

2. J.-J. Pak, J.-T. Yoo, Y.- S. Jeong, S.-J. Tae, S.-M. Seo, D.-S.Kim, Y.-D. Lee, ISIJ Intern. 45 (2005) 16-24.

3. D. Podorska, J. Wypartowicz: Arch. Met. Materials, 54 (2009) 823 - 828.

4. D. Kalisz, Termodynamiczna charakterystyka powstawania fazy niemetalicznej w ciekłej stali. Wyd. Naukowe AKAPIT, Kraków 2013.

УДК 669.762:621.762:621:452

**С. В. Аджамский**<sup>1,2</sup>, **А. А. Кононенко**<sup>2,3</sup>, **Р. В. Подольский**<sup>2,3,4</sup>

1 – Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, г. Днепр

2 – LLC «Additive Laser Technology of Ukraine», г. Днепр, info@alt-print.com

3 – Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины, г. Днепр

4 – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепр

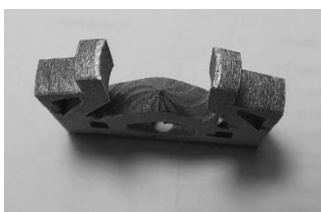
### **ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛИ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ ПО SLM-ТЕХНОЛОГИИ ИЗ ЖАРОПРОЧНОГО НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА INCONEL 718**

SLM-технология – один из видов аддитивного производства, при котором изделие создается методом послойного проплавления порошка металла с помощью лазерного луча, который движется по заданной траектории согласно трехмерной модели.

Цель эксперимента: Построение модели и элемента форсунки для ЧК «ДТЭК» с толщиной слоя 30 мкм для оценки качества внутренних поверхностей.

Полная модель и вырез форсунки (рисунок) подвергались визуально-оптическому контролю (визуальному анализу).

При визуальном анализе была проведена оценка вида поверхностей элемента «вырез» напечатанного по таким же режимам, что и форсунка.



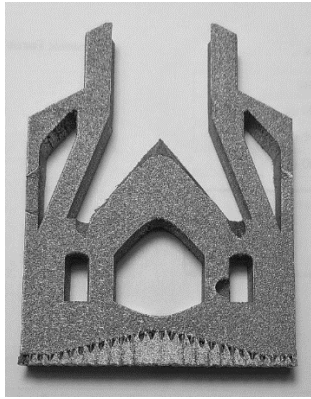


Рисунок – Общий вид полной модели и выреза форсунки

В литературе, для оценки энергетического вклада источника нагрева используется объемная плотность энергии, поскольку она позволяет учесть вклад основных технологических параметров выборочного лазерного плавления и их влияние на сплавляемый материал [1, 2]. Для расчета объемной плотности энергии использовано следующее уравнение:

$$E = P / (V \cdot d \cdot t) \quad (1)$$

где  $E$  – плотность энергии, Дж/мм<sup>3</sup>;  $P$  – мощность лазера, Вт;  $V$  – скорость сканирования лазером, мм/с;  $d$  – толщина слоя, мм;  $t$  – расстояние между проходами лазера, мм.

Исходя из полученных результатов, все области печати имеют равномерную структуру построения треков, не имеют «рыжего» цвета, который говорит о перегреве металла выше оптимального.

Границы элемента напечатанные при удельной энергии  $\approx 27$  Дж/мм<sup>3</sup> имеют тонкую не выступающую границу, не имеют видимых прерывистостей и прилипания порошка.

Up-skin равномерный, сформирован из четко видимых треков, не наблюдается явно выраженной границы, выступающей над основным слоем.

#### ВЫВОДЫ

1. Установлено, что модель и элемент «вырез» напечатанные при постоянных режимах мощность (100 Вт), скорости движения лазера (2400 мм/с) и параметров построения треков границ, не имеют видимых отклонений, не имеют прерывистости треков, выступов над основным телом и их переходами между слоями. Тем самым во время печати было минимизировано проявление действия сжимающих напряжений, которые могут приводить к короблению детали.

2. При печаті оснований на аналізі якості поверхності елемента форсунки рекомендовано производити печать основного тела с параметрами удельной энергии в диапазоне 38...40 Дж/мм<sup>3</sup>. Также для избегания задирання области границ требуется проводить печать с параметрами удельной энергии 27...32 Дж/мм<sup>3</sup>.

### Литература

1. *Dilip JJS, Zhang S, Teng C et al (2017) Influence of processing parameters on the evolution of melt pool, porosity, and microstructures in Ti-6Al-4V alloy parts fabricated by selective laser melting. Progress in Additive Manufacturing. 2:157–167. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40964-017-0030-2>CrossRefGoogle Scholar*
2. *Gu H, Gong H, Pal D, et al (2013) Influences of energy density on porosity and microstructure of selective laser melted 17-4PH stainless steel [Google Scholar](#).*

УДК 669.184

**Р. П. Андрюхин<sup>2</sup>, Л. С. Молчанов<sup>1</sup>, Є. В. Синегін<sup>2</sup>**

1 – Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України, м. Дніпро

2 – Національна металургійна академія України, м. Дніпро

### РЕСУРСОЗАОЩАДЖУЮЧІ ІННОВАЦІЇ ПРОЦЕСІВ РОЗКИСЛЕННЯ ТА ЛЕГУВАННЯ

Однією з найбільш ресурсовитратних ланок сучасного металургійного виробництва є процеси розкислення та легування [1]. Для його здійснення використовуються високоактивні елементи розкислюючі та легуючі. Ефективність їх засвоєння металеву ванною значною мірою визначає собівартість рідкої сталі та її якість (особливо за вмістом неметалевих включень) [2]. З метою поліпшення якості сталі та зменшення її собівартості запропоновано новий прогресивний спосіб розкислення та легування (рисунок).

Відповідно до наведеної схеми процеси розкислення та легування розділені у просторі та часі виходячи з того, що активність кисню у розплаві знижується зі зниженням температури. Так розкислення металеву розплав здійснюють матеріалом на основі алюмінію на етапі випуску металу з плавильного агрегату. Враховуючи, що при цьому ефективність процесу розкислення значно зростає, то кількість неметалевих включень, що утворюється при цьому, зменшується. Крім того проведення на