

УДК 621.791

**ВЛИЯНИЕ СХЕМЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СВАРНОГО ШВА,
НАХОДЯЩЕГОСЯ В ДВУХФАЗНОМ ТВЕРДО-ЖИДКОМ СОСТОЯНИИ, И
ТИПА ПЕРВИЧНОЙ СТРУКТУРЫ НА ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ**

Артем Евгеньевич Зимаков

Студент 5 курса,

кафедра «Технологии сварки и диагностики»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: С.А. Королев,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии сварки и диагностики»

Горячие трещины (ГТ) в сварных швах являются типовыми и недопустимыми дефектами при сварке алюминиевых сплавов и сталей аустенитного класса [1]. Данные материалы обычно используются для изготовления ответственных и дорогостоящих конструкций. Поэтому, вопросы, связанные с предотвращением образования ГТ на этапе принятия конструктивно-технологических решений являются очень актуальными.

Одним из факторов, который влияет на появление ГТ в процессе сварки является пластичность зоны сварного соединения, находящейся в неоднородном двухфазном твердо-жидком состоянии. Значительное влияние на величину этой высокотемпературной пластичности оказывает характер распределения деформаций по ширине сварного шва [2]. До недавнего времени для моделирования деформации такого тела не существовало математического аппарата и компьютерных средств. Сейчас с развитием вычислительной техники и программного обеспечения это становится возможным.

В настоящей работе исследовалось влияние схемы кристаллизации и типа первичной структуры сварного шва на характер распределения высокотемпературных деформаций в указанной зоне, являющейся характерным местом образования ГТ.

В качестве параметра, характеризующего схему кристаллизации сварного шва, была выбрана безразмерная величина, определяемая отношением длины хвостовой части сварочной ванны к ее ширине. Рассматривались следующие соотношения длины хвостовой части сварочной ванны к ширине сварного шва: 1, 3 и 5. Данные соотношения характерны для большинства широко распространённых способов сварки.

Для анализа влияния типа первичной структуры рассматривались модели сварных швов с полностью столбчатыми кристаллитами и равноосными кристаллитами, расположенными на оси шва. Кроме этого, для сварных швов с полностью столбчатыми кристаллитами рассматривалось влияние их диаметра. Для сварных швов с равноосными кристаллитами на оси шва рассматривалось влияние как их диаметра, так и ширины зоны с данной структурой на оси шва.

Моделирование выполнялось методом конечных элементов при помощи программы ANSYS. Воспроизводимые высокотемпературные деформации соответствовали условиям стандартных машинных испытаний на сопротивляемость образованию ГТ и сварке технологических проб переменной жесткости.

Моделирование показало, что для указанных условий (равномерная одноосная деформация в направлении, перпендикулярном оси шва) деформация всех исследуемых сварных швов с разными схемами кристаллизации и типом первичной структуры

распределялась только по жидким прослойкам. Деформирования кристаллитов в указанной зоне не наблюдалось. Для сварных швов со столбчатыми кристаллитами основная часть деформации всегда сосредотачивалась на оси шва, а для сварных швов с ячеистыми кристаллитами в зоне с данной структурой. Это согласуется с имеющейся практикой, когда во время указанных испытаний в основном образуются продольные трещины по центру шва.

Также было установлено, что для сварных швов со столбчатыми кристаллитами с разной схемой кристаллизации, испытывающих одинаковое поперечное перемещение их кромок, имеет место разный уровень деформаций в центре шва. Для сварных швов со схемой кристаллизации, соответствующей сварочной ванне с более длинной хвостовой частью, деформация в центре шва выше (по сравнению с деформацией в центре шва с более короткой хвостовой частью сварочной ванны). Это согласуется с имеющейся практикой, согласно которой сварные швы, с более вытянутой хвостовой частью сварочной ванны, обладают меньшей сопротивляемостью образованию ГТ.

Кроме того, установлено, что максимальный уровень локальных деформаций сварных швов с ячеистыми кристаллитами на оси шва значительно меньше по сравнению со швами со столбчатыми кристаллитами для аналогичных схем кристаллизации. Величина этого уровня снижается с уменьшением диаметров кристаллитов и увеличением ширины зоны с данной структурой.

Полученные закономерности могут быть использованы при подборе режимов сварки, а также при разработке сварочных материалов и других технологических способов, влияющих на схему кристаллизации и структуру сварных швов.

Литература

1. *Э.Л. Макаров, Б.Ф. Якушин* Теория свариваемости сталей и сплавов. // Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 488 с.

J.L. Makarov, B.F. Iakushin Teoria svarivaemosti stalei i splavov. [Theory of weldability of steels and alloys]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2018. 488 p.

2. *В.М. Неровный, А.В. Коновалов, Б.Ф. Якушин, Э.Л. Макаров, А.С. Куркин* Теория сварочных процессов. // Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 703 с.

V.M. Nerovnii, A.V. Konovalov, B.F. Iakushin, J.L. Makarov, A.S. Kurkin Teoria svarochnih processov. [Welding theory]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2016. 703 p.