

УДК 621.791.923

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА  
ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА VT23**

Луговой Максим Евгеньевич

*Студент 4 курса,**кафедра «Материаловедение»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: С.А. Пахомова,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение»*

Аддитивные технологии являются одной из самых быстроразвивающихся областей промышленности благодаря ряду преимуществ над традиционными способами получения изделий. Они позволяют получать детали сложной конфигурации, изготовить которые традиционными методами трудно или вовсе невозможно.

В настоящее время существует множество аддитивных технологий. Они отличаются способом нагрева материала, скоростью печати и качеством получаемой поверхности. Лазерная наплавка отличается возможностью изготовления крупногабаритных изделий, возможностью печати без поддержек и термических подводок, а также производства ремонта дорогостоящих компонентов изделий, таких как лопатки турбин газотурбинных двигателей.

Одной из проблем прямого лазерного выращивания является тот факт, что на результат наплавки влияет множество параметров, и оптимальные значения этих параметров могут различаться от установки к установке.

Целью работы является оптимизация процесса лазерной наплавки деталей из титанового сплава VT23 на установке InssTek MX-Grande. Оптимизация процесса подразумевает выбор технологических режимов, при которых напечатанный объект будет содержать минимальное количество макродефектов.

Лазерной наплавке подвергался сферический порошок сплава VT23 (его состав представлен в таблице 1), дисперсность которого составляла 60-120 мкм.

Таблица 1. Химический состав сплава VT23 [2]

Al, %	C, %	Fe, %	Si, %	Cr, %	V, %	Mo, %	O, %	N, %	H, %
4,0–6,3	≤0,10	0,4–0,8	≤0,15	0,8–1,4	4,0–5,0	1,5–2,5	≤0,15	≤0,05	≤0,015

Процесс оптимизации начинается с анализа влияния технологических параметров, таких как мощность лазера и скорость сканирования на геометрические параметры единичного валика (трека). В ходе работы были напечатаны единичные валики при значениях мощности лазера  $P=700-1300$  Вт и скорости сканирования  $v=0,6-1$  м/мин., найдены зависимости геометрических характеристик и твердости от  $v$  и  $P$ . Затем отобраны оптимальные режимы и по ним напечатаны монослои с изменением расстояния между валиками при сканировании.

Для отбора подходящих по геометрии валиков были назначены следующие критерии:

- ширина валика  $1,7 \text{ мм} < L < 3,0 \text{ мм}$  (рис.1);
- коэффициент проплавления  $d = \frac{S_p}{S_p + S_h} \in [0,1; 0,4]$ ;

- коэффициент формы валика  $f = \frac{h}{L} \in [0,2; 0,33]$ ;
- угол у основания валика  $\theta < 90^\circ$ .

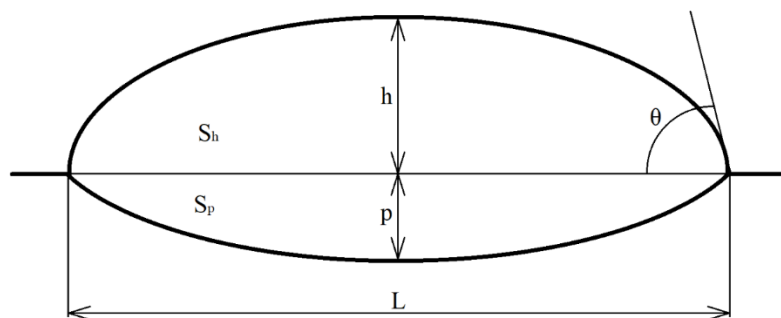


Рис. 1. Используемые обозначения для геометрического обсчета валиков  
На рисунке 2 представлены зависимости твердости валиков от технологических параметров.

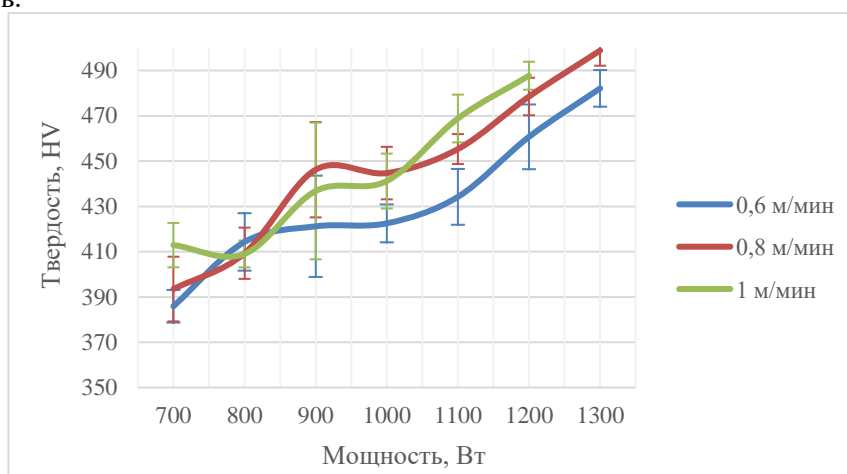


Рис. 2. Зависимость твердости от мощности лазера

### Литература

1. Группа «ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ». [Электронный ресурс]: Аналитическое исследование. Рынок технологий 3D-печати в России и мире, 2020. – Режим доступа: [https://delprof.ru/upload/iblock/ced/DelProf\\_Analitika\\_Rynok-3D\\_pechati.pdf](https://delprof.ru/upload/iblock/ced/DelProf_Analitika_Rynok-3D_pechati.pdf).
2. А.Т. Туманов, М.Б. Альтман, С.Г. Глазунов, С.И. Кишкина и др.; Под общ. ред. А.Т. Туманова. Авиационные материалы. Справочник в девяти томах. Том 5. Магниево-титановые сплавы – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: ОНТИ, 1973. – 685 с.