السلام عليكم طلاب

بالنسبة للفصل الأول كتبنا بالدفتر بعض التعاريف والعراعات والتحاليل والمقارنة الموجودة بالفصل وهذا الملف تكملة لموضوع

مساعد الصهر: هو عبارة عن مادة تقوم بمنع الأكسدة ومنع دخول أي ملوثات أخرى لبركة منصهر اللحام إذ يعمل مساعد الصهر على تحليل هذه الأكاسيد والمواد الغريبة بشكل يسهل إزالتها من منطقة اللحام.

تحليل: ان مكائن التيار المتناوب (AC) لا تتأثر باتجاه الربط.

الجواب: لان التيار المتناوب يغير اتجاهه كل ١٠٠ مرة بالثانية اي ان التردد الكهربائي يساوي (50Hz) ذبذبة كل ثانية

تحليل: يفضل الربط بالقطبية المباشرة الموجبة (DCP) للمعادن الحديدية مثل الالمنيوم والمغنيسيوم.

الجواب: يقوم هذا الربط بفصل تنظيف جيد وبالتالي امكانية الحصول على ملحومات خالية من العيوب

س: عرف دورة التشغيل؟ الجواب / وتعرّف دورة التشغيل على أنها نسبة عدد الدقائق المستمرة في عملية اللحام لكل 10 دقائق، بشرط أن تكون ماكنة اللحام في وضع آمن عند تجهيز تيار اللحام المطلوب.

تحليل:

ان المكائن ذات دورات التشغيل العالية تكون غالية الثمن.

الجواب: بسبب التكلفة العالية للمتطلبات التصميمية لتلك المكائن من حيث تصنيعها بمولدات ذات جهد عالية والجام واسعة فضلاً عن تزويدها بمنظومات خاصة لتبريد الماكنة.

t.me/sinaea6
sinaea6

تعليل:

في مكائن اللحام القوس الكهربائي ذات الاقطاب المستهلكة لا تعد دورة التشغيل عاملاً مهماً

الجواب: لانه من الطبيعي ايقاف الماكنة عن اللحام بين مدة واخرى بسبب الحاجة الى وضع اقطاب جديدة وبالتالي خلال هذه المدة يتم ازاحة الماكنة.

مميزات تقنية السبائ في عملية اللحام بالاقطاب المغطى

١- يعطي ملحومة ذات جودة عالية.
٢- اختراقا عميقا للحام.
٣- عدم تكوين الخبث المتطاير عند بركة اللحام.

مميزات تقنية الدفع في عملية اللحام بالاقطاب المغطى.

١- تعطي ملحومة ذات جودة اقل.
٢- عمق لحام اقل.
٣- تكون الخبث المتطاير عند بركة اللحام.

يمكن ان تأتي هذه الميزات على شكل مقارنة

تعليل:- تحدد استعمال اللحام تحت الماء في اعماق معينة.

الجواب: بسبب تأثير ضغط الماء العالي على خطاء القوس الكهربائي.

تعليل: تلعب ملوحة الماء دوراً هاماً في عملية اللحام تحت الماء

اليوجا:

١- ينخفض مرقى الجهد السطحي الكهربائي.

٢- لدى ملاحة تزيد التوصيل الكهربائي للماء.

٣- تزيد ثباتية القوس الكهربائي اي عدم تبعثره وتناثره

٤- تأثير مباشر على رفع درجة حرارة المنطقة.

٥- ارتفاع التوصيل الحراري وكثافة التيار.

تعليل: يطلى الغلاف الخارجي للإلكترود عند اللحام تحت الماء بمادة عازلة محكمة الباراقين.

الجواب: لقص المحافظة عليه من التفكك.

تعليل: لا يستقر عند اللحام تحت الماء الا التيار المستمر بفرق جهد منخفض لا يزيد عن 42 فولت.

الجواب: لانه باستعمال التيار المتناوب يضطر للعمل بفرق جهد عالي وبالتالي سيكون مرقى الجهد وهذا اخطر على عامل اللحام تحت الماء.

جواب ثلاثة من 8 من اسئلة الفصل الأول

١- عزل منطقة اللحام عن المحيط الخارجي ومنع امتصاص الغازات المنتشرة في الهواء.

٢- زيادة سرعة اللحام.

٣- تحسين الخواص الميكانيكية وشكل خط اللحام.

٤- استقرار القوس الكهربائي.

sinaea6

س11) املأ الفراغات الآتية بما يلائمها:

1. بهدف إجراء التطبيق الصحيح لعملية اللحام بالأقطاب المجوفة ينبغي اعتماد تقنية السحب لاتجاه شوط اللحام وبزاوية ميل للقطب 50° – 60°
2. يستعمل كل من التيار المباشر DC والتيار المتناوب AC في طرائق اللحام بالقوس الكهربائي وتكون مكائن اللحام بالتيار المتناوب أقل كلفة، ولكنها تستعمل لغرض لحام المعادن الحديدية فقط، أما مكائن لحام التيار المباشر فتستعمل لأنواع المعادن كافة.
3. يمكن تقسيم الأقطاب المستعملة في طريقة اللحام بالقوس الكهربائي إلى أقطاب مستهلكة وغير مستهلكة. ويُعد القطب المستهلك المصدر الأساس لمعدن الإضافة (Filler) المطلوب في لحام القوس الكهربائي.
4. تربط مكائن القوس الكهربائي التي تعمل بالتيار المستمر بطريقتين قطبية مباشرة وقطبية معكوسة
5. حينما يتم ربط قطب ماكينة اللحام (الألكترود) بالقطب السالب ووصلة اللحام بالقطب الموجب فعندها تتجه الإلكترونات من القطب السالب إلى الموجب تسمى هذه القطبية المباشرة، وحينما يتم ربط القطب (الإلكترود) أي ماكينة اللحام بالقطب الموجب وقطعة العمل بالقطب السالب تسمى المباشرة العكسية

t.me/sinaea6
sinaea6

الفصل الثاني

لحام القوس الكهربائي بالغازات المحجبة

Arc Welding with shielded Gases





الست وداد عبدالحسين عباس

اعدادية الانتصار المهنية

لماذا القوس الكهربائي بالغازات الخاملة (الواقي)

س٤: عدد عناصر عملية لحام (MIG/ MAG)

الجواب:

1. مصدر الطاقة وماكينة اللحام.
2. وحدة التغذية والتحكم بسلك اللحام.
3. مجموعة الخراطيم ومقبض اللحام.
4. نظام الحجب بالغاز.
5. مجموعة بكرة السلك.

عرف الغازات الخاملة:

تعرف الغازات الخاملة بأنها لا تتفاعل كيميائياً مع غيرها من المواد وهي عناصر موجودة في الطبيعة وعددها خمسة وهي: الهيليوم، الآركون، النيون، الزينون، والرادون.

جواب كل من اسئلة الفصل

1. خاصية زيادة الحرارة.
2. التفاعل الكيميائي للغازات مع بعض العناصر الموجودة بالسلك أو قطعة العمل.
3. تأثير كل غاز على طريقة انتقال المعدن أثناء عملية اللحام.
4. التوصيل الحراري للغاز يزيد من الطاقة الحرارية المتولدة للحام، وكذلك يزيد من فولتية القوس وهي ضرورية لاستمرار القوس. ويُعد التوصيل الحراري لكل من غاز الهيليوم وغاز ثاني أوكسيد الكربون أكبر بكثير من التوصيل الحراري لغاز الآركون لهذا فإن الحرارة الناتجة عنها أكبر وتحتاج إلى فولتية أعلى وطاقة أكثر للحفاظ على ثبات القوس.

تعليل: الغازات الخاملة الأكثر استخداماً في عملية اللحام وعزل القوس الكهربائي هي الأركون والهليوم فقط.

الجواب: لا مكانية الحصول على هذه الغازات بطرائق اقتصادية.

تعليل : يعد غاز ثاني اوكسيد الكربون غازاً فعالا في عجب التفحم الكهربائي عند لحام الفولاذ.

الجواب : لانه لا يسبب عيوب مثل التشقق مقارنة بغاز الاركون.

تعليل : لا يستعمل الاركون في لحام الفولاذ.

الجواب : لانه يسبب التشقق على جوانب اللحام

تعليل:

يجب الحذر عند استعمال هذا النوع من الغازات في مكان ضيق ولذا يفضل التهوية في منطقة العمل لمنع استنشاق هذا الغاز ؟

لأنه يتحلل أثناء اللحام من غاز ثاني أوكسيد الكربون إلى أول اوكسيد الكربون CO والذي هو غاز سام.

س: عدد العوامل التي على اساسها يتم اختيار سلك لحام (MIG/MAG).

1. التركيب الكيميائي للمعدن الأساس المراد لحامه وخواصه الميكانيكية وهي من الأهمية القصوى.
2. سمك قطعة العمل وتصميم مفصل اللحام، إذ تحتاج القطع السميكة والمفاصل المعقدة إلى أسلاك لحام من النوع الذي يكوّن معدن اللحام بمطيلية عالية.
3. حالات السطح، يتوجب اختيار نوع سلك اللحام المناسب لسطح المعدن الأساس من حيث تكوّن الصدأ أو القشور.
4. شروط الخدمة أو خواصها.

س : ماهي انواع اسلاك اللحام الأكثر شيوعاً للحام المعادن الحديدية

الجواب :

١ - سلك لحام رقم E70S-2

ب - سلك اللحام رقم E70S-3

ج - سلك اللحام رقم E70S-6

س : ماهي انواع اسلاك لحام لغولاذ المقاوم للتآكل بطريقة اللحام (MIG/MAG)

الجواب :

١ - سلك اللحام رقم ER308

ب - سلك اللحام رقم ER308L

س: ماهي اسلاك لحام النحاس وسبائكه:

الجواب :

١ - السلك ERCu

ب - السلك ECuSn-A

س: ماهي الطرائق المتبعة لإنتقال معدن اللحام عند لحام (MIG/MAG)

الجواب:

1. انتقال المعدن بطريقة الرش.
2. انتقال المعدن بالدائرة المغلقة.

جواب س 48:

1. تخفيض كلفة العمل ويتم ذلك من خلال تقليل الوقت اللازم لتنظيف القطع المعدنية الملحومة بسبب عدم الحاجة لاستعمال مساعد الصهر، وبالتالي عدم تكون الخبث بالإضافة إلى ذلك قلة تناثر المعدن وسهولة إزالته.
2. انخفاض الوقت اللازم لعملية التدريب حيث يلاحظ سُهولة إجراء عملية اللحام، وهذا يؤدي إلى تقليل وقت التدريب، بالإضافة إلى ذلك فإن الأشخاص الذين لديهم خبرة في عمليات اللحام الأخرى يمتازون بسرعة السيطرة على أسلوب اللحام بالقوس المحجب بالغاز.
3. سرعة الإداء تُعد عملية اللحام هذه سريعة مقارنة بعملية اللحام بالقوس الكهربائي اليدوي، وخصوصاً عند الحاجة للحام بعدة تمريرات وذلك للاستغناء عن الوقت المهدور في تنظيف خط اللحام من الخبث المتكون بسبب مساعد الصهر.
4. جودة اللحام حيث إن السرعة العالية نسبياً في عملية اللحام تؤدي إلى الحصول على خصائص معدنية جيدة في منطقة اللحام.
5. يمكن استعمال هذا النوع من اللحام في لحام الصفائح الرقيقة بسبب انخفاض قيمة شدة التيار المستعمل وبدرجة اقتصادية مقارنة باللحام بالقوس الكهربائي.
6. يمكن استعمال وصلات متعددة المقاطع، يمكن بوساطة هذه الطريقة الحصول على تغلغل أعمق لقوس اللحام بسبب الزيادة في بروز السلك. وهذا يؤدي إلى إمكانية الحصول على تصاميم أفضل للوصلات المستعملة في اللحام.

س : عدد العوامل التي تؤثر في لحام MIG/MAG

الجواب :

١- الجهد (فولتية) القوس
٢- سرعة تغذية السلك
٣- معدل تدفق غاز الحجب
٤- بروز سلك اللحام عن مقبض اللحام.

جواب س 8 ص 48 :

إن معدل تدفق غاز الحجب بشكل مناسب يعطي حماية جيدة لمعدن اللحام، والنقص في معدلات التدفق ينتج عنه عيوب اللحام، وأما الزيادة في التدفق فإنها تؤدي إلى عدم وجود خط اللحام الناتج وكذلك تؤدي إلى استهلاك الغازات بكمية أكبر وهذا يؤدي بدوره إلى زيادة الكلفة.

جواب س 9 ص 48 :

إن مصدر حرارة اللحام هو القوس الكهربائي بين الإلكترود المصنوع من التنكستن أو سبائكه وقطعة المعدن المراد لحامها وتحاط قطعة العمل بغاز محجب من النوع الخامل، وقد يستعمل معدن أضافي في اللحام. إن لحام القوس المعدني المحجب بغاز خامل مع إلكترودات غير مستهلكة، يماثل أساليب اللحام الأخرى بالقوس الكهربائي بطريقة MIG/MAG من حيث تسخين المعادن المراد لحامها إلى درجة حرارة الانصهار بقوس كهربائي يتكون ما بين الشعلة والكترود اللحام. تصل درجة الحرارة في القوس الكهربائي إلى 6100°C، وهي كافية لصهر جميع المعادن المراد لحامها. وغالباً ما يستعمل غاز الآركون أو قد يستعمل أحياناً خليط من الآركون والهليوم كغاز الحجب، ويغذى الغاز خلال فوهة تحيط بالإلكترود.

جواب س 3 ص 48 :

١- غاز ثنائي اوكسيد الكربون .
٢- غاز الارجون والهليوم

طرائق اللحام اللاتقليدية

* طرائق اللحام اللاتقليدية هي اللحام بأشعة الليزر و اللحام بالحزمة الإلكترونية.

اللحام بأشعة الليزر:

تعريف عملية اللحام بأشعة الليزر: هي عملية تركيز بؤري لضوء أحادي اللون إلى حزمة شديدة التركيز حيث يتكون ضوء بأكمله من موجات تشبه الموجات الراديوية أو الموجات المايكروية

تعليل: - لا يمكن استعمال الضوء العادي في عملية اللحام.

الجواب: لأن الطاقة المشعة من المصدر الضوئي العادي تتوزع على مدى طيفي واسع بمعنى آخر فانه لا يتوافر مصدر أحادي اللون في هذا الضوء كضوء الليزر، بالإضافة إلى أن الطاقة

* لغرض الاستفادة من التركيز لبؤري للطاقة الضوئية والسماح باستعمالها لعمليات لحام او قطع المعادن لا بد من توفر-

١- دخول الحزمة الضوئية إلى العدسة بخطوط مستقيمة

٢- ان تكون ذات طول موجي احادي التردد او ذات موجات متزايطة بحيث تكون متوازية.

* تتوافر انواع عديدة من الأشعاعات مثل الموجات الراديوية والاشعة السينية واشعة كاما

* توجد ثلاثة انواع رئيسية من الليزر هي الصلب والغازي وشبه الموصل

* يتكون ليزر الياقوت من مصدر ضوء وساق من الياقوت و مرآتين متقابلتين على طرفي الساق.

تعريف الليزر الغازي: يعمل بطريقة مختلفة عن ليزر الحالة الصلبة. وتتكون المواد الفاعلة لليزر الغازي من الغاز أو خليط من الغازات موضوعة في أنبوب زجاجي أو من الكوارتز ومزودة عند نهايتها بمرايا عالية الصقل

* من اهم انواع الليزر الغازي هي ليزر الهليوم - نيون و ليزر ثاني اوكسيد الكربون .

* تعليل : استخدامات ليزر الهليوم - نيون واسعة جداً .

الجواب : بسبب طول موجي المرئي وانفراجاته الصغيره .

* يعد ليزر ثاني اوكسيد الكربون من اهم انواع الليزر .

الجواب : بسبب كفاءته العالية التي تبلغ 30% وكبر القدرة الناتجة منه بسبب ان هذا الليزر يصدر اشعاعاً في منطقة الاشعة الحمراء و منطقة الميكروويف .

* يعد ليزر ثاني اوكسيد الكربون من اهم انواع الليزر .

* الليزر شبه الموصل : وهو يختلف عن الليزر الحالة الصلبة في طريقة توليد مستويات الطاقة وهو عبارة عن وصلة ثنائية N-P .

* جهاز الليزر : وهو يتألف من مضخة ضوئية وعنصر نشط لانتاج شعاع احادي الطيف بكثافة عالية جداً ويتألف المضخة الضوئية من ضماد ومصباح اما العنصر النشط فهو عبارة عن بلورة من الصفيح الاصطناعي أو اوكسيد الالمنيوم اليلوري .

* ان الوصلات الاكثر ملاءمة لحام الليزر هي الوصلات التراكبية كما يستعمل الليزر في لحام الوصلات الافقية كاللحام التناكبي ووصلات الزاوية وبشكل واسع .

تكملة الفصل الثالث

تعليل: تتأثر عملية اللحام بجهاز اللحام بالليزر.

الجواب: بسبب طبيعة حزمة الضوء.

ميزة طريقة نبضة الليزر

١- ان عدد النبضات كبير ويبلغ حوالي (١٥ نبضات كل ثانية)

٢- المعدن لا تتعرض للتسخين الا في نقطة واحدة.

٣- يتواجد السائل في حالة الانصهار فقط.

جواب سؤال ٥٦ (الجواب من صفحة 58)

١- الحزمة مناسبة لصهر المعدن.

٢- شدة الحزمة اقل من درجة تبخر المادة.

٣- طول النبضة كافياً ليسمح بتوصيل الحرارة خلال المعدن.

استعمالات لحام الليزر:-

١- لحام المعادن رقيقة السمك.

٢- تستعمل للحام المعادن غير المتشابهة والمختلفة الخواص الفيزيائية

٣- يكون لحام المعادن ذات المقاومة الكهربائية العالية نسبياً.

٤- يستعمل في الصناعات الالكترونية الدقيقة.

٥- يمكن انجاز اللحام بدرجة عالية من الدقة وبسمك قد يصل الى المايكرون.

جواب سؤال

4-2-3 ميزات اللحام بالليزر Advantages of Laser Welding

1. يمكن إجراء اللحام في داخل غلاف من الزجاج أو اللدائن من دون إزالة الغلاف.
2. يكون التلوث معدوماً كون اللحام يتم من دون معدن حشو، ومن دون استخدام تيارات كهربائية عالية.
3. يمكن لحام مواقع يصعب الوصول إليها بطرائق اللحام الأخرى كما ويمكن لحام وصلات تفصلها مسافات صغيرة جداً.
4. لا تحتاج الطريقة إلى جو مفرغ من الهواء، ولا يحدث تفاعل مع الهواء لقصر المدة الزمنية التي يبقى فيها المعدن سائلاً ولصغر حجمه، لذا فاللحام بالليزر لا يحتاج إلى غاز واقٍ.
5. يمكن لحام سبائك معاملة حرارياً من دون التأثير في خواصها بسبب إمكانية تركيز أشعة الليزر في قطر صغير جداً، فتكون المنطقة المتأثرة بالحرارة ضيقة جداً هي الأخرى.

محددات طريقة اللحام بالليزر

١- سرعة منخفضة للحام .

٢- العمق المحدد للحام بحدود (١.٥mm) لان زيادة الطاقة تؤدي الى تكوين فجوات غازية .

٣- بعض المعادن لايمكن لحامها مثل المغنيسيوم لانه يتبخر وتتكون فجوات سطحية .

انتهى الجواب ✓

تعليل: بعض المعادن لايمكن لحامها بالليزر مثل المغنيسيوم.

الجواب: لانه يتبخر وتتكون فجوات سطحية .

تعليل: العمق المحدد للحام بالليزر بحدود (١.٥mm).

الجواب: لان زيادة الطاقة تؤدي الى تكوين فجوات غازية.

تعريف اللحام بالحزمة الالكترونية: وهو يعد احد طرائق اللحام الانصهاري وهي طريقة حديثة اذ يحصل على الالكترونات ومن ثم تعجل وتوجه الى قطعة العمل وعند اصطدامها بقطعة العمل تتحول طاقتها الحركية الى طاقة حرارية تصهر قطعة العمل.

جواب سؤال 7

1. تهيئة وصلة اللحام، إذ تكون الوصلات عادة عبارة عن سطوح متناكبة مع مجال ضيق يتراوح ما بين mm (0.05 و 0.075)، ويمكن إجراء اللحام أيضاً على وصلات بشكل الحرف T ووصلات الحافة ووصلات متراكبة.
2. تنظيف الأجزاء المطلوب لحامها بالطرائق الميكانيكية والكيمياوية، ويجب إجراء التنظيف النهائي قبل اللحام بدقائق وعدم لمسها بعد التنظيف.
3. إزالة المغناطيسية، إذ إن المغناطيسية المتبقية في قطعة العمل والمثبتات تسبب حيود الأشعة الإلكترونية من موقع اللحام.
4. توضع قطعة العمل في حجرة اللحام وتضبط المسافات المطلوبة.
5. تفرغ الحجرة من الهواء، اذا كان اللحام يحتاج إلى حجرة مفرغة.
6. تسخين أولي للشغلة فالمواد المهيأة للحام والقابلة للتقوية تحتاج إلى هذا التسخين وخاصة الأجزاء السميكة. فالفولاذ العالي السبائكية وفولاذ العُدد بسمك اكبر من mm 9 يحتاجان إلى تسخين أولي لتفادي التشقق.
7. اختيار المتغيرات كالتيار والفولتية.
8. إجراء اللحام وذلك عن طريق جريان المعدن المنصهر من مقدمة الثقب إلى مؤخرته.

جواب سؤال 8

1. فولتية التعجيل.
2. تيار الحزمة.
3. سرعة اللحام
4. تيار التوجيه.
5. المسافة بين مسدس حزمة الإلكترونات وقطعة العمل.

جوابي س 66

1 ملن ايا:

1. نوعية اللحام الناتجة جيدة وخالية من المسامية ويمكن إجراء اللحام بسرعة عالية.
2. تكون المنطقة المتأثرة بالحرارة والتشوه الناتج صغيرة جداً.
3. النفاذية العالية، والنسبة بين عمق وعرض اللحام قد تصل إلى 25 ضعفاً بتمريرة واحدة.
4. يمكن لحام معادن فعالة يصعب لحامها بالطرائق الأخرى، مثل التيتانيوم والزركونيوم، وكذلك البريليوم الذي يتبخر عند لحامه بالطرائق الأخرى بدلاً من انصهاره.
5. يمكن لحام صفائح رقيقة إلى أجزاء سميكة، وكذلك يمكن لحام أجزاء رقيقة مع بعضها الآخر تناكبياً وبسمك يصل إلى 0.025 mm.

الاستعمالات:

1. لحام المعادن الفعالة والحرارية في حقول الطاقة الذرية والصواريخ.
2. لحام الأجزاء المختلفة وفي صناعات كثيرة والتي تتطلب تشوهات محدودة.
3. لحام المعادن والسبائك المتشابهة وغير المتشابهة، مثلاً الفولاذ المقاوم للصدأ مع سبيكة الإنكونيل، والانفار مع سبائك المنغنيز، والشكل (3-20) يوضح اللحام بالحزمة الإلكترونية للنحاس.
4. طريقة ملائمة للإنتاج الكبير.

المحددات :

١- الكلفة الأولية العالية.

٢- الحجم المحدود للشغلة عند استعمال الجهاز بجرة مفرغة.

٣- خطورة التعرض الى مصادر الأشعة السينية.

٤- يحتاج الجهاز خبرة فنية عند الأستعمال.

((انتهى جواب سؤالي))

مميزات عملية اللحام بالحزمة الالكترونية في الجرة مفرغة. (ملخص من كتاب)

١- يساعد على ازالة الغازات من المعدن المنصهر منتجاً بذلك لحاماً عالي الجودة.

٢- تكون الخسارة في طاقة الاشعة الالكترونية منخفضة.

٣- يحدد حجم وصلات اللحام.

٤- ان بخار المعدن يعيق مسار الالكترونات ويمتص قسماً من طاقتها.

٥- الوقت اللازم لتفريغ الجرة.

مميزات استخدام الحاسوب بالحزمة الالكترونية خارج الحجرة:

١- يمكن استخدام وحدات كثيرة.

٢- لا يؤثر بخار المعدن سلبياً.

٣- سهولة تحميل الوحدات على منصة الحامل سريعة.

٤- ان الحامل في الهواء يحتاج الى غاز واقي لحماية المعدن المنصهر من التلوث.

٥- يكون الحامل الناتج عريضاً نسبياً.

٦- ان الهواء الجوي يعرقل مسار الالكترونات و يبعثرها.

٧- قطورة الاستعاض لسيئية المتكونة من ارتطام الالكترونات بقطعة العمل.

جواب السؤال ٥

لحام اللدائن: تلحم اللدائن التي تقسم الى لدائن تتلدن بالحرارة و لدائن تتصلب بالحرارة كما تلحم المعادن. و الطريقة المستخدمة للحام اللدائن التي تتلدن بالحرارة مشابهة لتلك التي تستعمل في لحام المعادن.

أساليب لحام اللدائن:

١- لحام الاحتكاك.

٢- اللحام بالعدة الساخنة

٣- اللحام بالغاز الساخن.

س6) املأ الفراغات الآتية بما يلائمها:

أ- تُعد عملية اللحام أقدم عمليات الإنتاج و التشكيل التي عرفها التاريخ القديم.

ب- عملية اللحام بأشعة الليزر هي عملية تركيز ليزر لضوء احادي اللون

ج- تتكون الذرة من إلكترونات و بروتونات و نيوترونات

د- من أهم أنواع الليزر الصلب، هو: الضوئي الياقوتي و الياقوت الأزرق

هـ- العيب الكبير في لحامات الخط الليزرية هي سرعات لحام منخفضة

و- يُعد استعمال حزمة الإلكترون في الصناعة من الطرائق الحديثة نسبياً.

ح- تنقسم اللدائن إلى قسمين، هما: متحدة بالحرارة و تتصلب بالحرارة.

س11) ضع علامة (صح) أو (خطأ) أمام العبارات الآتية، ثم صحح الخطأ أينما وجد:

أ- تتميز طرائق اللحام اللاتقليدية بإعطائها دقة ونعومة سطحيه جيدة وظروف تشغيل اقتصادية. صح

ب- مكونات ليزر الياقوت عبارة عن مصدر ضوئي وساق من الياقوت. صح

ت- يستعمل الليزر في لحام الوصلات الأخرى كاللحام التناكبي و وصلات الزاوية حرف T. صح

ث- يُعد استعمال حزمة الإلكترون في الصناعة من الطرائق القديمة. خطأ من الطرائق الحديثة

ج- يستعمل لحام الاحتكاك للحام المواد اللدنة. صح

الفصل الرابع

ميتالورجيا العام

ميتالورجيا العام: - تهتم بدراسة تأثير العام على المعادن من حيث الخواص الفيزيائية والميكانيكية والتركيب الكيميائي.

ميتالورجيا المعادن: تهتم بدراسة انواع البنية المجهرية الثانوية للمعادن وكذلك الاطوار المتكونة من الأنظمة السبائكية وكيفية تحسين الخواص الميكانيكية والخواص الأخرى من خلال انتاج السبائك.

* ترتبط ذرات جميع المواد المعروفة بروابط معينة وهي **الاصرة الايونية والتساهمية والرابطة المعدنية** وجميعها روابط قوية وتعد الروابط الاولية للمواد.

* هنالك روابط ثانوية تربط ذرات المواد اقل قوة من الروابط الاولية وهي **الرابطة الهيدروجينية وقوى فان دير فالس**.

الرابطة المعدنية: وهي رابطة تتكون بين ذرتين معدنيتين او اكثر وهي رابطة الكترونية يكونها زوج الكتروني مشترك غير ثابت ويتكون آنياً ولكن سرعان مايبتعد ليكون كل منهما زوجاً الكترونياً مشتركاً مع الكترون آخر من ذرة مجاورة.

السحابة الالكترونية: - وهي مشاركة جميع الالكترونات الموجودة في المدار الخارجي والتي تخرج من مواقعها وتكون السحابة وتكون الالكترونات مشتركة مابين جميع الذرات المرتبطة والتي تصبح ايونات موجبة.

مميزات الرابطة المعدنية :-

١- قوتها التي تجعل المعدن ذات جساءة ومقاومة عاليتين.

٢- درجة انصهار مرتفعة.

٣- الموصلية الجيدة للكهرباء والحرارة.

* بصورة عامة الجماد الحادن النقيه يتضمن التنوية و النمو.

* الشبكة البلورية :- وهي مجموعة خطوط خياليه فراغيه بترتيبات ثلاثية الأبعاد متكررة ومتماثلة وتتراص ذرات المعدن على عقد تلك الشبكة.

* وحدة الخلية :- وهي اصغر ترتيب للشبكة البلورية والتي تمثل نموذج البلور.

جواب سؤال ص95/س4) ما هو معامل الرص؟ وما الفائدة من حسابه ومعرفة قيمته؟

معامل الرص الذري :- وهو يمثل الكثافة الذرية للشبكة البلورية.

الفائدة من حسابه ومعرفة قيمته :-

١- حساب كثافة المعدن

٢- يعطي مؤشراً عن مطيلية المعدن.

((استكمل الجواب))

التجمد غير المتبلور :- توزيع ذرات المادة من جديد عند تغير طورها وتحولها من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة و التوزيع عشوائياً.

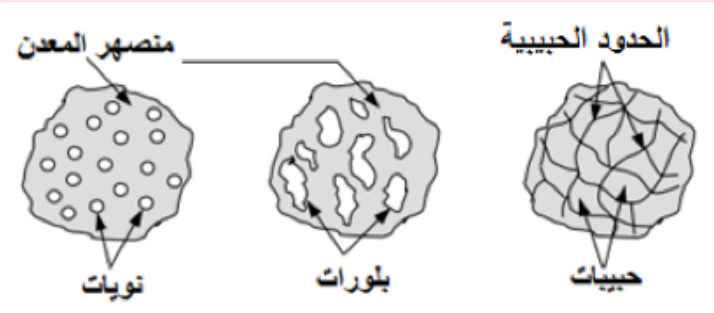
الحالة البلورية :- ويكون توزيع ذرات المادة من جديد عند تغير طورها وتحولها من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة توزيع هندسي منتظم بابعاد ثابتة .

التحول الطوري :- يمكن للمعادن ان تنتقل من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة اي التبلور او بالعكس (الانصهار تبعاً لتغير الحرارة)

س3) وضح آلية انجماد المعادن، معززاً إجابتك بالرسم.

بتبريد منصهر المعدن ستقل الحركة الاهتزازية للجسيمات وتبدأ الذرات بأخذ مواقع لها ذات طاقة أقل بضمن البنية المعدنية. وهذا ما يفسر آلية انجماد المعادن. وبصورةٍ عامة، انجماد المعادن النقية يتضمن، الآتي: 1- **التنوية**: (تكوين النويات) المستقرة في منصهر المعدن، 2- **النمو**: إذ تنمو بعدها هذه النويات لتكون الحبيبات في منصهر المعدن، ويستمر نمو الحبيبات لحين انجماد منصهر المعدن.

إن ما يحدد حجم وشكل الحبيبات المتكّونة بعد الانجماد هو عدد النويات المتكّونة في منصهر المعدن ومعدل التبريد ونوع المعدن. لاحظ الشكل (4-2) الذي يوضح آلية انجماد المعادن النقية.



جواب ص 95

س5) كيف تحدث ظاهرة التحولات التآصلية؟ أعط مثالاً واضحاً لهذه الظاهرة، وما أهمية حدوثها في المعادن؟

التحولات التآصلية: عند تغير درجات الحرارة في الحالة الصلبة يمكن ان يحدث تحولات في بنية المعدن وفي شبكته البلورية والتركيب الكيميائي ويؤدي ذلك الى تغير في خواصه الميكانيكية والفيزيائية وهي قابلة للانعكاس.

مثال:- التحول في درجات الحرارة المرتفعة يكون من طور الاوستنايت وعند انخفاض درجات الحرارة عن درجة تغير الطور يتغير طوره الى طور الفيرايت.

اهمية حدوثها:-

١- تحميات الحام

٢- التحكم بالخواص المعدنية.

س6) ما هي مخططات الأطوار؟ وما الضرورة من رسم تلك المخططات؟

مخططات الاطوار:- وهي تساعد في معرفة التأثيرات الحرارية على السبائك وتحديد ظهور الاطوار الجديدة ويمكن من خلالها معرفة نسب الاطوار وتحديد تركيزها في كل نقطة.

الغرض من رسم تلك المخططات:-

١- تساعد في معرفة التأثيرات الحرارية على السبائك.

٢- تحديد ظهور اطوار جديدة.

٣- معرفة نسب الاطوار وتحديد تركيزها في كل نقطة.

٤- معرفة التحولات والتفاعلات التي تحصل عند كل درجة حرارة.

٥- امكانية تقدير نسب العناصر الداخلة في تركيب السبيكة بالدراسة المجهرية من دون الحاجة الى تحليلها كيميائياً.

* نقطة الأيوتكتك : - وهي النقطة الوحيدة التي تقع على خط الذوبان وعلى خط التجمد في الوقت نفسه.

* [1] ر الارتشايت : - وهي يشير الى البنية الحبيبية لسبائك الصولدخ والتي هي في غاية الصلادة ويتكون عن طريق التبريد السريع جدا".

تعليل : - في حالة الماء بالحالة الجامدة فأن الدورة الحرارية وتتابعها ستكون اقل تعقيدا".

الجواب : بسبب عدم وجود حالة الانصهار.

* لغرض الحصول على طوار معينة وجودة عالية للقطع الملحومة من الضروري السيطرة على عاملين مهمين : -

١- كثافة طاقة الحرارية المزودة لمنطقة اللحام.

٢- معدل التبريد.

* كثافة الطاقة الحرارية : - هي كمية الحرارة المزودة نسبة الى المساحة المعرضة لحرارة التجهيز.

س8) كيف تتم السيطرة على معدل سرعة التبريد عند اللحام؟

الجواب:

(1) تسخين قطعة العمل قبل البدء بعملية اللحام مما يؤدي إلى انخفاض في معدل التبريد.

(2) زيادة سرعة عملية اللحام إذ ستزيد من سرعة التبريد.

(3) اختيار طريقة لحام ذات حرارة داخلة محدودة مما يساعد في الحد من سرعة التبريد.

تكملة الفصل الرابع

س18) علل ما يأتي: ص 95

1. نادراً ما تستعمل المعادن النقية في العمليات التصنيعية والشائع هو استعمال سبائك معدنية تتألف من معدنين أو أكثر.

الجواب: لأنها تكتسب خواصاً جديدة افضل من خواص كل معدن من المعادن التي تتكون منها: فضلاً عن تخفيض تكاليف الإنتاج بخلط المعادن الثمينة بالارخص ثمناً.

2. تكون الأطوار الوسطية.

الجواب: تتكون نتيجة محدودية الذوابية بين عناصر النظام السبائكي اي حينما تتجاوز ذوابية عنصر لتسبيك ما العنصر الاساسي هذا الأخير.

3. عدم ظهور طور المارتنسايت في مخطط الأطوار المتوازن.

الجواب: لأنه طور غير متوازن (غير مستقر) لذا سيتفكك هذا الطور عند تسخينه بسرعة وعند التبريد المتوازن ستكون الأطوار المتوازنة

4. يمكن إنجاز عملية اللحام بطريقة الحزمة الإلكترونية بمسافة ضيقة وعميقة جداً في آنٍ واحد

الجواب: لكونها هي الأعلى مقداراً في كثافة الطاقة إذ يكون الحاصة المعرضة للحرارة هي أقل ما يمكن.

* تعريف سبيكة البيرليت: وهي عبارة عن خليط من الفيرايت كمحلول جامد والسيمنتايت كطور وسطي.

س9) ما هي أهم أوجه التشابه والاختلاف بين عمليتي السباكة واللحام؟

الجواب:

على الرغم من التشابه الكبير بين عمليتي السباكة واللحام، إذ يرى المتخصصون إن عملية اللحام بانها عملية سباكة موضعية وتحدث فيها عملية الانصهار والانجماد للمواد المعدنية، فضلاً عن التشابه باحتمالية ظهور العيوب نفسها في كلا العمليتين، أي أن معظم العيوب المحتملة المصاحبة لعملية السباكة قد تصاحب عملية اللحام. وعلى الرغم من هذا فإن عملية اللحام الانصهاري هي الأكثر تعقيداً من عملية السباكة بسبب التأثيرات الفيزيائية بين المصدر الحراري والمعدن الأساس. لذا فإن هنالك اختلافات كبيرة بين العمليتين من ناحية التنوية ونمو وتطور البنية المجهرية الجديدة المتكونة على سطح المعدن الأساس في عملية اللحام التي تختلف بشكل كبير عن الحبيبات المتكونة على جدار قالب السباكة من خلال الاختلاف في معدل سرعة التبريد واتجاهها وغيرها من الأسباب.

س10) على ماذا تعتمد البنية المجهرية للمنطقة المنصهرة بالكامل (FZ) والمنجمدة مرة أخرى؟

الجواب:

تعتمد البنية المجهرية للمنطقة التي انصهرت بالكامل وتجمدت مرةً أخرى بصورة رئيسة على الآتي:
1) التركيب الكيميائي، (2) تقدم التسخين الموضعي للمادة مع تحرك المصدر الحراري غالباً، 3) إضافة أسلاك اللحام ومساعدات الصهر والحجاب الغازي أو من دونهما، (4) ظروف الانجماد.

س11) عدد أهم أنواع اللحام اعتماداً على أسلوب اللحام من حيث استعمال أقطاب اللحام، أعطِ مثالاً للحام كل نوع منها.

الجواب

وتبعاً لأسلوب اللحام من ناحية استعمال أقطاب اللحام، هنالك ثلاثة أنواع من مناطق اللحام وهي:

1- منطقة ذاتية (أقطاب غير مستهلكة وبدون إضافة معدن حشو)

Autogenous Fusion Zone

2- منطقة متجانسة (أقطاب اللحام أو معدن الحشو متوافق مع معدن الأساس)

Homogeneous Fusion one

3- منطقة غير متجانسة (أقطاب اللحام أو معدن الحشو مختلفة عن معدن الأساس)

Heterogeneous Fusion Zone

النوع الأول، مثل: اللحام بطريقة الحزمة الإلكترونية أو بطريقة TIG، والنوع الثاني، مثل: اللحام باستعمال أقطاب رقم (E8018-B2) للحام سبيكة (فولاذ- Mo-Cr)، والنوع الثالث، مثل: استعمال أقطاب رقم (ER4043) مع سبيكة الألمُنيوم AA6061.

س12) ما هي العوامل المؤثرة على خواص المنطقة المتأثرة بالحرارة؟

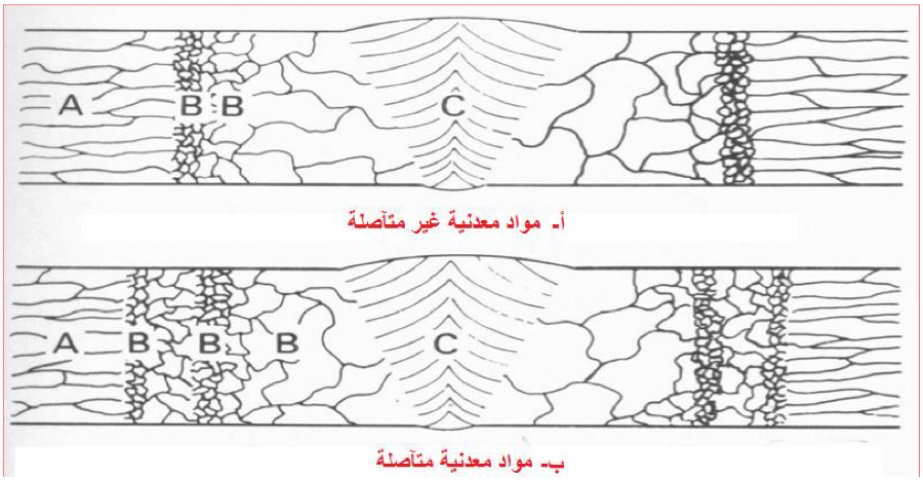
الجواب:

- **معدل تزويد الطاقة الحرارية الداخلة ومعدل التبريد**
- **مقدار ارتفاع درجة الحرارة في تلك المنطقة**
- **الحجم الحبيبي الأصلي واتجاهه، ومقدار التشكيل على البارد المسبق لعملية اللحام**
- **الخواص الميكانيكية الابتدائية من مقاومة وصلادة وغيرها، وطريقة تحسين تلك الخواص مثل تقوية المعدن بالمعالجة الحرارية.**

س13) ما هي أنواع السبائك المعدنية من حيث التغيير في نوع البلورة عند ارتفاع درجات الحرارة بالتسخين؟ أعطِ مثالاً وقارن بين مناطق اللحام المختلفة لكلٍ منها، موضحاً إجابتك بالرسم.

الجواب: -

وهناك نوعان من السبائك المعدنية من حيث التغير في نوع البلورة عند ارتفاع درجات الحرارة بالتسخين، الأولى التي لا يحدث فيها تغييراً تآصلياً أي لا تتغير فيها نوعية الشبكة البلورية خلال التسخين مثل النحاس، والثانية ذات التغيير التآصلي خلال التسخين مثل الفولاذ، يوضح الشكل (4-17) مقارنة بين هذين النوعين لمناطق اللحام المختلفة. إذ تمثل المنطقة (A)المعدن الأساس الذي لم يتأثر بالحرارة، والمنطقة (B) المنطقة المتأثرة بالحرارة HAZ، في حين أن المنطقة (C) تمثل بركة اللحام. على الرغم من أن الشكل (4-17-أ) يمثل مواد معدنية غير متآصلة ولكن تأثير حرارة اللحام واضح على البنية المجهرية للمعدن، إذ إن الحبيبات الطولية الناتجة من التشكيل على البارد المسبق في المعدن الأساس قد تم إعادة تبلورها Recrystallization وخضعت لمرحلة الاستعادة Recovery والنمو Growth بسبب ارتفاع درجة الحرارة في المنطقة المتأثرة بالحرارة HAZ. ويلاحظ وجود نوعين من الحبيبات في المنطقة المتأثرة بالحرارة، فالبنية المجهرية للمنطقة المجاورة مباشرة لمعدن الأساس تكون متساوية المحاور (غير طولية) وصغيرة الحجم الحبيبي لعدم وصول درجات حرارة مرتفعة لذلك الحيز، ويبدأ الحجم الحبيبي في الحيز الثاني بالزيادة كلما اقترب من المنطقة المنصهرة التي تكون حبيباتها طولية كبيرة كما تم توضيحه في الفقرة السابقة. ومن هذا المنظور، فإن مقدار الصلادة في تلك المنطقة (HAZ) ستكون متغيرة بحسب الحجم الحبيبي فضلاً عن مقدار معدل التبريد.



س14) ما هي الهشاشة الهيدروجينية Hydrogen Cracking؟ وما هي العوامل التي تساعد على حدوثها أثناء اللحام؟ وكيف يتم منع حدوثه؟

الجواب: -

ومن العيوب التي تصاحب ملحومات سبائك الفولاذ في الحدود بين منطقة الانصهار والمنطقة المتأثرة بالحرارة هو هشاشة الهيدروجين Hydrogen Cracking أو ما يسمى أحياناً بالشقوق على البارد Cold Cracking، لاحظ الشكل (4-24).

من العوامل التي تساعد على حدوث هذه المشكلة أثناء اللحام الآتي:

1. **زيادة نسبة الكربون**
2. **زيادة سمك قطعة اللحام**

3. **الطاقة الحرارية الداخلة العالية**
4. **وجود الهيدروجين في منطقة اللحام، إن مصدر الهيدروجين هو الأصباغ، والزيوت، والطبقة الأوكسيدية السميكة فضلاً عن الرطوبة في أسلاك اللحام، ولذا يجب استعمال أقطاب لحام مناسبة بمساعد صهر من نوع منخفض الهيدروجين بالإضافة إلى تجفيف أسلاك اللحام بدرجات حرارة (300-350°C) لمدة تتراوح من ساعة إلى ثلاث ساعات.**

يمكن منع حدوث هذا العيب إما بالتسخين المسبق بهدوء لتقليل سرعة التبريد وهذا يؤدي إلى عدم تكون البنية الصلدة (المارتنسايت) وكذلك طرد الهيدروجين من منطقة اللحام، فضلاً عن منع مصادر الهيدروجين من الوصول لمنطقة اللحام.

س15) عدد أهم الإرشادات والقواعد للحام الفولاذ السبائكي والفولاذ الكربوني.

الجواب

وأهم تلك الإرشادات هي:

1- استعمال الأقطاب المناسبة من حيث أقطارها وأنواعها الموصى بها والمتوافقة مع نوع سبيكة الفولاذ، واختيار مساعد الصهر الملائم أو الحجاب الغازي المطلوب، لحماية الملحومات من التصدع الهيدروجيني.

2- السيطرة على الطاقة الحرارية الداخلة من خلال ضبط التيار وفرق الجهد لمكائن لحام القوس الكهربائي، وكذلك السيطرة على سرعة اللحام، والسيطرة على درجة الحرارة من خلال التسخين المسبق.

3- استعمال التقنيات والأساليب الصحيحة بعملية اللحام بحسب أوضاع اللحام، وفي حالة استعمال أسلوب اللحام بأكثر من تمريرة يجب إزالة الخبث والقشرة الأوكسيدية والملوثات الأخرى قبل البدء بالمرحلة التالية.

4- ضرورة إجراء المعالجات الحرارية بعد عملية اللحام للتخلص من الإجهادات الداخلية، فضلاً عن استرجاع جزء من متانة القطعة الملحومة.

س16) وضح ظاهرة اضمحلال اللحام Weld Decay وما هي مسبباتها؟ وكيفية علاجها.

الجواب: إحدى أهم المشاكل التي تواجه لحام الفولاذ المقاوم للتآكل Stainless Steel هي ظاهرة اضمحلال اللحام Weld Decay فما هي هذه الظاهرة، وما هي مسبباتها وكيفية علاجها؟

كما هو معروف فإن الفولاذ المقاوم للتآكل هو أحد الأنواع المهمة للفولاذ السبائكي وله استعمالات كثيرة جداً، وهو على عدة أنواع بحسب العناصر السبائكية المضافة للفولاذ ونسبها، ومن أهم هذه العناصر هو الكروم Cr الذي يجعل الفولاذ مقاوماً جيداً للتآكل والنيكل Ni وغيرها فضلاً عن الكربون.

عند إجراء عملية اللحام وارتفاع درجات الحرارة، يتحد الكروم والكاربون مكوناً كاربيد الكروم الذي يترسب على الحدود الحبيبية للسبيكة في المنطقة المتأثرة بالحرارة وخصوصاً في المناطق التي تكون فيها درجات الحرارة بحدود (550-850°C)، وبالتالي ستساعد هذه الحالة على نشوء خلية تآكلية بسبب فرق التركيز بين هذه المنطقة والمنطقة المجاورة مما يحدث تآكلاً عنيفاً في الحدود الحبيبية، وكما موضح في الشكل (4-25). وسيحدث كذلك نقصان واضح في نسبة الكروم في تلك المنطقة مما يجعل قطعة العمل عرضةً للتآكل في أثناء الخدمة فضلاً عن التآكل في الحدود الحبيبية، ويمكن معالجة هذه الظاهرة بالآتي:

(1) استعمال أنواع من السبائك مقاوم التآكل واطئ الكربون مثل نوع (340L) في الملحومات.

(2) استعمال عناصر معدنية سبائكية لها ألفة تفاعل مع الكربون أعلى من الكروم مما يمنع انخفاض الكروم عن نسب 11%.

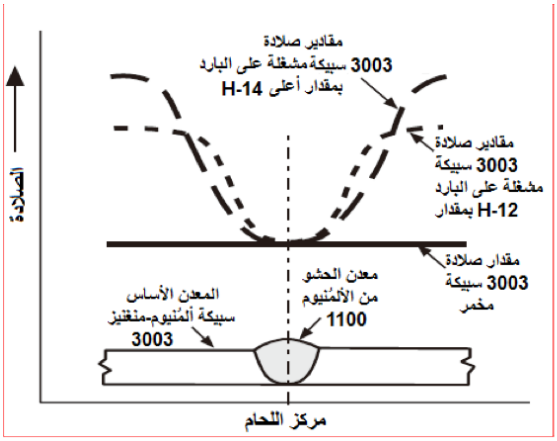
(3) استعمال المعالجة الحرارية لغرض إعادة توزيع الكروم على عموم المنطقة المتأثرة بالحرارة.

س17) وضح آلية حدوث التليين في منطقة اللحام لسبيكة الألمنيوم- منغنيز مصلدة بالتشكيل على البارد، عزز إجابتك بالرسم.

الجواب:

تصلد بالتشكيل:

البارد والتي كثيرا ما تستعمل في علب حفظ الاغديه والمشروبات، يحدث التليين في بفعه اللحام وفي المنطقة المتأثرة بالحرارة عند درجة (250°C) تقريباً، وبالتالي تنخفض الصلادة والمقاومة إلى مستوى السبيكة حينما تكون في حالة التخمير Annealing، كما أن مقدار التليين في تلك المنطقة يزداد بازدياد مقدار التشكيل على البارد قبل اللحام.



س: ما فوائد التسخين المسبق في عملية لحام سبائك الفولاذ

1- تقليل التفاوت في درجات الحرارة بين منطقة الانصهار والمعدن الأساس.
2- تقليل معدل التبريد، مما يؤدي إلى تقليل احتمالية تكوّن بنية المارتنسايت.
3- تقليل التشوهات بأنواعها المختلفة.
4- تقليل خطورة هشاشة اللحام.
5- يسمح بخروج الهيدروجين من منطقة اللحام.

* المعادن غير الحديدية: هي المواد المعدنية غير القائمة على معدن الحديد ومن أهم هذه المعادن الالمنيوم و سبائكه، النحاس وسبائكه والمغنيسيوم وسبائكه.

* المعالجات الحرارية للملحومات: وهي تفعل بعد اللحام والهدف من اجراء هو زيادة مقاومة مثل الهشاشة والتشقق بالهيدروجين أو الى خفض بسبب الهيدروجين وازالة الاجهادات المتبقية بعد اللحام و لتعزيز المقاومة وتقليل نسبة الصلادة.

* قابلية اللحام: وهي القابلية لامكانية اجراء اللحام بسهولة لقطعة معدنية معينة لانتاج ملحومة لها أطوار وخصائص معينة تلبي متطلبات الخدمة.

ولقابلية اللحام ثلاثة جوانب هي:

- **القابلية الميتالورجية Metallurgical Capacity**
  إذ سيتحد المعدن الأساس مع معدن اللحام من دون تكون أطوار أو مكونات ضارة للملحومة.
- **السلامة الميكانيكية Mechanical Soundness**
  ويجب أن تكون الملحومة خالية من العيوب مثل الفجوات، والمسامية الغازية، والانكماش، والخبث، والشقوق والتصدعات.
- **إمكانية الخدمة Serviceability**
  إنتاج ملحومات لها القدرة على أداء ظروف الخدمة على سبيل المثال درجات الحرارة القصوى، الظروف التآكلية، الكلال، الضغوط العالية، وغيرها.

الجزء الأخير من الفصل الرابع

جواب ص 96 ص 18

5. تكون البنية المجهرية في منطقة بركة اللحام على شكل حبيبات طولية عمودية على خط اللحام باتجاه المعدن الأساس.

الجواب: نظراً لكون نويات الحبيبات تتكون على خط المعدن الأساس فإنها تنمو باتجاه معاكس لاتجاه الحرارة وبشكل أولي نحو خط اللحام.

6. تحتاج بعض ملحومات الفولاذ الكربوني أو السبائكي إلى معالجة حرارية (إزالة الإجهادات).

الجواب: للتخلص من الاجهادات الداخلية فضلاً عن استرجاع جزء من متانتها.

7. من الضروري إجراء عملية التسخين المسبق لعملية اللحام لسبائك الفولاذ.

الجواب

1- تقليل التفاوت في درجات الحرارة بين منطقة الانصهار والمعدن الأساس.
2- تقليل معدل التبريد، مما يؤدي إلى تقليل احتمالية تكوّن بنية المارتنسايت.
3- تقليل التشوهات بأنواعها المختلفة.
4- تقليل خطورة هشاشة اللحام.
5- يسمح بخروج الهيدروجين من منطقة اللحام.

8. العناية الخاصة عند لحام الألمنيوم وسبائكه.

الجواب

بسبب موصليته العاليه للحرارة فضلاً عن التكون السريع جداً لطبقه اوكسيد الالمنيوم الملتصقه بقوة على سطح المعدن وهي بدرجة انصهار عاليه جداً (2050°م) مقارنه بدرجه انصهار المعدن نفسه (660°م) مسببه بذلك صعوبات عند اجراء عمليه اللحام و يضاف الى ذلك الموصليه الكهربائيه العاليه للالمنيوم.

9. فشل المنطقة المتأثرة بالحرارة HAZ أثناء الخدمة لملحومات الألمنيوم وسبائكه وخاصة السبائك المصلدة حرارياً بالترسيب والشغل على البارد قبل اللحام.

الجواب: لكونها تأثرت بالحرارة وادى ذلك الى فقدان المقاومه المكتسبه الذي تم قبل اللحام في اثناء المعالجه الحراريه او التشكيل على البارد.

10. ضرورة التسخين المسبق قبل اللحام للمقاطع السميكة المطلوب لحامها من سبائك النحاس.

الجواب: لان حرارة اللحام الداخلة لمنطقه اللحام سرعان ماتهرب وتتبدد من منطقه اللحام الى المعدن الاساس و ستحدث حالة اللحام لانصهاري غير التام.

((انتهى السؤال 18))

* تعليل: يستعمل اللحام بالوضع الأفقي للتماس وسيلكه أينما كان ممكناً.

الجواب: لما يمتلكه التماس وسيلكه من طبيعة جريان عالية.

* تعليل: يجب إزالة جميع الشوائب والمواد التي قد تكون موجودة على سطح قطعة العمل قبل اللحام على الأقل بمسافة لا تقل عن (13mm).

الجواب: لأنها تسبب هشاشة للحومات.

* تعليل: سلك البرونز ذات قابلية لحام ضعيفة.

الجواب: يسبب مدى الانصهار الواسع لسلك هذا النوع.

* تعليل: المعالجة الحرارية بعد اللحام تكون ضعيفة نوعاً ما لسلك الألمنيوم بالمقارنة مع سلك الصولذ.

الجواب: بسبب درجة لانصهار الواطئة والتوصيل الحراري العالي لذا يتطلب لسيطرة الدقيقة على مقدار التسخين.

التصليد بالتعتيق : اذا لم يتم اجراء المعالجة الحرارية بعد اللحام لسبائك الناس الصلدة بالترسيب مثل سبائك الناسا - يو بليوم فستكون الصلادة في منطقة اللحام متضاءلة بسبب حدوث التصليد بالتعتيق الناتج عن حرارة اللحام

جواب سؤال 97

س1) املأ الفراغات الآتية بما يلائمها:

1. إن ما يحدد حجم وشكل الحبيبات المتكونة بعد انجماد المواد المعدنية هو معدل التبريد و نوع المعدن

2. ترتبط ذرات جميع المواد المعروفة بروابط معينة، وهي: الرابطة الايونية والرابطة التساهمية والرابطة المعدنية وجميعها تُعد الروابط الأولية للمواد.

3. تتصف المعادن ذات الشبكة البلورية المكعبة متمركزة الجسم BCC بالمطيلية و بمقاومة العاليتين والطيلية الواطئة نوعاً ما.

4. البيرلايت من مكونات الفولاذ وهي عبارة عن خليط من طور الفيريت كمحلول جامد والسمنتايت كطور وسطي.

5. تتكون الأطوار المتوازنة فقط عند التبريد البطيء والبطيء جداً

6. تزداد صلادة المواد المعدنية بشكل كبير عند تشوه هيباتها

7. لا يتكون طور المارتنسايت إلا إذا كانت نسبة الكاربون أعلى من %0,35.

8. في الدورة الحرارية يُعد الارتفاع العالي لدرجات الحرارة و معدل التبريد المؤثران الكبيران على خواص الملحومات.

9. تبدأ حدود المنطقة المتأثرة بالحرارة HAZ من حدود برك اللحام لغاية المنطقة التي لم تتأثر البنية المجهرية بها بدرجات الحرارة

10. يؤثر معدل التبريد على الخواص الميكانيكية للمنطقة المتأثرة بالحرارة، إذ يقل بزيادة كمية الحرارة الداخلة و درجة حرارة المعدن الأساس بينما يزداد مقداره بزيادة سمك المعدن الأساس

11. تعرف المنطقة الفاصلة على إنها منطقة ضيقة محصورة ما بين المنطقة المنصهرة والمنطقة المنصهرة جزئياً.

12. عنصر الكاربون هو النقطة الجوهرية في تصليد الفولاذ عند تسخينه ومن ثم إخماده، حيث أن زيادة نسبته تؤدي إلى الحصول على صلادة أعلى.

13. تؤدي معدلات التبريد السريعة إلى تكون طور المارتنسايت إذا كانت نسب الكاربون مرتفعة في الفولاذ أو الفولاذ السبائكي.

14. من الصعوبة إجراء اللحام الانصهاري على سبائك الفولاذ عالي الكربون وسبائك حديد الزهر من دون أخذ الاحتياطات اللازمة.

15. تصلد سبائك النحاس وتقوى بطريقتين، هما: تشكل على البارد و الترسيب بالطور الثانوي المعايق الحرارة

الفصل الخامس

جودة اللحام
Weld Quality

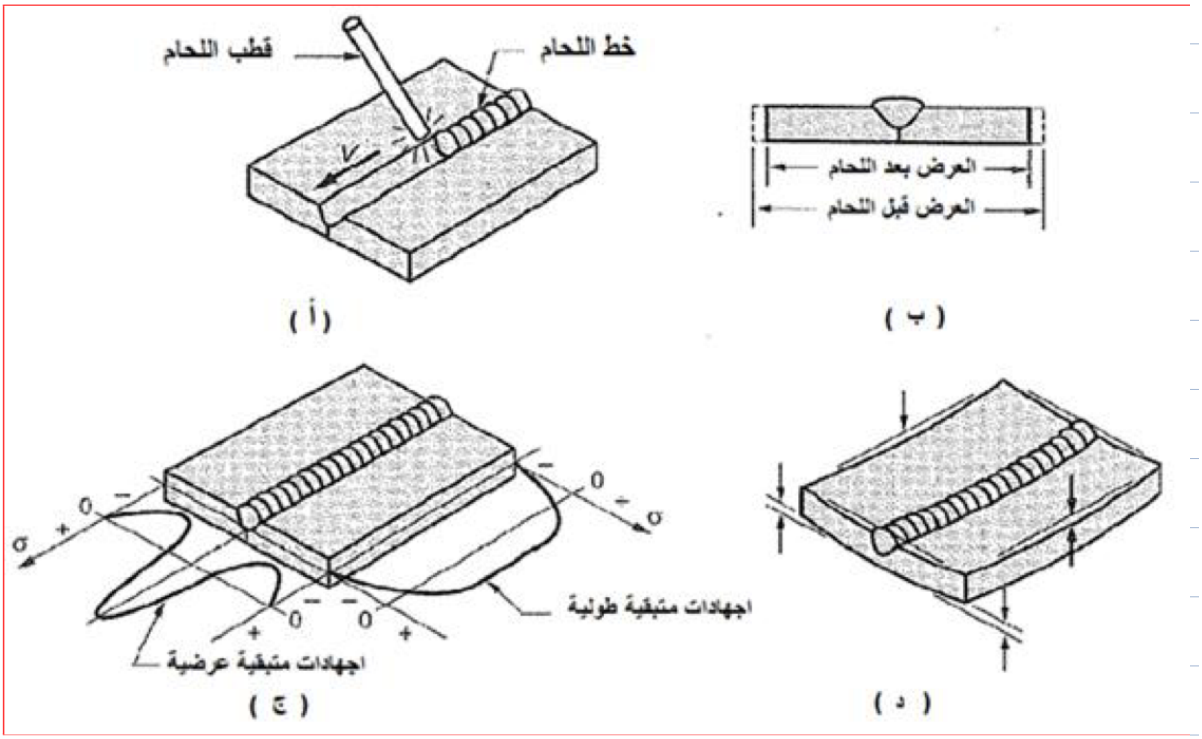


إعداد الست وداد عبد الحسين

س1) ما هي الإجهادات المتبقية والتشوهات التي تحدث بعد عملية اللحام بالقوس الكهربائي؟ وكيف يمكن تلافيها؟

الجواب /

تمدد خط اللحام نتيجة الحرارة العالية التي تولد إجهادات طولية، بينما تكون المناطق المحيطة بخط اللحام باردة وتتقلص وتتولد بها إجهادات عرضية، وكما مبين في الشكل (5-1/ج)، وبذلك تتعرض الملحومة إلى تمدد طولي وتقلص عرضي يؤدي إلى تشوهها وانبعاجها، وكما مبين في الشكل (5-1/د).



يمكن تلافي حدوث التشوهات والإجهادات المتبقية من خلال الطرائق الآتية:

- التثبيت الجيد للقطعة المراد لحامها ومنع حركتها في أثناء عملية اللحام.
- الاختيار الأمثل للعوامل المؤثرة على عملية اللحام، مثل كمية الحرارة الداخلة، وسرعة اللحام، وكمية مادة الإضافة، وعدد التمريرات، وغيرها.
- تسخين القطعة الملحومة قبل عملية اللحام والمحافظة على هذه الدرجة ما بين التمريرات مما يؤدي إلى تقليل مستوى الإجهادات الحرارية التي تسبب التشوهات في القطعة الملحومة.
- إجراء المعاملات الحرارية الخاصة بإزالة الإجهادات المتبقية بعد إكمال عملية اللحام.
- إعداد التصاميم المناسبة للقطع المراد لحامها بشكل يؤدي إلى تقليص التشوهات والإجهادات المتبقية.

تعريف عيوب اللحام

يمكن تعريف عيوب اللحام بانها الانقطاعات أو الفجوات التي تحصل في بناء خط اللحام والتي قد تسبب رفض القطعة الملحومة وعدم مطابقتها للمعايير والمواصفات المعتمدة في جودة اللحام.

خط اللحام المعيب: وهو أي خط يحتوي على عيب او اكثر وعدم مطابقته للمعايير والمواصفات المعتمده في جودة اللحام.

العيب: هو انقطاع او مجموعة انقطاعات والتي بطبيعتها أو بسبب تجمع تأثيرها قد تسبب رفض قبول اللحام

س: عدد عيوب اللحام حسب تصنيف المعهد الدولي للحام.

الجواب:

الصنف الاول: الشقوق (Cracks) مثل الشقوق الطولية والعرضية والمتشعبة.

الصنف الثاني: الفجوات (Cavities) مثل الفجوات الغازية والمسامات السطحية والداخلية والانكماش.

الصنف الثالث: الشوائب الصلبة (Solid Inclusions) وتشمل احتجاز مساعدات الصهر والخبث ونواتج تعرية أقطاب التنكستن وأكاسيد المعادن وغيرها.

الصنف الرابع: نقص الانصهار والتغلغل (Incomplete Fusion and Penetration)

الصنف الخامس: الشكل غير التام (Imperfect Shape) مثل القطع السفلي والتراكب ونقص الملء وغيرها.

الصنف السادس: العيوب المتفرقة (Miscellaneous Defects) مثل الترشش الزائد والسطح الخشن وغيرها.

الشقوق: - وهي تمثل احدى عيوب وصلات اللحام التي تقوم بتقليل مقاومة وقوة خط اللحام و تتسبب في حدوث انهيار مفاجئ في القطعة الملحومة.

س2) ما أسباب حدوث الشقوق في وصلات اللحام؟ وكيف يمكن تجنبها؟

الجواب:

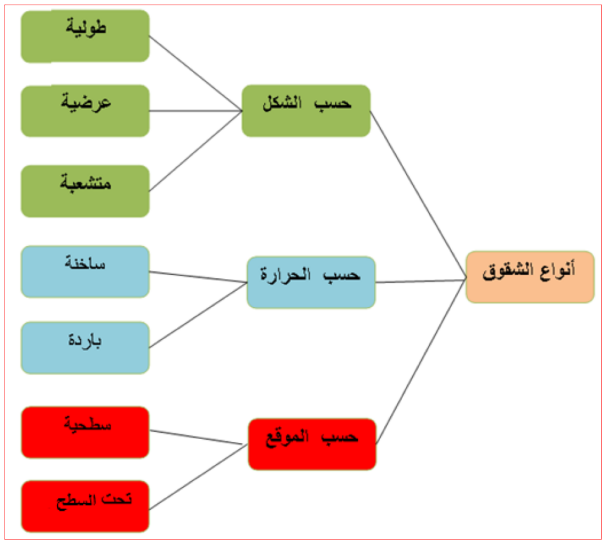
تكون الشقوق بسبب تعرض اللحام لتباين كبير في درجات الحرارة وكما في الحالات الآتية:

- التبريد السريع لوصلة اللحام.
- عدم التسخين المسبق لمنطقة اللحام.
- عدم تتابع عمليات لحام الوصلة وترك خط اللحام يبرد قبل اكتمال اللحام.
- استعمال القطب (الإلكترود) الخاطئ بسبب نوع المعدن مثل انخفاض مطيلية معدن القطب أو أن يكون مصنوع من سبيكة لا تمتلك التركيب الكيمياوي نفسه.

ويمكن تجنب حدوث تكون الشقوق باتباع الخطوات الآتية:

- استعمال التسخين المسبق وتتابع إجراء خطوط اللحام للتقليل من معدل التبريد.
- تجنب التبريد السريع لخط اللحام وتركه يبرد تدريجياً.
- اختيار القطب (الإلكترود) المناسب.
- استعمال سلك لحام ذا مطيلية مناسبة.

ملاحظة هذا المخطط مهم يتضمن انواع الشقوق حسب الحرارة والشكل والموقع



سؤال : عدد انواع الشقوق حسب الموقع.

الجواب من المخطط :
١- سطحيه ٢- تحت السطح

س3) ما أنواع الشقوق حسب الشكل؟

الجواب : ١- عرضية ٢- متشعبه

الفجوات: وهي شكل من اشكال عيوب اللحام وتشمل المسامات وفراغات التقلص نتيجة انجماد المعدن المنصهر أو بسبب وجود شوائب في منطقة اللحام والتي تتبخر بسبب حرارة اللحام مكونة فقاعات غازية.

س4) ما هي الفجوات وما أسباب حدوثها في وصلات اللحام؟ وكيف يمكن تجنبها؟

تعريف الفجوات موجود بالاعلى

أسباب الحدوث:

- بخار الماء والذي يأتي من وجود بخار ماء في القطب (الإلكترود) أو الهواء الجوي أو منطقة اللحام أو مع غاز الحماية.
- الهواء الجوي بسبب الرياح أو التيارات الهوائية.
- أبخرة الشحوم أو الزيوت أو الدهان الموجود في منطقة اللحام.

ولتجنب الفجوات داخل وصلات اللحام يمكن اتباع الخطوات الآتية:

- تنظيف منطقة اللحام والمنطقة المتأثرة باللحام والمحافظة على نظافة الملحومة.
- تجفيف الأقطاب ولاسيما منخفضة الهيدروجين بدرجات حرارة (300-350°C) ولمدة ساعة إلى ثلاث ساعات.
- رفع شدة التيار وبما يتلاءم وقطر القطب.
- فحص نظام التبريد في منظومات اللحام المزودة بها كما في طريقة MIG/MAG أو TIG للتأكد من عدم وجود تسريب.

تكملة الفصل الخامس

الفصل الخامس

جودة اللحام
Weld Quality



إعداد الست وداد عبدالحسين

س5) عرف الشوائب الصلبة وما نوع عملية اللحام التي تحدث فيها الشوائب الصلبة؟

الجواب

الشوائب الصلبة Solid Inclusions الشوائب الصلبة هي عيب في خط اللحام بسبب احتباس مواد صلبة غريبة (لا معدنية) داخل البنية الداخلية لمنطقة اللحام. وأشهر أنواع الشوائب الصلبة هو الخبث الذي يحتبس على شكل شوائب في بركة اللحام أثناء تجمد المعدن.

نوع عملية اللحام التي تحدث فيها الشوائب الصلبة:

عمليات اللحام بالقوس الكهربائي الذي يستعمل فيه مساعد اللحم أو اغطاء التدفق.

لتفادي تكون الشوائب الصلبة داخل خط اللحام فيجب اتباع الخطوات الآتية:

- إزالة طبقة الخبث المتجمدة بعد لحام كل طبقة.
- ضبط زوايا اللحام الصحيحة

س6) وضح أهم أسباب النقص في الانصهار أو التغلغل وما الخطوات الواجب اتباعها لتجنب النقص في الانصهار أو التغلغل.

الجواب

ويمكن توضيح أهم أسباب النقص في الانصهار أو التغلغل بالآتي:

- قلة الحرارة الواصلة لمنطقة اللحام والتي أما أن تكون بسبب شدة التيار المنخفضة أو أن تكون سرعة اللحام زائدة عن الحد المطلوب وأحيانا يعزى سبب قلة الحرارة الواصلة لمنطقة اللحام إلى الاختيار غير الصحيح لقطر القطب.
- فتحة الجذر في الوصلة التقابلية غير مناسبة إما كبيرة أو صغيرة.
- عدم نظافة سطح المعدن قبل اللحام.

ولتجنب حدوث النقص في الانصهار أو التغلغل فيجب اتباع الخطوات الآتية:

- ضبط سرعة اللحام لتكون مناسبة وضمن الحدود المسموح بها.
- استعمال مقاس القطب المناسب.
- اختيار قيمة تيار ملائمة لقطر القطب للحصول على تغلغل مناسب وضمن الحدود المسموح بها.
- المحافظة على طول قوس مناسب.
- إزالة طبقة الصدأ الثقيلة التي على سطح المعدن بالكامل وإزالة الشحوم أو الزيوت أو الدهون.

تعريفاً:

النقص في الانصهار أو التغلغل: هو أحد عيوب اللحام التي تمثل عدم اكتمال انصهار سلك اللحام مع المعدن الأساس أو عدم تغلغل الحرارة الكافية لصهر جذر المعدن الأساس مما يؤدي الى وجود فراغ بين قطب اللحام والمعدن الأساس وعدم أندماجهما.

تعريفاً:

الشكل غير التام: هو عيب من عيوب وصلات اللحام اذ يجب ان يكون شكل قطب اللحام متكامل ويأخذ شكله المناسب للحفاظ على مقاومته عالية لوصلة اللحام.

س7) عدد بعضاً من أنواع عيوب الشكل غير التام وما أخطرها؟

الجواب:

١- القطع السفلي ٢- نقص في التعبئة ٣- التراكب في قطب اللحام

وأخطرها القطع السفلي لسلوكه كمركزات للاجهادات في وصلة اللحام

ولتجنب حدوث النقص في القطع السفلي لابد من اتباع الخطوات الآتية:

- استعمال حركة تموجيه أو هلالية منتظمة مع التوقف عند طرفي خط اللحام.
- استعمال المقاس الصحيح للقطب وذلك حسب سمك المعدن وعدد التمريرات المطلوبة.
- استعمال التيار المناسب لمقاس القطب.
- ضبط زاوية عمل القطب الصحيحة.

* العيوب المتفرقة هي عيوب اللحام التي تشمل نقص القوس و الترشق المفرط

س: ما هو الترشق المفرط وكيف يمكن تقليله؟

الترشق المفرط: وهو يحدث بسبب نفخ القوس مما يسبب تناثر قطرات معدن الإضافة حول خط اللحام ومن اسبابه اختيار التيار للقطب أو التيار أو اسلوب اللحام.

وللتقليل من حدوثه يمكن اتباع الخطوات الآتية:

- استعمال التيار المتردد AC وذلك للتقليل من نفخ القوس.
- الحفاظ على طول قوس مناسب.
- استعمال نوع وقطر قطب مناسبين وبما يتلاءم وشدة التيار وموضع اللحام.

اختبارات اللحام: هي علم يهتم بطرائق فحص واختبار وصلات اللحام للحصول على الجودة المطلوبة على وفق مواصفات قياسية تستعمل للحكم على جودة اللحام.

تنقسم اختبارات اللحام لضمان جودة اللحام للخدمة المتوقعة منه إلى ثلاثة أنواع، وهي:

- الفحص البصري Visual Inspection
- الاختبارات الإتلافية Destructive Tests
- الاختبارات اللاإتلافية Non Destructive Tests

تعريف الفحص البصري ومميزاته

الفحص البصري هو أحد طرائق الاختبارات اللاإتلافية ويتم فيه فحص جودة اللحام باستعمال البصر وبمساعدة أدوات القياس والمحددات، ويُعد الفحص البصري من أكثر الاختبارات اللاإتلافية شيوعا واستعمالاً، ويستعمل لفحص العيوب البسيطة والسطحية، ويساعد على اكتشاف أخطاء اللحام مبكراً ويمتاز بسهولة تطبيقه وسرعة إجرائه ورخص تكلفته.

العُدد المساعدة للفحص البصري:

1. عدسة مكبرة: لاستعمالها عند الحاجة لتكبير منطقة الفحص.
2. كشاف: لاستعماله لإنارة الأماكن المظلمة مثل داخل المواسير أو الفحص الليلي.
3. مرآة: لاستعمالها في فحص المناطق الضيقة والتي يصعب الوصول إليها.
4. حقيبة الأدوات: تستعمل لوضع أدوات الفحص بداخلها لحفظها من الضياع والتلف.
5. عدة قياس جسر الحدبة Bridge Cam Weld Gauge: يستعمل لقياس عمق القطع السفلي.
6. عدة قياس أبعاد منطقة اللحام Weld Size Gauge : يستعمل لقياس عمق اللحام الزاوي وارتفاع اللحام.
7. عدة قياس أبعاد منطقة اللحام الرقمي Digital Welding Gauge: يستعمل لقياس أبعاد منطقة اللحام.
8. عدة قياس أبعاد اللحام الزاوي Piece Fillet Weld Set: يستخدم لفحص عمق اللحام الزاوي.

الاختبارات الالتلاقية: هي طرائق يتم فيها فحص جودة اللحام من خلال اتلاف عينة اللحام وقد تتطلب عينات منتخبة من ملحومة يتم اختبارها لتمثل باقي وصلات اللحام.

انواع الاختبارات الالتلاقية:

- اختبار الشد Tensile Test
- اختبار الانحناء Bending Test
- اختبار الصلادة Hardness Test
- اختبار الكسر المفاجئ Nick Break Test

اختبار الشد: ويتكون من تعريض عينة الاختبار للفشل بتسليط حمل شدي معلوم عليه و يتم تحضير عينات الشد على وفق هذا صفات قياسية وتؤخذ عينات الاختبار القياسية في الاتجاه المستعرض او الطولي لخط اللحام.

اختبار الانحناء: هو اختبار يفحص جودة اللحام التقاطي باشكاله المختلفة (I - V - X - U) من حيث اللدونة وكذلك الكشف عن النقص في التغلغل وسلامة لوصلة الملحومة.

الانحناء

ويتم إجراء الاختبار على وفق الخطوات الآتية:

- تحديد سمك العينة وذلك بناءً على قالب الحني المتوافر الثابت.
- تلحم العينة حسب متطلبات العمل مع تحديد شكل مجرى اللحام (U-X-V-I).
- تحديد الجهة المراد اختبارها فاختبار الحني الموجه يمكن أن يكون لمنطقة جذر اللحام أو لمنطقة وجه اللحام،
- وضع عينة الاختبار وحنيها إلى زاوية (180°) ويلزم الانتباه إلى وجوب إيقاف الحني عند كسر العينة ولو لم يكتمل الحني.
- يجب أن تتم عملية الحني بالكامل من دون أن يؤدي ذلك إلى فشل أو انهيار لحام عينة الاختبار
- إذا فشلت منطقة اللحام أثناء الحني فيعني ذلك أن اللحام غير جيد.

تكملة الفصل الخامس

الفصل الخامس

جودة اللحام
Weld Quality



إعداد الست وداد عبدالحسين

الاختبارات اللاإتلافية: وهي الطرق والتقنيات المستخدمة لفحص المواد عن طريق استعمال القواعد الفيزيائية لكشف العيوب والفجوات في وصلات اللحام من دون الحاجة لتشويه او إتلاف المعدن.

يوجد العديد من أنواع الاختبارات اللاإتلافية، وأهمها:

1. اختبار الجسيمات المغناطيسية Magnetic Particles Test
2. اختبار الموجات الفوق صوتية Ultrasonic Test
3. اختبارات التصوير الإشعاعي Radiographic Test
4. اختبار الصبغة المتوغلة Dye-Penetrant Test

اختبار الجسيمات المغناطيسية: وهو اختبار لاإتلافي يستعمل المجال المغناطيسي لاكتشاف الشقوق والفجوات والضعف في التماسك السطحي او القريب من السطح. ويستعمل بكثرة في صناعة الطيران.

س: ما هي مزايا وسلبيات اختبار الجسيمات المغناطيسية؟

الجواب:

ويمتاز الاختبار بالمزايا الآتية:

- القدرة على كشف الشقوق والفجوات السطحية، والقريبة من السطح.
- لا توجد اشتراطات على مقاس أو شكل القطعة المفحوصة.
- دقته العالية على اكتشاف الشقوق والفجوات السطحية.
- تجهيزاته قليلة.

ومن السلبيات التي تصاحب اختبار الجسيمات المغناطيسية:

- يحتاج إلى سطح نظيف وناعم نوعاً ما لغرض إجراء الاختبار.
- يستعمل للمعادن المغناطيسية فقط كالفولاذ وحديد الزهر ولا يمكن تطبيقه على الألمنيوم والنحاس والبلاستيك والزجاج.
- لا يكتشف الشقوق الموازية لخطوط المجال المغناطيسي لذلك يجب تحريك مصدر المجال المغناطيسي بشكل متعامد باستمرار.
- يحتاج إلى مهارة في تطبيقه.
- لا يتمكن من اكتشاف العيوب الداخلية لخط اللحام.

س: ماهي الخواص الفيزيائية التي يعتمد عليها اختبار الجسيمات المغناطيسية:

الجواب

- تتدفق خطوط القوة المغناطيسية من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي للمغناطيس، وكما موضح بالشكل
- يجذب المغناطيس الجسيمات الحديدية لقطبيه الشمالي والجنوبي ويجعلها تنتظم على خطوط تدفق القوة المغناطيسية
- إذا حصل انقطاع في سطح وصلة اللحام بسبب شق أو فجوة فان انقطاع خطوط المجال المغناطيسي سيحول طرفي الشق إلى قطبين مغناطيسيين مما يجعلهما يجذبان الجسيمات الحديدية
- جهاز الفحص يولد المجال المغناطيسي في منطقة اللحام وذلك باستعمال الطاقة الكهربائية لإنتاج المجالات المغناطيسية في القطبين،
- تحديد الشقوق والفجوات السطحية والقريبة من السطح من خلال إيجاد مناطق تجمع جسيمات الحديد بالفحص البصري أو باستعمال المصباح الفلوري،

اختبار الموجات فوق الصوتية: وهو احد طرائق الاختبارات اللا إتلافية ويتم بها فحص اللحام باستعمال موجات فوق الصوتية للكشف عن عيوب اللحام السطحية والداخلية .

س: ماهي مزايا وسلبيات اختبار الموجات فوق الصوتية:

الجواب:

ويمتاز فحص اللحام باستعمال الموجات الفوق صوتية بالمزايا الآتية:

- إيجاد جميع عيوب اللحام الداخلية.
- يمكن تطبيقه على جميع المواد (المعادن والبلاستيك والزجاج).
- يستطيع تحديد عمق عيب اللحام.
- ذي مصداقية وموثوقية عالية.

ومن السلبيات التي تصاحب اختبار الموجات الفوق صوتية:

- يحتاج إلى تدريب ومهارة عاليتين لتطبيقه.
- مكلف مقارنة ببقية أنواع الاختبارات اللاإتلافية.
- محدودية استعماله مع خطوط اللحام الزاويّة والمعقدة جداً.

س8) املأ الفراغات الاتية بما يلائمها:

1. الفحص البصري هو أحد طرائق الاختبارات الإتلافية ويتم فيه فحص جودة اللحام باستعمال البصر وبمساعدة أدوات القياس والمجسات، ويستعمل لفحص العيوب السطحية والسطحية، ويساعد على اكتشاف أخطاء اللحام مبكراً ويمتاز بـ سهولة تطبيقه و سرعة اجراءه ورخص تكلفته.

2. يتكون اختبار الشد من تعريض عينة الاختبار للفشل بتسليط حمل شدي ويتم تحضير عينات الشد على وفق مواصفات قياسية وتؤخذ عينات الاختبار القياسية في الاتجاه الطولي أو المستعرض لخط اللحام.

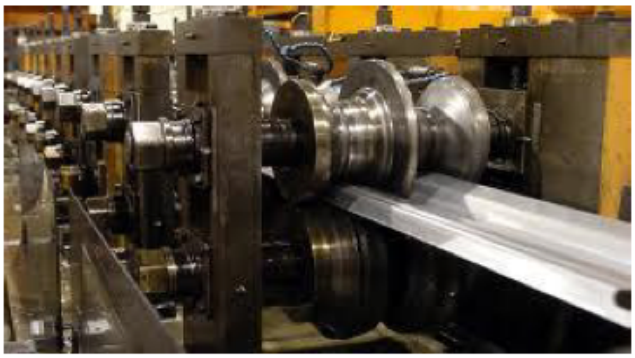
3. اختبار الجسيمات المغناطيسية MT هو اختبار لا إتلافي يستعمل المجال المغنطيسي لاكتشاف الشقوق والمسامات والفجوات والضعف في التغلغل السطحي أو القريب من السطح ويستعمل بكثرة في فحص اللحام في صناعة الطيران.

4. اختبار الموجات الفوق صوتية UT هو احد طرائق الاختبارات الإتلافية يتم فيها فحص اللحام باستعمال موجات فوق الصوتية للكشف عن عيوب اللحام السطحية و الداخلية.

الفصل السادس

تشكيل المعادن

Metal Forming



إعداد الست وداد عبدالحسين

عملية التشكيل الميكانيكي وهي تشتمل جميع عمليات التشكيل التي تجري على المعادن والسبائك في الحالة الجامدة أي من دون صهرها وتجري بتأثير قوى ميكانيكية.

س: ما هي الخصائص العامة لعمليات تشكيل المعادن:-

الجواب: -

1. الإفادة من قابلية المعدن على الانسياب اللدن في الحالة الصلبة.
2. تشكيل المعدن إلى الشكل المطلوب دون إزالة كميات منه.
3. الحاجة إلى قوى كبيرة وطاقة عالية.
4. تكون المكائن والعُدد المستعملة في التشكيل مرتفعة الكلفة، لذلك يجب أن يكون حجم الإنتاج كبير لتكون العملية اقتصادية.

س: صنف عمليات التشكيل الميكانيكي استناداً الى درجة الحرارة التي تجري فيها عملية التشكيل:

الجواب:

- تشكيل المعادن على البارد Cold Metal Forming
- التشكيل الدافئ Warm Working
- تشكيل المعادن على الساخن Hot Metal Forming

س: صنف عمليات التشكيل الميكانيكي حسب شكل قطعة العمل.

الجواب: -

- **التشكيل الكتلوي** (أي يكون المعدن المستعمل بشكل كتلة) (Bulk Metal Forming).
- **تشكيل الصفائح** (Sheet Metal Forming).

عرف درجة حرارة اعادة التبلور

ويمكن تعريف درجة حرارة إعادة التبلور على أنها: ***الدرجة الحرارية التي تتكون فيها حبيبات جديدة متساوية المحاور تنمو بدلاً من الحبيبات المشوهة نتيجة التشكيل السابق، ومقدار تلك الدرجة ما يقارب نصف درجة حرارة انصهار المعدن أو السبيكة بمقياس درجة الحرارة المطلق (كلفن K)، وتتكون الحبيبات الجديدة ويكتمل نموها بزمن قدره ساعة واحدة لكل عينة بسمك (25 mm).***

س9) كيف يمكن تمييز نوع التشكيل للمعادن (على البارد أو على الساخن)؟

الجواب: يجري التشكيل على البارد عادة في درجة حرارة الغرفة اي تحت درجة حرارة اعادة التبلور.

بينما يجري التشكيل على الساخن فوق درجة حرارة اعادة التبلور.

س: ما هي خصائص المواد المعدنية التي تشكل على البارد.

الجواب

1. يفضل أن يكون المعدن ذا مقاومة خضوع واطئة ومطيلية واسعة.
2. تفضل المواد ذات معامل المرونة العالي مع مقاومة خضوع واطئة مما يقلل من الرجوعية.
3. يجب أن يُزال الصدأ من السطح بوساطة حمام حامضي (يغطس في الحامض ومن ثم يتم غسله).
4. للحصول على أبعاد جيدة للمعدن يجب أن يكون ذو سُمك متجانس وسطح صقيل، لذلك فإن الصفائح المعدنية أحياناً تحتاج إلى عملية تشكيل بسيطة على البارد قبل دخولها إلى عملية التشكيل الرئيسة.
5. يمكن تفادي ظاهرة نقطة الخضوع (وهي شائعة في الفولاذ واطئ الكاربون) بالدرفلة على البارد.
6. إذا تضمنت عملية التشكيل معدلات تشويه عالية وبالتالي نقصان المطيلية، يمكن استعادة مطيلية المعدن بإجراء معاملة حرارية تسمى التلدين (التخمير) أثناء مراحل التشكيل.

س: ما هي مزايا وعيوب التشكيل على البارد؟

الجواب:

مزايا التشكيل على البارد

1. يصاحب التشكيل على البارد ارتفاعاً في الخواص الميكانيكية (كالصلادة ومقاومة الشد) وانخفاضاً في خواص أخرى (كالمطيلية).
2. تمتاز المنتجات المشكلة على البارد بإنهاء سطحي ومظهر خارجي جيدين.
3. يمكن التحكم بصورة دقيقة في أبعاد ومقاسات المنتجات المشكلة على البارد، لذلك فإن التشكيل على البارد يُستعمل أحياناً كمرحلة نهائية لتشكيل المنتجات المشكلة على الساخن.
4. عدم الحاجة لتسخين قُطع العمل وبالتالي الاستغناء عن الأفران وغيرها من المُعدات المطلوبة للتسخين.

عيوب التشكيل على البارد

1. الحاجة إلى قوى وقدرة عاليتين للتشكيل، مع ملاحظة أن مقاومة المعدن للتشكيل تزداد مع زيادة نسبة التشكيل.
2. الحاجة إلى سطح نظيف لقطع العمل خالٍ من العيوب والأكاسيد لتجنب بليان أو تلف مُعدات العمل.
3. زيادة الإجهادات الداخلية في المعدن والتي تقلل بعض الخواص كمقاومة التآكل والأكسدة.

س: ما هي مزايا وعيوب التشكيل على الساخن؟

الجواب:-

مزايا التشكيل على الساخن

1. الحاجة إلى قوى وقدرات واطئة نسبة للتشكيل على البارد لإنجاز التشكيل المطلوب.
2. يمكن تشكيل بعض المعادن على الساخن التي لا يمكن تشكيلها على البارد بسبب فشلها عند التشكيل.
3. لا يسبب التشوّه اللدن فوق درجة حرارة إعادة التبلور تصليداً انفعالياً (Strain Hardening) أي لا يسبب زيادة في مقاومة المعدن للتشكيل.
4. تحسن درجات التشكيل على الساخن العالي من عملية الانتشار لعناصر السبك، مما يساعد في التغلب على العديد من العيوب.
5. يساعد التشكيل على الساخن على الحد من تأثير الشوائب في المعدن حيث تتشوه لتكوّن ألياف طولية تجعل المعدن أقوى وتقلل من حدوث التشققات.
6. يمكن الإفادة من التشويه اللدن في عملية التشكيل على الساخن للحصول على حبيبات كروية الشكل ناعمة عشوائية الاتجاه وبالتالي ستكون مقاومة المعدن غير اتجاهية، فضلاً عن الزيادة في المطيلية والمتانة.
7. يتم التشكيل على الساخن للفولاذ في طور الأوستنايت (FCC)، وهو أكثر مطيلية مقارنةً بالفيرايت (BCC) المتواجد في درجات حرارة أقل.

عيوب التشكيل على الساخن

1. الدقة واطئة في الأبعاد بسبب التمدد الحراري وعدم حدوث تبريد متجانس.
2. ينتج عن التبريد غير المتجانس المرافق للمنتجات المشكلة على الساخن ذات الأشكال المعقدة تواجد إجهادات داخلية في المعدن.
3. وجود أكاسيد (صدأ) على سطح قُطع العمل المشكلة على الساخن.
4. الحاجة إلى طاقة عالية بسبب عملية التسخين المطلوبة للتشكيل على الساخن.
5. قصر العمر التشغيلي لمُعدات التشكيل على الساخن مقارنة بالتشكيل على البارد.
6. بقاء جهود في المعدن بسبب التبريد غير المتجانس.
7. عادةً تكون درجات الحرارة في التشكيل على الساخن أعلى من (0.6) من درجة حرارة انصهار المعدن المشكل، وإذا كانت درجة حرارة التشكيل عالية جداً فإنها تؤدي إلى نمو حبيبات خشنة كبيرة تسبب ضعف المقاومة، أما إذا كانت درجة الحرارة منخفضة كثيراً فتتشوّه الحبيبات مما يؤدي إلى حدوث تصليد إجهادي يُصعّب من عملية التشكيل.

س: عرف عمليات التشكيل على الدافئ واذكر مميزاتها.

الجواب:

وهي إحدى أنواع عمليات التشكيل الميكانيكي التي تتم بدرجات حرارة أعلى من درجة حرارة الغرفة ولكنها أقل من درجة حرارة إعادة التبلور أي أقل من درجات الحرارة في عمليات التشكيل على الساخن، وتُعد غير شائعة نوعاً ما وتتميز بالآتي:

1. تتم بدرجات بين (0.3 – 0.5) من درجة حرارة انصهار المعدن.
2. عملية متوسطة بين التشكيل الساخن والبارد (من حيث المزايا والعيوب).
3. لا يحدث تغيير ملحوظ في التركيب المعدني، إذ لا يتعرض سطح المعدن للأكسدة والظروف الأخرى كما هو الحال عند التشكيل على الساخن.
4. تستعمل بصورة رئيسة للأجزاء الكبيرة والفولاذ الكربوني الحاوي على نسبة كربون أعلى من 0.35% أو مع الفولاذ عالي السبائكي.

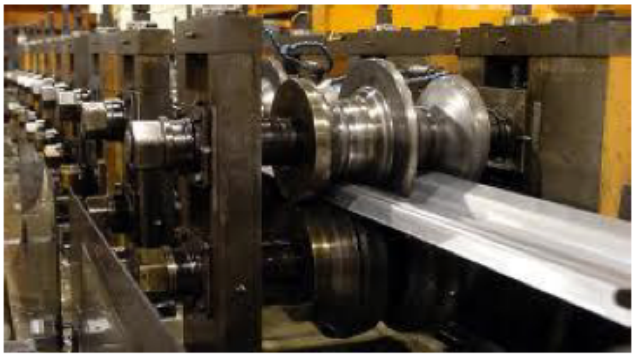
التشكيل على البارد: - وهو التشكيل الذي يجري بدرجة حرارة اقل من درجة حرارة اعادة التبلور.

التشكيل على الساخن: - وهو التشكيل الذي يجري بدرجة حرارة اعلى من درجة حرارة اعادة التبلور.

الفصل السادس

تشكيل المعادن

Metal Forming



إعداد الست وداد عبدالحسين

التشكيل الكتلوي يشمل العمليات الرئيسية الدرفلة والحادة و البثق والسحب.

الدرفلة :- وهي عملية تشكيل قطع العمل بامرارها بين اسطوانتين مستقيمتين تدوران آليا لتحويلها الى منتجات ذات مقاطع مستطيلة او مربعة و باسماك مختلفة.

* تتعرض الدرافيل الى الفناء اثناء العمل لذلك يصار الى اسنادها بدرافيل اضافية تسمى درافيل الأسناد وتسمى الدرافيل التي تقوم بالتشكيل مباشرة بـ درافيل العمل.

سؤال: ما الفرق بين درافيل العمل و درافيل الاسناد؟

الجواب:

١- درافيل العمل تدار آليا أما درافيل الأسناد تدور بتأثير التماس مع درافيل العمل اي لاتدار آليا.

٢- تكون الدرافيل الساندة اكبر قطراً من درافيل العمل.

سؤال: ما هي الخصائص العامة للدرفلة؟

الخصائص العامة للدرفلة

1. تُعد الدرفلة العملية الأولى في تحويل المواد المسبوكة إلى منتجات مشكلة نهائياً أو إلى قُطع عمل تحتاج إلى عمليات تصنيعية أخرى للحصول على المنتجات النهائية. يكون ناتج العملية عادةً مقاطع مربعة أو مستطيلة الشكل أو مقاطع مدورة أو مربعة وبأبعاد أصغر من الجزء قبل الدرفلة.
2. تُعد عملية الدرفلة من ناحية الإنتاج الكمي العملية الأكثر شيوعاً من بين عمليات التشكيل.
3. تكون الدرافيل عادةً مكلفة وباهضه الثمن.
4. تستعمل عادةً لإنتاج الأشكال القياسية.

س1: عدد عمليات الدرفلة؟

الجواب:

- درفلة على الساخن لإنتاج الأشكال القياسية كمقاطع الهياكل المعدنية وسكك الحديد والقضبان بأشكالها المدورة والسُداسية والصفائح والألواح.
- الدرفلة على البارد للصفائح والألواح وتستعمل للحصول على دقة عالية في الأبعاد وتحسين في مقاومة المعدن، فضلاً عن الحصول على إنهاء سطحي أعلى.

س2) اذكر أنواع ماكينات الدرفلة واشرح واحدة منها.

الجواب:-

١- ماكينه الدرافيل الثنائيه. ٢- ماكينه الدرافيل الثلاثيه ٣- ماكينه الدرافيل الرباعيه

٤- ماكينه الدرفله العنقوديه ٥- ماكينه الدرافيل المترادفيه.

الشرح: ماكينه الدرافيل الثنائيه.

يعكس اتجاه حركة قطعة العمل فيه بعد كل شوط مع تقليل الفراغ بين الدرفيلين تدريجياً بين الأشواط،

« أنتهى الجواب »

الدرفله التشكيليه Shape Rolling

- تشابه الدرفلة المستقيمة، إلاّ أن سطوح الدرافيل تحتوي على تشكيلات تناسب والمقطع المطلوب إنتاجه.
- تستعمل لإنتاج ودرفلة معادن باستقامة وطول كبيرين كمقاطع البناء الفولاذية مثل Solid Bar، والسكك الحديدية.
- تحتاج هذه الدرفلة إلى أشواط متعددة، وذلك لأن المقطع يتم تشكيله تدريجياً شيئاً فشيئاً خلال كل مرحلة،

- تصميم الدرافيل يتطلب خبرة كبيرة (لتجنب حدوث العيوب الخارجية، والداخلية، ولضبط الأبعاد، ولتقليل تلف الدرافيل).

درفلة التسنين:-

لغرض الدرفلة على البارد للتسنين المستقيم أو الزاوي يتم التشكيل على الأسطوانات بإمراره بين قوالب تحوي شكل الأسنان المطلوبة. من ميزات هذه الطريقة تكون الإنتاجية بمعدل عالٍ مع زيادة المقاومة،

الحدادة:- عبارة عن تشكيل المعادن على الساخن وذلك بكبسها في قوالب تمثل الشكل المطلوب، ويجري التشكيل إما باستعمال ضغطٍ عالٍ Forging Press أو التشكيل بالصدمة بوساطة الطرق بالمطرقة

س: ماهي الخصائص العامة للحدادة؟.

الجواب:-

1. إمكانية إنتاج أجزاء معقدة، ومما يمكن إنجازه في الحالتين على الساخن وعلى البارد.
2. يمكن السيطرة على جريان المعدن في عمليات الحدادة، لذلك تستعمل الحدادة في إنتاج منتجات عالية المتانة في تطبيقات حرجة مثل: (عجلات الهبوط للطائرات، وأعمدة المحركات النفاثة، وأقراص المحركات) وغيرها من التطبيقات.

س: عدد عمليات الحدادة الرئيسة.

الجواب :

1. الحدادة بالقالب المفتوح Open – Die Forging
2. الحدادة بالقالب المغلق Closed– Die Forging
3. الحدادة بالضغط Compressive Forging
4. الحدادة العكسية Forging Upset

الحدادة بالقالب المفتوح: هو نوع من انواع الحدادة بالطرق الساخن حيث يتم تسخين المعدن قبل عملية الطرق الى درجة حرارة ملائمة.

س3) ماهي خصائص الطرق بالقالب المفتوح؟

1. تعد من ابسط عمليات الحدادة.
2. مشابه لطريقة الحدادين في تشكيل المعادن.
3. تتم عملية الطرق بوساطة المطرقة ولا يُستعمل المكبس عادةً.
4. التشكيل في هذه العملية بطئ.
5. تُستعمل عُدد خاصة وقوالب بإشكال بسيطة لتشكيل مقاطع أو صناعة ثقوب أو أجزاء مقطعة.
6. العُدد المطلوبة ليست مكلفة الثمن.
7. الدقة والإنهاء السطحي محدودين.
8. تُعد هذه الطريقة خطوة أولية لتجهيز المعادن بشكل مناسب لعمليات أخرى كالطرق بالقالب المغلق
9. مناسب للأجزاء الكبيرة ذات الأشكال البسيطة مع حجم إنتاج منخفض.

ثانيا: الحداده بالقالب المغلق Closed– Die Forging

وتشمل هذه الطريقة نوعين، وهما:

- الحدادة بالقالب الضاغط (الضبعة) Impression Forging
- الحدادة بالقوالب المغلقة عديمة الزوائد Flashless Forging

س: ماهي خصائص الحدادة بالقالب الضاغط؟

خصائص الحدادة بالقالب الضاغط

1. التغير في الأبعاد محدود، مما يسهل إمكانية الحصول على منتجات متشابهة الأبعاد والخواص.
2. التغير الحاصل في الأبعاد قد يحدث بسبب بليان (تآكل ميكانيكي) للقالب.
3. السماح بخروج الزوائد يحمي ماكينة الطرق من التعرض إلى إجهادات عالية تفوق المعايير التصميمية لها (Overload).
4. انسياب المعدن بالاتجاهات الممكنة في تجويف القالب يسبب تكوّن بُنية ليفية.
5. للجزء المطروق مقاومة أعلى بنسبة 20% من الأجزاء المسبوكة أو المشغولة.

س: ما هو الفرق بين الحدادة بالقالب الضاغط والحدادة بالعوالب المفلقة عديمة الزوائد؟

الجواب:

١- الحدادة بالقالب الضاغط تظهر زوائد اما الحدادة بالعوالب المفلقة عديمة الزوائد بدون ظهور زوائد.

٢- الحدادة بالقالب الضاغط لا يتاح حسابات دقيقة لحجم المعدن اللازم لملء القالب بينما الحدادة بالعوالب المفلقة عديمة الزوائد يحتاج الى حسابات دقيقة.

ثالثاً: الحدادة بالضغط (الكبس) Compressive Forging

تعريف

قد يكون الطَرق بوساطة المطارق غير كافٍ على إحداث التشويه في المناطق الداخلية في القطع الكبيرة لذلك يلجأ إلى الحدادة بوساطة المكابس (Presses)، إذ يضغط المكبس على المعدن ببطء جاعلاً انسياب المعدن أكثر انتظاماً.

س: ماهي ميزات الحدادة بالضغط ؟

الجواب:

1. بسبب كون انسياب المعدن أكثر انتظاماً، يمكن إنتاج أشكال أكثر تعقيداً.
2. الطَرق بواسطة المكابس يعطي أبعاداً أكثر دقة.
3. يقلل الضوضاء والاهتزازات.
4. تكون المكابس كبيرة أحياناً.
5. بسبب بطء عمل المكابس يزداد زمن التماس بين سطوح القالب والقطعة المشكلة مما يجعل سطح القطعة يبرد بسرعة مسبباً انخفاضاً في مطيلية المنتج، لذلك يتطلب تسخين القوالب في بعض الحالات.

تعريف

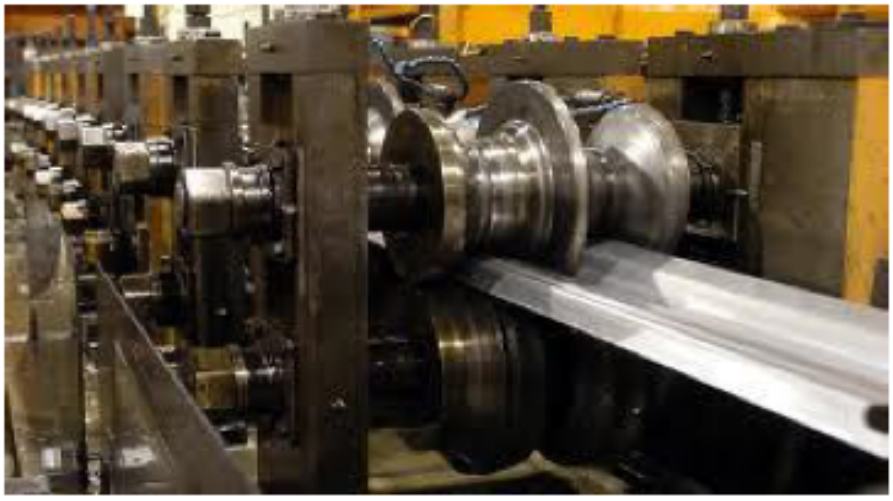
رابعاً: الحدادة العكسية Forging Upset

تستعمل طريقة الحدادة العكسية لزيادة قطر المعدن بوساطة ضغط طوله، وتستعمل في تصنيع نهايات بعض الأدوات، ومن الممكن أن يكون التشكيل على البارد أو على الساخن،

الفصل السادس

تشكيل المعادن

Metal Forming



إعداد الست وداد عبدالحسين

تشكيل الصفائح المعدنية:

س: كيف يمكن تصنيف عمليات تشكيل الصفائح المعدنية؟

الجواب:

1. قص الصفائح المعدنية Shearing of Metal Sheets
2. ثني الصفائح المعدنية Bending of Metal Sheets
3. سحب الصفائح المعدنية Drawing of Metal Sheets

س5) اذكر مراحل عملية قص الصفائح.

الجواب: (تذكر النقاط بالتسلسل)

1. تتحرك الحافة العليا للمشكل (Punch) باتجاه الحافة السفلى من القالب (Die) إلى أن يلامس سطح الصفيحة، ومن ثم تبدأ عملية التشكيل.
2. مع زيادة الضغط تقترب الحافتين من بعضهما وتبدأ عملية التشويه اللدن.
3. تبدأ الحافات القاطعة باختراق المعادن وفي هذه المرحلة تتعرض المادة لعملية التصليد الانفعالي.
4. يبدأ القطع بالحدوث في منطقة التصليد عند نقطة الاتصال مع الحافات القاطعة.

س6) اذكر طرائق عملية قص الصفائح.

الجواب:

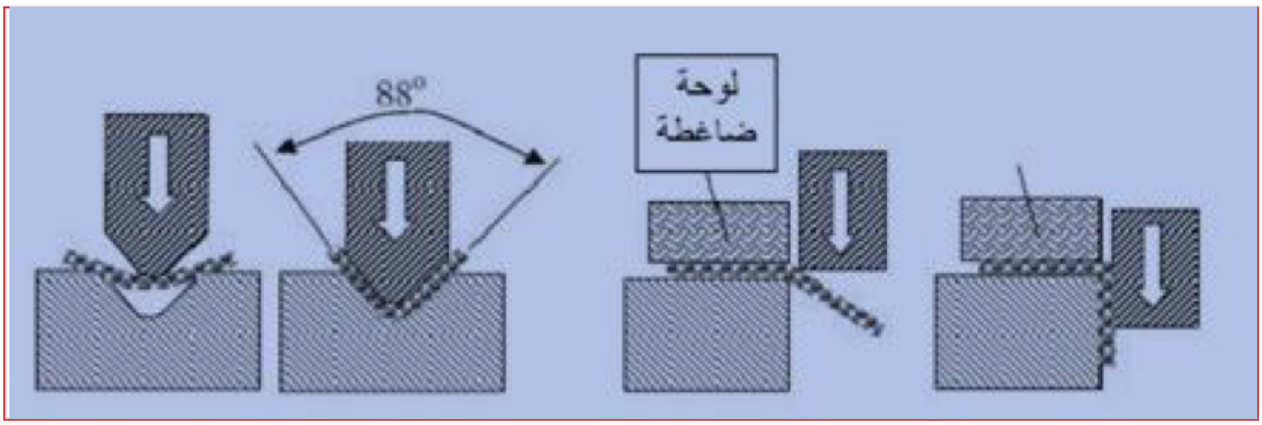
1. التجزئة Parting: قطع الصفيحة إلى قطعتين بوساطة حافات مستقيمة.
2. التخريم Piercing (Punching) والتظريف Blanking: وهاتان العمليتان متشابهتان وكلاهما عبارة عن قطع أشكال من خلال عملية قص الصفيحة والفرق بين العمليتين هو يتم قطع الشكل ورمي باقي الصفيحة في عملية التظريف بينما في التخريم يتم رمي الجزء المقطوع وتكون الصفيحة المثبتة هي المنتج،

3. التظريف الدقيق Fine Blanking: عملية شبيهة بالتظريف العادي ولكن قبل حدوث عملية القص يتم مسك الصفيحة بقوة ويتم ضغطها من الأعلى والأسفل للحصول على أبعاد دقيقة وحافات ذات أسطح جيدة،
4. التحديد Trimming: هو إزالة المادة الزائدة (Flash) من الجزء وهي شبيهة بعملية التثقيب،

س7) اشرح عملية ثني الصفائح، ولأي الأغراض تستخدم وضح ذلك بالرسم.

تُعد عملية الثني من أكثر عمليات التشكيل شيوعاً، وهي عبارة عن عملية تشويه لدن للمعدن حول محور خطي مع عدم تغيير المساحة السطحية أو مع تغيير بسيط فيها، ويستعمل الثني بكثرة في ثني الصفائح والأنابيب، وتستعمل طرائق مختلفة في عملية الثني بالإفادة من قوالب مغلقة ومفتوحة وتستعمل المكابس الهيدروليكية والميكانيكية المختلفة،

لثني معدن بشكل معين ولأطوال وبشكل مستمر، يتم ثنيه بإمراره من خلال سلسلة من الدرافيل،



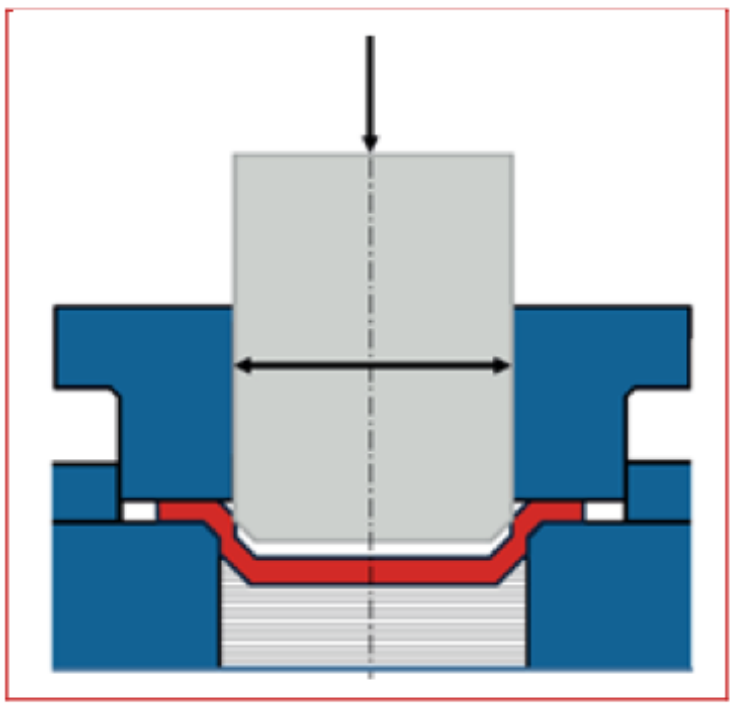
* من الطرائق المستعملة في سحب الصفائح المعدنية هي السحب العميق.

(تعريف)

السحب العميق.

غالباً ما يتم تشكيل صفيح معدني بسُمك معين بوساطة مكبس دائري المقطع بالضغط على الصفيح ويكبس داخل قالب دائري المقطع أيضاً والشكل الناتج عبارة عن وعاء بسُمك يساوي الفرق بين قطر المكبس والقطر الداخلي للقالب،

س8) ارسم عملية السحب العميق.



الشكل 6-36 عملية السحب العميق

س: ماهي خصائص المادة الملائمة لعملية السحب العميق؟

الجواب:

1. مطيلية عالية للسماح بانسياب لدن أثناء العملية.
2. قابلية تصليد واطئة لمنع تشقق الجزء وتقليل عمليات إعادة التلدين الضرورية.
3. مقاومة شد مقبولة لتحمل جهود السحب التي تحاول تمزيق جدران المنتج أثناء سحبه.
4. حجم حبيبي متجانس ومنتظم للحصول على انسياب منتظم وتقليل ظاهرة التأذن Earring.

اسئلة الفصل السادس

س1) املأ الفراغات الآتية بما يلائمها:

1. يصنف التشكيل الميكانيكي بحسب شكل قطعة العمل إلى التشكيل الكتلوي و تشكيل لصفائح.
2. إن درجة حرارة إعادة التبلور تساوي نصف من درجة انصهار المعدن.
3. أنواع التشكيل الكتلوي الدرفلة ، الحدادة ، البثق و السحب.
4. تصنف عمليات تشكيل الصفائح المعدنية إلى ثني - قص - سحب.
5. الحدادة عبارة عن تشكيل المعادن على الساخن وذلك بكبسها في قوالب تمثل الشكل المراد الحصول عليه.

((انتهى شرح الفصل السادس))

وبا في لدينا حوانين واسئلة في الفصل السادس

ص 143

وهذه اعادة حل لتمارين الفصل السادس بطريقة أكثر وضوحا "بدلا" من استخدام (÷)

148

س10) تم تشكيل قضيب (مقطع دائري) معدني على البارد وكان نصف قطره الأصلي (60 mm) ونصف قطره النهائي (40 mm)، احسب النسبة المئوية للتشكيل على البارد.

$D_o = 2 \times 60 = 120\ mm \Rightarrow A_o = (\frac{D_o}{2})^2 \times \pi = (\frac{120}{2})^2 \times \pi = 60^2 \times 3.14 = 2826\ mm^2$

$D_f = 2 \times 40 = 80\ mm \Rightarrow A_f = (\frac{D_f}{2})^2 \times \pi = (\frac{80}{2})^2 \times \pi = 40^2 \times 3.14 = 1256\ mm^2$

$C.W\% = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100\% = \frac{2826 - 1256}{2826} \times 100\% = \frac{1570}{2826} \times 100\%$

$= 55\%$

(انتبه اضاف اقطار وليس اطار لذلك نضرب x2)

س12) قضيب من الصلب قطره (16 mm) وسمكه (2 mm)، سخن ثم كبس فأصبح قطره (40 mm) فما سمكه بعد الكبس.

ج/ 12.5 cm

$V_o = V_f$

$A_o \times t_o = A_f \times t_f$ ، t: السمك

$(\frac{8}{2})^2 \times \pi \times 2 = (\frac{20}{2})^2 \times \pi \times t_f$

$8^2 \times 2 = 20^2 \times t_f \Rightarrow t_f = \frac{8 \times 8 \times 2}{20 \times 20} = \frac{8}{25} = 0.32\ mm$

س14) قضيب أسطواني بطول 9 cm ، سـحب القضيب بحيث أصبح طوله النهائي 15 cm وقطره 1.5 cm ، أحسب مساحة القضيب اللازم لعمليةٌ التشكيلٌ. ج/ 2.94 cm 2

$$V_o = V_f$$

$$A_o L_o = A_f L_f$$

$$A_o \times 9 = \left(\frac{1.5}{2}\right)^2 \times 3.14 \times 15$$

$$A_o \times 9 = 1.7 \times 15$$

$$A_o \times 9 = 70.65 \Rightarrow A = \frac{70.65}{9} = 2.94\ cm^2$$

س15) قطعة خام معدنية قطرها (28 cm) سخنت وأجريت عليها عملية كبس فأصبحت قرصاً دائرياً قطره (48 cm)، فما طول قطعة الخام قبل الطرق؟ إذا علمت أن سمك القرص (4 cm).

ج/ 11.755 cm

$$V_o = V_f$$

$$A_o \times L_o = A_f \times L_f$$

$$\left(\frac{28}{2}\right)^2 \times \pi \times L = \left(\frac{48}{2}\right)^2 \times \pi \times 4$$

$$14^2 \times L = 24^2 \times 4$$

$$196 \times L = 2404$$

$$L = \frac{2404}{196} = 11.755\ cm$$

t.me/sinaea6
sinaea6