

УДК 621.791.85.011:546.56:669

Гавриш П. А.

ЧИННИКИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА УТВОРЕННЯ ДЕФЕКТІВ ЗВАРЮВАННЯ МІДІ ЗІ СТАЛЛЮ

З'єднання міді з іншими хімічними елементами при кристалізації схильні до утворення кристалізаційних тріщин [1, 2]. Встановлено, що при зварюванні сплавів на основі міді і зварюванні міді із сталлю можливе утворення тріщин як в зварному шві, так і в зоні термічного впливу. При великій товщині металу і багатопрхідному зварюванні спостерігаються два типи тріщин [1]. Тріщини першого типу утворюються в зварному шві, при високотемпературній дії поверхня таких тріщин темна зі слідами сильного окислення, а злам має межкристалітний характер, тобто тріщини утворюються і розвиваються при високих температурах і є гарячими кристалізаційними. Тріщини другого типу, які утворилися, розташовані в зоні термічного впливу, їх поверхня не окислена зовсім або трохи окислена. Як правило, кристалізаційні тріщини утворюються в біляшовній зоні на відстані 0,8...2,5 мм від границі сплавлення [1]. Температурний інтервал утворення тріщин 300...600 °С. Дефекти зварних з'єднань знижують працездатність зварних деталей, наприклад доменних фурм (рис. 1).

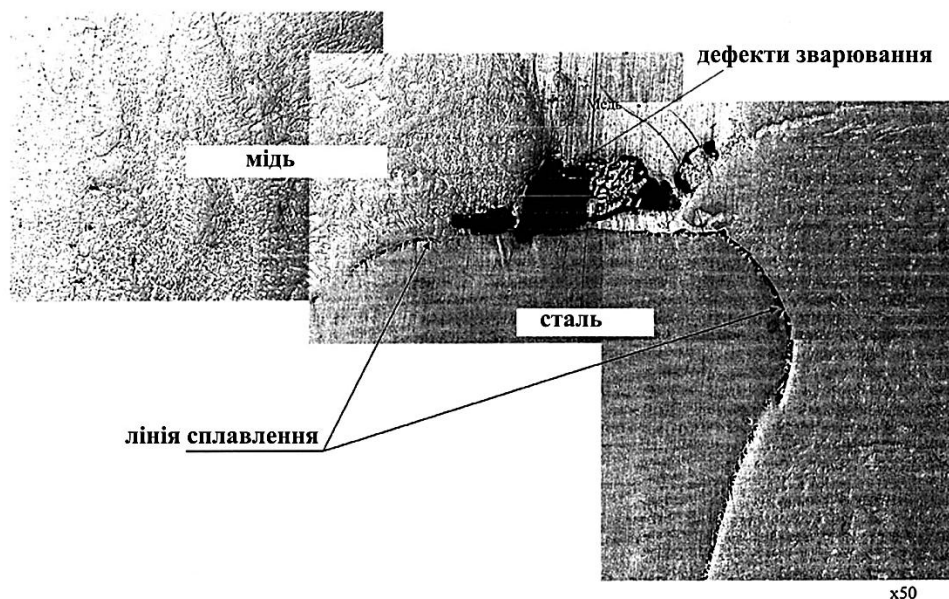


Рис. 1. Дефекти зварного з'єднання міді зі сталлю

Тому величезну роль в сучасних умовах грає метод отримання зварних вузлів із заздалегідь заданими властивостями. Управління таким процесом зварювання дозволить отримувати зварні з'єднання з необхідними показниками фізико-хімічних і технологічних властивостей. Всяке управління пов'язане з необхідністю прогнозу, передбачення результатів тих або інших можливих дій на технологічний процес.

Мета роботи – узагальнити основні фактори впливу на якість зварних з'єднань міді і сталі та запропонувати напрямки підвищення якості, тобто усунення дефектів. Важливу роль на утворення дефектів надають хімічні особливості міді і заліза: велика різниця в коефіцієнтах теплопровідностей, температура плавлення, низька проникненість міді у залізо і заліза в мідь тощо. У зв'язку з малою розчинністю такого роду хімічних елементів при зварюванні утворюються структури псевдоевтектики Cu_2O , Cu_2S , Cu_2B . Такі хімічні сполуки

добре змочують кордони зерен і при кристалізації матричної фази – сталі, рідка мідь проникає в мікротріщини, заповнюючи розклинює їх в процесі термічної напруги розтягування. Таким чином, адсорбція при зварюванні, знижуючи вільну поверхневу енергію (при контакті з речовинами, здібними до дії на міжфазній поверхні), сприяє деформації і утворенню дефектів в твердих тілах і призводить до їх руйнування.

При дослідженнях мікроструктури зварних швів міді і заліза підтвердилися дані про утворення евтектики по межах зерен [1, 2] (рис. 2).

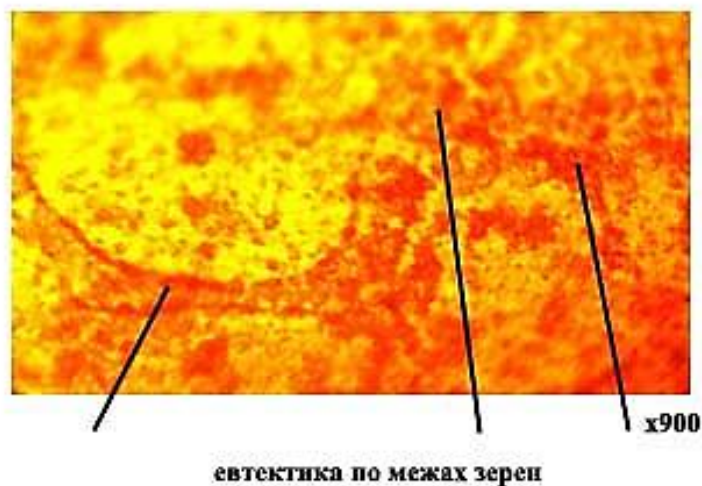


Рис. 2. Евтектика по межах зерен при зварюванні міді зі сталлю

Розчинення твердого компонента – сталі в розплаві міді відбувається при ізотермічному процесі оскільки при зварюванні йде підведення тепла зварювальної дуги до зварювальної ванни, але цей процес непостійний, враховуючи, що процес кристалізації супроводжує зварювальну ванну після видалення джерела нагріву (зварювальна дуга). Лімітуючою стадією розчинення є процес дифузії [4]. У всіх досліджених зварних швах з'єднань міді зі сталлю виявлена дифузійна взаємодія матеріалів, які з'єднуються. Проникнення міді в сталь на глибину від декількох мікрометрів до декількох десятків міліметрів при наплавленні, зварюванні і паянні відмічено в роботах багатьох вітчизняних вчених [1, 5–7].

Для зменшення можливості утворення дефектів необхідно вести комплексну роботу у напрямках: удосконалення термічного стану зварюваних деталей, розробка сучасних електродних матеріалів, застосування методів зниження можливості утворення евтектичних прошарків $\text{Cu-Cu}_2\text{O}$ тощо. Розробка сучасних зварювальних матеріалів повинна йти у напрямку виготовлення бездефектних порошкових дротів і порошкових стрічок. Це можливо, якщо застосовувати електродні матеріали, виготовленні з урахування енергосилових параметрів при їх волочінні або прокатуванні [8–11].

Зварювання порошковим дротом з мідною і сталеву оболонкою привносить зміну в термічний стан зварного з'єднання і у створення лінії сплавлення.

На рис. 3 наведено мікроструктури лінії сплавлення зварного шва міді зі сталлю при використанні порошкового дроту з мідною і сталеву оболонкою. Застосування мідної оболонки приводить до збільшення швидкості охолодження мідної частини і утворення більш широкої лінії сплавлення. А застосування сталеву оболонку приводить до більш рівномірного термічного стану і утворення лінії сплавлення меншої товщини. Проте процес проникнення міді в сталеву частину і процес проникнення сталі у мідну частину шва відбувається з більшою швидкістю дифузії.

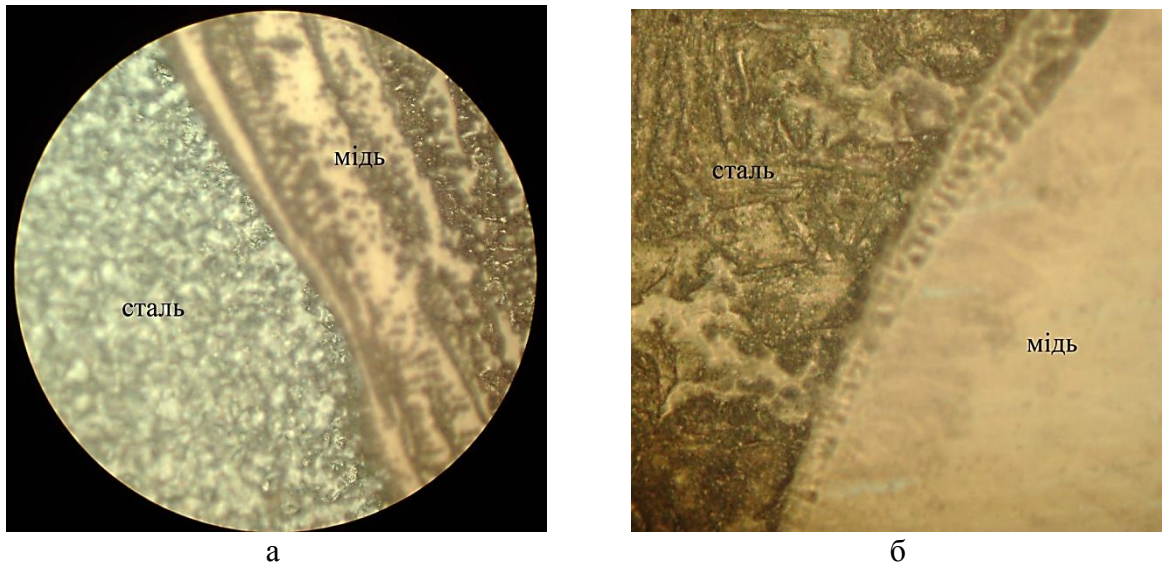


Рис. 3. Мікроструктура лінії сплавлення міді зі сталлю:
 а – мідна оболонка електродного дроту; б – сталевна оболонка електродного дроту

Згідно даним металургійних заводів більше 30 % виходу з роботи доменних фурм припадає на частку дефектів зварних з'єднань, а час простою печей через заміни фурм від 2 до 28 годин. Руйнування фурм відбувається як по зварному шву, так і по лінії сплаву. Характер зламу свідчить про те, що зародження тріщин починається із зовнішньої, більш нагрітої, поверхні верхнього конуса з подальшим розвитком її на всю товщину стінки.

На рис. 4 приведені експериментальні підтвердження залежності розчинності заліза в міді при різних концентраціях.

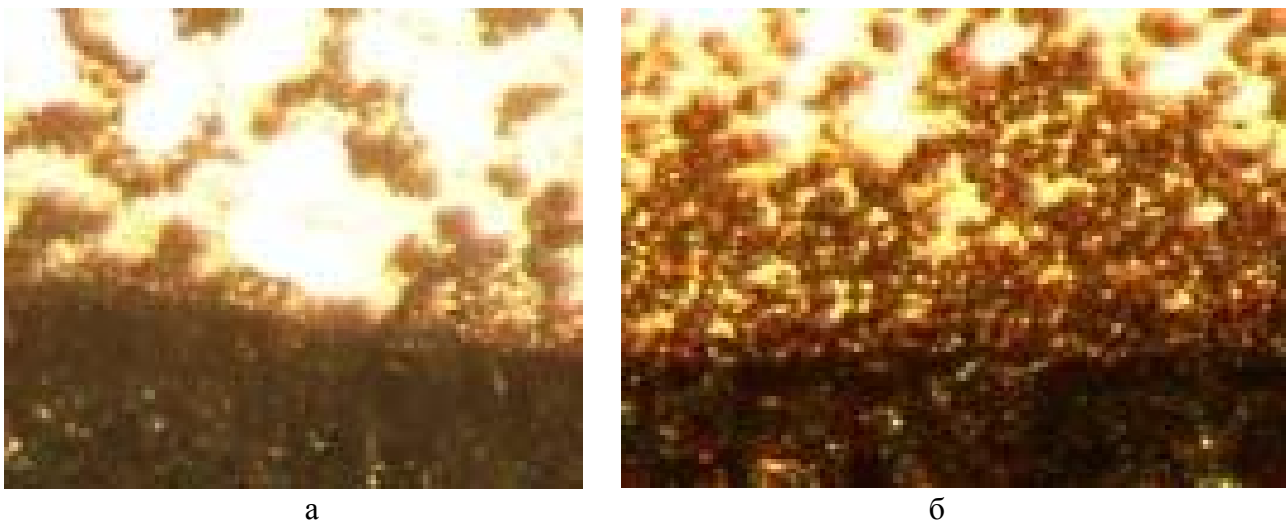


Рис. 4. Мікроструктура сплавів міді і заліза ($\times 600$):
 а – вміст заліза 0,8...1 %; б – вміст заліза до 30 %

Розглядаючи фазову будову кристалізаційних прошарків, бачимо, що вони є пересиченим твердим розчином α -заліза. Причому дендрит заліза має вигляд витягнутих кристалів, розташованих перпендикулярно напрямку тепловідводу при зварюванні (рис. 4.) Зважаючи на спільну дифузію відсутні чіткі кордони меж з мідною складовою зварного шва. Але враховуючи експлуатаційні вимоги до зварних з'єднань міді і заліза, треба зауважити, що підвищення дендритних включень біля межі сплавлення приводить до зниження втомної міцності з'єднання. Дійсно, підвищення концентрації дендритних включень – це напрямок

до підвищення загальної міцності з'єднання, але при циклічному навантаженні (втомному навантаженні) саме підвищення міцності приводить до руйнування. Пластичні якості зварного шва, тобто підвищений рівень межі текучості – це напрямок до підвищення втомних властивостей з'єднання. Експериментальна залежність втомної міцності від мікротвердості зони термічного впливу показана на (рис. 5).

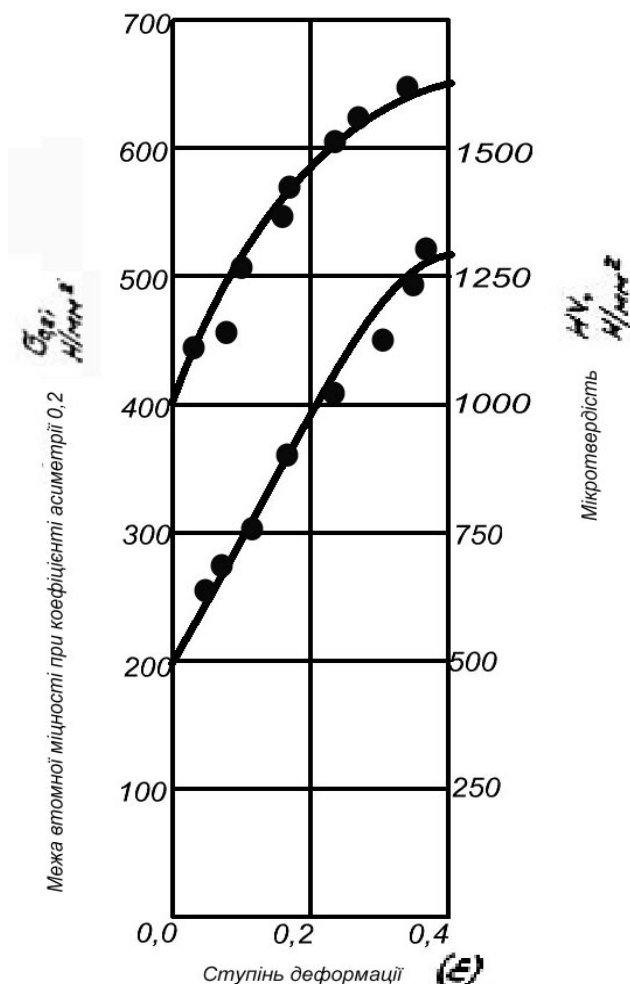


Рис. 5. Залежність втомної міцності від мікротвердості зони термічного впливу

Мікротвердість межі сплавлення (рис. 5) з боку сталі має незначне зростання, це пов'язано з більшою концентрацією заліза в зварному шві. Проте по межі сплаву є стрибок мікротвердості. З боку міді мікротвердість межі сплаву вища, ніж в міді, яка піддавалася відпалюванню, з-за наявності дендриту заліза в біляшовній зоні. При зварюванні міді із сталлю залізо, як елемент, який подрібнює зерно шва і біляшовну зону, присутній в мікроструктурі металу. Можна зробити висновок про міру рівномірності присутності заліза і про його вплив на властивості шва і біляшовної зони. Результати дослідження мікроструктури підтверджують зміну мікротвердості на межі сплаву через зміни концентрації заліза в біляшовній зоні. Чим більше концентрація заліза, тим вище показник мікротвердості.

При макроструктурних і мікроструктурних дослідженнях, а також при виконанні контролю якості зварного шва доцільно використовувати вимоги до методів і засобів контролю. Розглядаючи фазову будову кристалізаційних прошарків, бачимо, що вони є пересиченим твердим розчином α -заліза. Зважаючи на спільну дифузію, відсутні чіткі кордони меж з мідною складовою зварного шва.

Дослідження показали, що проблема підвищення якості зварювання міді зі сталлю – комплексна проблема, де задіяні матеріали для зварювання [12], термодинамічні особливості металів, технологія зварювання і методи підвищення якості зварних швів.

ВИСНОВКИ

- Основні заходи, що знижують вірогідність утворення кристалізаційних тріщин, це:
- оптимальний вибір хімічного складу основного і присадного металу з врахуванням взаємної розчинності зварюваних металів;
 - вибір технології зварювання, що забезпечує мінімальні усадкові, теплові деформації в процесі кристалізації металу шва і біляшовної зони;
 - гармонізація конструкції зварного з'єднання, яка повинна забезпечувати податливість конструкції деформаціям, що розвиваються в процесі зварювання;
 - аналіз силової навантаженості вузла (визначення напруженого стану циклічне навантаження або термоциклічне і т. і.);
 - аналіз схемно-компоновочного рішення зварного вузла.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Исследования технологии аргонодуговой сварки сложнелегированных сплавов на медной основе / А. Е. Вайнерман, Н. В. Беляев, А. Н. Минчица, И. В. Чумакова // Актуальные проблемы сварки цветных металлов. – Киев : Наукова думка, 1980. – С. 243–248.
2. Чигарьев В. В. Визначення чинника, що сприяє утворенню тріщин при зварюванні фурм доменної печі [Текст] / В. В. Чигарьев, П. А. Гавриш, І. В. Серов // Вісник «ВПП». – Вінниця, № 5. – 2005. – С. 95–96.
3. Гавриш П. А. Совершенствование технологии сварки меди со сталью : монографія / П. А. Гавриш. – Краматорськ : ДДМА, 2014. – 188 с.
4. Зайцев О. С. Химия. Современный краткий курс : учеб. пособ. / О. С. Зайцев. – М. : Агар, 1997. – 416 с.
5. Гавриш П. А. Повышение механических свойств сварного соединения меди со сталью / П. А. Гавриш // Захист металургійних машин від поломок : Зб.наук. пр. – Вип. 9. – Маріуполь, 2006. – С. 91–94.
6. Гавриш П. А. Уточнения метастабильных фазовых состояний и термодинамических свойств, взаимодействующих компонентов при сварке меди и стали / П. А. Гавриш // Научные исследования и их практическое применения. Современное состояние и пути развития 2007 : сб. научн. трудов по материалам научно-практической конференции Одеса, 2007. – Т. 2. – С. 46–49.
7. Сварка разнородных металлов и сплавов / В. Р. Рябов, Д. М. Рабкин, Р. С. Курочко, Л. Г. Стрижевская. – М. : Машиностроение, 1984. – 239 с.
8. Chigarev V. V. Investigation of the process of drawing flux-cored wire for welding cooper to steel / V. V. Chigarev, E. P. Gribkov, P. A. Gavrish // Welding international. – Vol. 26. – No 9. – September 2012. – P. 718–722. – ISSN 0950-7116 (Print), 1754-2138 (Online).
9. Chigarev V. V. Improving the technological conditions of drawing flux-cored welding wires / V. V. Chigarev, E. P. Gribkov, P. A. Gavrish // Welding international. – Vol. 27. – Issue 1. – 2013. – P. 1–3. – ISSN 0950-7116 (Print).
10. Gavrish P. A. The Preliminary Heating at Welding Copper and Steel / P. A. Gavrish // American Journal of Materials Engineering and Technology. – 2013, Vol. 1, No. 3. – P. 46–48. – Available online at <http://pubs.sciepub.com/materials/1/3/4>.
11. A mathematical model of the process of rolling flux-cored tapes / V. V. Chigarev, E. P. Gribkov, P. A. Gavrish, A. G. Belik // Welding international. – 2015. – Vol. 29. – Issue 1. – P. 70–74. – ISSN 0950-7116 (Print).
12. Dobronosov Yu. K. Investiganion of the stress-strain and kinematic state of metal in the rolling welding joint betwin copper and steel / Yu. K. Dobronosov, P. A. Gavrish // Welding international. – 2017. – Vol. 31. – Issue 11. – P. 874–878. – ISSN 0950-7116 (Print).