

УДК 621.791.052:539.4

Механические свойства сварных соединений высокопрочной стали 42Х2ГСНМА, полученных аргоно-дуговой сваркой неаустенитными материалами с последующим отпуском

Каледина Н.Б.¹, Голубцова Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Белорусский государственный технологический университет¹

Аннотация:

Представлено, что при аргоно-дуговой многослойной сварке закаливающих сталей неаустенитными материалами без последующей термической обработки сварные соединения по механическим свойствам могут соответствовать соединениям, прошедшим термическую обработку, т.е. тепловой энергии дуги достаточно для сварки и сопутствующей термической обработки.

Текст доклада:

Разрушение сварных соединений высококачественных среднелегированных сталей высокой прочности даже под действием сравнительно небольших внешних нагрузок связано с ростом зерна в металле шва и ЗТВ, а также образованием малопластинчатого мартенсита с высокой плотностью несовершенств и упругих микроискажений, которые являются источниками локальных пиковых напряжений [1-3].

Традиционно эти трудности преодолеваются путем использования термической обработки для сварных конструкции в целом либо для ее отдельных деталей после сварки. При невозможности применения термообработки используются аустенитные электродные материалы. Однако получение надёжных и долговечных сварных конструкций из закаливающих сталей ограничено из-за высокой стоимости аустенитных электродных материалов.

В настоящей работе исследовали результаты комплекса свойств сварных соединений высокопрочной стали 42Х2ГСНМА полученных аргоно-дуговой сваркой вольфрамовым электродом без последующей термической обработки. Согласно [4, 5] такой способ позволяет получать высококачественные сварные соединения с мелкокристаллической структурой и ограниченным развитием участков химической и структурной неоднородности, которые после закалки и низкого отпуска равнопрочны с основным металлом.

Без термической обработки сварные соединения, закаливающиеся в процессе остывания на воздухе, особенно от температур, близких к темпе-

ратурам плавления, характеризуются повышенной склонностью к образованию холодных трещин и к хрупкому разрушению. Даже после «отдыха», способствующего релаксации микронапряжений, склонность к хрупкому разрушению остается достаточно высокой [6].

Высокий уровень микроискажений в пересыщенном твердом растворе углерода в α -железе является одной из основных причин хрупкости свежезакаленного высокопрочного металла.

Получение удовлетворительных показателей пластичности и вязкости при высоком значении прочности закалённого металла достигается отпуском, при проведении которого углерод частично переходит в мелкодисперсные карбиды, а процесс их коагуляции протекает весьма медленно благодаря пониженной диффузионной подвижности легирующих элементов в области температур его проведения. Это приводит к упорядочению твердого раствора и снижению уровня упругих искажений в металле.

Согласно представлениям авторов [1] о трехстадийности распада мартенсита в области температур 200 °С происходит упорядочение твердого раствора с образованием мелкодисперсной карбидной фазы. При этом происходит понижение локальных микронапряжений в структуре материала. Свежезакаленный мартенсит переходит в состояние отпущенного мартенсита с высоким уровнем рабочих напряжений.

Более полно процесс отпуска происходит около 500 °С для легированных сталей. При этих температурах активизируется диффузия легирующих элементов, что приводит к интенсивному образованию и частичной коагуляции карбидов. Как результат — уменьшение упругой энергии α -решетки и ускорение релаксации напряжений. В целом снижаются значения твердости и повышаются показатели пластичности металла.

На третьей стадии отпуска происходит полный распад мартенсита, что с точки зрения достижения достаточных значений твёрдости, прочности и необходимой работоспособности сварных соединений является неприемлемым.

При формировании сварных соединений с использованием сложного термического цикла сварки диффузионные процессы протекают в нестационарных условиях. Температурно-временные факторы, определяющие их кинетику, могут изменяться с большими скоростями и давать различные комбинации в зависимости от режимов сварки.

При получении многослойных сварных соединений можно получить различные варианты решения повышения надежности сварных конструкций с использованием более высоких температур и ограничением длительности их воздействия.

В настоящей работе исследовали положительное влияние температуры отпуска дугой, заключающееся в кратковременном нагреве до высоких температур с замедленным охлаждением в интервале пониженных температур на механические свойства стали 42X2ГСНМА: y_1 — твердость, HV ; $y_2 = \sigma_T$, МПа — предел текучести; $y_3 = \sigma_B$, МПа — временное сопротивление разрушению; $y_4 = \delta, \%$ — относительное удлинение; $y_5 = \varphi, \%$ — относительное сужение; $y_6 = KCU$, Дж/см² — ударная вязкость; x — температура отпуска при закалке 900 °С (0, 200, 400, 600 °С).

Данные механических свойств позволяют предположить, что связь между исследуемыми механическими свойствами и температурой отпуска можно выразить линейным уравнением регрессии $y_i = a + bx$. Используя специальную методику для расчета коэффициентов a и b , проверяя адекватность и определяя коэффициенты парной корреляции, были найдены уравнения регрессии для всех исследуемых свойств:

$$y_2 = \sigma_T, \text{ МПа} = 1812 - 1,44x;$$

$$y_3 = \sigma_B, \text{ МПа} = 2132,1 - 1,772x$$

т.е. с увеличением температуры отпуска σ_T и σ_B уменьшаются; а KCU, δ и φ согласно уравнениям:

$$y_4 = \delta, \% = 3,94 + 0,0152x$$

$$y_5 = \varphi, \% = 17,48 + 0,06315x;$$

$$y_6 = KCU, \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2} = 10,7 + 0,196x \text{ — незначительно увеличиваются.}$$

Вычислив обобщенный параметр D , найдено, что оптимальной температурой отпуска является 200 °С, т.к. обобщенный параметр D в этом случае равен 0,663 (хороший результат). При этой температуре отпуска получены следующие свойства: $HV=500$; $\sigma_T = 1670$ МПа; $\sigma_B=1983$ МПа; $\delta = 7,1 \%$; $\varphi = 35,7\%$ и $KCU = 53$ Дж/см².

Литература

1. Курдюмов Г.В., Утевский Л.М., Энтин Р.И. Превращения в железе и стали. – М.: Наука, 1977. – 238 с.
4. Макаров Э.Л. Проблемы свариваемости высокопрочных легированных сталей // Прогрессивная технология конструкционных материалов: Тр. МВТУ им. Н.Баумана. – 1980. - № 341. – С. 153-161.
5. Напряжения второго рода в иммитированных образцах из высокопрочной стали / Ю. А.Стеренбоген, В.Г. Васильев, М.М.Савицкий и др.// Симпозиум СЭВ по применению математических методов при изучении свариваемости: Сб. докл. Ч.2 –София: ВМЭИ им. В.И.Ленина, 1983. – С. 72-74.

4. Макара А.М., Мосендз Н.А. Сварка высокопрочных сталей. – Киев: Техніка, 1971. – 140 с.
5. Савицкий М.М. Свариваемость высокопрочных сталей вольфрамовым электродом в аргоне // Информ. материалы СЭВ. – 1988. – Вып. 1. – С. 3-10.
6. О двух путях релаксации остаточных микронапряжений в артерсите стали / Л.Е. Алексева, В.И. Сапрак, С.О. Суворова, Г.А. Филиппов // Металлофизика. - * 1975. – Вып. 61. – С.79-84.