

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СМТ СВАРКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Белекова Жылдыз Шаршеналыевна, старший преподаватель, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 720044, Кыргызстан, Бишкек, пр. Ч. Айтматова, 66, e-mail: jyldyza.88@mail.ru

Рагрин Николай Алексеевич, д.т.н., профессор, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 720044, Кыргызстан, Бишкек, пр. Ч. Айтматова, 66, e-mail: n_ragrin@mail.ru

Аннотация. Определены режимы и условия СМТ (“Cold Metal Transfer”) сварки позволяющие получить высокое качество сварного шва. В большей мере на качество сварного шва влияет скорость подачи проволоки. Получена зависимость, отражающая характер влияния скорости подачи проволоки на предел прочности сварного шва. Разработана математическая модель, позволяющая с большой точностью рассчитать предел прочности сварного шва в зависимости от скорости подачи проволоки.

Ключевые слова: алюминий, сплав, скорость подачи, проволока, предел прочности.

АЛЮМИНИЙ ЭРИТМЕЛЕРИНИН СПАТЫН СМТ ШИРЕТҮҮСҮ МЕНЕН ЖАКШЫРТУУ

Белекова Жылдыз Шаршеналыевна, И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин улук окутуучусу, 720044, Кыргызстан, Бишкек, Ч.Айтматов пр., 66, e-mail: jyldyza.88@mail.ru

Рагрин Николай Алексеевич, И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин техника илимдеринин доктору, профессор, 720044, Кыргызстан, Бишкек, Ч.Айтматов пр., 66.

Аннотация. СМТ (“Cold Metall Transfer”) ширетүүсүнүн жогорку сапатын алуу үчүн режимдери жана шарттары аныкталды. Көбүнчө ширетүүнүн сапатына зымдын берилүү ылдамдыгы таасир этет. Зымдын берилүү ылдамдыгынын ширетүүнүн бышыктык чегине тийгизген таасиринин мүнөзүн чагылдырган көз карандылык алынды. Зымдын ылдамдыгына жараша ширетүүнүн бышыктык чегин жогорку тактыкта эсептөөгө мүмкүндүк берген математикалык модель иштелип чыкты.

Негизги сөздөр: алюминий эритмеси, зымдын берилүү ылдамдыгы, бышыктык чеги.

IMPROVING THE QUALITY OF CMT WELDING OF ALUMINUM ALLOYS

Belekova Gyldyz Sharshenalyevna, Senior Lecturer, Kyrgyz Technical University. I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Ch. Aitmatov Ave., 66 e-mail: jyldyza.88@mail.ru

Ragrin Nikolai Alekseevich, doctor of technical sciences, prof. KSTU named after I. Razzakova,

Annotation. The modes and conditions of CMT (“Cold Metal Transfer”) welding have been determined, allowing obtaining a high quality of the welded seam. To a greater extent, the quality of the weld is affected by the wire feed speed. A dependence is obtained that reflects the nature of the influence of the wire feed speed on the ultimate strength of the weld. A mathematical model has been developed that makes it possible to calculate with high accuracy the ultimate strength of the weld depending on the wire feed speed.

Key words: aluminum, alloy, feed rate, wire, tensile strength.

Анализ проблемы Согласно анализу литературных данных до настоящего времени не освещены работы связанные с СМТ сваркой алюминиевых сплавов марок 5083 и 6082, широко применяемых для изготовления труб и в судостроении. Также не освещены комплексные работы, в которых было бы рассмотрено влияние микроструктуры на свойства сварочного шва, отсутствуют данные о влиянии СМТ сварки на механические свойства получаемых соединений. В этой связи детальное исследование состояния сварного соединения полученного СМТ сваркой, изменение микроструктуры, механических свойств и характеристик прочности является важной научной и практической задачей.

На основании вышеизложенного и в соответствии с целью работы разработаны задачи исследования:

1. Определить режимы и условия СМТ сварки позволяющие получить высокое качество сварного шва и основной параметр режима сварки в большей мере влияющий на качество сварного шва.
2. Экспериментально определить характер влияния основного параметра режима СМТ сварки на качество сварного шва.
3. Разработать математическую модель отражающую характер влияния основного параметра режима СМТ сварки на качество сварного шва.

Экспериментально определены режимы и условия СМТ сварки позволяющие получить более высокое качество сварного шва: свариваемый материал – алюминиевый сплав марки 5083; инертный газ - смесь инертных газов Ar/He; диаметр сварочной проволоки - 1,2 мм; материал сварочной проволоки алюминиевый сплав марки 5087 [1].

Из вышеперечисленных параметров режима сварки в большей мере влияющим на качество сварного шва является скорость подачи проволоки.

График зависимости предела прочности сварного шва от скорости подачи проволоки имеет явно выраженный максимум в диапазоне скоростей подачи проволоки от 4 м/мин до 4,5 м/мин (рис. 1). Характерно, что график зависимости количества пор от скорости подачи проволоки имеет явно выраженный минимум (рис. 2), при этом диапазон скоростей подачи проволоки максимума на графике зависимости предела прочности сварного шва от скорости подачи проволоки совпадает с диапазоном скоростей подачи проволоки минимума на графике зависимости количества пор от скорости подачи проволоки [2].

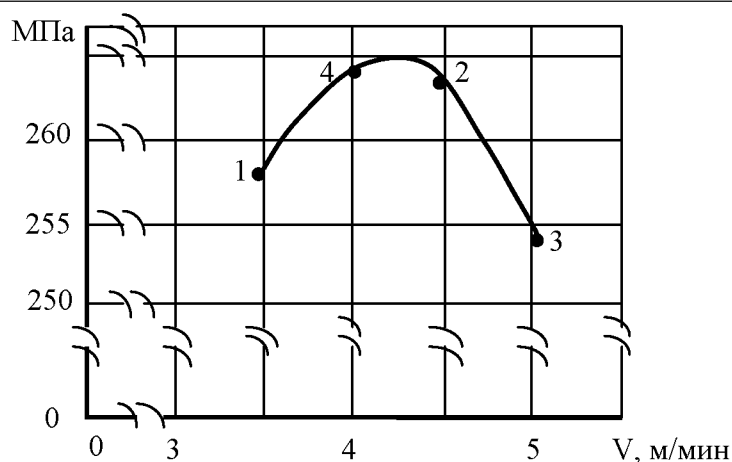


Рис. 1. Зависимость предела прочности от скорости подачи проволоки

Для аппроксимации кривой графика, представленного на рис. 1 в работе [3] приведены зависимости вида

$$\sigma_B = aV^b e^{-cV}, \quad (1)$$

$$\sigma_B = \sigma_{BM} \left(V^a e^{-V^b} \right)^n, \quad (2)$$

где σ_B – предел прочности на растяжение, МПа, V – скорость подачи проволоки, м/мин, a , b , c , n – показатели степени, a и σ_{BM} – константы.

Показатели степени зависимости (1) находятся посредством решения системы логарифмических уравнений с координатами точек на аппроксимируемой кривой σ_{Bi} и V_i . В результате решения этих уравнений получены формулы для расчета показателей степени в виде:

$$b = \frac{(V_2 - V_1)(\ln \sigma_{B3} - \ln \sigma_{B1}) + (V_1 - V_3)(\ln \sigma_{B2} - \ln \sigma_{B1})}{(V_1 - V_3)(\ln V_2 - \ln V_1) + (V_2 - V_1)(\ln V_3 - \ln V_1)}, \quad (3)$$

$$c = \frac{b(\ln V_2 - \ln V_1) - (\ln \sigma_{B2} - \ln \sigma_{B1})}{(V_2 - V_1)}. \quad (4)$$

Константа находится посредством решения логарифмического уравнения

$$\ln a = \ln \sigma_{B1} - b \ln V_1 + cV_1. \quad (5)$$

Решением уравнений (3) и (4) определены следующие показатели степени уравнения (1): $b = 2,1707$; $c = 0,5258$.

Решением уравнения (5) определена константа уравнения (1) $a = 107,0625$.

Подставив найденные показатели степени и константу в уравнение (1) получим зависимость (6)

$$\sigma_B = 107,0625 V^{2,1707} e^{-0,5258 V}. \quad (6)$$

В таблице 8 показаны фактические и рассчитанные по зависимости (6) значения предела прочности и погрешность расчетов.

Таблица 8.

V , м/мин	$\sigma_{\text{факт.}}$, МПа	$\sigma_{\text{врасч.}}$, МПа	Погр. %
3,5	258	257,88	0,046
4,0	264	264,92	0,348
4,5	263	263,0157	0,006
5,0	254	254,17	0,067
			Ср. 0,117

В табл. 8 видно достаточно высокую адекватность зависимости (6) экспериментальным данным. Средняя погрешность расчетов составила 0,117%.

Показатели степени уравнения (2) определяются следующим образом:

$$b = \frac{1}{\ln V_M}; \quad (7)$$

$$a = \frac{e}{\ln V_M}; \quad (8)$$

$$n_i = \frac{\ln\left(\frac{\sigma_{B_i}}{\sigma_{B_M}}\right)}{\ln\left(V_i^a e^{-V_i^b}\right)}. \quad (9)$$

где V_M и σ_{B_M} координаты точки максимума зависимости $\sigma_B = f(V)$ (рис.1).

$V_M = b/c$, где b и c показатели степени зависимости (6), тогда $V_M = 4,13$ м/мин. Для определения значения (6), подставив в нее значение $V_M = 4,13$ м/мин. Тогда значение 265,208 МПа.

По зависимостям (7) и (8) найдем показатели степени b и a уравнения (2) равные: $b = 0,705$; $a = 1,916$.

Для определения показателя степени n по зависимости (9) находятся значения показателя степени n_i для всех точек кривой рис. 1 кроме σ_{B_M} , V_M и близким к ним (точка 4), а затем найденные значения показателей степени n_i усредняются. $n_1 = 1,5032$, $n_2 = 1,4823$, $n_3 = 1,634777$, среднее значение $n = 1,54$

После определения показателя степени n значение константы σ_{B_M} уточняется. Для этого по зависимости (10) рассчитываются значения константы $\sigma_{B_{M_i}}$ для всех точек кривой рис. 1 кроме σ_{B_M} , V_M и близким к ним (точка 4), а затем найденные значения констант $\sigma_{B_{M_i}}$ усредняются.

$$\sigma_{B_{M_i}} = \frac{\sigma_{B_i}}{\left(V_i^a e^{-V_i^b}\right)^n}. \quad (10)$$

$\sigma_{B_{M1}} = 265,3858$ МПа, $\sigma_{B_{M2}} = 265,294275$ МПа, $\sigma_{B_{M3}} = 264,54487$, среднее значение $\sigma_{B_M} = 265,075$ МПа.

Подставив найденные показатели степени и константу в уравнение (2) получим зависимость (11)

$$\sigma_B = 265,075 \left(V^{1,916} e^{-V^{0,705}} \right)^{1,54}. \quad (11)$$

В табл. 9 представлены фактические и рассчитанные по зависимости (11) значения стойкости и погрешности расчетов.

Таблица 9.

V, м/мин	$\sigma_{\text{факт.}}$, МПа	$\sigma_{\text{врасч.}}$, МПа	Погр. %
3,5	258	257,7	0,116
4,0	264	264,57	0,216
4,5	263	262,78	0,084
5,0	254	254,51	0,2
			Ср. 0,154

В табл. 9, видно достаточно высокую адекватность зависимости (11) экспериментальным данным. Средняя погрешность расчетов составила 0,154%.

Сравнительный анализ двух полученных зависимостей показал, что более точной является зависимость (6), которую и следует для расчета предела прочности при варьировании скоростью подачи проволоки.

Выводы

1. Определены режимы и условия СМТ сварки позволяющие получить высокое качество сварного шва.
2. Определено, что в большей мере на качество сварного шва влияет скорость подачи проволоки.
3. Получена зависимость, отражающая характер влияния скорости подачи проволоки на предел прочности сварного шва.
4. Разработана математическая модель, позволяющая с большой точностью рассчитать предел прочности сварного шва в зависимости от скорости подачи проволоки.

Литература

1. Рагрин Н.А., Белекова Ж.Ш. Определение путей и методов повышения качества «холодной» сварки алюминиевых сплавов // Сварочное производство. – М.: Технология машиностроения, 2020, № 10. – С. 55-60.
2. Рагрин Н.А., Белекова Ж.Ш. Закономерности влияния пористости швов на качество сварных соединений алюминиевых сплавов // Сварочное производство. – М.: Технология машиностроения, 2021, № 2. – С. 24-31.
3. Рагрин Н. А. Математическая модель стойкостной зависимости при сверлении // Технология машиностроения. – М.: 2014. – № 1. – С.49-54.
4. Щекин В.А. Технологические основы сварки плавлением: учебное пособие / В.А.Щекин. -Изд.2-

- е, пере раб. -Ростов н/Д: Феникс,2009. -345с.
5. Тенденции развития управления процессами переноса металла в защитных газах (Обзор) / А. М. Жерносеков // Автоматическая сварка. — 2012. — № 1 (705). — С. 33-38
 6. Гуреева М.А., Металловедение сварки алюминиевых сплавов: учебное пособие для среднего профессионального образования –Москва. Издательство Юрайт,2019-243
 7. Овчинников В.В. Контроль качества сварных соединений: учебник для студ. учреждений сред. проф.образования.М.-издательский центр «Академия», 2016.208с.
 8. Троицкий В.А. Краткое пособие по контролю качества сварных соединений. Киев,И: Феникс - 2006,320 с.
 9. Владимиров А.В. «Новый технологический уровень оборудования для электродуговой сварки». «Сварка и родственные технологии для изготовления оборудования специального и ответственного назначения»
 10. Рагрин, Н. А. Разработка и обоснование закономерностей повышения показателей качества отверстий обработанных сверлением / Н. А. Рагрин, А. А. Айнабекова, У. М. Дыйканбаева // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2018. – № 2(46). – С. 77-89.
 11. Белекова, Ж. Ш. Рекомендуемые сварочные режимы для алюминиевого сплава (al-mg) 5083 при сварке смт / Ж. Ш. Белекова // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2018. – № 2(46). – С. 127-130.