مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (19) العدد (5) 1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (19) No (5) 1998

لحام حديد الزهر الرمادي بالقوس الكهربائي باستخدام إلكترونات ذات أساس نحاسي

الدكتور سلمان السغبيني*

(قبل للنشر في 1998/2/9)

❐ ملخص ❐

يستخدم حديد الزهر الرمادي استخداماً واسع النطاق في مختلف المجالات الصناعية. فتصنع منه العناصر القاعدية للآليات ومكنات تشغيل المعادل وغيرها من الإنشاءات. وذلك يعود إلى الخواص السبائكية الجديدة لحديد الزهر ومقاومته العالية للتآكل وإمكانية استخدامه في العديد من الإنشاءات التي تخضع لتأثير اجهادات متغيرة ودرجات حرارة عالية، كما يعود سهولة إنتاج وانخفاض تكلفة القطع المصنعة منه.

تتعرض المصبوبات أثناء إنتاجها للعديد من العيوب كالشروخ والثقوب وفجوات التقلص وعيوب انجرافات وانهدمات وانزياحات رمال القالب، ويعتريها أثناء استخدامها عيوب أخرى كالتآكل والكسور والتصدعات. ولهذا كان لابد من الاهتمام بطرق معالجة وإصلاح المعطوب والمتآكل منها.

يستخدم اللحام والتكسية السطحية طرقاً تقليدية في ممارسات الصيانة بشكل عام. فتسمح أنواع اللحام الغازية والكهروقوسية بوثوقية ورخص بإزالة مختلف أنواع العيوب للفراشات والعديد من العناصر القاعدية الأخرى، إلا أن حساسية سبيكة حديد الزهر وصعوبة ومخاطر لحامها والتعقيدات الميتالورجية التي تطرأ في منطقة اللحام ومنطقة التأثير الحراري دفعت بنا إلى الاهتمام بهذا الموضوع بغية ايجاد الطريقة المناسبة والمادة الملاءمة لحالة معينة في ظروف محددة.

تتشكل على طرفي وصلة اللحام في حديد الزهر منطقة ضيقة تدعى الاندماج بالصهر تحوي في تركيبها على سمنتيت وليدبوريت ومارتنسيت. وهي منطقة قاسية قصفة يبلغ عرضها نحو (1-1.5)mm وتصل قساوتها إلى HV(700-900) وتتعرض لاجهادات الانكماش وتشكل الشروخ. لذلك انصب الاهتمام على تضييق عرض تلك المنطقة وخفض قساوتها. وهذا تطلب اختصار حرارة الدخل إلى معدن الأساس واستخدام إلكترونيات ذات نقط انصهار منخفضة وتلدين معدن اللحام ومنطقة الاندماج وأحياناً تدعيم وتقوية وصلة اللحام.

* قسم التصميم وهندسة الإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية – جامعة حلب – حلب – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (19) العدد (5) 1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (19) No (5) 1998

ARC WELDING CAST IRON USING ELECTRODE MATERIALS BASED ON COPPER

Prof. Salman SAGHBINI*

(Accepted 9/2/1998)

❐ ABSTRACT ❐

Gray cast Iron is Widely used in most of engineering constructions. It may be used as an element basis of mechanical constructions, forming and cutting machines and the like of industrial structures. The gray cast iron casting is very easy to produce and hence offers significant cost disadvantages. The every wide uses of gray cast iron belongs to the very good casting properties, its high corrsion-resistance and the ability of using in mechanical structures which withstand variable stresses and very high temperatures.

During production, The cast-iron castings may be defected by various defects, such as cracks, cavities and sandy washouts. Also, during working, the gray cast-iron casting may be influenced by other factors such as corrosion and break. For these reasons, methods of treatment, maintenance and repairing the defected must be considered and interested.

Both of welding and surface building up are generally used as traditional methods for maintenance processes. They provide safe and low cost productions. But the sensitivity of gray cast iron-casting, welding difficulties and metallurgical problems which occur inside both of welding zone and heat affected zone caused the present work to be interested and studied. The purpose of this study is finding out the proper method and material for certain case under determined conditions.

On the cast sides in the welded joint there is a hard and brittle zone (1-15)mm wide, containing cementite, ledburite, and martensite. The hardness of this zone reaches (700-900)HV. To reduce the width of this zone and its hardness it is necessary to take measures reducing the heat input to the parent material, use electrode materials with reduced melting points, and alloy the weld metal and fusion zone.

Designing and Production Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Aleppo University, Aleppo, Syria.

مقدمة:

يعد حديد الزهر الرمادي واحداً من أوسع السبائك المصبوبة انتشاراً وأكثر المصبوبات استخداماً في صناعة الآلات. تصنع من حديد الزهر الرمادي القطع القاعدية للحافلات والشاحنات والجرارات والآلات الزراعية ومختلف آليات الطرق وماكنات قطع وتشغيل المعادن وأجزاء المراجل الحرارية وغيرها.

يعتري المصبوبات أثناء إنتاجها العديد من العيوب كالشروخ والبخبخة والثقوب وفجوات التقلص وعيوب انجرافات وانهدامات وانزياحات رمال القالب ونواه. كما يعتري تلك المصبوبات أثناء استخدامها عيوب أخرى كتآكل السطوح والكسور والتصدعات المتفاوتة. لذلك كان لابد في الحالة الأولى من العناية والاهتمام بطرق إصلاح المصبوبات، أما في الحالة الثانية فكان لابد من الاهتمام بأساليب ترميم وتجديد القطع المتآكلة واختيار الأنسب من تلك الأساليب.

إن هدف الصيانة هو استعادة وثوقية الماكينات والآلات المصونة وإطالة أمد استخدامها واسترجاع مؤثرات استثمارها الأخرى (كالدقة أو الاستطاعة الإنتاجية، وما شابه). تتعلق وثوقية عناصر وكتل الآلات والآلات نفسها وإطالة أمد استعمالها بتطور تكنولوجيا وأنظمة وضع كساءاتها ودقة تشغيلها الميكانيكي والاختيار الصحيح لأساليب تجديد تلك العناصر والكتل وطرق تمتينها.

يستخدم اللحام والتغطية السطحية طرقاً تقليدية واسعة الانتشار في ممارسات الصيانة، فتسمح أنواع اللحام المختلفة (الغازية، والكهروقوسية) بسرعة ورخص ووثوقية بإزالة العيوب الناتجة عن أنواع الكيماويات أو العيوب ذات الصبغة التحطيمية (كالصدوع والكسور والشقوق) للعناصر المعقدة والهامة كالفرشات والعديد من العناصر القاعدية الأخرى.

لقد دلت الدراسات على أن 80% من عناصر الآلات الزراعية و50% من عناصر معدات البناء وأكثر من 30% من عناصر آلات تشغيل المعادن المودعة مقبرة التوالف بعد العمرة الشاملة يمكن أن يجدد وبإنفاق لا يشكل أكثر من (15–40%) من قيمة الجديد منها. ويمكن أن تهبط تكلفة التجديد آنفة الذكر بالنسبة للعناصر معقدة التصميم وصعبة الصنع إلى أقل من (5–8%) [السغبيني وسعود، 1993]. مع كل ما سلف يعد تجديد عناصر حديد الزهر باللحام عملية معقدة ومحفوفة بالعديد من المخاطر والصعوبات كما أنها تتطلب خبرة كبيرة من عامل اللحام والمشرف على عملية اللحام بسبب الخواص المميزة للزهر. وذلك ما دفعنا إلى الاهتمام بهذا الموضوع بغية إيجاد الأساليب والمواد المناسبة واتخاذ التدابير المساعدة لتلافي الخطر وتسهيل مهمة الإنجاز.

حديد الزهر الرمادي:

حديد الزهر الرمادي سبيكة مؤلفة من ثلاثة عناصر رئيسية (Fe-C-Si) تحتوي هذه السبيكة أيضاً على عناصر المنغنيز والفوسفور والكبريت. إلا أن احتواءاتها تبقى ضمن حدود الشوائب. وأكثر

أنواع الزهر الرمادي استخداماً في الصناعة هو الزهر الهبويوتكتيكي (ما تحت اليوتكتيكي) الذي يحتوي على (2.4-3.8%) كربون [الصباغ، 1973].

يلعب الغرانيت دوراً أساسياً في تحديد الخواص الميكانيكية لهذا الزهر. يمكن من حيث البنية اعتبار هذا الزهر فولاذاً تخترقه دقائق غرافيتية تلعب دور الخدوش في الأساس المعدني (شكل 1). لذا تتعلق الخواص الميكانيكية للزهر بكمية وأبعاد وكيفية توزع هذه الدقائق الغرافيتية.

الشكل (1): الدقائق الغرافيتية في بنية الحديد الزهر موزعة على شكل خدوش مستقيمة متداخلة وباتجاهات متباينة.

يحدد مستوى تشكل الغرافيت في الزهر بنية الأساس المعدني للسبيكة. فكلما ازداد هذا المستوى كلما تحولت البنية بالتدريج من برليتية إلى برليتية-فريتية وأخيراً إلى فريتية. وكلما قل عدد الدقائق الغرافيتية كلما صغرت أبعادها وبالتالي كلما ازدادت متانة الزهر. فالدقائق الغرافيتية صغيرة الحجم والموزعة دون انتظام تكسب الزهر خواصاً ميكانيكية عالية. وإن الشكل الوحيد للدقائق الغرافيتية غير المرغوب فيه هو عندما تكون هذه الدقائق على شكل إفرازات كبيرة الحجم ومستقيمة.

تؤثر الدقائق الغرافيتية على حد متانة الزهر وعلى مقدار تحمله للضغط وعلى قساوته. فخواص الزهر الثلاث تتعلق ببنية الأساس المعدني. وتزيد قوة تحطم الزهر عند اختباره على الضغط بـ(3-5) مرات عن قوة تحطمه عند اختباره على الشد. لذا فالزهر يستخدم عادةً في صناعة قطع التشغيل التي تعمل بشكل رئيسي على الضغط. أما الغرافيت فيزيد من مقاومة الزهر للتآكل والاحتكاك حيث يبدي الغرافيت تأثيراً تشحيمياً. عدا ذلك يزيد الغرافيت من قابلية الزهر للتشغيل حيث يؤدي الغرافيت إلى الحصول على جذاذ لين في أثناء هذه العملية.

قابلية حديد الزهر للحام:

نادراً ما يستخدم اللحام في وصل قطع الإنشاءات أو الآلات المصنوعة من حديد الزهر، بل يستخدم بصفة عامة لإصلاح العيوب المختلفة، التي تطرأ على مصبوبات الزهر أثناء إنتاجها أو من

جراء استخدامها. لأن كل أنواع الزهر تمتاز بقابلية ضعيفة جداً للحام. لذا يعتبر لحام حديد الزهر عملية إنتاجية بالغة الصعوبة والأهمية وتتطلب من عامل اللحام والمشرف على عملية اللحام خبرة عالية وذلك بسبب بعض خصائص حديد الزهر التي منها:

1- قصافة حديد الزهر العالية وتدني مقاومته للشد وغياب عتبة الخضوع فيه، الأمر الذي يساعد على تكوين ونمو الشروخ أثناء وبعد عملية اللحام.

2- غياب الحالة الانتقالية اللدنة في حديد الزهر عند الانصهار وسيولته الشديدة أثناء اللحام، التي تعرقل لحامه إلا بوضع أفقي.

3- نشوء بقع أو مناطق من كربيد الحديد (Fe_3C) والفولاذ عالي الكربون، التي تجعل حديد الزهر صعب الخضوع للتشغيل.

عندما يلحم حديد الزهر يتعرض لتعقيدات ميتالورجية في كل من منطقة اللحام ومنطقة التأثير الحراري:

يمكن أن تحتوي البنية المجهرية لمنطقة اللحام، إضافة للمكونات المتوقعة بشكل طبيعي (كربون غرافيتي، برليت، وفريت)، على كربيدات حرة ومارتنسيت. تواجد هذه المكونات وحجومها وشكلها وكيفية توزيعها يحدد التأثيرات المتحدة لـ:

أ- احتواءات راسب اللحام من الكربون أو السلكون.

ب- معدل التبريد في منطقة اللحام.

إذا أنجز اللحام بإلكترونات من حديد الزهر وكانت المصبوبة من حديد الزهر الطروق أو المطيل فإن الكربون في منطقة اللحام يترسب على شكل متحد. أما إذا كانت المصبوبة من حديد الزهر الرمادي فإن الغرافيت الذي قد يترسب في منطقة اللحام أثناء التبريد يكون على شكل قشور تقلل من مطاوعة المنطقة التي تتكون منها.

إن الحرارة التي تكتسبها منطقة التأثر الحراري، عالية وكافية لتحول معدن الأساس إلى الأوستونيت. والأوستونيت عالي الكربون يتحول عند التبريد السريع إلى المارتنسيت القصف. فإذا كانت المراتب الفريتية لحديد الزهر الرمادي والمطيل لا تشكل الأوستونيت بسهولة بالتسخين ولا المراتنسيت بالتبريد، لأن الكربون في معظمه يكون على شكل شغرافيتي والزمن عند الحرارة التي تسبق مستوى التحول قصير. فإن المراتب البرليتية فيهما تشكل وبسهولة المارتنسيت عند التبريد السريع من مستوى التحول السابق، لأن احتواء الماتريكس البرليتي من الكربون المتحد ينحل بسهولة إلى شكل أوستونيتي عالي الكربون عند التسخين.

على ضوء ماسبق، تتلخص الصعوبات الأساسية السائدة عند لحام القطع المصنعة من حديد الزهر بابيضاض الزهر ونشوء الشقوق في معدن الوصلة اللحامية وفي منطقة التأثير الحراري أو في مناطق أخرى من الوصلة نتيجة الانفعالات الإضافية التي يسببها اللحام أو التسخين الموضعي السابق.

يعود ابيضاض الزهر في أثناء عملية اللحام إلى خصائص تركيبه الكيميائي وسرعة تبريده العالية. فعناصر السيليس والمنغنيز والشوائب في الزهر تؤثر تأثيراً متبايناً على سرعة تكون الغرافيت لدى تبريد الكتلة المنصهرة. فالسيليس مثلاً يعد عنصراً شديد التحفيز لتشكل الغرافيت، بينما يحول المنغنيز دون انفصال الغرافيت، لا بل يعمل على ربطه باتحاد كيميائي (كربيد المنغنيز Mn_3C) الذي تعادل صلادته صلادة السمنتيت (Fe_3C).

تتعلق عملية تشكل الغرافيت في حدود ملحوظة بسرعة تبريد الزهر المنصهر، الذي يتواجد الفحم فيه في حالة منصهرة أيضاً. ولدى التبريد السريع جداً للزهر المائع لا يفلح الفحم بالانفصال على هيئة غرافيت فيبيض الزهر وتتشكل في منطقة اللحام ومنطقة التأثير الحراري بلورات هشة، فيصبح الزهر قاسياً إلى درجة لا يغدو عندها منصاعاً للتشغيل الميكانيكي.

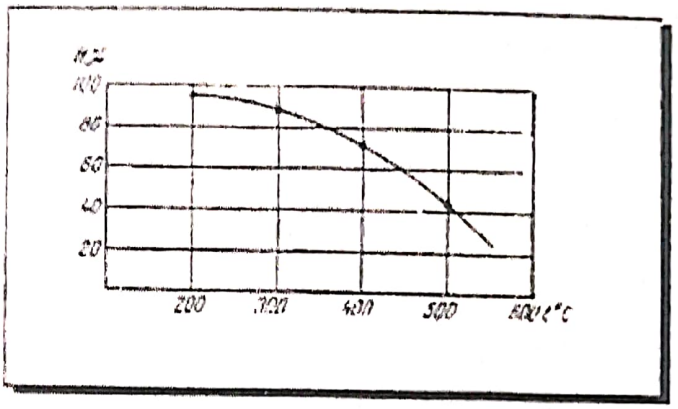
تتوقف الخواص الميكانيكية للزهر أيضاً على نسبة تواجد الغرافيت والفحم المرتبط كيميائياً وعلى صيغة ومقاس الاحتواء الغرافيتي. فبقدر ما يكون الفحم المرتبط كيميائياً أكبر بقدر ما يكون احتواء الغرافيت في حديد الزهر الرمادي أقل، وبالتالي بقدر ما تكون قساوته ومتانته الميكانيكية أعلى.

إن الغرافيت لا ينفصل عند تحول الزهر من الحالة المائعة إلى الصلبة فقط، بل يستمر تشكل الغرافيت حتى الحالة الجامدة المنتهية تواً. وهو يستمر أطول، أي بالأحرى يحصل كلما كانت عملية التبريد أطول، وكلما كان السيليس في الزهر أكثر والمنغنيز أقل.

أساليب لحام حديد الزهر الرمادي:

يمكن إزالة وإصلاح عيوب القطع المنتجة من حديد الزهر باستخدام علميات اللحام على الساخن أو على البارد.

إن التبرد والتجمد السريع لمعدن اللحام ومعدن الأساس المتاخم يسببان نشوء بقع أو مناطق قصفة في منطقتي اللحام والتأثير الحراري تنقص قدرتهما على تحمل اجهادات الشد أثناء الخدمة وتجعلهما عرضة للتشقق الفوري بعد اللحام، وذلك نتيجة لاجهادات التقلص أو الانكماش المحلية. وبتسخين المصبوبة قبل البدء بعملية اللحام (اللحام على الساخن) يتباطأ معدل التبريد في منطقة التسخين الحرج، التي تُحرَّضُ بدورها على تشكل بنية مجهرية أكثر تفضيلاً. إن التسخين المسبق للقطع المصنوعة من حديد الزهر يضمن أثناء لحامها تشكل الغرافيت في منقطة اللحام ويستبعد احتمال تكون الاجهادات الحرارية المتبقية، وإذا تشكلت فتكون بمستو منخفض. والشكل رقم (2) يوضح العلاقة بين درجة حرارة التسخين ومستوى الاجهادات الداخلية في وصلات اللحام.



الشكل (2): تأثير درجة حرارة التسخين على خفض قيمة الاجهادات الداخلية:
H: مستوى الاجهادات، t: درجة حرارة التسخين.

لذلك يتيح لحام حديد الزهر مع تسخين شامل مسبق الحصول على وصلات لحامية متينة، إلا أن عملية التسخين المسبق والمنتظم للقطع الكبيرة ومن ثم تبريدها بعد لحامها ببطء عملية صعبة جداً يتطلب القيام بها توفر معدات خاصة ومعقدة (كأفران التسخين الجاهزة والمزودة بما يلزم أو بناء أفران موضعية مناسبة) إضافة إلى تدني إنتاجية العمل بهذه الطريقة وارتفاع تكلفة تجديد أو إصلاح القطع باتباعها مقارنة بأساليب اللحام الأخرى.

كي تعطي طريقة التسخين المسبق النتيجة المرجوة منها يجب أن تعزل المصبوبات المسبقة التسخين بغية صيانة وادخار حرارة التسخين باستمرار مادامت عملية اللحام لم تكتمل، وأن تحمي فيما بعد من خطر التدرج الحراري الحاد الانحدار، خاصة في المصبوبات الكبيرة منها منعاً لتكون ونمو الشروخ فيها.

إذا لم ينجز اللحام آلياً فمن المطلوب أثناء لحام المصبوبات الكبيرة المسبقة التسخين وقاية العامل من حرارة التسخين واللحام. ويتم ذلك عادة بكشف المساحة التي ستلحم فقط وفي الوقت المناسب، وباستبدال عامل اللحام من حين إلى آخر إذا تقرر لعملية اللحام أن تطول.

لكل ما سبق التفكير بإصلاح وترميم مثل تلك القطع باستخدام اللحام الغازي والكهروقوسي دون تسخين مسبق (اللحام على البارد) واستعمال أساليب تكنولوجية يستبعد باستخدامها ابيضاض الزهر وتكون الشروخ.

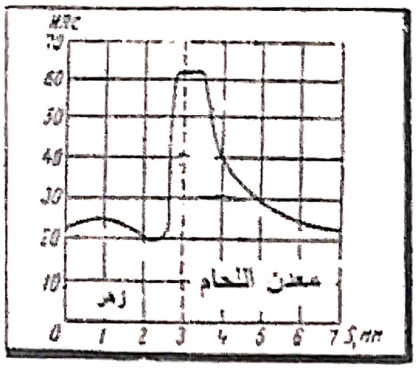
لحام حديد الزهر الكهروقوس على البارد باستخدام إلكترونات ذات أساس نحاسي:

تلافياً لتشقق الوصلات الملحومة تلحم عناصر حديد الزهر بالقوس الكهربائي باستخدام إلكترودات يمكنها أن تنتج معدن لحام مطيل بلا كربيدات في بنى سريعة التبريد. يحقق هذه المتطلبات استخدام إلكترودات صنعت من معادن لا حديدية كالنيكل والنحاس وسبائكهما. وللارتفاع النسبي لتكاليف النيكل نركز الاهتمام في هذا العمل على النحاس دون سواه.

في لحام القوس الكهربائي لحديد الزهر بالإلكترودات ذات أساس نحاسي يتركب معدن اللحام المرسب من مزيج مكون من النحاس وسبيكة حديد كربون (شكل 3a) ربط نتيجة تشكل بلورات مشتركة من النحاس ومعدن الأساس فور الذوبان الجزئي للنحاس في حديد الزهر. يتحدد هذا النوع من الوصل بقابلية ذوبان تبادلي بطيء جداً للنحاس والحديد. لكن وجود حواجز من الغرافيت يسبب تبديلاً غير كاف لحديد الزهر بالنحاس. إضافة إلى أن معدن اللحام يكون عرضة لتشكل الثقوب الدقيقة والشقوق التي تتشكل بين الثقوب نفسها أو بين وهدات حوض اللحام المخصب بمركبات النحاس المضافة إلى حديد الزهر. ويمكن أن تتشكل الشقوق أيضاً نتيجة المزج السبائكي المفرط لمعدن اللحام الذي ينقص مطيليته.

الشكل (2): البنية المجهرية لمعدن اللحام (a) ومنطقة الانصهار (b) في لحام حديد الزهر بقوس الأرغون باستخدام إلكترود نسبة احتوائه على النحاس عالية.

تتشكل على جناحي حديد الزهر في الوصلة الملحومة منطقة ضيقة يتراوح عرضها بين (1-1.5mm) تدعى منطقة الاندماج بالصهر، وهي منطقة قاسية قصفة تصل قساوتها إلى (700-900HV) شكل رقم (4) وتحتوي على سمنتيت وليدبوريت ومارتنسيت شكل رقم (3b) [Levchenkov, 1991]. ولتضييق عرض هذه المنطقة وخفض قساوتها لابد من اختصار حرارة الدخل إلى معدن الأساس واستخدام إلكترودات من مواد ذات نقط انصهار منخفضة، كما لابد من تلدين معدن اللحام ومنطقة الانصهار.



الشكل (4): طبيعة توزع القساوة في منطقة اللحام.

هكذا وعلى الرغم من أن اللحام الكهروقوسي لحديد الزهر بالنحاس يتيح الحصول على وصلات كفوءة، غير أن تحقيق جودة عالية لها يتطلب حل العديد من المشاكل المرافقة لإنتاجها خالية من العيوب في حديد زهر محدود القابلية للحام.

إن خواص معدن اللحام يعتمد بقوة على نسبة النحاس إلى الحديد. وقد ثبت إن تركيب السبيكة التي تحتوي (85–90%) نحاس و(10–15%) حديد هو مناسب جداً. إذا اتضح إن مقاومة هذه السبيكة للتشقق أعلى من مقاومة النحاس النقي. لذلك يحسن وجود القليل من الحديد مع النحاس عملية تبليل حديد الزهر. يمكن أن يضاف المقدار المطلوب من الحديد إلى معدن اللحام باستخدام حزمة إلكترودات تتألف في معظمها من أسلاك النحاس وقدر أقل من أسلاك الفولاذ.

كما أن وجود نسبة من مسحوق الحديد في غطاء الإلكترودات النحاسية يحسن خاصية التبليل لحديد الزهر أيضاً.

تفادياً لاحتمال ضعف تبليل الطبقات سابقة الترسيب في معدن اللحام المتعدد المسارات نتيجة لتشكل أوكسيد النحاس Cu_2O على سطحها تستخدم مركبات متنوعة لكربونات الكالسيوم $Caco_3$ والكوارتز وفلوريد الكالسيوم البلوري والفلسبار وغيرها في تغليف الإلكترودات النحاسية من الأصناف: OZCh-1, OZCh-2, OZCh-5, OZCh-6، التي أدى استخدامها إلى الحصول على نتائج مقبولة (الجدول رقم 1). كما يمكن تحسين تبليل الطبقات سابقة الترسيب بإضافة عناصر ترفع من سيولة معدن الإلكترود مثل القصدير والفوسفور أو عناصر تحقق خصائص التصهير الذاتي كالبورن (B) والكروم (Cr) إلى أغلفة الإلكترودات.

الجدول (1): الخواص الميكانيكية لمعدن اللحام عند استخدام بعض إلكترودات النحاس

Electrod Grade	Weld		HV hardness	
	σ_u MP_a	δ %	Weld	Fusion Zone
OZCh-2	120-170	5-10	140-150	600-900
OZCh-5	170-200	8-12	140-150	550-850
OZCh-6	200-230	10-17	130-150	600-950

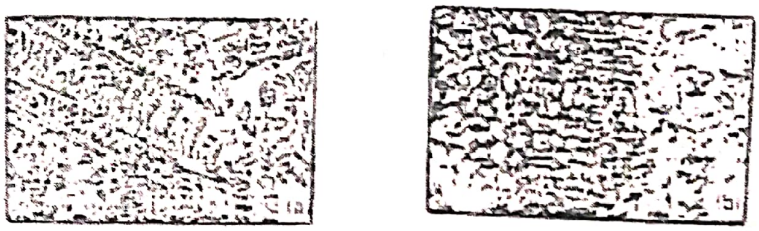
لقد حقق الجمع بين الإلكترودات OZCh-2 والإلكترودات OZCh-5 إمكانية الحصول على برونز قصديري في المعدن المرسب. فالقصدير يحسن عملية تبليل الطبقات سابقة الترسيب في معدن اللحام المتعدد المسارات. عدا ذلك فقد أمكن بهذا الأسلوب تحقيق متانة لمعدن اللحام تتراوح ما بين 280-300Mpa واستطالة نسبية (20-24%) [Luzhanskii, 1985].

يمكن إنتاج معدن لحام سليم باستخدام أسلاك رفيعة من النحاس محجبة بثاني أوكسيد الكربون (CO_2) أو باستخدام قوس الأرغون أو الهليوم أو خليطهما ومعدن ملء من برونز الألمنيوم. فعند لحام حديد الزهر بقوس الأرغون أو الهليون واستخدام سلك ملء قطره (2mm) من برونز الألمنيوم واستعمال تيار لحام شدته A(100-90) وتوتره V(30-28) مع تدفق لغاز الأرغون أو الهليوم قدره (8-10) ليتر/د تبين (باختبار معدن الوصلة الملحومة) إن منطقة تحتوي على البرليت واحتواءات صغيرة من الغرافيت وقدر ضئيل من الفوسفيد يوتكتيك قد تشكلت في منطقة الاندماج بالصهر (منطقة ما بين معدن اللحام ومعدن الأساس) بلغت قساوة هذه المنطقة (360-400HV) ولم يزد عرضها على (0.35mm). ولهذا استخدمت هذه التكنولوجيا في إصلاح كتل محركات الديزل في بعض أنواع السفن.

لقد أمكن أيضاً استخدام أسلاك برونز الألمنيوم وبنجاح في لحام صفائح الفولاذ المنغنيزي وأقفاص المحامل المصنوعة من حديد الزهر بلحام متقطع (بأطوال 40مم وخطوة 45مم) وذلك باستخدام قوس بنضي وسلك ملء قطره 1.2مم. أما التيار المستخدم فقد كانت شدته 120 أمبير وتوتره 20 فولط وقطبيته عكسية. وقد بلغت سرعة التغذية بالسلك 2.5م/دقيقة ووصل تدفق الأرغون إلى 15 ليتر/دقيقة. وقد استخدمت ألمانيا أسلاك ذات أساس نحاتي تحتوي (6-8%Sn) قصدير وأكثر من (0.4%P) فوسفور لنفس الغرض.

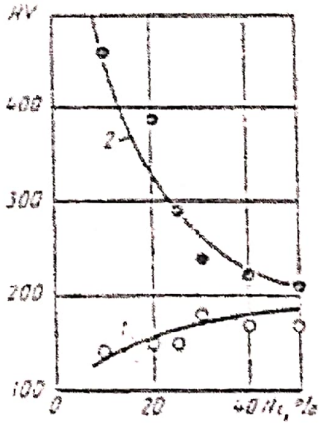
لقد أمكن التخفيف من درجة تغلغل اللحام في حديد الزهر وضمان تشكل غرافيت عقدي وفولاذ منغنيزي باستخدام لحام قوس نبضي وأسلاك رفيعة من برونز الألمنويم تحتوي (9-11%Al) وشدة تيار (120A). علماً أن نسبة معدن الأساس لم تتجاوز 10% من معدل اللحام [Levchenko, 1991].

إن لحام حديد الزهر بقوس الأرغون واستعمال معدن مُلِيء من سبيكة نحاسية احتوت على (20-25%Ni) نيكل و(5-10Mn) منغنيز أدى إلى الحصول على منطقة اندماج بالصهر أضيق وقساوتها أخفض مما كانت عليه عند استخدام معدن ملء من النحاس فقط. الشكل رقم (5) يوضح البنية المجهرية لهذه الوصلة. ليس ذلك فحسب بل أمكن عند لحام حديد الزهر من النوع (Sch-20) باستخدام هذه السبيكة الحصول على وصلة تامة المتانة (متانتها مساوية لمتانة معدن الأساس).



الشكل (5): البنية المجهرية لمعدن اللحام (a) ومنطقة الانصهار (b) في لحام حديد الزهر بقوس الأرغون واستخدام معدن ملء (70Cu – 25Ni – 5Mn).

يؤيد الشكل رقم (6) وبشكل واضح مدى ارتباط قساوة معدن اللحام المرسب ومنطقة الاندماج بالصهر بنسبة وجود النيكل في معدن الملء المعد من سبيكة النحاس (Cu-Ni-Mn).



الشكل (6): ارتباط قساوة معدن اللحام (1) ومنطقة انصهار (2) في لحام حديد الزهر بقوس الأرغون واستخدام معدن ملء من (70Cu – 25Ni – 5Mn) فيه (8.3-8.9%Mn).

لقد قامت اليابان بتطوير أسلاك لحام ذات أساس نحاسي بغية استخدامها في لحام حديد الزهر العجيري. ولزيادة متانة هذه الأسلاك عمدت إلى إنتاجها من النحاس والسلكون (2-5%Si) أو النحاس والألمنيوم (8-10%Al) والنيكل (3-5%Ni). وبذلك توصلت إلى معدن لحام متانته على الترتيب 322, 371 and 418 Mpa [Levchenkov, 1981].

لقد تم في الآونة الأخيرة استخدام إلكترود أنبوبي من النحاس المختزل وغير المغلف ينساب داخله الأرغون والنيتروجين فقط بتدفق يبلغ نحو (3-5) ليتر/دقيقة ثم يفلت إلى داخل منطقة اللحام.

إن توليفة متن العناصر الشديدة للأوكسجين مثل (0.3%Ti, 1%Mn, 0.3%Si) مضاف إليها 0.3% من بعض الأتربة النادرة تجعل من الممكن عند استخدامها غلافاً، تحقيق خصائص التحجيب الذاتي للأسلاك ذات الأساس النحاسي. كما أن عناصر المنغنيز والتيتان وبعض الأتربة النادرة تغيد في معادلة التأثير الضار للكبريت المنتقل من حديد الزهر وتمنع تشقق الوصلات الملحومة. في حين توليفة أخرى مثل:

(4-25)% Sn, < 5.4% Si, (0.2-0.5)% V, (0.1-0.2)% P, < 2% Cr, < 10% Ni

سبيكة نمطية لتحقيق خصائص التحجيب والتصهير الذاتي. يمكن أن تستخدم هذه السبيطة غلافاً لقضيب نحاسي أو حشوة لأنبوب من ذات النوع [Luzhanskii, 1985].

يمكن تقليل عمق التغلغل في معدن الأساس باستخدام إلكترود نحاسي أنبوبي محشو بخليط غير ناقل للتيار فيزاح قوس اللحام من مركز قمة الإلكترود إلى قشرته الخارجية. أما الحشوة فهي خليط من ألومينات الصوديوم الفوريدية (كرايوليت) وأحد أملاح حمض البوريك (بورات) وفلوريد الكالسيوم البلوري (الحجر الفلوري). وبدلاً من ذلك يمكن أن يتم اللحام أيضاً في وسط غاز الأرغون أو ثاني أوكسيد الكربون CO_2 أو خليطهما، إذ تقلص عند استخدام إلكترود قطره الداخلي 0.9mm وسماكة جداره 0.6mm عرض منطقة الاندماج بالصهر في حديد الزهر بعد اللحام إلى (0.1-0.4mm).

بتحقيق التغلغل المحدود في معدن الأساس أيضاً باستخدام إلكترود نحاسي عادي مغلف بغلاف رقيق يتركب من (15-30%) برونز الفوسفور و(25-45%) فيروكروم و(10-20%) غرافيت و-(5 15%) حوار (تالك) و(5-15%) حجر فلوري و(3-7% فيروسيلكون.

الاستنتاجات:

أثبتت التجارب أن إلكترودات اللحام ذات الأساس النحاسي من أهم المعادن والسبائك غير الحديدية وأكثرها استخداماً في اللحام الكهروقوسي لحديد الزهر الرمادي على البارد. وتنحصر معظم استمالات هذه الإلكترودات في اللحام اليدوي وبالشكل المغلف.

يمكن تحسين كفاءة الإلكترودات ذات الأساس النحاسي المستخدمة في لحام حديد الزهر باتخاذ إجرائين: أولهما استدقاق أقطار الأسلاك المصنوعة منها ومعايرة العناصر السبائكية الداخلة في تركيبها

الكيميائية بغية إنقاص حرارة الدخل إلى معدن الأساس والوصول إلى جودة وخواص تكنولوجية عالية لوصلات لحام الزهر وثانيهما تطوير ومعايرة أغلفة تلك الإلكترودات لتحقيق الاستقرار الأفضل لقوس اللحام والتقليل من شدة التيار المستخدم.

REFERENCES المراجع

[1]- السغبيني سلمان وسلامة محمد علي، 1991 – لحام المعادن، الطبعة الثانية، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة حلب، 404 صفحات.

[2]- قرفول محمد كمال، 1992 – علم المعادن. الطبعة الأولى، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة البعث، 206 صفحات.

[3]- ليفيتسكي ي.س.، وآخرون 1975 – تكنولوجيا صيانة الماكينات والمعدات، كولوس، موسكو 558 صفحة.

[4]- جلبرج ب. وبيكيليس ج. 1975 – إصلاح وصيانة المعدات الصناعية – دار مير للطباعة والنشر، موسكو 348 صفحة.

[5]- الصباغ أحمد علي سالم، 1973 – الميتالورجيا الفيزيائية، عالم الكتب، القاهرة، الطبعة الثانية 440 صفحة.

[6]- تسيجيلسكي ف.، 1968 – اللحام الكهربائي، دار مير للطباعة والنشر، موسكو، 378 صفحة.

[7]- كريشتين ي.م. وناسونوف ب.س.، 1576 – صيانة الماكنات. كولوس، موسكو 503 صفحات.

[8]- ريباكوف ف.ر، 1988 – اللحام بالقوس الكهربائي وبالغاز، دار مير، موسكو 346 صفحة.

[9]- السغبيني سلمان وسعود ناظم، 1993 – التنظيم والتخطيط والإدارة الصناعية، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة حلب 642 صفحة.

[10]- الصباغ أحمد سالم، 1987 – هندسة لحام المعادن، دار الشروق، القاهرة، 477 صفحة.

[11]- IVANOV V.G. 1977 – Welding and cutting cast iron. Mashinostroenie, Moscow, 342P.

[12]- LEVCHENKOV V.I. & IVANOV B.G. 1982 – Welding and cutting in producing cast iron castings. Scientific Research Institute of Engineering, Moscow, 238P.

[13]- TERSKII F.N. 1979 – Welding cast iron in reconditioning castings and machine parts. Ts NTO MASHPROM, 21-30.

[14]- LUZHANSKII I.B., 1985 – Reconditioning cast iron components by welding. MGTs NTI, Moscow, 168P.

[15]- LEVCHENKOV V.I. & TERSKII F.N., 1991 – Arc welding cast iron. Welding International, Vol.5, No.6, 440-452.