



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов
«Прометей» имени И.В. Горьнина

Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»



The study of the regularities of structure formation and properties of the L-PBF metal as a set of processes on the way to create a controlled structure

Изучение закономерностей формирования структуры и свойств металла L-PBF как совокупности процессов на пути создания управляемой структуры

Шакиров И.В., Кузнецов П.А., Старицын М.В., Жуков А.С., Бобырь В.В.

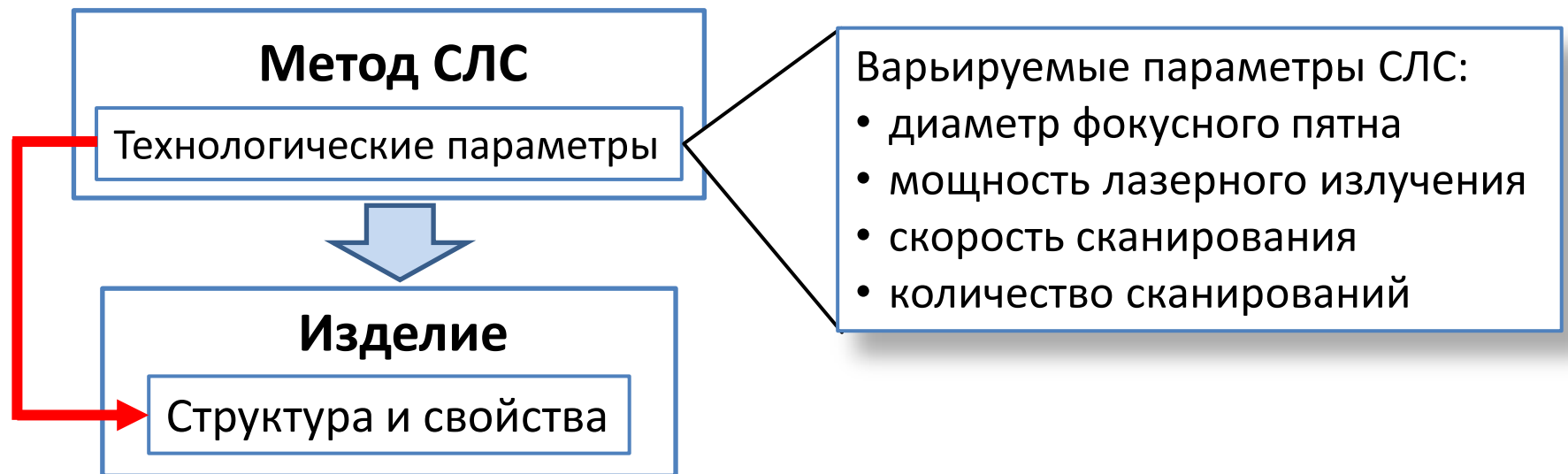


ICMSSTE 2020

Актуальность

Метод СЛС (англ. L-PBF), обладает рядом преимуществ перед классическими технологиями, так изменение параметров сканирования дают возможность управлять структурой, что может являться еще одной дополнительной «степенью свободы» при создании изделия. Таким образом, появляется возможность создания функционально-градиентных изделий, с заданным распределением свойств по объему. Например, можно создать изотропный или анизотропный материал, воспроизводить в отдельном объёме детали спрогнозированную структуру. Это, в свою очередь, создаёт предпосылки к созданию функциональных изделий с разнородной структурой и нетипичными свойствами.

Цель: исследование структуры и свойств образцов, изготовленных из порошка нержавеющей аустенитной стали при различных значениях диаметра фокусного пятна и мощности лазерного излучения, скорости сканирования и количества повторных сканирований.

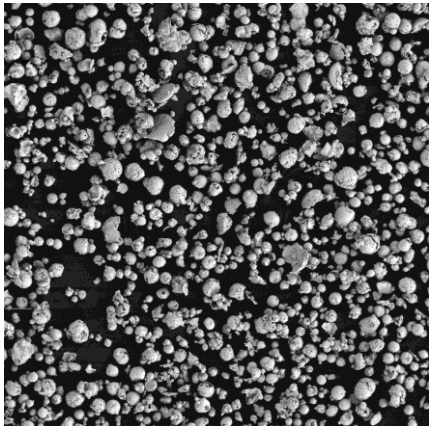
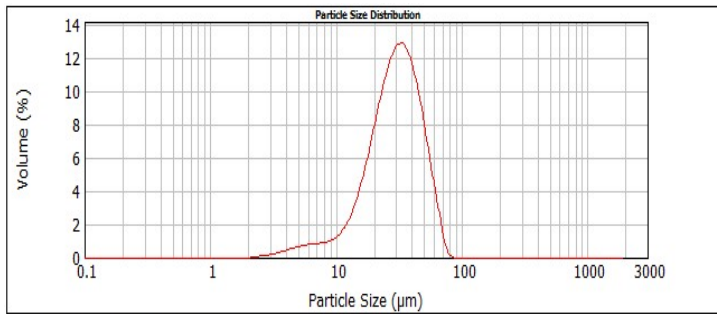


Методика проведения исследований

Химический состав порошкового материала:

| Марка стали | Массовая доля легирующих элементов, % | | | | | |
|-------------|---------------------------------------|------|----|------|------|----|
| | Cr | Ni | Mn | Si | Cu | Nb |
| 12X18H10T | 17-19 | 9-11 | <2 | <0,8 | <0,3 | - |

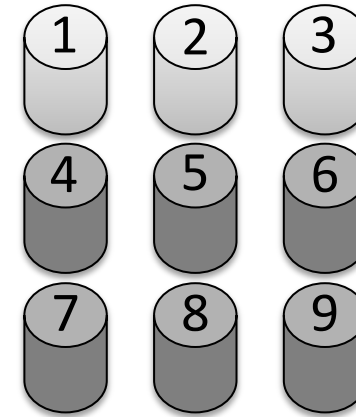
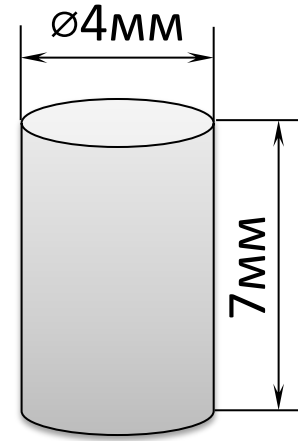
Гранулометрический состав порошкового материала:



Морфология порошкового материала



Установка EOSint M270 (СЛС)



Вид образцов

Двойное сканирование – два прохода луча по одной траектории на один слой порошка

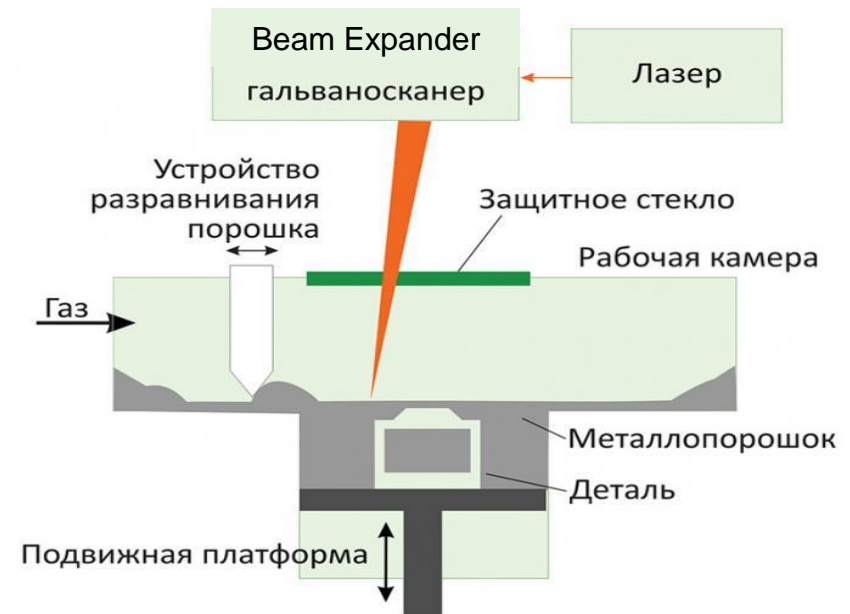
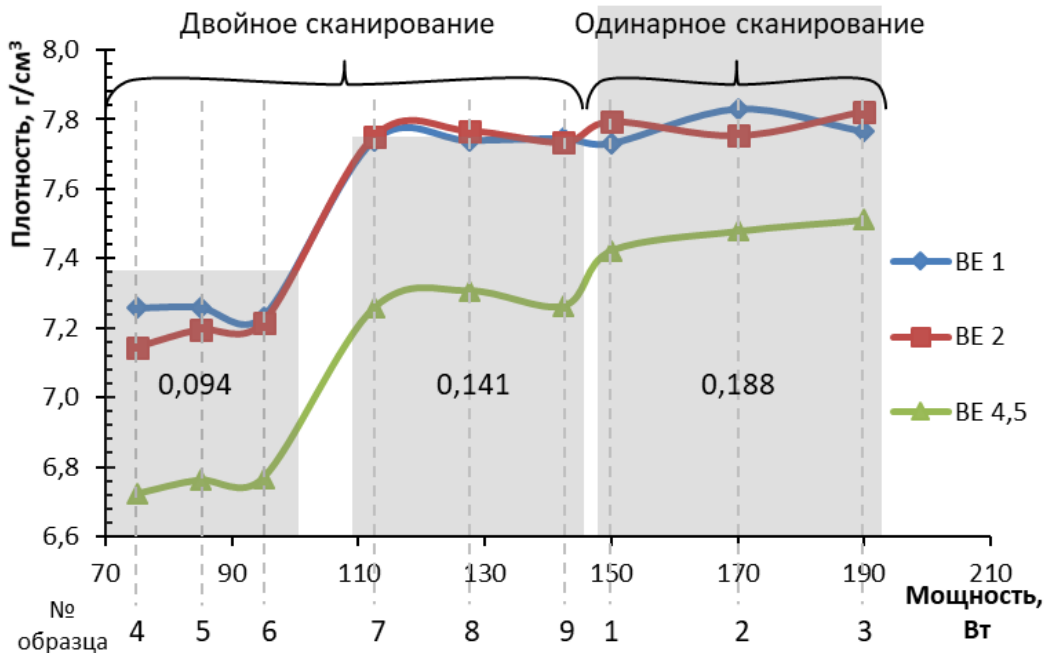
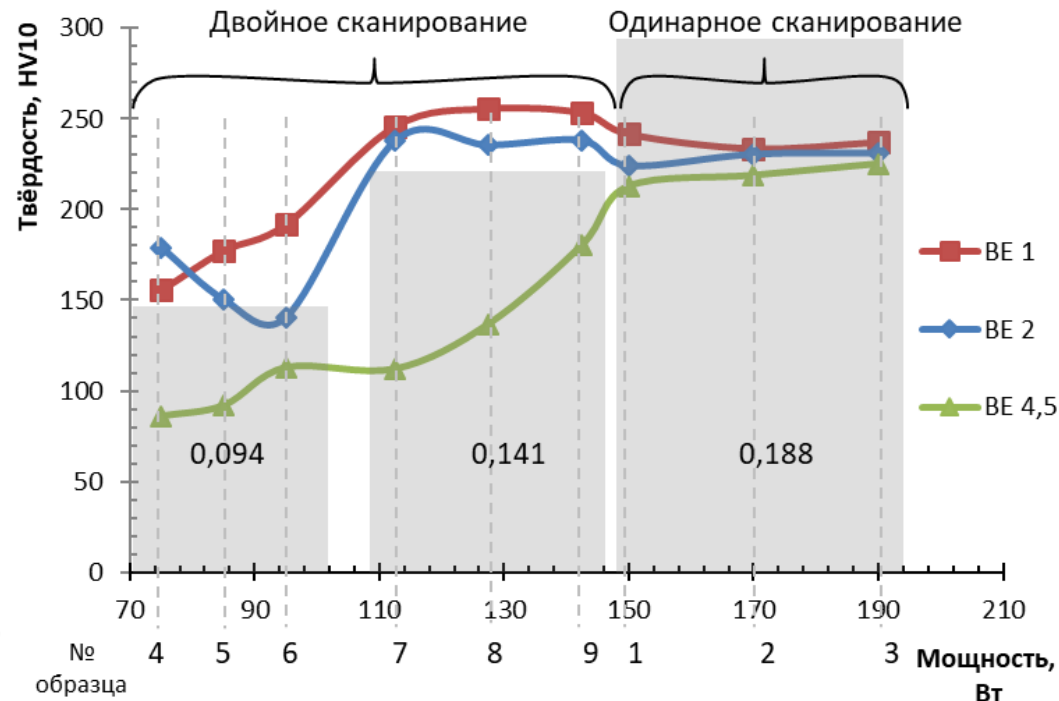


Схема СЛС процесса

Плотность и твёрдость СЛС-образцов



Зависимости плотности образцов от мощности лазера для различных значений диаметра фокусного пятна



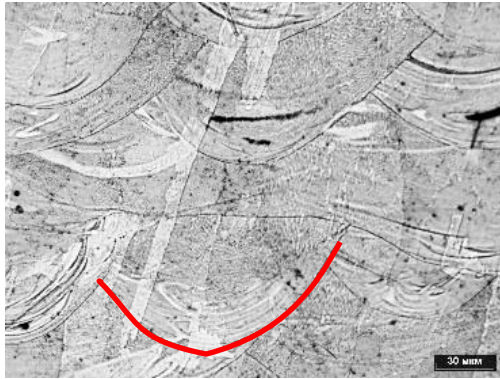
Зависимости твёрдости образцов от мощности лазера для различных значений диаметра фокусного пятна

| № образца | Мощность, Вт | Скорость, мм/с | % | Энерговложение, Вт·с/мм | Сканирование |
|-----------|--------------|----------------|-----|-------------------------|------------------------|
| 1 | 150,0 | 800 | 100 | 0,188 | Одинарное сканирование |
| 2 | 170,0 | 906 | 100 | 0,188 | |
| 3 | 190,0 | 1013 | 100 | 0,188 | |
| 4 | 75,0 | 800 | 50 | 0,094 | Двойное сканирование |
| 5 | 85,0 | 906 | 50 | 0,094 | |
| 6 | 95,0 | 1013 | 50 | 0,094 | |
| 7 | 112,5 | 800 | 75 | 0,141 | |
| 8 | 127,5 | 906 | 75 | 0,141 | |
| 9 | 142,5 | 1013 | 75 | 0,141 | |

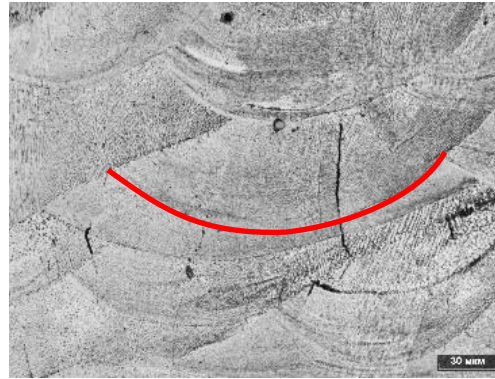
Структура

Влияние диаметра фокусного пятна лазера на геометрию ванны расплава:

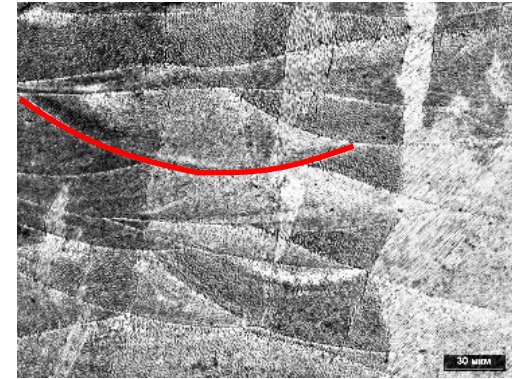
BE1



BE2



BE4,5



Скорость, мм/с

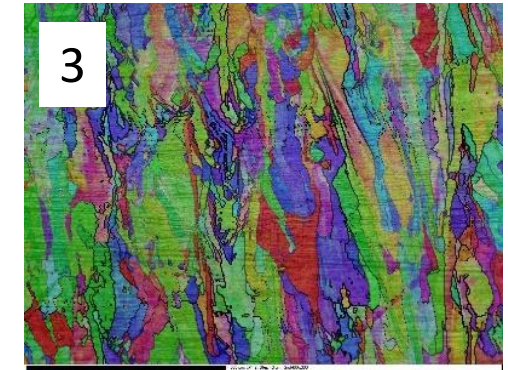
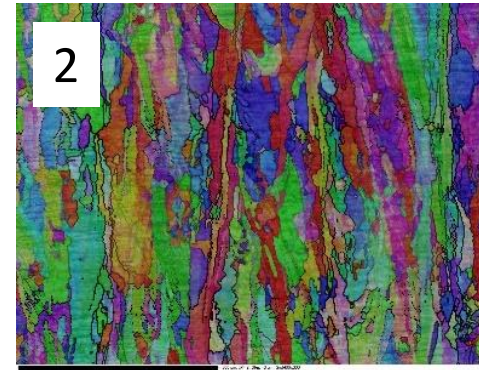
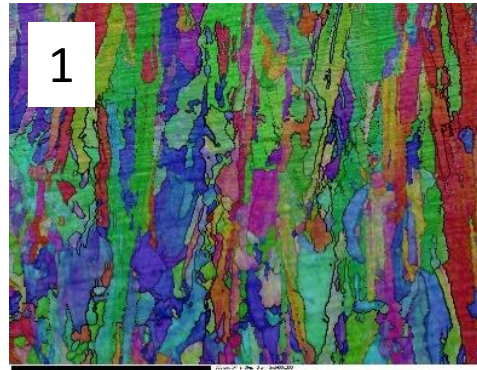
800

906

1013

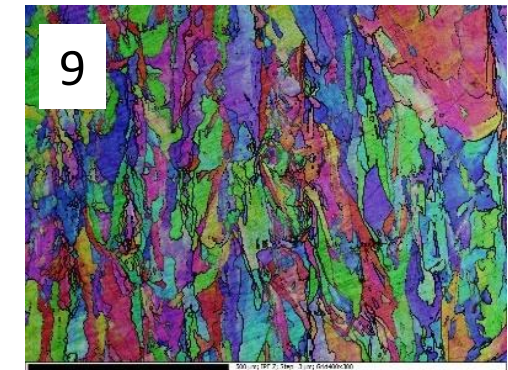
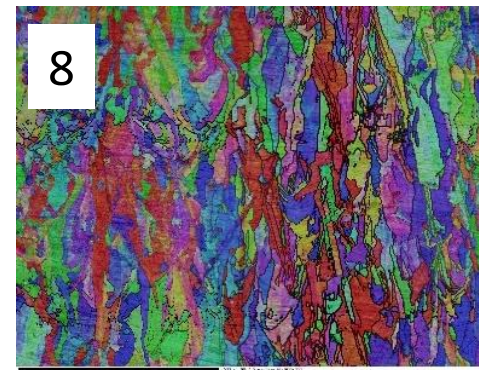
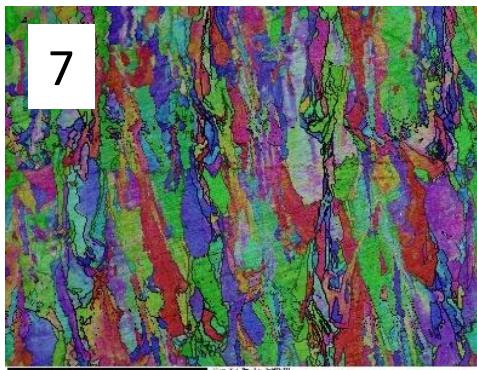
Энерговложение,
0,188 Вт·с/мм (100%)

Одинарное сканирование



Энерговложение,
0,141 Вт·с/мм (75%)

Двойное сканирование



Выводы

1) Оценено влияние мощности и скорости, так ускорение процесса с 800 до 1013 мм/с при пропорциональном росте мощности приводит к изменению термокинетического процесса формирования структуры, наблюдается изменение от крупных столбчатых зерен, подобных тем, что образуются при литье с направленным затвердеванием, до зёрен с морфологией повторяющей очертания ванн расплава.

2) Двойное сканирование не оказывает суммирующего эффекта, что отражается на физико-механических свойствах получаемых образцов. Применение двойного сканирования приводит к измельчению структуры. В дальнейшем, двойное сканирование может быть применено с целью измельчения структуры, получения благоприятной структуры для придания функционально-градиентных свойств детали в целом, или на отдельном участке.

3) Диаметр пятна лазера оказывает сильное влияние на структуру и свойства получаемого образца:

- низкая глубина проникновения в ванну расплава, низкое соотношение между тепловым градиентом и скоростью затвердевания, а также высокая скорость охлаждения благоприятствуют измельчению микроструктуры и уменьшению интенсивности текстуры из-за частичного изменения режима затвердевания со столбчатого на равноосный;

- плотность напрямую зависит от энерговложения – на уровне 100 и 75% при одинарном или двойном сканировании и значении BeamExpander 1 или 2 достаточно для расплавления слоя порошка и формирования качественной ванны расплава. При увеличении диаметра пятна лазерного луча необходимо увеличение энерговложения для достижения требуемого уровня плотности.

Выявленные в рамках данной работы корреляции могут быть эффективно использованы для «настройки» механических свойств стали 12X18H10T и других аустенитных сталей на пути создания функциональных изделий с разнородной структурой и нетипичными свойствами.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов
«Прометей» имени И.В. Горынина

Национального исследовательского центра «Курчатowski институт»



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, уникальный идентификатор договора RFMEFI62519X0046.

This work was supported by the Ministry of science and higher education of the Russian Federation, unique identifier of the agreement RFMEFI62519X0046.