

DOI 10.32820/2079-1747-2019-24-80-85
УДК 621.791

УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ЧАВУНУ

©Калін М. А.

Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про автора:

Калін Микола Андрійович: ORCID: 0000-0002-4068-2718; svargof@gmail.com; кандидат технічних наук; доцент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Метою дослідження є створення прутка для газового зварювання чавунних деталей, з покращеними механічними характеристиками і меншою твердістю металу шва.

Недоліком відомих зварювальних прутків є висока твердість і низькі механічні властивості металу шва. Це не дозволяє використовувати згадані присадкові прутки для зварювання відповідальних конструкцій і наплавлення деталей, що підлягають механічній обробці в промислових об'ємах.

У якості присадкового матеріалу при газовому й електродуговому зварюванні чавуну, використовували прутки діаметром 8-10 мм із чавуну марки А або Б за ГОСТ 2671-80. Як флюс при газовому зварюванні використовували буру технічну за ГОСТ 8429-77, прожарену при температурі 300-350° С протягом 2 -х годин.

В якості легируючої добавки РЗМ у чавунних прутках використовували ітрій і ербій.

Перевірку зварювально-технологічних властивостей дослідних складів прутків проводили при газовому (ацетилено-кисневому) і електродуговому зварюванню високоміцного чавуну марки ВЧ 40.

На підставі проведених випробувань зварювально-технологічних властивостей дослідних прутків визначено, що оптимальним є пруток №2, що забезпечує гарну змочуваність зварювальної ванни рідким металом. Шлаки легкоплавкі й не утрудняють ведення процесу зварювання розробок великого обсягу. Дефектів зварених швів немає.

Структура наплавленого металу у поверхні шва на глибині до 1,5-2 мм перлітна з невеликими ділянками аустеніту дендритної орієнтації. Далі по висоті шва аж до лінії сплаву в структурі переважає перліт. Включення фериту і цементиту одиничні. Графіт кулястий середньої величини, декілька дрібніше, ніж в основному металі.

Твердість в цій зоні складає 220-229 НВ і дозволяє легко проводити механічну обробку зварних швів звичайним металоріжучим інструментом.

Ключові слова: пруток, чавун, зварювання, твердість, тріщини.

Калин Н.А. «Усовершенствование материалов для газовой сварки чугуна».

Целью исследования является создание прутка для газовой сварки чугунных деталей, с улучшенными механическими характеристиками и меньшей твердостью металла шва.

Недостатком известных сварочных прутков является высокая твердость и низкие механические свойства металла шва. Это не позволяет использовать упомянутые присадочные прутки для сварки ответственных конструкций и наплавки деталей, подлежащих механической обработке в промышленных объемах.

В качестве присадочного материала при газовой и электродуговой сварке чугуна, использовали прутки диаметром 8-10 мм из чугуна марки А или Б по ГОСТ 2671-80. В качестве флюса при газовой сварке использовали буру техническую по ГОСТ 8429-77, прокаленную при температуре 300-350°С в течение 2-х часов.

В качестве легирующей добавки РЗМ в чугунных прутках использовали итрий и эрбий.

Проверку сварочно-технологических свойств исследуемых составов прутков проводили при газовой (ацетилено-кислородной) и электродуговой сварке высокопрочного чугуна марки ВЧ 40.

На основании проведенных испытаний сварочно-технологических свойств исследуемых прутков определено, что оптимальным является пруток №2, что обеспечивает хорошую смачиваемость сварочной ванны жидким металлом. Шлаки легкоплавкие и не затрудняют ведение процесса сварки разделок большого объема. Дефектов сварных швов нет.

Структура наплавленного металла на поверхности шва на глубине до 1,5-2 мм перлитная с небольшими участками аустенита дендритной ориентации. Далее по высоте шва до линии сплавления в структуре преобладает перлит. Включение феррита и цементита единичны. Графит шаровидный средней величины, несколько мельче, чем в основном металле.

Твердость в этой зоне составляет 220-229 НВ и позволяет легко проводить механическую обработку сварных швов обычным металлорежущим инструментом.

Ключевые слова: пруток, чугун, сварка, твердость, трещины.

Kalin N. «Improvement of materials for gas welding of cast iron».

The aim of the study is to create a bar for gas welding of cast iron parts, with improved mechanical characteristics and lower hardness of the weld metal.

A disadvantage of the known welding rods is the high hardness and low mechanical properties of the weld metal. This does not allow the use of the mentioned filler rods for welding critical structures and surfacing of parts to be machined in industrial volumes.

As a filler material in gas and electric arc welding of cast iron, rods with a diameter of 8-10 mm from cast iron of grade A or B according to GOST 2671-80 were used. As a flux in gas welding, we used a technical drill according to GOST 8429-77, calcined at a temperature of 300-350 ° C for 2 hours.

Yttrium and erbium were used as an alloying and rare-earth metals additives in iron bars.

The welding-technological properties of the investigated rod compositions were checked during gas (acetylene-oxygen) and electric arc welding of high-strength cast iron of grade VCh 40.

Based on the tests of the welding and technological properties of the rods under study, it was determined that rod No. 2 is optimal, which ensures good wettability of the weld pool with molten metal. Slags are fusible and do not impede the conduct of the welding process for cutting large volumes. No weld defects.

The structure of the deposited metal on the surface of the weld at a depth of 1.5-2 mm is pearlitic with small areas of austenite of dendritic orientation. Further along the height of the weld to the fusion line, perlite prevails in the structure. The inclusion of ferrite and cementite are single. Spherical graphite of medium size, slightly smaller than in the base metal.

The hardness in this zone is 220-229 НВ and allows easy machining of welds with conventional metal cutting tools.

Keywords: bar, cast iron, welding, hardness, cracks.

Постановка проблеми

Чавун широко застосовується як конструкційний матеріал, що відрізняється хорошими ливарними властивостями і малим коефіцієнтом лінійного розширення, має високу зносостійкість і оброблюваність.

У чавунних виливках на різних стадіях обробки виявляються різні дефекти. Крім того, знижена міцність і висока крихкість чавунів призводять в окремих випадках до поломки в процесі експлуатації виготовлених з них деталей, а це в свою чергу призводить до виходу з ладу або простою обладнання [1]

Метою дослідження є створення присадкового прутка для газового зварювання чавунних деталей, з покращеними механічними характеристиками і меншою твердістю металу

шва, що забезпечуються за рахунок зміни системи розкислення і легування металу шва компонентами прутка.

Аналіз останніх досліджень

Високоміцні магнієві чавуни при однакових умовах мають дещо кращу рідкотекучість, ніж сірі чавуни. Завдяки цьому створюються хороші передумови для отримання щільного, без пор і шлакових включень, наплавленого металу. Однак значна схильність магнієвого чавуну до утворення усадочних раковин створює додаткові труднощі при його зварюванні [1,2,3]. Останнім часом намітилася тенденція використання рідкоземельних елементів (РЗМ) [4]. При зварюванні чавуну утворюється зона зниженої пластичності, що значно ускладнює процес зварювання. При зварюванні високоміцного чавуну отримати зварні з'єднання, по міцності і пластичності близькі до основного металу, значно важче, ніж при зварюванні сірого чавуну, тим більше, що магній, що вводиться в чавун, збільшує його схильність до утворення структур відбілу.

Недоліком відомих зварювальних прутків [5] є висока твердість і низькі механічні властивості металу шва. Це не дозволяє використовувати згадані присадкові прутки для зварювання відповідальних конструкцій і наплавлення деталей, що підлягають механічній обробці в промислових об'ємах.

Основними причинами, по яким неможливо отримати якісний метал шва при зварюванні і наплавленні чавунних деталей в промислових умовах є недосконала система розкислення і легування його присадковим прутком [6]. Метал шва має підвищену твердість низькі механічні властивості, що обумовлює схильність до утворення мілких тріщин, які знижують експлуатаційну стійкість зварних і наплавлених деталей.

Експериментальна частина

Чавунні прутки за ГОСТ 2671-80 для газового зварювання являють собою чавун евтектичного й заевтектоїдного складу з вуглецевим еквівалентом 4,3 - 4,8 %. Введення рідкоземельних металів до складу зварювального прутка дозволяє одержати наплавлений метал з кулястою (глобулярною) формою графіту. Прутки різних діаметрів відливали в графітові кокілі. Метал для прутків виплавляли в індукційних печах, що забезпечують високу температуру перегріву (1400-1580° С) з регулюванням витримки металу в рідкому стані не менш 10-15 хв. Хімічний склад трьох варіантів отриманих прутків наведений у табл. 1.

Для порівняння, у якості присадкового матеріалу при газовому зварюванні чавуну, використовувалися прутки діаметром 8-10 мм із чавуну марки А за ГОСТ 2671-80. Як флюс при газовому зварюванні використовували буру технічну за ГОСТ 8429-77, прожарену при температурі 300-350° С протягом 2 -х годин. В якості легуючої й добавки РЗМ у чавунних прутках використовували ітрій і ербій.

Перевірку зварювально-технологічних властивостей дослідних складів прутків проводили при газовому зварюванні високоміцного чавуну марки ВЧ 40. Імітацію дефектів робили шляхом строжки канавок на поверхні чавунних пластин товщиною 30 мм. Твердість металу шва й наплавленого металу вимірювали на приладі ТК-2, мікротвердість заміряли на приладі ПМТ-3. Проби для хімічного аналізу наплавленого металу відбирали з верхніх шарів наплавлення. Загальний характер мікроструктури зварених швів оцінювали за допомогою оптичного мікроскопа МІМ –8М на поперечних мікрошліфах розміром 15x25x30 мм, протравлених в 5 %-ному спиртовому розчині азотної кислоти.

Таблиця 1-Хімічний склад дослідних прутків в %

Варіант прутка	Зварювально-технологічні властивості
А	Недостатня змочуваність рідким металом поверхні основного металу. Поганий захист зварювальної ванни, підвищена тугоплавкість. Є зашлаковки металу шва.
1	Змочуваність зварювальної ванни рідким металом задовільна. Утворюються легкоплавкі шлаки. Зашлаковок і несплавов немає.
2	Змочуваність зварювальної ванни рідким металом гарна. Шлаки легкоплавкі й не утрудняють ведення процесу зварювання розробок великого обсягу. Дефектів зварених швів немає.
3	Змочуваність зварювальної ванни гарна. Спостерігається кипіння рідкого металу, утворюються пори в наплавленому металі. Шлаки занадто рідкотекучі і погано вкривають метал шва.

Результати досліджень

Для забезпечення структури чавуну із глобулярним графітом у пропонований склад прутка уведені рідкоземельні метали в кількості 0,03-0,5%. Перебуваючи в наплавленому металі разом з магнієм, РЗМ забезпечує глобулярну форму графіту.

Використання одночасно двох ефективних модифікаторів - магнію й РЗМ дозволило одержати повністю кулястий графіт при меншому вмісті цих модифікаторів у складі прутків, чим при роздільному їхньому застосуванні. Це пояснюється тим, що дія модифікаторів, як правило, підсумовується. Крім того, РЗМ придушують дію таких шкідливих елементів як вісмут, свинець, сурма, титан, миш'як, олово присутніх у вигляді домішки в чавунах, відновлюючи тим самим кулясту форму графіту, а також сприяють очищенню металу від сірки й газів, подрібнюють зерно, підвищують механічні властивості зварного з'єднання.

Результати випробування зварювально-технологічних властивостей і якості наплавленого металу при газовому зварюванні високоміцного чавуну із застосуванням прутків марки А і дослідних варіантів прутків наведені в табл. 2.

Таблиця 2 - Результати випробування зварювальних прутків

Варіант прутка	Зварювально-технологічні властивості
А	Недостатня змочуваність рідким металом поверхні основного металу. Поганий захист зварювальної ванни, підвищена тугоплавкість. Є зашлаковки металу шва.
1	Змочуваність зварювальної ванни рідким металом задовільна. Утворюються легкоплавкі шлаки. Зашлаковок і несплавов немає.
2	Змочуваність зварювальної ванни рідким металом гарна. Шлаки легкоплавкі й не утрудняють ведення процесу зварювання розробок великого обсягу. Дефектів зварених швів немає.
3	Змочуваність зварювальної ванни гарна. Спостерігається кипіння рідкого металу, утворюються пори в наплавленому металі. Шлаки занадто рідкотекучі і погано вкривають метал шва.

На підставі проведених випробувань зварювально-технологічних властивостей дослідних прутків визначено, що оптимальним є пруток варіанта № 2. Для металографічного дослідження якості наплавленого металу й зон термічного впливу були використані зразки, заварені газовим зварюванням із застосуванням прутка варіанта № 2 і прутка марки А. Метало-

графічними дослідженнями встановлено що по макроструктурі на обох зразках чітко проявляється наплавлений метал висотою 8-9 мм і зони термічного впливу шириною до 10 мм, чіткої лінії сплавки основного й наплавленого металу немає (рис. 1). Структура основного металу (рис. 2) в обох випадках складається з перліту, кулястого графіту середніх розмірів і одиничних досить дрібних включень цементиту. Ферит є присутнім у невеликій кількості (до 5 %). Твердість основного металу становить 210-217 од НВ.

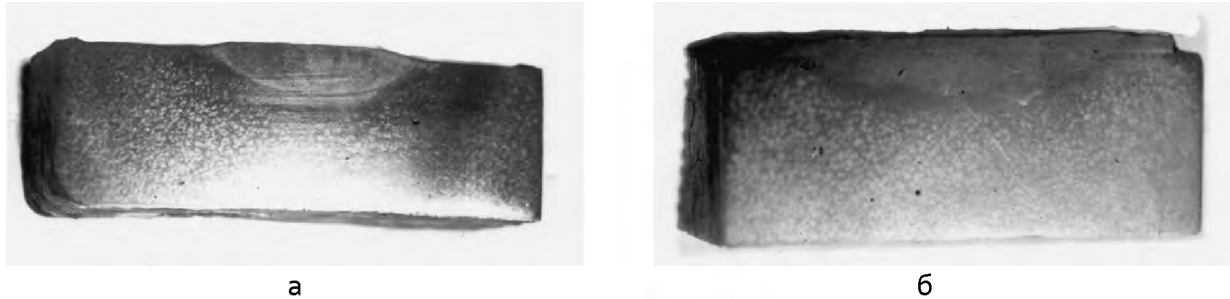


Рис. 1 - Макроструктура шва при зварюванні серійним (а) і дослідним прутком (б)

Структура наплавленого металу в поверхні шва на глибині до 1,5-2 мм перлітна й невеликими ділянками аустеніту дендритної орієнтації. Далі по висоті шва аж до лінії сплавки в структурі переважає перліт.

Твердість у цій зоні в обох випадках становить 220-229 од. НВ. Включення фериту й цементиту одиничні. Графіт кулястий середньої величини, трохи дрібніше, ніж в основному металі. У зоні термічного впливу на обох зразках відзначається значне збільшення кількості фериту в порівнянні з основним металом. Твердість у зоні термічного впливу обох зразків становить 170-198 од. НВ.

Добавки РЗМ утворюють додаткові центри кристалізації графіту, що у свою чергу, знижує ймовірність утворення гартівних структур у зоні сплавки. Крім того, РЗМ, що володіють більшою спорідненістю до кисню і сірки, сприяють очищенню границь зерен перлітної матриці за рахунок утворення оксидів і окисульфідів РЗМ і, як наслідок, підвищується стійкість наплавленого металу й перехідної зони проти утворення тріщин і пор.

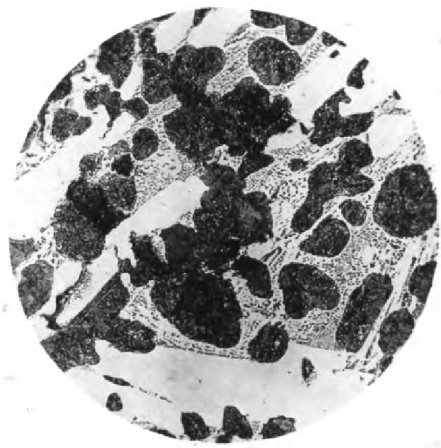


Рис. 2 - Мікроструктура основного металу (x 250)

Газове зварювання зразків з високоміцного чавуну здійснювали зварювальним пальником з наконечником №5 і підігрівом до 600-750° С. Результати випробування механічних властивостей при випробуваннях на розрив і вигин, а також твердість наплавленого металу й перехідної зони наведені в табл. 2, 3, а вигляд зварених деталей показано на рис. 3. Після закінчення зварювання наплавлений метал перевіряється зовнішнім оглядом. При цьому повинні бути відсутні пори, раковини, шлакові включення, подрізи, прожоги, тріщини в наплавленому металі й перехідній зоні.

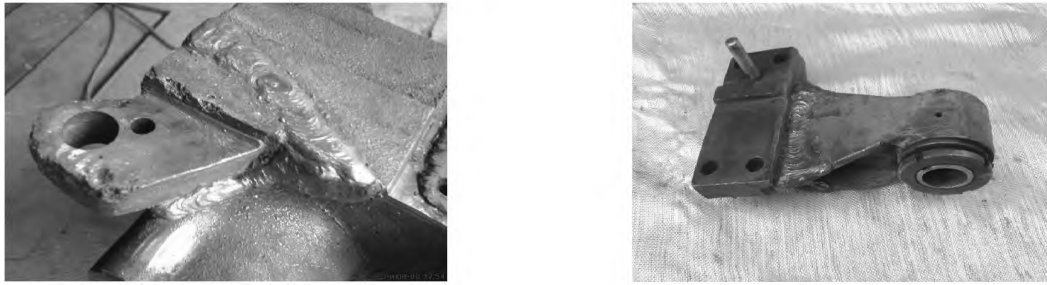


Рис. 3 – Вигляд чавунних деталей після зварювання

Таблиця 2 – Механічні властивості зварених з'єднань

Матеріал зразка	Межа міцності при розриві, МПа	Границя текучості, МПа	Відносне подовження, %	Ударна в'язкість, Дж/см ²
ВЧ 40	409-412	263-306	12, 7-195	18-26
Метал шва	496-512	213-291	29, 7-30,5	38-42

Таблиця 3 – Твердість металу звареного з'єднання.

Матеріал зразка	Твердість, НВ	
	наплавленого металу	перехідної зони
ВЧ 40	170-180	190-200
Метал шва	170-180	180-200

Висновки

Розроблений склад прутка для газового зварювання чавуну, що містить нову систему легування і розкислення. Структура наплавленого металу у поверхні шва на глибині до 1,5-2 мм перлітна з невеликими ділянками аустеніту дендритної орієнтації. Твердість в цій зоні складає 220-229 НВ. Графіт кулястий середньої величини, декілька дрібніше, ніж в основному металі. Змочуваність зварювальної ванни рідким металом гарна. Шлаки легкоплавкі. Дефектів зварених швів немає.

Список використаних джерел:

1. Иванов Б. Г. Сварка и резка чугуна / Б. Г. Иванов, Ю. И. Журавичкий, В. И. Левченков. – М. : Машиностроение, 1977. – 208 с.
2. Левченков В. И. Состояние и перспективы развития сварки чугуна (обзор) / В. И. Левченков // Сварочное производство. – 1988. – № 2. – С. 2-4.
3. Метлицкий В. А. Сварка чугунных труб (обзор) / В. А. Метлицкий // Автомат. сварка. – 1998. – № 1. – С. 27-33.
4. Кононенко В. Я. Газовая сварка и резка / В. Я. Кононенко. – Киев : Экотехнология, 2005. – 208 с.
5. Cottrell C.L.M. Welding cast irons / C.L.M. Cottrell. – Cambridge : Abington, 1985. – 22 p.
6. Comparing the Structure and Mechanical Properties of Welds on Ductile Cast Iron (700 MPa) under Different Heat Treatment Conditions / R. M. Gouveia, F. J. Silva, O.C. Paiva [et al.] // Metals. – 2018. – Vol. 8.

References

1. Ivanov, BG, Zhuravickij, JuI & Levchenkov, VI 1977, Svarka i rezka chuguna, Mashinostroenie, Moskva.
2. Levchenkov, VI 1988, 'Sostojanie i perspektivy razvitiya svarki chuguna (obzor)', Svarochnoe proizvodstvo, no. 2, pp. 2-4.
3. Metlickij, VA 1998, 'Svarka chugunnyh trub (obzor)', Avtomat, svarka, no. 1, pp. 27-33.
4. Kononenko, VJa 2005, Gazovaja svarka i rezka, Jekotehnologija, Kiev.
5. Cottrell, CLM 1985, Welding cast irons, Abington, Cambridge.
6. Gouveia, RM, Silva, FJ, Paiva, OC et al. 2018, 'Comparing the Structure and Mechanical Properties of Welds on Ductile Cast Iron (700 MPa) under Different Heat Treatment Conditions', Metals, vol. 8, pp.

Стаття надійшла до редакції 18 жовтня 2019 р.