

ЛІТЕРАТУРА

1. Балашов С.В. «Використання засобів AUTOCAD 2012 при створенні креслеників за 3d моделями»: методичні рекомендації для студ. вищ. навч. закл. / С.В. Балашов, І.В. Вернер, Т.О. Письменкова; Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. 59с.
2. Борисенко В.Д., Об'ємне моделювання в AutoCAD [Текст]: навч. посіб. / В.Д. Борисенко, О.Г. Бідніченко, І.В. Устенко. – Миколаїв: ФОП Швець В.Д., 2014. – 224 с.: іл. ISBN 978-617-7240-10-2.
3. Борисенко В.Д. Основи об'ємних зображень у середовищі проектування AutoCAD [Текст]: навч. посіб. / В.Д. Борисенко, О.Г. Бідніченко, Д.В. Котляр. – Миколаїв: НУК, 2012. – 336 с.

FEATURES OF USING THE AutoCAD SYSTEM IN GEOMETRIC MODELING OF COMPONENT ELEMENTS OF ENERGY INSTALLATIONS

Bidnichenko O.G, Cand. tech. Sciences, Assoc. pr.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

This report is devoted to highlighting the features of geometric modeling in the AutoCAD system when creating visual images of technical objects. The possibilities of the system, ways of forming models and methods of their editing and visualization are considered. Examples of simulated technical objects using surface and solid modeling methods are given.

Keywords: geometric modeling, surface and solid modeling, visual images, technical objects.

УДК 621.791.753.014

ВПЛИВ ПОГОННОЇ ЕНЕРГІЇ НА МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ СТАЛІ КАТЕГОРІЇ D36

Костін О.М.,

кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри зварювального виробництва

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова,

м. Миколаїв, Україна,

kostin.weld@gmail.com

Анотація. Показано, що при збільшенні погонної енергії зварювання до 5,0 кДж/мм наплавлений метал категорії ЗУ не забезпечує заявлені показники ударної в'язкості, що пов'язане з критичним, залежним від термічного впливу ростом дендритів. Інші показники міцності зварних з'єднань сталі категорії D36 залишаються прийнятними. У цьому зв'язку, погонну енергію при автоматичному зварюванні під флюсом потрібно обмежувати до 3,0 кДж/мм.

Ключові слова: зварне з'єднання, погонна енергія, ударна в'язкість.

Атестація технологічних процесів зварювання є обов'язковою в сучасному суднобудівному виробництві. При цьому, підвищення його ефективності супроводжується збільшенням погонної енергії зварювання, що не завжди є доцільним з точки зору забезпечення заявлених механічних характеристик зварних з'єднань [1, с. 40-45].

Вимоги до атестації технології зварювання регламентовані стандартом ДСТУ EN ISO 15614-1, рівень 2. При цьому, залежно від способу зварювання призначаються відповідні зварювальні матеріали. Наприклад, для автоматичного зварювання під флюсом сталі категорії D36 оптимальною є комбінація дріт-флюс категорії ЗУ, виробництво якої регламентовано

стандартом ДСТУ EN ISO 14171 з класифікацією А. Останній стандарт обмежує погонну енергію при сертифікації зварювальних матеріалів інтервалом 1,8...2,2 кДж/мм, що не враховується фахівцями при розробці технологій зварювання для виробництва суднобудівних конструкцій.

У цьому зв'язку, нами було визначено за мету – дослідити вплив погонної енергії зварювання на механічні характеристики зварного з'єднання сталі категорії D36, з використанням комбінації дріт-флюс категорії ЗУ (дріт ОК Autrod 12.20 (S) / флюс ОК Flux 10.71), в інтервалі погонної енергії 1,5...5,0 кДж/мм. Зварювання виконували автоматичним способом на інверторному комплексі АСТ 1000. Після зварювання контрольних з'єднань виконували неруйнівний контроль та механічні випробування відповідно вимог стандарту ДСТУ EN ISO 15614-1, рівень 2. Випробування проводили в лабораторії Об'єднання «Суднобудівний учбовий центр зварювальної техніки» (м. Миколаїв), яка акредитована Bureau Veritas та має сертифікат відповідності SMS.LAB.320/134467/02/A.0.

Результати досліджень наведено в таблиці 1. Аналіз отриманих результатів показав, що міцність зварних з'єднань, у всіх випадках, знаходилась на рівні базових показників основного металу (руйнування за основним металом). Таким чином, було підтверджено стабільність характеристик міцності зварних з'єднань та наплавленого металу у наведеній комбінації в діапазоні погонних енергій 1,5...5,0 кДж/мм [2, с. 45-50]. Випробування поперечних зразків на згин бокової поверхні шва, по два зразки вздовж та проти напрямку зварювання для кожного контрольного з'єднання, при співвідношенні діаметру оправки до товщини 4:1, показало, що всі зразки витримують згин на 180° без руйнування та утворення неприпустимих дефектів, що є задовільним результатом.

Таблиця 1. Механічні властивості зварних з'єднань

Категорія сталі (товщина, мм)	Категорія зварювальних матеріалів	Погонна енергія зварювання, $Q_{зв}$, кДж/мм	Міцність на розрив, R_m , Н/мм ²	Середні значення роботи удару, КВ, Дж				
				Температура випробувань, °С	Метал шва	Лінія сплавлення (Л.С.)	Л.С. +2 мм	Л.С. +5 мм
D36 (30)	ЗУ	1,5	514	-20	67	141	166	172
D36 (30)	ЗУ	2,5	513	-20	49	121	189	144
D36 (30)	ЗУ	4,2	516	-20	34	87	176	162
D36 (30)	ЗУ	5,0	515	-20	21	98	156	190

Протилежний вплив надає збільшення погонної енергії на ударну в'язкість наплавленого металу та ЗТВ, особливо її високотемпературної складової. В інтервалі погонних енергій до 2,5 кДж/мм середні показники роботи удару металу шва задовольняють категорійним вимогам, а при збільшенні погонної енергії до 5,0 кДж/мм демонструють показники ударної в'язкості значно нижче нормативних. Це пояснюється тим, що основним чинником, який впливає на показники ударної в'язкості металу шва, є його макромікроструктура, яка напряму залежить від погонної енергії (геометрії швів). У нашому випадку, при збільшенні погонної енергії до максимальних величин, висота зварювальних проходів збільшується в середньому в 2,6 рази, ширина – в 1,6 рази (див. рис. 1). Це призводить до утворення грубої структури кристалізації при зварюванні на максимальних погонних енергіях, що викликає значну анізотропію властивостей в межах одного зварювального проходу та негативно впливає на ударну в'язкість металу шва. У цьому випадку, незадовільні властивості металу шва негативно впливають на показники лінії сплавлення, але цей вплив не є критичним (див. табл. 1) [3, с. 9-15].

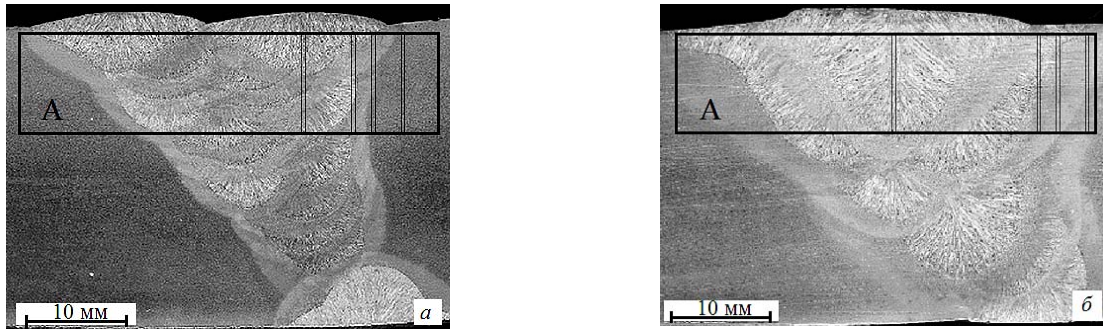


Рис. 1. Макроструктура зварних з'єднань:
 $a - Q_{36} = 1,5 \text{ кДж/мм}$; $б - Q_{36} = 5,0 \text{ кДж/мм}$

Підсумковим результатом роботи є наступні висновки:

1. Міцність на розрив та пластичність зварних з'єднань суднобудівної сталі D36 не залежать від погонної енергії зварювання в інтервалі значень $1,5 \dots 5,0 \text{ кДж/мм}$.
2. Робота удару металу шва, при збільшенні погонної енергії зварювання в інтервалі $1,5 \dots 5,0 \text{ кДж/мм}$, зменшується, що пов'язане з утворенням грубої структури кристалізації. При погонній енергії $5,0 \text{ кДж/мм}$ зварювальні матеріали категорії 3Y не забезпечують заявлені показники роботи удару.
3. Для забезпечення належної ударної в'язкості металу шва потрібно обмежувати погонну енергію при автоматичному зварюванні під флюсом до $3,0 \text{ кДж/мм}$.

Література

1. Костін О.М. Рекомендації щодо випробувань зварюваності при сертифікації виробництва суднобудівних сталей. / «Автоматичне зварювання», № 2, 2023, с. 40-45.
2. Kostin A.M., Martynenko V.A. Analytical and practical assessment of higher strength hot-rolled plate weldability. / Annals of "Dunarea de Jos" University of Galati, Fascicle XII, Welding Equipment and Technology, 2017, 28, pp. 45–50.
3. Kostin A.M., Martynenko V.O., Vakhonina L.V. Integrated assessment of weldability of steel with increased strength. / Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science, Vol. 26, No. 2, 2022, p.9-15.

IMPACT OF HEAT INPUT ON THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF STEEL (D36) WELDED JOINTS

Kostin O.M., candidate of technical sciences, associate professor, professor of the department of welding engineering of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mukolayiv, Ukraine, kostin.weld@gmail.com

Abstract. Article shows that during the increase of heat input to 5.0 kJ/mm the deposited metal of category 3Y does not meet the declared characteristics of impact toughness due to the critical growth of dendrites caused by the thermal effect. Other strength indicators of steel (D36) welded joints remain acceptable. In this regard, the heat input during the automated welding under flux should be limited to 3.0 kJ/mm .

Key words: welded joints, heat input, impact toughness.