

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

## **INTERNATIONAL WORKSHOP**

**«Multiscale Biomechanics and Tribology  
of Inorganic and Organic Systems»**

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«Перспективные материалы с иерархической структурой  
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,  
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ  
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

**«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»**

DOI: 10.17223/9785946218412/337

**МИКРОСТРУКТУРА ОБРАЗЦОВ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ МАРКИ 12X18H9T,  
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ АДДИТИВНОЙ  
МЕТАЛЛУРГИИ**

Осипович К.С., Калашников К.Н.

*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

Процесс аддитивного производства изделий с использованием проволоки относится к методу электронно-лучевой 3D-печати. Для изучения воздействия электронно-лучевой 3D-печати на структуру образца в качестве исследуемого материала использовалась нержавеющая сталь марки 12X18H9T. Коррозионно-стойкая жаропрочная сталь марки 12X18H9T находит широкое применение в изделиях, которые применяются при высоких температурах. Такое направление практического применения обусловлено благодаря ряду важных эксплуатационных свойств: высокая прочность при достаточно высокой пластичности, жаропрочность до температуры 600 °С, коррозионная стойкость.

Для формирования высококачественного изделия методом аддитивного производства необходимо определить допустимые значения параметров электронно-лучевой 3D-печати. Следует отметить, что во время изготовления изделия с материалом происходят рекристаллизационные процессы, соответствующие температурным обработкам. В данной работе исследовано формирование структуры образцов из нержавеющей стали марки 12X18H9T, изготовленных методом электронно-лучевой аддитивной металлургии.

Анализ макроструктуры образца показал, что дефекты по типу трещин не наблюдаются, указывая на полное осаждение слоев. Однако присутствуют микропоры, средний размер которых составляет 60 мкм. При этом усадочные поры, которые формируются при нанесении первых слоев материала и при непосредственном контакте с подложкой, отсутствуют. Общая форма подложки была сохранена, но граница слоев печатаемого изделия и подложки имеет нелинейную форму. При нанесении первых слоев происходит проплавление материала проволоки в подложку на глубину 0.79 мм. Тем самым происходит локальное взаимодействие между подложкой и наплавляемым материалом.

С увеличением количества слоев образца микроструктура изменяется от мелких зерен правильной формы к столбчатым дендритам, рост которых происходит под углом  $\sim 30^\circ$  по отношению к вертикальной оси. В верхнем участке поперечного сечения образца наблюдается сложная гетерогенная дендритная структура, содержащая как относительно крупные столбчатые зерна и субзерна, так и более мелкие зерна почти правильной формы. Размеры столбчатых зерен составляют от 5 до 10 мкм в ширину и от 20 до 250 мкм в длину. Зерна с более равноосной формой имеют размеры порядка  $3 \div 10$  мкм.

Рентгеноструктурный анализ образца из нержавеющей стали марки 12X18H9T также показал различия между верхним и нижним участками. Анализ дифрактограмм показал, что образец, полученный методом электронно-лучевой 3D-печати, находится в двухфазном состоянии –  $\alpha$ - и  $\gamma$ -фазы. Причем содержание этих фаз на верхнем и нижнем участке отличаются. В верхнем участке образца содержание  $\alpha$ -фазы составляет 23.5 %, остальные 76.5 % –  $\gamma$ -фаза. В нижнем участке образца содержание  $\alpha$ -фазы составляет 27.7 %, остальные 72.3 % –  $\gamma$ -фаза. Таким образом, содержание  $\alpha$ -фазы в нижней части образца больше, чем в верхней. Это объясняется условиями теплоотвода в вакууме. Тепло от формируемых слоев и области воздействия электронного луча проходит по направлению от верхних слоев изделия к нижним слоям. Следовательно, нижележащие слои подвержены более длительному нагреву, что способствует большей рекристаллизации структуры материала. Кроме того, в нижних слоях образца размер областей когерентного рассеяния больше, чем в верхних, что подтверждает рост размерности структуры и указывает на рекристаллизационный рост зеренной структуры материала.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, направление III.23.