن والصناعات البتروكيميائية وغيرها.

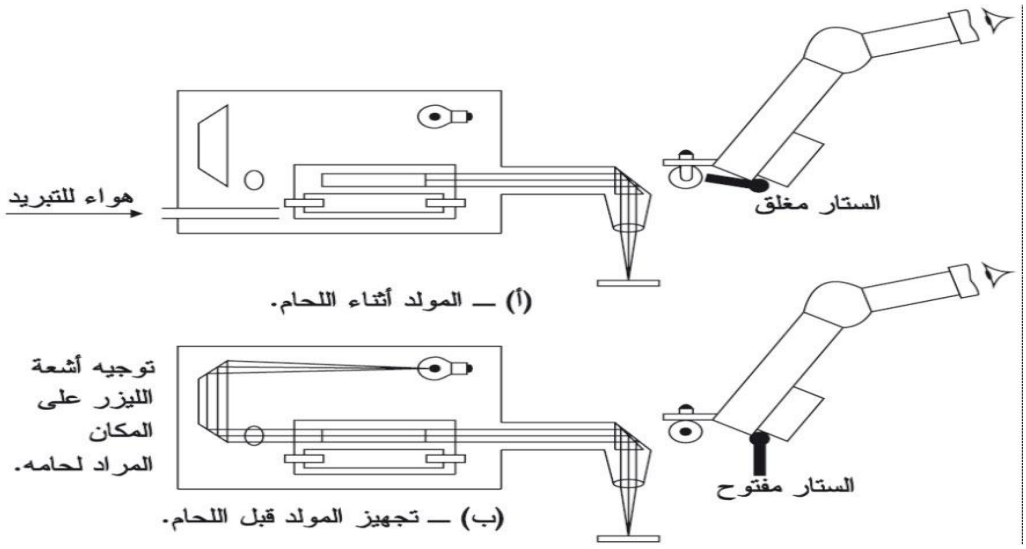
2-2-15 اللحام بالأشعة الإلكترونية:

إن الميزة الأساسية لعملية اللحام بالأشعة الإلكترونية تكمن في استخدام طاقة الإلكترونات التي تتحرك بسرعة هائلة جداً في وسط من الخلاء. وعند ارتطام هذه الإلكترونات بسطح المعدن يتحول الجزء الأكبر من طاقتها الحركية إلى حرارة تستخدم لصهر المعدن. وفي حالة استخدام الأشعة الإلكترونية مصدراً حرارياً العمليات اللحام فإنه من الضروري في البداية الحصول على إلكترونات حرة، ومن ثم جمعها في حزمة وإعطاؤها سرعات عالية جداً من أجل رفع طاقتها الحركية، وتتحول هذه الطاقة كلياً فيما بعد إلى حرارة عند نفاذ الإلكترون داخل المعدن المراد لحامه.

يتم الحصول على إلكترونات حرة بوساطة مهابط معدنية تصدر هذه الإلكترونات، وأما تسريعها فيتم في حقل كهربائي ذي توتر عال بين المهبط والمصعد. ويستخدم الحقل المغنطيسي لتجميع هذه الإلكترونات في حزمة وتركيز اتجاهها نحو المحرق. ويحدث التوقف المفاجئ لتيار الإلكترونات أوتوماتيكياً داخل المعدن المراد لحامه. ويتم توليد الشعاع الإلكتروني في جهاز خاص يسمى المدفع الإلكتروني.

2-2-16 اللحام بأشعة الليزر:

إن أشعة الليزر هي حزمة ضوئية مركزة تنتج حرارة عالية جدا عندما تسلط على معدن معين. يمكن استعمال شعاع الليزر خلال اي وسط شفاف دون ملامسة الشغلة المطلوب لحامها. ان الطاق الحرارية تطلق من شعاع الليزر على شكل نبضات، حيث يركز الشعاع في المكان المطلوب لحامه ونتيجة الحرارة المتولدة ينصهر المعدن في هذه المساحة وتركه لكي يبرد مكونا وصلة لحام قوية ونظيفة. يستعمل اللحام بأشعة الليزر في لحام الأجزاء الالكترونية الدقيقة وقد استعمل حاليا في لحام هياكل السيارات الخارجية بصورة كبيرة كما في الشكل (2-11).



الشكل (2–11) يوضح الجهاز المستخدم في اللحام بأشعة الليزر

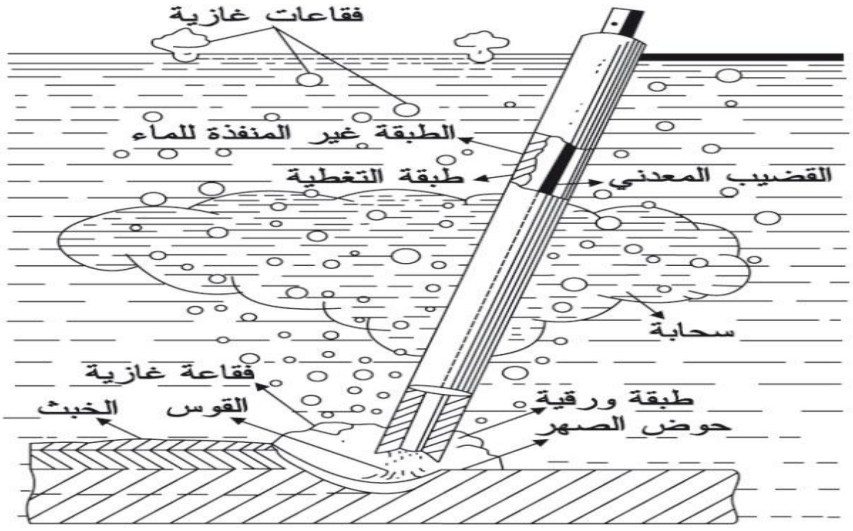
2–2–17 اللحام بالهيدروجين الذري:

يتم صهر المعدن بهذه الطريقة بالحرارة المنطلقة نتيجة تحول الهيدروجين الذري إلى جزيئي، وحرارة القوس المشتعلة بين إلكترودين من التنغستين. وتعد كمية الحرارة الناتجة من إشعال القوس وزمن احتراق جزيئات الهيدروجين في المنطقة الخارجية للمشعل صغيرة جدا إذا ما قورنت بكمية الحرارة المنطلقة نتيجة ارتطام ذرات الهيدروجين بالمعدن وتحولها إلى هيدروجين جزيئي.

2–2–18 اللحام تحت الماء:

تعد هذه الطريقة من طرائق اللحام الحديثة والخاصة، وقد صممت انطلاقاً من قدرة القوس الكهربائية على الاشتعال بشكل متزن في الفقاعة الغازية وبسبب التبريد المكثف للماء المحيط بهذه القوس. تتشكل الفقاعة الغازية نتيجة لتبخر الماء وتحلله إلى عنصرية الهدروجين والأكسجين، إضافة إلى الغازات المتشكلة نتيجة لانصهار معدن الإلكترود وطبقة التغطية الشكل (2–12). تنطلق حول القوس المشتعل كمية كبيرة من الغازات تؤدي إلى زيادة الضغط في الفقاعة الغازية وإلى تشكل جزء من هذه الغازات على شكل فقاعات على سطح الماء.

ويتحلل الماء الموجود في القوس المشتعلة إلى هدروجين وأكسجين، ويتحد الأخير مع المعدن مشكلاً أكسيد المعدن. أما نواتج اشتعال المعدن وطبقته المغلفة فتكون معلقة في الماء على شكل سحابة وتتألف أساساً من أكاسيد الحديد. تعوق هذه السحابة مراقبة اشتعال القوس الكهربائية. ويمكن تفسير اشتعال القوس تحت الماء بشكل متزن انطلاقاً من مبدأ الطاقة الصغرى (أي إن التبريد القوي لجزء من القوس يقابله ازدياد كمية الحرارة المنطلقة منه). ويعوض الضياع الحراري الناتج من تبريد الماء ووجود كمية كبيرة من الهدروجين، رفع توتر التيار (30 . 35 ڤولت). تُجرى عملية اللحام تحت الماء باستخدام تيار مستمر أو متناوب.



الشكل (2–12) يوضح طريقة اللحام تحت الماء

2–3 عيوب اللحام:

تنقسم إلى:

1. عيوب مقترنه بتصميم وصلات اللحام.
2. عيوب ناتجه عن طرق اللحام.
3. عيوب ميتالورجيه.

2-3-1 عيوب مقترنة بتصميم وصلات اللحام:

- عدم المحاذاة (Misalignment).
- التغيير فى المقاطع وأماكن تركيز الاجهادات الأخرى.

2-3-2 عيوب ناتجة عن طرق اللحام:

1. النحر (Under Cut):

هو مجرى فى معدن الاساس مجاور لظفر أو جذر اللحام وغير مملوء بمعدن اللحام.

2. الفراغ (Porosity):

هى تجاويف ناتجه عن احتباس الغازات أثناء تجمد معدن اللحام.

3. المحتويات الخبثيه (Slag inclusins):

مواد غير معدنيه متجمده محبوسه فى معدن اللحام أو بين معدنى اللحام والاساس

4. تراكب (Overlap):

زوائد أو امتداد من معدن اللحام فيما وراء ظفر أو وجه أو جذر اللحام –على معدن الاساس.

5. الدعامه المتبقيه (Backing Piece left):

الأخفاق فى إزالة كامل الشريحه الموضوعه على جذر وصلة اللحام لدعم معدن اللحام المصهور.

6. خبث التنجستين (Tungsten inclusions):

وجود جزء من الكترود التنجستين فى معدن اللحام.

7. خبث الأكاسيد (xide inclusins):

وجود جزء من الأكاسيد السطحيه غير منصهره ومختلطه بمعدن اللحام .

8. تجاويف الانكماش (Shrinkage Cavities):

فراغات تكونت بسبب انكماش المعدن أثناء التجمد.

9. انصهار غير مكتمل (Lack of fusion):

عدم اكتمال إنصهار معدن اللحام بسبب خطأ فى ظروف اللحام.

10. تغلغل غير مكتمل (Lack f Penetratin):

عدم اكتمال تغلغل معدن اللحام بسبب خطأ فى ظروف اللحام.

11. فوهه أو فجوه (Crater):

انخفاض عند انهاء درزة اللحام فى نهايه أطرافها أو فى بركة اللحام.

12. تخلل الانصهار (Melt through):

ينتج عن انصهار القوس الكهربى فى قاع وصله اللحام فى جانب واحد.

13. طرطشه أو ترشاش (Spattering):

أجزاء متطايره من سلك اللحام خارج معدن اللحام المترسب ولاتشكل جزء منه.

14. تشريز أو احتراق القوس (Arc strikes or Arc burns):

ينتج عن اعاده انصهار موضعى لمعدن الاساس أو المنطقه المتأثره حراريا أو سطح اللحام بسبب خطأ فى التعامل مع القوس.

15. تحت الامتلاء (Under fill):

انخفاض مستوى وجه اللحام أو عند جذر اللحام عن معدن الاساس المجاور.

2-3-3 عيوب ميتالورجية:

1. الشروخ (Cracks):

انفصال فى استمرارية السطح ويشبه الكسر ويتميز بحافة حاده ونسبه طول إلى عمق الفتحه عاليه.

2. التصدع أو الشروخ الصغيره (Fissures):

مثل الشروخ ولكن فتحاتها ضيقه وسطحيه.

3. عين السمكه (Fisheye):

ويوجد على سطح الكسر فى وصلة لحام الصلب وقد تكون فجوه أو تضمنات لشوائب دخيله محاطه بمساحه مستديره لامعه.

4. الانعزال (Segregatin):

وهو عدم التجانس فى توزيع العناصر السبائكيه أو الشوائب الدخيله الذى يحدث أثناء تجمد وصلة اللحام.

5. التمزق الرقائقى (Lamellar tear):

وهو نوع من التشريخ يحدث فى معدن الأساس أو المنطقه المتأثره حرارياً نتيجه للكبح فى وصلة اللحام وينتج عنه قصور فى المطيليه فى اتجاه سمك الصلب الملحوم.

2-4 طرق الكشف عن عيوب اللحام:

1. الاختبارات الإتلافيه:

يتم فحص اللحام بإتلاف العينة الملحومة للتأكد من قوتها ومتانتها، وتستخدم قبل البدء في عمليات التصنيع وذلك لوضع جميع اشتراطات ومعايير اللحام المطلوبة والتأكد من جودتها قبل التنفيذ والتصنيع.

2. الاختبارات الغير إتلافيه (NON DESTRUCTIVE TESTING):

اي فحص المعدات بغير احداث أي ضرر فيها من خلال طرق و جود تقنيات مختلفة.

2-4-1 الاختبارات الإتلافيه:

تهدف الاختبارات الإتلافيه الى اختبار قوة الكسر ومتانة وليونة خط اللحام، ولإجراء اختبارات التأهيل لمواصفات اجراء اللحام (WPS) واختبارات تأهيل اللحامين فان عينة الاختبار تجهز حسب المواصفات المعتمدة. يوجد عدد من الاختبارات الإتلافيه والتي تختلف حسب القوانين والانظمة التي تغطيها، وسيتم التركيز في هذا البحث على نوعين من الاختبارات المشهورة فقط وهي:

1. اختبار كسر اللحام الزاوي (Fillet Break Test):

إختبار الكسر الزاوي هو اختبار لفحص جودة لحام وصلة الزاوية الداخلية حرف T من حيث القوة والمتانة والمرونة وكذلك الكشف عن النقص في التغلغل. ويتم فيه لحام الوصلة من طرف واحد ثم تبذل قوة على الطرف الاخر للوصلة الى ان يتم تسطيح الوصلة او كسرها.

2. اختبار الحني الموجه (Guided Bend Test):

اختبار الحني الموجه هو اختبار يفحص جودة اللحام التقابلي بأشكاله المختلفة من حيث القوة والمتانة والمرونة وكذلك الكشف عن النقص في التغلغل وسلامة الوصلة الملحومة ويتم فيه لحام الوصلة التقابلية ثم تحنى داخل قالب الحني.

2-4-2 الاختبارات غير الإتلافيه(NDT):

الاختبارات غير الإتلافيه NDT هي طرق لاختبار جودة اللحام وذلك باستخدام القواعد الفيزيائية لكشف العيوب والفجوات في خط اللحام دون الحاجة لتشويه او اتلاف المشغولة. والاحتياج الاختبارات غير الإتلافيه NDT في ازدياد مستمر ومتسارع وخصوصاً مع زيادة الحاجة الى تصنيع منتجات موثوقة وذات جوده عالية، فالاختبارات غير الإتلافيهNDT ستضمن لنا ان كل جزء من

اللحام قد تم وفق الجودة المقبولة. وتمتاز الاختبارات غير الإتلافيه بانها سريعة النتائج وذات مصداقية وموثوقية عالية.

يوجد العديد من انواع الاختبارات غير الإتلافيه NDT وسيتم التركيز على اربعة اختبارات وهي كالتالي:

1. الفحص البصري (Visual Inspection):

الفحص البصري هو احد طرق الاختبارات غير الإتلافيه ويتم فيه فحص جودة اللحام باستخدام البصر وبمساعدة ادوات القياس والمحددات. ويعتبر الفحص البصري من اكثر الاختبارات غير الإتلافيه شيوعاً واستخداماً. ويستخدم لفحص اللحام غير الحرج والهام، ويساعد على اكتشاف عيوب اللحام مبكراً. ويمتاز بسهولة تطبيقه، سرعة اجرائه، ورخص تكلفته. ويعتبر ذو فعالية عالية جداً لاكتشاف عيوب اللحام السطحية. كما ويمكن استخدامه خلال عملية انتاج خط اللحام بالكامل (قبل واثناء وبعد اللحام) ولكنه يحتاج الى تدريب ومهارة عالية ولا يكتشف العيوب الداخلية لخط اللحام.

2. اختبار السوائل النافذة(Liquid Penetrant Testing):

اختبار السوائل النافذة PT هو احد طرق الاختبارات غير الإتلافيهNDT والتي يتم فيها استخدام قدرة تغلغل سائل الصبغة للتوغل في الشقوق والفجوات لاكتشاف عيوب اللحام السطحية. ومن أهم متطلبات تطبيق اختبارات السوائل المخترقة الملونة هو تنظيف الأسطح المراد اختبارها بشكل كامل. ثم يوضع السائل المخترق (Penetrant)على السطح المراد اختباره ،ويتم ذلك في العادة بتفريغه من علبة رذاذ(Aerosol).

ويجد السائل المخترق طريقه إلى التشققات أو العيوب الأخرى الموجودة في السطح وبعد فترة محددة ولتكن 15 دقيقة، يتم تنظيف السطح وإزالة السائل الزائد عن الحاجة في حين يبقى السائل

المخترق في التشققات. أما الخطوة التالية فهي وضع المادة المظهرة ويطلق عليها (Developer) ووظيفتها امتصاص السائل المخترق من التشققات ومرة أخرى نحتاج إلى فترة 10 إلى 15 دقيقة لتأخذ المادة مفعولها بشكل كامل والنتيجة هي امتصاص السائل المخترق من التشققات مع بقاء علامة واضحة على مكانه.

3. اختبار الجسيمات الممغنطة (Magnetic Particle Testing):

اختبار الجسيمات المغناطيسية MT هو اختبار غير اتلافي ,NDT يستخدم المجال المغناطيسي لاكتشاف الشقوق والمسامات والفجوات في التغلغل السطحي او القريب من السطح. هذا الاختبار يستخدم بدلا من الصبغة جسيمات من اوكسيد الحديد الممغنطة لتحديد موضع العيوب. وتتم مغنطة قطعة الاختبار بحيث نخلق مجالا مغناطيسيا متدفقا ثم يتم العمل على نشر مسحوق الجسيمات الحديدية البالغة الدقة على سطح المادة المراد اختبارها. إن وجود أي عيب ما وليكن العيب في شكل تشققات مستعرضة، من شأنه أن يجعل بعض خطوط القوة المغناطيسية تخرج خارج المادة وتشكل مجالا مغناطيسيا خارجيا بمعنى آخر يحصل تشوه للمجال المغناطيسي وهذا يدفع الجسيمات المعدنية الدقيقة إلى تشكيل نتوء على قمة التشققات، ويتم التعرف بسهولة على النتوءات حيث أنها اعرض بكثير من التشققات نفسها.

اختبار الموجات فوق الصوتية(Ultrasonic Testing):

اختبار الموجات فوق الصوتيةU T هو احد طرق الاختبارات غير الإتلافيه يتم فيها فحص اللحام باستخدام موجات فوق صوتية للكشف عن عيوب اللحام السطحية والداخلية. يعد من أهم التقنيات المطبقة اليوم لاختبار سماكة المواد والكشف عن العيوب المادية العميقة. وتعمل الاختبارات فوق الصوتية بالطريقة نفسها التي تعمل بها الرادارات، أي بالنبضات والصدى.

خلال فترات زمنية قصيرة بحدود جزء من ألف من الثانية ،تنتقل ذبذبات ميكانيكية إلى المادة المختبرة ،اي قطعة الاختبار وتنتقل الذبذبات عالية التردد عبر المادة في حزمة ضيقة إلى أن تصل إلى الطرف الثاني من قطعة الاختبار.

وفي حال صادفت الموجة فوق الصوتية عيبا في المادة ،فإنها ستنعكس بحيث تعيد الإشارة إلى المصدر وهنا علينا قياس الفترة الزمنية إذا ما أردنا أن نحسب بدقة عمق العيب داخل قطعة الاختبار.

وتستخدم الترددات العالية لان الترددات الصوتية لا تحقق النتيجة المرجوة.

4. التصوير الإشعاعي (Radiography):

من الطرق الأخرى المستخدمة لرصد العيوب العميقة هي التصوير الإشعاعي و حسب هذه الطريقة، يخرج الإشعاع من قطعة الاختبار على أن يتم التقاط النتائج على فيلم من الجانب الأخر.

وتظهر أية عيوب في المادة على الفيلم عند تظهيره. ومن أجل الحصول على صورة واضحة ودقيقة، يجب وضع مصدر الإشعاع على مسافة بعيدة من قطعة الاختبار وبالمقابل، فإن الفيلم على الجانب الآخر يجب أن يكون قريبا.

2-5 الدراسات السابقة:

- في بحث سابق بعنوان تكنلوجيا اللحام المتقدم تم التعرف على اللحام بأنواعه المختلفة بصورة عامة والتركيز على الأنواع الحديثة بصورة خاصة والتقنيات الحديثة التي تم اكتشافها مؤخرا تبعا للتطورات التي حدثت في مجالات التصنيع المختلفة، وتم التعرض في البحث الى لحام التيج والميج نظرا الى انهما اكثر الطرق المستخدمة في شتى مجالات التصنيع.

وتم الوصول إلى النتائج التالية:

- ❖ لحام الميج أفضل معدل اضافة معدن مقارنة بأنواع اللحام الاخرى
- ❖ له استمرارية لحام جيدة وذلك لوجود سلك اللحام كبكرة
- ❖ اقتصادي مقارنة بالتيج الذي يحتاج الى كمية كبيرة من الغاز الواقي لحجب منطقة اللحام من غازات الهواء الجوي وذلك لبطء سرعة تنفيذ الوصلة مقارنة مع الميج.

و يجب أخذ التوصيات التالية في الاعتبار:

- ❖ يجب توفر التهوية الطبيعية أو الصناعية في ورش اللحام.
- ❖ ضرورة استخدام ادوات الوقائية الشخصية (نظارات، واقي الوجه، استعمال القفازات).
- ❖ يجب توفير معدات مكافحة الحرائق المناسبة قرب مكان اللحام للاستخدام الفوري في حالة حدوث حرائق.
- وفي دراسة أخرى بعنوان تصنيع وصلات اللحام بعيوب واقعية تم أخذ معهد اللحام (TWI) في إنجلترا كحالة دراسية، حيث تم تطوير طريقة جديدة لتلافي عيوب اللحام ورفع إعتمادية الوصلات. و في هذه الطريقة يتم عمل وصلات تجريبية بها عيوب متعمدة مع تسجيل الظروف و المتابعات تاني تمت عندنا عملية اللحام وذلك لإستنتاج الطريقة و الظروف بالمناسبة اللحام.

تم التوصل إلى النتائج التالية:

- ❖ إتضح جليا أن معهد اللحام (TWI) يمكنه إنتاج وصلات بعيوب حقيقية شبيهة بالتي تحدث في التالت.
- ❖ بإستخدام كل طرق عمل العيوب على الوصلات بمعهد اللحام (TWI) نجد أن السماحات تكون في حدود +_0.5 ملم العرض و +_1 ملم للطول.
- ❖ تمت طريقة لرفع كفاءة اللحام بواسطة المعهد حيث تعقب عملية اللحام إختبارات التركيب المعدني و الإختبارات اللاإتلافية.

ويجب أخذ التوصيات التالية في الإختيار:

- ❖ عند تصنيع الألواح أو الأنابيب التجريبة يجب مراقبة كل العوامل المؤثرة و طرق تفادي الترسيب حتى يتم تكرارها عند تصنيع الوصلات الحقيقة.
- ❖ بعد اللحام يتم تقييم العينات بواسطة مجموعة من إختبارات المعادن و الفحص بالأشعة، و ذلك لتحديد حجم العيب بكرة.
- ❖ تتم مقارنة حجم العيوب المتحصل عليها بالحجم المطلوب و معايير السماحات الموضوعة بواسطة معهد (TWI) .

تقبل إجراءات التخلص من عيوب اللحام إذا توفر فيها:-

- ❖ طبيعة العيب المصطنع مشابهة لطبيعة العيب الحقيقة.
- ❖ الفرق بين حجم العيب الحقيقي و الحجم المطلوب في حدود +_0.5 العرض و+_1 ملم للطول.
- ❖ في حالة فشل عملية التأهيل تتم إعادة ال إجراءات.

الباب الثالث

منهجية البحث

3-1 المقدمة:

في هذا الباب سنتطرق إلى شرح كل التفاصيل والخطوات التي إتبعناها في هذه الدراسة والتي تمت بمجمع اليرموك للتصنيع الحربي.

3-2 المنهجية:

❖ **المرحلة الأولى:**

قمنا بالإطلاع على مجموعة من الدراسات السابقة لكي تساعدنا في طريقة البحث ولمعرفة كل الجوانب المتعلقة بالموضوع.

❖ **المرحلة الثانية:**

قمنا بعمل زيارة لمجمع اليرموك للتصنيع الحربي لجمع المعلومات و معرفة أنواع اللحام وعمليات اللحام المستخدمة بالمصنع وأنواع المعادن المتوفرة والمستخدمة في الإنتاج.

❖ **المرحلة الثالثة:**

بعد عمل تحليل للمعلومات التي جمعناها تم إختيار معدن structural Steel S235JR لإستخدامه في عمل العينات وله خواص ميكانيكية كالأتي:

*ملحوظة: هذه الخواص للسماكات من 3 ملم حتى 16 ملم فقط.

الجدول (3-1) الخواص الميكانيكية للstructural Steel S235JR

إسم المعدن	إجهاد الخضوع (ميجا باسكال)	أقصى إجهاد الشد (ميجا باسكال)
Structural Steel S235JR	**235**	**510**

تم إختيار هذا المعدن خصيصا لأنه الأكثر إستخداما في الصناعات وبه أقل نسبة كربون.

و أيضا تم إختيار الماده المالئه وهي ال Carbon Steel Welding Wire ذات الإسم العلمي ER70S-6 لإستخدامها كمادة مالئه في لحام العينات بقطر سلك 1.2 ملم والتي خواصها كالأتي:

الجدول (3-2) يوضح الخواص الميكانيكية للمادة المالئة Carbon steel

إسم الماده المالئه	إجهاد الخضوع (ميجا باسكال)	أقصى إجهاد شد (ميجا باسكال)	طاقة الصدم (جول)
Carbon Steel	**440**	**530**	**67**

وكذلك قمنا بإختيار لحام الMAG في لحام العينات لأنه اللحام الأكثر إستخداما والأعلى جودة والمناسب لسماكات العينات.

❖ **المرحلة الرابعة:**

قمنا بعمل 4 عينات بواسطة لحام الMAG بتيار+DC بالنسبة للإلكترود وسالب بالنسبة للقطعة ،وذلك بفولتية 24 وتيار170 وكانت نسبة الغازات Argon 80% و Co2 20% ،إثنتان من هذه العينات ذات وصلات لحام تقابلية إحداها ذات تغلغل جزئي والأخرى ذات تغلغل كلي وذلك بالأبعاد الأتية :

الجدول (3-3) يوضح أبعاد الوصلات التقابلية

سمك القطعة (بالملم)	**15**
واجهة الجذر (بالملم)	**2**
فجوة الجذر (بالملم)	**3**

و أخريات ذات وصلات لحام حرفT أيضا إحداها ذات تغلغل جزئي والأخرى ذات تغلغل كلي وذلك بالأبعاد الأتية:

الجدول (3-4) يوضح أبعاد الوصلات حرف T

سمك القطعة الأفقية (بالملم)	**15**
سمك القطعة الرأسية (بالملم)	**15**
واجهة الجذر للقطعة الرأسية للتغلغل الجزئي (بالملم)	**3**
فجوة الجذر للقطعة ذات التغلغل الجزئي (بالملم)	**3**

بعد عمل العينات قمنا بتحديد الإختبارات الإتلافية واللاإتلافية اللتي سنقوم بها لمعرفة جودة وصلات اللحام وقمنا بقطع وتحضير العينات بالأبعاد المناسبة وذلك وفق المعيار العالمي ISO15614-1 للمواصفات وتأهيل اللحام للمواد المعدنية.

الإختبارات التي تم تحديدها هي:

1. إختبار الفحص البصري:

وقد تم فحص كل العينات بواسطة البصر وذلك تحت إضاءة مركزة وبزاوية 30 درجه للنظر ومسافة 24 بوصة من مكان اللحام وذلك لمعرفة إن كانت هنالك عيوب بوصلة اللحام أم لا.

2. إختبار الشد:

تم قطع 3 عينات صغيرة من العينة ذات الوصلة التقابلية كاملة التغلغل بواسطة ال wire cutting tool وتم تفريزها حتى أصبحت بالأبعاد الأتية:

الجدول (3-5) يوضح أبعاد عينات الشد

الطول (بالملم)	**150**
العرض (بالملم)	**10**
السمك (بالملم)	**8**

بعد ذلك تم وضع القطعة بجهاز الفحص لإجراء الإختبار عليها لمعرفة متانة الوصلة.

ولحساب قيمة الشد نستخدم القانون الأتي:

قيمة الشد= القوة/ مساحة المقطع

3. إختبار الصدم:

تم قطع عينات من الوصلة التقابلية كاملة التغلغل بواسطة ال wire cutting tool وبعد ذلك تم عمل تفريز لدرزة اللحام من اعلى القطعة ومن اسفل وعمل نظافة للقطعة من اعلى واسفل حتى توصلنا للأبعادالأتية:

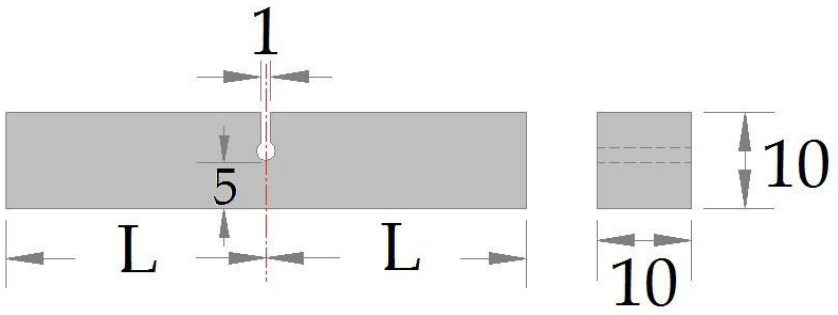
الجدول (3-6) يوضح أبعاد عينات إختبار الصدم

الطول (بالملم)	**55**
العرض (بالملم)	**10**
السمك (بالملم)	**10**

وبعد ذلك تم عمل حز للقطعة في المنتصف في منطقة اللحام كما في الشكل (3−1) وبعد ذلك تم تركيب القطعة في الجهاز واجراء الاختبار عليها لمعرفة مقدار الطاقة اللازمة لكسر الوصلة.

يعطي الجهاز قيمة (N) تعوض في المعادلة الأتية لإعطاء قيمة الطاقة اللازمة لكسر الوصلة:

(300−2*n)/5



الشكل (3−1) يوضح شكل قطعة إختبار الصدم

4. إختبار الصلادة:

تم قطع عينتين واحده من الوصلة التقابلية ذات التغلغل الجزئي و أخرى من الوصلة التقابلية ذات التغلغل الكلي وأيضا تم قطع عينتين من الوصلات ذات الزاوية حرف T واحده من الوصلة ذات التغلغل الجزئي والأخرى من الوصلة ذات التغلغل الكلي وبعد ذلك تم عمل تفريز لمنطقة درزة اللحام من اعلى ومن اسفل وبعد ذلك تم وضع القطعة في جهاز روكوويل لقياس الصلادة للفحص ومعرفة قيمة الصلادة بين معدن اللحام و المنطقة المتأثرة بالحرارة و المعدن الأساسي.

❖ **المرحلة الخامسة:**

بعد عمل الإختبارات والحصول على النتائج قمنا بمقارنتها بالنتائج القياسية ثم قمنا بتوضيح كل العيوب والمشاكل التصميمية ووفقا لهذا تم تحديد الإعتبارات التي يجب أخذها عند عمل وصلات اللحام.

الباب الرابع

النتائج والمناقشات

4-1 المقدمة:

في هذا الباب سوف نعرض كل النتائج التي تحصلنا عليها من الإختبارات الإتلافية واللاإتلافية وسنقوم بمناقشتها.

4-2 نتائج الإختبارات:

أولاً:إختبار الفحص البصري:

جدول (4-1) يوضح نتائج إختبار الفحص البصري

نوع الوصلة	النتيجة
وصلة تقابلية ذات تغلغل كلي	لا يوجد كسر أوشقوق أو عيوب ظاهرة
وصلة تقابلية ذات تغلغل جزئي	لا يوجد كسر أوشقوق أو عيوب ظاهرة
وصلة حرف T ذات تغلغل كلي	توجد عيوب ظاهرة (فراغات،نحر،تغلغل غير كامل)
وصلة حرف T ذات تغلغل جزئي	لا يوجد كسر أوشقوق أو عيوب ظاهرة

من إختبار الفحص البصري تم التوصل إلى أن كل الوصلات سليمة ماعدا الوصلة حرف T ذات التغلغل الكلي بها عيوب وهي:

1. فراغات (Porosity):

وهذا يعني أن القطعة كانت رطبة أو بها بعض الصدأ أو إن السطح لم ينظف جيدا قبل اللحام وأحياناً قوة الرياح أثناء اللحام تؤدي إلى هذا العيب أيضاً.

ولذلك يجب التأكد من نظافة القطعة المراد لحامها قبل اللحام وإستخدام واقيات من الرياح.

2. نحر(Under cut):

وهذا يعني أن العامل قام بتمرير الإلكترود بطريقة سريعة أثناء اللحام أو أن زاوية الإلكترود للحام غير صحيحة.

ولذلك يجب أن يضبط العامل سرعته وزاوية الإلكترود أثناء اللحام (للوصلات حرف T نستخدم زاوية 45 وللوصلات التقابلية نستخدم زاوية 90)

3. تغلغل غير كامل (Incomplete penetration):

وهذ يعني أن أخدود اللحام كان ضيقاً أو أن العامل كان بطئ أو سريع جداً في تمرير الإلكترود أثناء اللحام.

ولذلك يجب التأكد من أن الأخدود مناسب للحام ويجب على العامل ضبط سرعة الإلكترود أثناء اللحام.

ثانياً: إختبار الشد:

جدول (4-2) يوضح نتائج إختبار الشد

إسم العينة	سمك العينة (ملم)	طول العينة قبل الاختبار (ملم)	طول العينة بعد الاختبار (ملم)	القوة (نيوتن)	قيمة الشد Kgf/mm2
A	8	150	151.31	2200	28.380
B	8	150	151	1130	13.892
C	8	150	151.84	2250	29.776
				متوسط قيمة الشد	Kgf/mm224.02 235.55 Mpa

بعد عمل الإختبار وجدنا أن كل العينات قد إنكسرت في منطقة اللحام وانه لم تحدث إستطالة للوصلات إلا بقيمة صغيرة جدا مع العلم أن الوصلات السليمة يجب أن تنكسر بعيدا عن منطقة اللحام ومع العلم أيضا أن قيم إجهاد الخضوع و أقصى قيمة شد للمادة المالئة أكبر من قيم المعدن الأساسي وهذا يعني أن الوصلة غير سليمة وبها عيوب.

وبعد المقارنة بين أقصى إجهاد شد للمادة المالئة وهي 530Mpa وأقصى إجهاد شد تحصلنا عليه من الإختبار وهو 235.55Mpa نجد الفرق واضحاً.

وبعد النظر للوصلات من الداخل وجدنا العيوب الأتية:

1. فراغات (Porosity):

تم التطرق إلي أسبابها وطرق علاجها سابقاً.

2. إنصهار غير مكتمل(Incomplete fusion):

وهذا يعني أن العامل كان سريع أو بطئ جداً في تمرير الإلكترود أثناء اللحام أو أن أخدود اللحام ضيق جداً.

ولتفادي هذه العيب يجب إستخدام أبعاد مناسبة للحاموزوايا الأخدود ويجب على العامل ضبط سرعة تمرير الإلكترود أثناء اللحام.

ثالثاً: إختبار الصدم:

جدول(4-3) يوضح نتائج إختبار الصدم

إسم العينة	قراءة الجهاز (n)	قيمة الصدم (جول)
عينة إختبار الصدم	118	12.8

بعد النظر إلى قيمة الصدم للمادة المالئة لوصلة اللحام وهي 67 جول وإلى القيمة التي تحصلنا إليها من الإختبار نجد أن الفرق كبير جدا وذلك نسبة لأن الوصلة بها العيوب المذكورة مسبقاً.

رابعاً: إختبار الصلادة:

جدول (4-4) يوضح نتائج إختبار الصلادة

نوع الوصلة	صلادة المعدن الأساسي(HRC)	صلادة منطقة التأثر الحراري(HRC)	صلادة معدن اللحام (HRC)
وصلة تقابلية ذات تغلغل كلي	(8-10)	(8-10)	(13-16)
وصلة تقابلية ذات تغلغل جزئي	(2-4)	(2-4)	(16-18)
وصلة حرف T ذات تغلغل كلي	(8-11)	(8-11)	(18-21)
وصلة حرف T ذات تغلغل جزئي	(2-4)	(2-4)	(18-20)

من إختبار الصلادة توصلنا إلى أنه لا توجد مشاكل في صلادة منطقة التأثر الحراري وذلك بمقارنتها بصلادة المعدن الأساسي في كل وصلة.

الباب الخامس

الخلاصة والتوصيات

5-1 الخلاصة:

- تم تطبيق وصلات لحام تقابلية و وصلات حرف T ذات تغلغل جزئي وكلي بواسطة عملية اللحام بالMAG من معدن ال structural Steel S235JR ،وتم عليها إجراء إختبار الفحص البصري و إختبار الشد و إختبار الصدم و إختبار الصلادة.
- من إختبار الفحص البصري تم التوصل إلى أن كل الوصلات سليمة ماعدا الوصلة حرف T ذات التغلغل الكلي بها الكثير من العيوب وهذا يعني عدم إستمرارية المادة لنقصان المساحة أي أن المادة لن تتحمل نفس الحمل وأن الإجهادات ستكون مركزة في أماكن معينة وهذا يعني أيضا أن الماده لن تصلح للأحمال الديناميكية لأنها إذا تعرضت لإجهادات متكررة سيحدث إنهيار للوصلة.
- من إختبار الشد تم التوصل إلى أن الوصلة التقابلية ذات التغلغل الكلي لا تصلح أيضا للأحمال المراد لها تحملها سواء إستاتيكيا أو ديناميكيا وذلك لأنه حدث كسر بمنطقة اللحام ولم يحدث بالمعدن الأساسي وذلك لوجود عيوب بالوصلة أدت إلى حدوث كسر في الوصلة قبل أن تصل قيمة الشد الأقصى.
- من إختبار الصدم توصلنا أن قيمة الصدم التي أُتلفت بها الوصلة قليلة جدا مقارنة ب قيمة الصدم القياسية للمعدن وذلك لوجود نفس العيوب وهذا يؤكد عدم صلاحية الوصلة التقابلية ذات التغلغل الكلي.
- من إختبار الصلادة توصلنا إلى أن منطقة التأثير الحراري لم تتأثر صلادتها وهذا مؤشر جيد إلى أن المادة طورها لم يتغير بفعل الحرارة.
- الوصلات التقابلية والوصلات حرفT لم تكشف الإختبارات عن وجود مشاكل أو عيوب بها وهذا يعني أنه يمكن إستخدامها للأحمال (الإستاتيكية) دون الخوف من إنهيارها.

5-2 التوصيات:

- يجب الأخذ في الإعتبار عند اللحام تهيئة الظروف المناسبة وتفادي كل ما يؤدي إلى العيوب في اللحام والتي كان العامل جزءاً مهما منها وذلك واضح من خلال تجربتنا فيجب تدريب العاملين جيداً.
- الأخذ في الإعتبار أنه لا يمكن أن نستخدم وصلات ذات تغلغل جزئي لأحمال ديناميكية وذلك لأنه سيكون هناك تركز إجهادات في أماكن معينة ومع تكررها ستنهار الوصلة وأيضا الوصلات ذات التغلغل الكلي يجب أن تكون سليمة لكي تستخدم لأحمال ديناميكية لأن وجود عيوب مع تكرر الإجهادات سيؤدي إلى إنهيار الوصلة أيضاً.
- تفادي لحام الزوايا الحاده لأنه يؤدي إلى وجود تركز إجهادات أيضاً.

المراجع:

1. م. أحمد زكي – سالي أحمد زاكي – تكنولوجيا اللحام – (الدار المصرية للعلوم "سلسلة الدار")، ورقة علمية 2007م.
2. مارسيلو كونسوني – شارليز روبيرت– تصنيع وصلات اللحام بعيوب واقعية– ورقة علمية 2011م.
3. د. محمد علي سلامة – طرائق التصنيع (3) لحام المعادن – جامعة دمشق 2005م.
4. كوبي ستيل – كتاب عيوب اللحام والإجراءات الوقائية (النسخة الرابعة).

الملحقات:

مجمع اليرموك الصناعي دائرة الدعم الفني ادارة البحث و التطوير المعمل المركزي	Revision No: نسخة مضبوطة
Author:	Approved by:
THIS DOCUMENT IS CONFIDENTIAL to YIC	1 of 2

Non destructive test Certificate

Date	١٠/١٥ ٢٠١٧
Certificate no	
Name of laboratory	N.D.T قسم الكشف اللاتلفي
Part name	مرور (ا) صينية ماكرم
Part no	٤ زوايا كاملة في صاجات عمرية
Job order no	
Material	صلب
Quantity of samples	(٤)
Standard test	مشابهة لطريقة العرشة وايضا بدائل التفلون
Place delivered from	مشروع تخرج

Purpose of inspection: ..... Qlc for welding ..... فحص جودة لحام .....

Equipment used: ..... موجة فوق صوتية على مقشرات من السائل المتفلون وكذلك جهاز الموجات المتوقفة .....

Method of Inspection: ..... فحص باستخدام مكبرة و الكشف بنظام السائل المتفلون و الجزيئات وذرة المغنطة .....

Results of Inspection: ..... عدم وجود كسر وتكسر .....

Remarks: ..... بعض الشقوق مع لحام تم لحامها .....

.....

.....

Conforming / Non conforming	Standard Specification
مقبول	المواصفة الأمريكية ASNT

فني المعمل الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: ١٠/١١/٢٠١٧

المهندس الاسم: خيال عمر محمد التوقيع: ..... التاريخ: ١٥/١١/٢٠١٧

اعتماد مدير العمل الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: ١٧/١١/٢٠١٧

مجمع اليرموك الصناعي YIC Tech.dept. - Cent. Lab

رقم النموذج: F.P.9.008	رقم الإصدار: 03/1	تاريخ الإصدار: ابريل 2014م

مجمع اليرموك الصناعي دائرة الدعم الفني إدارة البحث و التطوير المعمل المركزي	Revision No:	نسخة مضبوطة
Author:	Approved by:	

شهادة التحليل الميكانيكي

التاريخ	٢٠١٦/١٠/٢٤
رقم شهادة التحليل	—
رقم العينة	(١)
نوع العينة	Flat SA
رقم أمر العمل	—
المواصفة المرجعية	Pulgam
الجهة الطالبة	مشروع نخ

الخواص الميكانيكية:

الخاصية	الشد (kgf / mm^2)	الإستطالة (%)	مساحة المقطع (%)	الصدم (J)	الصلادة		
					HRC	HV	HB
المطلوب							
المتحصل عليه	24.02						

فني المعمل الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: ٢٠١٦/١٠/٢٤

الملاحظ الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: ٢٠١٦/١٠/٢٤

اعتماد مدير العمل ع الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: ٢٠١٦/١٠/٢٤

YIC Tech.dept Cent. Lab - المعمل المركزي