



- 1 – Криоколба (конденсатор); 2 – кожух; 3 – нижний блок; 4 – обечайка верхняя;  
 5 – днище криоколбы, 6 – удержатель паров; 7 – днище; 8 – крышка; 9 – датчик;  
 10 – выходной патрубок; 11 – патрубок подачи криоагента; 12 – переходник;  
 13 – тэн; 14 – хомут; 15 – шайба; 16 – терморпара; 17 – фланец для слива конденсата;  
 18 – входной патрубок

Рисунок 2. – Предложенная схема вымораживающей ловушки

### Литература

1. Шабанов И.Е. и др. Конденсационное улавливание компонентов в процессах криогенного фракционирования фармацевтического сырья // Вопросы современной науки и практики. – 2012. – №6. – С. 377-383.
2. Осецкий А.И., Криогенные технологии в производстве фармацевтических, косметических, агротехнических препаратов и биологически активных пищевых добавок/ А.И. Осецкий // Проблемы криобиологии. – 2009. – Т. 19, №4. – С. 488–499.
3. Патент РФ 2000113676/06, 26.05.2000. Вымораживающая ловушка // Патент России № 2182988. 2002. Бюл. № 15. / Гореликов В.И
4. Патент РФ 2014108236/06, 05.03.2014. Вымораживающая ловушка // Патент России № 2547127. 2015. Бюл. № 10. / Жучков А.В. [и др.].

## 3D-ПЕЧАТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

А.А. Бакиновский

Физико-технический институт НАН Беларуси

e-mail: [backinoffskin@mail.ru](mailto:backinoffskin@mail.ru)

**Summary.** *In the paper authors compare additive manufacturing processes that use wire and processes that use metal powder. Also, there are new results of author's investigates in Electron Beam Free Form Fabrication process.*

**Цель.** Осветить существующие аддитивные технологии, использующие проволоку, а так же наш опыт в электронно-лучевом послойном выращивании изделий простой формы.

**Методы, оборудование и материалы.** Опытные образцы были получены аддитивным методом Electron Beam Free Form Fabrication (EBFFF) на модернизированной электронно-лучевой установке ЭЛА – 15. Материалом для изготовления образцов служила сварочная проволока марки СВ-08Г2С, химический состав которой приведен в таблице 1.

Таблица 1 – химический состав проволоки СВ-08Г2С

Сталь	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P	Cu
СВ-08Г2С	0,05-0,11	0,7-0,95	1,8-2,1	<0,2	<0,25	<0,15	0,025	0,03	-

**Результаты.** На сегодняшний день аддитивными являются множество технологий, использующие различные источники энергии, типы выращивания и разные формы исходного материала. Преобладающая роль металлического порошка на данный момент не всегда являются оптимальным решением, и аддитивные процессы, использующие проволоку, так же находят свое место и имеют ряд преимуществ. По сравнению с порошковыми технологиями, проволочные позволяют получать изделия большего размера (5700×1200×1200 мм) и с большей скоростью выращивания (до 18 кг/ч). Кроме того, при получении крупных заготовок низкое качество поверхности, являющееся очевидным недостатком проволочных процессов, перестает иметь такой критический характер как при выращивании мелких деталей. Однако, самым значимым фактором является низкая цена исходного материала. Основными аддитивными проволочными процессами являются электронно-лучевой EBFFF (Electron Beam Free Form Fabrication), WFPADMD (Wire feed plasma arc direct metal deposition) с плазмой в качестве источника энергии, лазерный процесс WBLD (Wire Based Laser Deposition) и SMD (Shaped Metal Deposition) на базе TIG-сварки. Из всех перечисленных процессов, на наш взгляд, наиболее перспективным является EBFFF, который в виду особенности электронного луча требует вакуума. Этот факт делает наиболее рациональным предпочтение активных металлов (например, титан) и их сплавов, сферы применения которого (авиация, медицина, космическая промышленность) наиболее удовлетворяют специфики аддитивных технологий [1-3].

Модернизировав установку ЭЛА – 15, мы получили возможность послойного выращивания металлических образцов из проволоки. На сварочной проволоке марки СВ-08Г2С были проведены эксперименты, результаты которых показали характер влияния изменений основных параметров процесса на геометрию выращиваемого слоя. Микродюротметрический анализ полученных образцов показал возможность изготовления заготовок с градиентом твердости в направлении, перпендикулярном подложке, путем подбора материалов проволоки и подложки [4]. Изготовлены экспериментальные образцы в форме колец диаметром 140 мм, с высотой и толщиной стенки 20 мм и 10 мм соответственно.

#### *Литература*

1. D. Clarka, M.R. Bacheb, M.T. Whittaker // Journal of Materials Processing Technology. 2008. Vol. 203. P. 439 – 448.
2. A.S. Haselhuhn, B. Wijnen // Journal of Materials Processing Technology. 2015. Vol. 226, P. 50–59
3. K M Taminger and R A Hafley, // NATO/RTOAVT-139 Specialist' Meeting on Cost Effective Manufacture via Net Shape Processing, Amsterdam, Netherlands, 2006.
4. Бакиновский А.А. // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: сб. научных трудов. Кн. 2. Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки. 2016. С. 15 – 20.