

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«Физическая мезомеханика.  
Материалы с многоуровневой иерархически  
организованной структурой и интеллектуальные  
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения  
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН  
**академика Виктора Евгеньевича Панина**

в рамках  
**Международного междисциплинарного симпозиума  
«Иерархические материалы: разработка и приложения  
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года  
Томск, Россия**

Томск  
Издательство ТГУ  
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/358

**НЕОДНОРОДНОСТИ ДЕФОРМАЦИИ АДДИТИВНО ПОЛУЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРИМЕРЕ АУСТЕНИТНОЙ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ**

<sup>1</sup>Панфилов А.О., <sup>1</sup>Княжев Е.О., <sup>2</sup>Калашникова Т.А., <sup>2</sup>Чумаевский А.В., <sup>2</sup>Калашников К.Н.,  
<sup>2</sup>Никонов С.Ю.

<sup>1</sup>НИИ Томский политехнический университет, Томск

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

В настоящее время широко применяются для получения деталей сложной формы технологии аддитивного производства деталей из металлов и сплавов. К таким технологиям относятся методики, основанные на расплавлении подаваемого в зону печати материала лазерным лучом, электронным пучком или электрической дугой. По способу подачи материала технологии могут быть условно разделены на технологии непосредственной подачи материала в зону печати и технологии селективного сплавления материала, укладываемого послойно. Одними из наиболее производительных технологий являются проволочные электронно-лучевая, лазерная и электродуговая методики печати, использующие в качестве сырья для печати металлические проволоки различной толщины. Для печати материалов из различных металлов и сплавов с наиболее однородными структурой и свойствами, наиболее подходящими являются технологии электронно-лучевой 3D-печати в вакууме. С применением данных технологий возможно получение материалов с высокими механическими свойствами без наличия в структуре дефектов, характерных для ряда методик аддитивного производства.

В работе проводились исследования механических свойств образцов из стали 12Х18Н9Т, полученных методом аддитивного электронно-лучевого проволочного нанесения. Образцы изготавливали с размерами рабочей части 80x20x3 мм. Испытания проводили с изменением максимального напряжения в цикле от 0,75 до 0,975 от предела прочности образцов. Минимальное напряжение в цикле составляло 0,3 от предела прочности. Частота циклирования составляла 20 Гц. База испытаний составляла 10 млн. циклов. После проведения испытаний производились исследования деформационного рельефа поверхности, а также фрактографические исследования поверхностей разрушения с применением оптической, конфокальной и растровой электронной микроскопии.

Разрушение образцов в процессе испытаний при различных значениях максимального напряжения в цикле происходило с образованием усталостной трещины и последующем развитии пластической деформации доломе образцов (рис. 1). Структура изломов формировалась различной в зависимости от максимального напряжения в цикле, с большей долей пластической деформации для образцов, испытанных при больших нагружающих усилиях. Деформационный рельеф также более выражен для образцов, испытанных при более высоких значениях напряжения в цикле.



Рис. 1. Внешний вид образца из стали 12Х18Н9Т, полученного аддитивным методом, после испытания на малоцикловую усталость:  $3 \cdot 10^5$  циклов при максимальном напряжении в цикле 525 МПа (0,95  $\sigma_B$ )

## Секция 10. Аддитивные технологии формирования материалов, изделий и элементов конструкций с иерархически организованной структурой

Предел прочности в зависимости от образца изменялся в пределах от 535 до 570 МПа (для сравнения прочность листового проката стали 12Х18Н9Т в термообработанном состоянии (закалка 1030-1080°С в воде или на воздухе) составляет порядка 530 МПа). Перед испытаниями на усталость из каждого полученного экспериментального образца в виде «стенки» вырезались образцы для определения предела прочности на растяжение для каждого конкретного экспериментального образца. Значения количества циклов до разрушения при испытаниях с максимальным напряжением в цикле 0,75 от предела прочности составляли до 10 млн. циклов. При больших значениях напряжений в цикле количество циклов до разрушения снижается, и при максимальном напряжении в цикле 0,9 не превышают 400 тыс. циклов. Одним из положительных прочностных качеств материала стали 12Х18Н9Т, полученного методом электронно-лучевой проволоочной 3D-печати является достаточно высокое количество циклов (до 150 тыс.) до разрушения даже при максимальном напряжении в цикле, составляющим 0,975 от предела прочности.

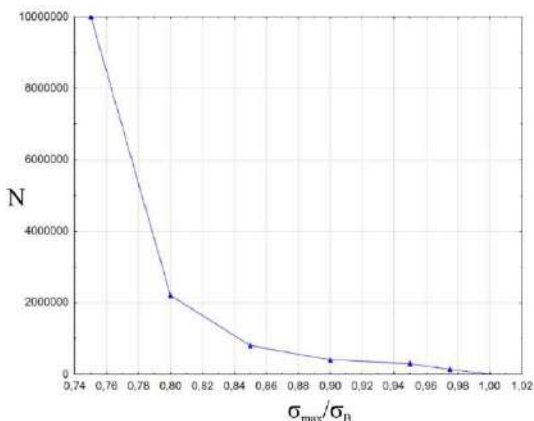


Рис. 2. Зависимость количества циклов до разрушения от максимального напряжения в цикле

Таким образом, проведенные исследования серии образцов в испытаниях на усталость в асимметричном цикле показывают, что сталь 12Х18Н9Т в условиях испытания демонстрирует высокие механические свойства.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект III.23.2.11 и проекта РФФИ № 18-48-703046.*