

Исследование влияния состава материалов, скорости охлаждения, температуры испытаний на ударную вязкость сварных соединений из низколегированной стали

Голубцова Е.С., ¹Каледина Н.Б., Трибушевский Л.В.

Белорусский национальный технический университет,

¹ Белорусский государственный технологический университет

Целью данной работы является исследование вида материала, скорости охлаждения ($V_{охл}$) металла ЗТВ сварных соединений труб и температуры испытания ($T, ^\circ\text{C}$) на ударную вязкость ($KCV, \text{Дж/см}^2$) этих соединений. По химическому составу исследуемый металл представлял собой кремний-марганцевую сталь, легированную ниобием (0,038...0,054%) и ванадием (0,032...0,040 %). В образце В массовая доля ванадия составляла меньше 0,02 %). Количество марганца во всех образцах - 1,53-1,79%. Во всех образцах содержалось незначительное количество вредных примесей: серы – 0,001...0,002 %; фосфора – 0,008...0,012 %, а содержание азота не превышало 0,006 %.

Наиболее существенные отличия в составе исследуемого металла состояли в содержании углерода, которое менялось в пределах от 0,032 до 0,080%. Образцы А, Б содержали 0,032...0,045 % С, а образцы В, Г - 0,076...0,080 %С. Кроме того, сталь образца Г микролегирована небольшим количеством молибдена (0,11%). В низкоуглеродистой стали А и Б была несколько большая массовая доля ниобия – 0,050...0,054 %.

Были проведены трехфакторные эксперименты по плану $2 \times 3 \times 3$, где 2 – два уровня материала – x_1 (0,032 и 0,08 %С), 3 – три уровня скорости охлаждения x_2 (6,67; 12 и 30 $^\circ\text{C/с}$) и 3 – три уровня температуры испытаний x_3 (-30, -20 и -10 $^\circ\text{C}$). В результате получено следующее уравнение регрессии:

$$y = KCV = 37,2 + 6x_1 - 19,2x_2 + 25,8x_3 - 28,3x_2x_3 + 6,8x_2^2 + 21,8x_3^2.$$

Анализ уравнения показывает, что наибольшее влияние на ударную вязкость оказывает x_3 (температура испытания), влияние состава материала x_1 и скорости охлаждения x_2 – меньше. Максимальная величина ударной вязкости $y_{max} = 145 \text{ Дж/см}^2$ будет при $V_{охл} = 12 \text{ }^\circ\text{C/с}$, температуре испытаний -10 $^\circ\text{C}$ для материала А (0,032 %С); а минимальная величина ударной вязкости $y_{min} = 26 \text{ Дж/см}^2$ будет при скорости охлаждения 6,7 $^\circ\text{C/с}$, температуре испытаний -30 $^\circ\text{C}$ у материала В.