

УДК 621.791.753.042

Щетинін С. В., Никитенко П. В., Елсаєд Халед

УДАРНА В'ЯЗКІСТЬ ПРИ ОДНОСТОРОННЬОМУ ВИСОКОШВИДКІСНОМУ ЗВАРЮВАННІ ТРУБ ДЛЯ ГАЗО- І НАФТОПРОВІДНИХ МАГІСТРАЛЕЙ

Природа ударної в'язкості електромагнітна, так як міжатомні зв'язки є результатом міжатомної взаємодії електронів, що обертаються навколо ядра, які створюють мікроструми і електромагнітні поля протилежних напрямків, що взаємознищуються. Індукція між атомами рівна нулю, тому виникає магнітний тиск тяжіння, спрямований в сторону меншого магнітного поля і виникають міжатомні зв'язки. Встановлено, що форма електрода і швидкість зварювання значно впливають на переміщення дуги по торцю електрода і зварювальній ванні, тепловкладення в основний метал і зону термічного впливу, що визначає ударну в'язкість зварних з'єднань. При наплавленні перпендикулярною стрічкою розмір зони термічного впливу мінімальний, поздовжньою стрічкою і дротом – підвищується. При односторонньому зварюванні складовим електродом зона термічного впливу різко зменшується, що підвищує ударну в'язкість зварних з'єднань. Швидкість зварювання визначає тепловкладення в основний метал і зону термічного впливу. З підвищенням швидкості зварювання тепловкладення і розмір зони термічного впливу зменшуються, що забезпечує підвищення ударної в'язкості зварних з'єднань. Максимум ударної в'язкості забезпечується при односторонньому високошвидкісному зварюванні зі швидкістю 0,021 м/с. Збільшення ударної в'язкості зварних з'єднань забезпечується за рахунок високої швидкості, зменшення тепловкладення і погонної енергії, зростання швидкості нагріву і охолодження, що приводить до зниження зварювальних напруг, здрібнення мікроструктури в зварювальному шві та околошовній зоні, зменшенню міжатомної відстані та зростанню міжатомних зв'язків. Розроблено процес одностороннього високошвидкісного зварювання труб для газо- і нафтопровідних магістралей складовим електродом, який забезпечує зниження тепловкладення і розміру зони термічного впливу, зростання швидкості нагріву і охолодження, що приводить до зниження зварювальних напруг, здрібнення мікроструктури в зварювальному шві та околошовній зоні, зменшенню міжатомної відстані та зростанню міжатомних зв'язків, внаслідок чого підвищується ударна в'язкість зварних з'єднань в 2 – 2,5 рази.

Ключові слова: *Ударна в'язкість зварних з'єднань, одностороннє високошвидкісне зварювання, труби для газо- і нафтопровідних магістралей, електромагнітна природа, міжатомні зв'язки, зварювальні напруги, зона термічного впливу.*

Постановка проблеми. Одностороннє високошвидкісне зварювання труб для газо- і нафтопровідних магістралей, які виготовляються з високоміцних сталей, обмежене трудністю забезпечити ударну в'язкість зварних з'єднань, особливо при низьких температурах. Тому вивчення природи ударної в'язкості зварних з'єднань і розробка способу одностороннього високошвидкісного зварювання труб для газо- і нафтопровідних магістралей, що забезпечує підвищення ударної в'язкості зварних з'єднань, є важливою науково-технічною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Істотне застосування одностороннє високошвидкісне зварювання знаходить при виробництві труб для газо- і нафтопровідних

магістралей, що обмежене низькими значеннями ударної в'язкості зварних з'єднань, природа яких повністю не встановлена [1–9], що викликає необхідність розробки нових процесів. Ефективним способом підвищення ударної в'язкості зварних з'єднань є одностороннє високошвидкісне зварювання. Ударна в'язкість зварних з'єднань при іспитах визначається за допомогою надрізів у зоні термічного впливу, розмір якої в значній мірі впливає на якість зварних з'єднань. Зона термічного впливу утворюється під дією тепловкладення в основний метал і ЗТВ. При зварюванні сталі О9Г2С, з яких виготовляються труби, для запобігання крихкому руйнуванню при температурі не нижче 293 К стикові з'єднання без оброблення кромки виконуються дводуговим зварюванням під флюсом з тепловкладенням 3700 кДж/м [8]. При зниженні температури до 233 К тепловкладення зменшується до 2700 кДж / м, для 203 К достатня ударна в'язкість забезпечується при погонній енергії не вище 1200 кДж / м [9]. Однак вплив швидкості зварювання, погонної енергії і форми електроду на структуру, властивості наплавленого металу і ударну в'язкість зварних з'єднань досліджено недостатньо[4–9].

Мета досліджень. Вивчення наукових основ регулювання зони термічного впливу і розробка процесу одностороннього високошвидкісного зварювання складовим електродом труб для газо- і нафтопровідних магістралей, що забезпечує підвищення ударної в'язкості зварних з'єднань.

Основний матеріал дослідження. Для підвищення ударної в'язкості зварних з'єднань необхідно проводити одностороннє високошвидкісне зварювання, при якому зростає швидкість нагріву і охолодження металу шва і околошовної зони, здрібнюється мікроструктура, що забезпечує зниження міжатомної відстані та зростання міжатомних зв'язків. Природа ударної в'язкості електромагнітна, так як міжатомні зв'язки є результатом міжатомної взаємодії електронів, що обертаються навколо ядра, які створюють мікроструми і електромагнітні поля протилежних напрямків, що взаємознищуються. Індукція між атомами рівна нулю, тому виникає магнітний тиск тяжіння, спрямований в сторону меншого магнітного поля і виникають міжатомні зв'язки.

Ударна в'язкість в значній мірі визначається мікроструктурою і розміром зони термічного впливу, який є результатом тепловкладення дуги в основний метал і зону термічного впливу. Тепловкладення залежить від концентрації дуги – пінч-ефекту, руху дуги по торцю електроду, зварювальній ванні та швидкості зварювання. .

В залежності від форми і розташування електрода дуга під дією магнітного поля зварювального струму рухається по торцю електрода в перпендикулярному, поздовжньому напрямках, концентрується при зварюванні дротом і рухається в поздовжньому і перпендикулярному напрямках при зварюванні складовим електродом.

Для вивчення тепловкладення і природи ударної в'язкості зварних з'єднань наплавлення проводили перпендикулярною і поздовжньою стрічками, дротяним і складовим електродами під керамічним флюсом ЖСН-5 на різних швидкостях зварювання.

На основі досліджень встановлено, що з підвищенням швидкості наплавлення, внаслідок зростання швидкості нагріву і охолодження і дисперсності структури мікротвердість наплавленого металу зростає. В зоні термічного впливу мікротвердість металу, виміряна мікротвердомером ПМТ-3 з автоматичним навантаженням, знижується (рис. 1, 2).

Мінімальний розмір зони відпуски характерне для наплавлення перпендикулярною стрічкою (рис. 2), внаслідок мінімального тепловкладення в бокові кромки ванни. При

наплавленні поздовжньою стрічкою розмір зони відпуски зростає (рис. 2). При зварюванні складовим електродом (рис. 1, 2) розмір зони відпуски зменшується в порівнянні з дротяним (рис. 2) в два рази, внаслідок підвищення швидкості зварювання, руху дуги і зростання кількості тепла, який розповсюджується попереду джерела.

При підвищенні швидкості наплавлення і зварювання, в результаті зниження тепловкладення розмір зони відпуски зменшується (рис. 1, 2), що підтверджує підвищення ударної в'язкості зварних з'єднань. В зоні відпуски утворюються холодні тріщини, тому зі зменшенням зони відпуски ударна в'язкість зварних з'єднань підвищується.

На основі проведених досліджень вибрано складовий електрод, в якому дуга переміщується по торцю електрода в поздовжньому і перпендикулярному напрямках, зменшується тепловкладення і погонна енергія за рахунок зростання швидкості наплавлення до 0,021 м/с, пропорційно зростає швидкість кристалізації, зменшується розмір зерен, що забезпечує дрібнодисперсну мікроструктуру, збільшення міжатомних зв'язків, зниження зварювальних напруг і підвищення ударної в'язкості зварних з'єднань.

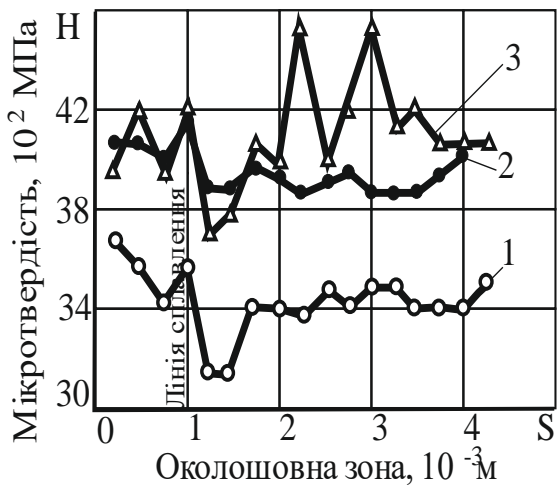


Рисунок 1 – Залежність мікротвердості наплавленого металу від швидкості зварювання, складовий електрод, швидкість зварювання 0,014 м/с (1); 0,021 м/с (2); 0,028 м/с (3); погонна енергія відповідно: 3,6 МДж/м (1), 2,7 МДж/м (2), 1,8 МДж/м (3)

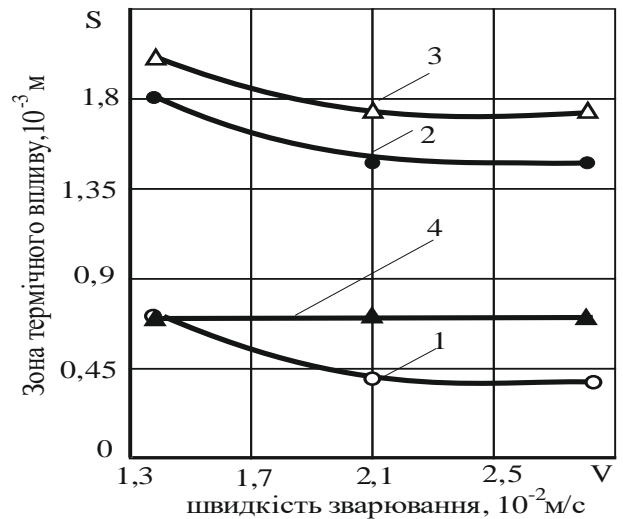


Рисунок 2 – Залежність зони термічного впливу від форми електрода і швидкості зварювання: 1 – перпендикулярна стрічка; 2 – поздовжня стрічка; 3 – дріт; 4 – складовий електрод

Розроблено процес одностороннього високошвидкісного зварювання труб для газо- і нафтопровідних магістралей складовим електродом, який забезпечує зниження тепловкладення і розміру зони термічного впливу, зростання швидкості нагріву і охолодження, що приводить до зниження зварювальних напруг, здрібнення мікроструктури в зварювальному шві та околошовній зоні, зменшенню міжатомної відстані та зростанню міжатомних зв'язків, внаслідок чого підвищується ударна в'язкість зварних з'єднань в 2 – 2,5 рази.

Машинобудування і зварювальне виробництво

Встановлені закономірності і розроблений спосіб одностороннього високошвидкісного зварювання труб для газо- і нафтопровідних магістралей складовим електродом можуть бути використані при односторонньому високошвидкісному зварюванні котлів залізничних цистерн.

Подальші дослідження в даному напрямку є перспективними, так як дозволять розробити нові процеси одностороннього високошвидкісного зварювання, що забезпечують підвищення якості та ударної в'язкості зварних з'єднань.

ВИСНОВКИ

Природа ударної в'язкості електромагнітна, так як міжатомні зв'язки є результатом міжатомної взаємодії електронів, що обертаються навколо ядра, які створюють мікроструми і електромагнітні поля протилежних напрямків, що взаємознищуються. Індукція між атомами рівна нулю, тому виникає магнітний тиск тяжіння, спрямований в сторону меншого магнітного поля і виникають міжатомні зв'язки.

Встановлено, що форма електрода і швидкість зварювання значно впливають на переміщення дуги по торцю електрода і зварювальній ванні, тепловкладення в основний метал і зону термічного впливу, що визначає ударну в'язкість зварних з'єднань. При наплавленні перпендикулярною стрічкою розмір зони термічного впливу мінімальний, поздовжньою стрічкою і дротом – підвищується. При односторонньому зварюванні складовим електродом зона термічного впливу різко зменшується, що підвищує ударну в'язкість зварних з'єднань.

Швидкість зварювання визначає тепловкладення в основний метал і зону термічного впливу. З підвищенням швидкості зварювання тепловкладення і розмір зони термічного впливу зменшуються, що забезпечує підвищення ударної в'язкості зварних з'єднань. Максимум ударної в'язкості забезпечується при односторонньому високошвидкісному зварюванні зі швидкістю 0,021 м/с.

Збільшення ударної в'язкості зварних з'єднань забезпечується за рахунок високої швидкості, зменшення тепловкладення і погонної енергії, зростання швидкості нагріву і охолодження, що приводить до зниження зварювальних напруг, здрібнення мікроструктури в зварювальному шві та околшовній зоні, зменшенню міжатомної відстані та зростанню міжатомних зв'язків.

Розроблено процес одностороннього високошвидкісного зварювання труб для газо- і нафтопровідних магістралей складовим електродом, який забезпечує зниження тепловкладення і розміру зони термічного впливу, зростання швидкості нагріву і охолодження, що приводить до зниження зварювальних напруг, здрібнення мікроструктури в зварювальному шві та околшовній зоні, зменшенню міжатомної відстані та зростанню міжатомних зв'язків, внаслідок чого підвищується ударна в'язкість зварних з'єднань в 2 – 2,5 рази.

Список використаних джерел:

1. Уайт, Р. М. Квантовая теория магнетизма / Р. М. Уайт. – М. : Мир, 1972. –306 с.
2. Зильберман, Г. Е. Электричество и магнетизм / Г. Е. Зильберман. – М. : Наука, 1970. – 383с.

Машинобудування і зварювальне виробництво

3. *Абрамович, Г. Н.* Прикладная газовая динамика / *Г. Н. Абрамович.* – М. : Наука, 1969. – 824 с.
4. *Прохоров, Н. Н.* Физические процессы в металле при сварке. Т. 2 / *Н. Н. Прохоров.* – М. : Metallurgia, 1976. – 600 с.
5. *Шоршоров, М. Х.* Фазовые превращения и изменения свойств стали при сварке / *М. Х. Шоршоров, В. В. Белов.* – М.: Наука, 1972. – 228 с.
6. *Финкель, В. М.* Физика разрушения / *В. М. Финкель.* – М. : Metallurgia, 1970. – 376 с.
7. *Лысов, В. С.* Структура и стойкость против образования холодных трещин металла около шовной зоны стали 38ХС / *В. С. Лысов, Т. А. Макарова, В. Г. Федоров* // Сварочное производство. – 1982. – № 6. – С. 19–21.
8. *Иванова, Н. В.* Хладостойкость металла ЗТВ сварных соединений резервуарных конструкций / *Н. В. Иванова, В. Н. Дикун, В. А. Винокуров* // Сварочное производство. – 1985. – № 11. – С.15–17
9. Новая проволока для автоматической сварки под флюсом стали 09Г2С без скоса кромок / *А. Ф. Батакшев [и др.]* // Сварочное производство. – 1988. – № 1. – С. 23–24.

Щетинин С. В., Никитенко П. В., Элсаед Халед

УДАРНАЯ ВЯЗКОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ОДНОСТОРОННЕЙ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ СВАРКЕ ТРУБ ДЛЯ ГАЗО- И НЕФТЕПРОВОДНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Природа ударной вязкости электромагнитная, так как межатомные связи является результатом межатомного взаимодействия электронов, вращающихся вокруг ядра, которые создают микротоки и электромагнитные поля противоположных направлений, которые взаимно уничтожаются. Индукция между атомами равна нулю, поэтому возникает магнитное давление притяжения, направленное в сторону меньшего магнитного поля, и возникают межатомные связи. Установлено, что форма электрода и скорость сварки значительно влияют на перемещение дуги по торцу электрода и сварочной ванне, тепловложения в основной металл и зону термического влияния, что определяет ударную вязкость сварных соединений. При наплавке перпендикулярной лентой размер зоны термического влияния минимальный, продольной лентой и проволокой – повышается. При односторонней сварке составным электродом зона термического влияния резко уменьшается, что повышает ударную вязкость сварных соединений. Скорость сварки определяет тепловложение в основной металл и зону термического влияния. С повышением скорости сварки тепловложение и размер зоны термического влияния уменьшаются, что обеспечивает повышение ударной вязкости сварных соединений. Максимум ударной вязкости обеспечивается при односторонней высокоскоростной сварке со скоростью 0,021 м/с. Увеличение ударной вязкости сварных соединений обеспечивается за счет высокой скорости, уменьшения тепловложения и погонной энергии, роста скорости нагрева и охлаждения, что приводит к снижению сварочных напряжений, измельчению микроструктуры в сварном шве и околошовной зоне, уменьшению межатомного расстояния и росту межатомных связей. Разработан процесс односторонней высокоскоростной сварки труб для газо- и нефтепроводных магистралей составным электродом, который

Машинобудування і зварювальне виробництво

обеспечивает снижение тепловложения и размера зоны термического влияния, рост скорости нагрева и охлаждения, что приводит к снижению сварочных напряжений, измельчению микроструктуры в сварном шве и околошовной зоне, уменьшению межатомного расстояния и росту межатомных связей, вследствие чего повышается ударная вязкость сварных соединений в 2 – 2,5 раза.

Ключевые слова: ударная вязкость сварных соединений, односторонняя высокоскоростная сварка труб для газо- и нефтепроводных магистралей, электромагнитная природа, межатомные связи, сварочные напряжения, зона термического влияния.

Shchetinin S. V., Nikitenko P. V., Elsaed Khaled

THE IMPACT TOUGHNESS AT THE ONE-SIDED HIGH-SPEED WELDING OF PIPES FOR GAS AND OIL PIPELINES

The impact toughness nature is electromagnetic, as interatomic bonds are the result of interatomic interaction of electrons revolving around the nucleus, which create microcurrents and electromagnetic fields in opposite directions, mutually destroying. Induction between atoms is zero, so there is a gravity magnetic pressure, orientations toward a smaller magnetic field and interatomic bonds arise. It has been established that the electrode shape and the welding speed significantly affect the arc movement along the electrode end and the welding bath, heat input into the base metal and the heat affected zone, which determines the welded joints impact toughness. When surfacing with perpendicular tape, the heat affected zone size is minimal, with longitudinal tape and wire - increases. When one-sided welding with a composite electrode, the heat affected zone decreases sharply, which the welded joints impact toughness increases. The welding speed determines the heat input to the base metal and the heat affected zone. As the welding speed increases, the heat input and the size of the heat affected zone decrease, which welded joints impact toughness increases. Maximum impact toughness is provided by one-sided high-speed welding at a speed of 0.021 m / s. The welded joints impact toughness increase is provided due to high speed, heat input and running energy reduction, heating and cooling speed increase, which leads to welding stresses reduction, microstructure in the weld and peri-seam zone grinding, interatomic distance reduction and interatomic bonds the growth. The one-sided high-speed welding process of pipes for gas and oil pipelines with a composite electrode has been developed, which provides the heat input and the heat affected zone size reduction, heating and cooling speed increase, which leads to welding stresses reduction, microstructure in weld and peri-seam zone crushing, interatomic distance reduction and interatomic bonds growth, as a result of which the welded joints impact toughness increases by 2 - 2.5 times.

Keywords: *The welded joints impact toughness, one-sided high-speed welding, pipes for gas and oil pipelines, electromagnetic nature, interatomic bonds, welding stresses, heat affected zone*

*Рекомендовано до публікації: д-р техн. наук, проф. ДВНЗ «ПДТУ» Самотугін С.С.
Стаття надійшла 19.10.2020 р.*