

ВЛИЯНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ЗОНЫ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ПРИ СВАРКЕ НА ЕЕ ТВЕРДОСТЬ

Гордеева Э.С.

Севастопольский государственный университет, г.Севастополь

Ключевые слова: свариваемость материалов, сварное соединение, зона термического влияния, фазовый состав, твердость.

Аннотация. Показано, что в сварном соединении наблюдается зона термического влияния, которая оказывает воздействие на поведение материала во время сварки и на свойства всей сварной конструкции. Максимальная твердость в зоне термического влияния – важный параметр, определяющий структурное состояние металла в области перегрева, и его можно использовать как косвенный показатель для определения склонности к образованию холодных трещин при сварке. Показаны математические модели, которые позволяют описать поведение металла и механические свойства сварочного шва в зоне термического влияния, учитывая химический состав и структурные составляющие стали.

INFLUENCE OF PHASE COMPOSITION OF THE ZONE OF THERMAL INFLUENCE AT WELDING ON ITS HARDNESS

Gordeeva E.S.

Sevastopol state university, Sevastopol

Keywords: weldability of materials, welded joint, zone of thermal influence, phase composition, hardness.

Abstract: It is shown that in the welded joint there is a zone of thermal influence, which affects the behavior of the material during welding and on the properties of the entire welded structure. The maximum hardness in the zone of thermal influence is an important parameter that determines the structural state of the metal in the region of overheating, and it can be used as an indirect indicator for determining the tendency to form cold cracks during welding. Mathematical models are given that allow us to describe the behavior of the metal and the mechanical properties of the weld in the heat-affected zone, taking into account the chemical composition and structural components of the steel.

В зависимости от того, удовлетворяет сварное соединение предъявляемым требованиям к сварной конструкции или нет, свариваемость может быть достаточной или недостаточной.

Свариваемость материалов определяется широким спектром неравновесных физико-химических и термомеханических процессов, которые определяются специфическими тепловыми или диффузионными условиями сварочного технологического процесса. Эти условия оказывают существенное влияние как на поведение материала во время сварки, так и на свойства полученного сварного соединения или конструкции. При сварке сталей чаще всего для оценки качества сварных соединений изучают процессы, происходящие в зоне перегрева – зоне термического влияния (ЗТВ). Основным показателем является стойкость этой зоны к хрупкому разрушению, т.е. развитию дефектов сварного шва (трещин) с большой скоростью. Эти процессы изучаются с использованием диаграмм изотермического распада аустенита, которые строятся

экспериментально (классический подход) и с помощью получившего в последнее время широкое распространение метода математического моделирования. Эти диаграммы описывают кинетику гамма-альфа превращений и получающиеся, соответственно, неравновесные структуры для определенных марок сталей.

Изменение химического состава стали, а также размера зерна аустенита оказывает существенное влияние на величины, характерные для данной диаграммы, а также на получающиеся структуры и на их свойства.

Какие-то элементы могут оказывать положительное влияние на свариваемость, некоторые не влиять, а иные отрицательно влиять на этот параметр. Углерод – наиболее распространенный компонент, определяющий группу свариваемости и влияющий на твердость. Низкоуглеродистые стали (до 0,25%) свариваются без ограничений. При содержании хрома в стали более 1% образуются тугоплавкие окислы Cr_2O_3 , что резко повышает твердость и способствует образованию закалочных структур. Марганец в количестве более 2% повышает механические свойства и приводит к образованию холодных трещин. Кремний также затрудняет процесс сварки т.к. образует тугоплавкие соединения. Никель способствует измельчению зерна металла, улучшает пластичность, прочность и улучшает свариваемость, особенно, если в составе стали присутствует хром. Молибден, хотя и измельчает зерно, повышает прочность и ударную вязкость, но отрицательно влияет на свариваемость т.к. способствует образованию трещин в металле сварного шва и в зоне термического влияния.

Максимальная твердость в зоне термического влияния – важный параметр, определяющий структурное состояние металла в области перегрева, и его можно использовать как косвенный показатель для определения склонности к образованию холодных трещин при сварке.

В настоящее время существует множество математических моделей, описывающих поведение металла и механические свойства сварочного шва в области ЗТВ [1, 3-6]. Однако, приведенные модели работают, в основном, для единичных (конкретных) марок сталей. Из множества опубликованных моделей заслуживает интерес модель IAN WOZNIAK [2], которая позволяет учитывать, как химический состав сталей, так и их структурное состояние. Твердость по этой модели можно вычислить из следующих уравнений:

$$HV = \frac{V_{FP} \cdot HV_{FP} + V_B \cdot HV_B + V_M \cdot HV_M}{100},$$

$$HV_{FP} = 42 + 233C + 30Mn + 53Si + 7Cr + 19Mo + 12,6Ni + \\ + (10 - 19Si + 8Cr + 4Ni) \log V_c,$$

$$HV_B = -323 + 185C + 153Mn + 330Si + 144Cr + 191Mo + 65Ni + \\ + (89 + 53C - 22Mn - 55Si - 20Cr - 10Ni - 33Mo) \log V_c,$$

$$HV_M = 127 + 99C + 11Mn + 27Si + 16Cr + 8Ni + 21 \cdot \log V_c,$$

где HV – общая твердость ЗТВ; HV_{FP} , HV_B , HV_M – твердость структурных составляющих ферритно-перлитной, бейнитной и мартенситной областей; V_{FP} , V_B , V_M – объем структурных составляющих феррито-перлита, бейнита и мартенсита, %; V_c – скорость охлаждения, °C/ч.

Табл. 1. Сравнительные данные по твердости (НВ) различных марок сталей

Марка стали	ВСт3	20ХН3А	40Х	30ХН	40ХНМ
Твердость, НВ	170/180	240/250	240/250	241/240	270/280

Примечание: числитель – эксперимент, знаменатель – теоретический расчет по модели.

Из всего изложенного выше следует, что механические свойства металла ЗТВ низколегированных сталей существенно зависят от его фазового состава. Легирующие элементы оказывают влияния на механические свойства, главным образом изменяя фазовый состав металла. Можно принять, что механические свойства околошовной зоны зависят от содержания и свойств фазовых компонентов.

Список литературы

1. Свариваемость материалов. Справ. изд. / Под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Металлургия, 1991. – 528с.
2. Черный О.М. Электродуговая сварка: практика и теория. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. – 319 с.
3. Моисеенко В.П. Материалы и их поведение при сварке: учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. – 300с.
4. Горынин И.В., Рыбин В.В., Малышевский В.А., Хлусова Е.И. Принципы легирования, фазовые превращения, структура и свойства хладостойких свариваемых судостроительных сталей // Металловедение и термическая обработка металлов. 2007. № 1. С. 9-15.
5. Емелюшин А.Н., Сычков А.Б., Шекшеев М.А. Исследование структуры и механических свойств сварных соединений стали класса прочности К56 при различных параметрах режима сварки // Сварочное производство. 2013. № 1. С. 3-7.
6. Шрон Л.Б. К оценке влияния химсостава на свойства сплава Д16 методом Брандона / Л.Б. Шрон, В.Б. Богущкий, Э.С. Гордеева, Т.А. Литвинова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2018. № 8. С. 121-127.

Сведения об авторе:

Гордеева Элеонора Сергеевна – старший преподаватель, СевГУ, г. Севастополь.