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: 10.17223/9785946218412/383

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФИЛАМЕНТОВ ДЛЯ
АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ
ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВОГО ОПЛАВЛЕНИЯ**

Янпольский В.В., Тюрин А.Г., Руктуев А.А.

Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск

Аддитивное производство представляет собой принципиально новый процесс изготовления деталей по трёхмерной модели путем послойного наращивания и добавления материала. Наряду с высокопроизводительным автоматизированным производством и роботизацией производственных систем эти технологии, являются наиболее динамично развивающимся направлением цифрового производства. Аддитивные технологии в отличие, например, от литья, благодаря точным параметрам исходной 3D-модели позволяют получать высокую точность поверхностей изделий, производя детали, которые затруднительно либо невозможно получить стандартными методами обработки материалов. Кроме того, новые технологии могут существенно сократить длительность производственного цикла, сроков и стоимости запуска изделий в производство благодаря отсутствию необходимости в специализированной инструментальной оснастке [1, 2].

Работа большинства из представленных на рынке 3D принтеров основана на лазерном послойном спекании порошковых металлических материалов. Несмотря на широкое распространение этих принтеров в мире, они обладают недостатками, один из них связан с остаточной пористостью [1-3]. Этому недостатка лишены электроннолучевые принтеры. Однако эта технология оплавления металлических материалов только начинает применяться при проектировании оборудования для аддитивного производства изделий. Одной из важных задач создания оборудования и технологии аддитивного производства изделий методом электроннолучевого оплавления металлического материала является разработка технологии получения филаментов определённого химического состава и требуемой точности.

В качестве способа получения цилиндрических филаментов для аддитивного производства изделий методом электроннолучевого оплавления был выбран процесс волочения заготовок через монолитную волоку. Процесс волочения экспериментальных заготовок осуществлялся на универсальной электромеханической системе типа Instron 3369. Для волочения использовали волокна-заготовки формы 8 из твердого сплава ВК3. Маршрут волочения состоял из следующих переходов: 3,8 мм - 3,4 мм - 3,2 мм - 2,8 мм - 2,5 мм - 2,3 мм - 2 мм - 1,8 мм - 1,5 мм – 1,3 мм. В качестве модельного материала для разработки технологии изготовления филаментов была выбрана проволока из аустенитной хромоникелевой стали 12X18Н9Т диаметром 4 мм. Для повышения пластичности проволоки перед волочением проводили термическую обработку, заключающуюся в нагреве до температуры 1050 °С, выдержке при этой температуре 15 мин. и последующее охлаждение в воде. Скорость волочения составляла 240 мм/мин. Усилие волочения составляло около 1500 Н, что обеспечивало получение филаментов без задигов и обрывов.

На основании предварительных экспериментов по изготовлению деталей методом электроннолучевого оплавления было установлено, что предельные отклонения диаметров филаментов не должны превышать значения -0,090 мм для филаментов номинальным диаметром 1,00 – 1,5 мм.

Для определения предельных размеров филамента на каждом переходе волочения заготовки из стали 12X18Н9Т была составлена схема графического расположения припусков и допусков, представленная на рисунке 1. В результате проведенного расчета было установлено, что предельные размеры заготовки для получения филаментов диаметром Ø 1,3-0,09 мм составляют Ø 4,27-0,17 мм.

Вместе с тем в результате измерения диаметров филаментов после каждого перехода волочения было установлено, что диаметр заготовки из стали 12X18Н9Т незначительно превышает значение диаметра фильеры (таблица 1).

Секция 7. Аддитивные технологии формирования материалов, изделий и конструкций с иерархической структурой

Рисунок 1. Схема графического расположения припусков и допусков на волочение филамента диаметром $\varnothing 1,3_{-0,09}$ мм.

Df_{min} и Df_{max} – минимальный и максимальный предельные размеры филамента $\varnothing 1,3_{-0,09}$ мм;
 $Z_{min1} \dots Z_{min10}$, $Z_{max1} \dots Z_{max10}$ – предельные значения припусков на переходах волочения с диаметрами фильер: 1,5 мм, 1,8 мм, 1,8 мм, 2 мм, 2,3 мм, 2,5 мм, 2,8 мм, 3,2 мм, 3,4 мм, 3,8 мм;
 Z_{minz} , Z_{maxz} – предельные значения припусков заготовки из стали 12X18H9T при получении филаментов диаметром $\varnothing 1,3_{-0,09}$ мм;

δDf , $\delta Df_1 \dots \delta Df_{10}$, δDf_z – допуски на диаметр филамента, промежуточных размеров на переходах волочения с диаметрами фильер: 1,5 мм, 1,8 мм, 1,8 мм, 2 мм, 2,3 мм, 2,5 мм, 2,8 мм, 3,2 мм, 3,4 мм, 3,8 мм и заготовки из стали 12X18H9T при получении филаментов диаметром $\varnothing 1,3_{-0,09}$ мм.

Таблица 1 – Результаты измерения размеров заготовки из стали 12X18H9T на каждом переходе волочения

Диаметр волоки, мм	3,8	3,4	3,2	2,8	2,5	2,3	2	1,8	1,5	1,3
Действительные размеры заготовки из стали 12X18H9T, мм	3,84	3,45	3,24	2,86	2,56	2,37	2,06	1,87	1,56	1,37

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что предельные размеры заготовки для получения филаментов диаметром $\varnothing 1,3_{-0,09}$ мм составляют $\varnothing 4,27_{-0,17}$ мм. Установленное отклонение размеров полученных филаментов, вероятно, связаны с тем, что в процессе волочения возникают упругие пластические деформации. В соответствии с этим при выполнении операции волочения заготовок из стали 12X18H9T при получении филаментов диаметром $\varnothing 1,3_{-0,09}$ мм необходимо диаметр волоки вышлифовать с учетом величины возникающих упругих деформаций, т.е. на 0,05 мм меньше.

1. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. – 220 с.
2. Сапрыкин, А.А. Изготовление металлических изделий методами послойного синтеза /А.А. Сапрыкин, Н.А. Сапрыкина // XI Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии». – Томск: Изд-во Томского политехн. Ун-та, 2005. –Т.1. – С. 216-218.
3. Savchenko N.L., Vorontsov A.V., Utyaganova V.R., Eliseev A.A., Rubtsov V.E., Kolubaev E.A. Features of the structural-phase state of the alloy Ti-6Al-4V in the formation of products using wire-feed electron beam additive manufacturing. Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science, 2018, vol. 20, no. 4, pp. 60–71. doi: 10.17212/1994-6309- 2018-20.4-60-71.