

скорости частиц температура в контакте возрастает за счет кинетической энергии, достигая при скорости 600 м/с значений 419К, 502К, 518К, 458К и 462К для Al, Fe, Ni, Fe<sub>50</sub>Al<sub>50</sub> и Ni<sub>50</sub>Al<sub>50</sub> соответственно. В сплавах эффект экзотермической реакции проявляется при скоростях от 700 м/с и выше, дополнительно повышая температуру в контакте на  $\Delta T_c = 420\text{K}$  для Fe<sub>50</sub>Al<sub>50</sub> и  $\Delta T_c = 1098\text{K}$  для Ni<sub>50</sub>Al<sub>50</sub> практически независимо от скорости (по сравнению с гипотетическим случаем - отсутствием СВС реакции) (рисунок 1(б)).

**Выводы.** Полученные результаты показывают важную роль дополнительного подогрева напыляемых частиц порошка в момент их контактного взаимодействия с подложкой в формировании контактной температуры и высокую эффективность применения экзотермически реагирующих порошков при получении покрытий с повышенной адгезией.

#### Список литературы

1. Борисов Ю.С., Борисова А.Л. Плазменные порошковые покрытия: -1986. – 204 с.
2. Алхимов А.П. Научные основы холодного газодинамического напыления (ХГН) и свойства напыленных материалов: монография / А.П. Алхимов, В.Ф. Косарев, А.В. Плохов. -Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 280 с.
3. Кулик А.Я., Борисов Ю.С., Мнухин А.С., Никитин М.В. Газотермическое напыление композиционных порошков: - Л.:Машиностроение, 1985. – 199 с.
4. Мержанов А.Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: теория и практика. – Черногловка: ИСМАН, 2002. – 234.
5. Алхимов А.П., Клинков С.В., Косарев В. Ф. Температура вблизи контактной границы при высокоскоростном соударении микрочастицы с поверхностью. //Физическая мезомеханика 3 1 (2000) 53-57с.
6. Ян Сяо, Чжао Ифань, Зенин Б.С. Особенности температурных условий формирования многослойных покрытий при газодинамическом напылении // Высокие технологии в современной науке и технике / V Международная научно техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Томск, 5–7 декабря 2016 г.: сборник трудов. – Томск: – 562 с. 212-213.

### ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ НА КАЧЕСТВО ОПЛАВЛЯЕМОГО СЛОЯ ПОРОШКА НА ПРИМЕРЕ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ1-0

*М.П. РАГУЛИНА, С. ЮАНЬ, М.Г. КРИНИЦЫН, Б.С. ЗЕНИН*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: [alisa.barton112@gmail.com](mailto:alisa.barton112@gmail.com)

Получение изделий методом селективного лазерного сплавления происходит за счёт формирования отдельных слоёв из объёма порошка и последующее их сплавления друг с другом [1-3]. Основными характеристиками, которые оказывают большое влияние на качество получаемых поверхностей и объёма материала, являются мощность и скорость лазерного луча. Подбор параметров процесса – это важная часть технологии селективного лазерного сплавления.

В работе были рассмотрены различные условия формирования слоёв из порошка титанового сплава ВТ1-0 фракцией 50-56 мкм на титановой подложке, с целью получения условий наибольшей плотности материала в формируемом слое в объёме образца. Были получены 9 однослойных образцов, параметры процесса представлены в таблице 1, где Р – это мощность лазерного луча, [Вт];  $v$  – скорость луча, [мм/с].

Таблица 1 – Параметры спекания

| № образца | 1  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|-----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| P, Вт     | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| v, мм/с   | 90 | 90  | 90  | 90  | 90  | 100 | 120 | 150 | 200 |

Для дорожек 1-5 скорость движения лазера являлась постоянной величиной, в то время как изменялась мощность спекания, для дорожек 6-9 наоборот изменялась скорость спекания, мощность являлась константой.

В результате были получены образцы с различным качеством наплавленных слоёв в объёме и на поверхности. На рисунке 1 показаны дорожки, полученные при различных мощностях лазерного луча при постоянном параметре скорости 90 мм/с.

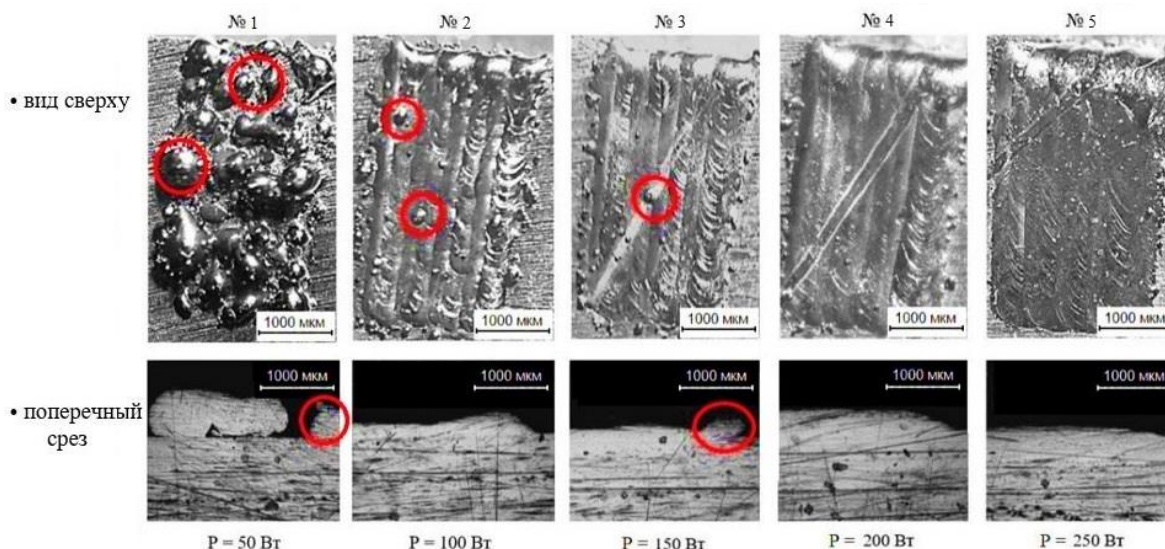


Рисунок 1 – Поверхности образцов при изменении мощности лазерного луча

Анализ рисунка 1 показывает, что при изменении мощности граница между подложкой и слоем становится едва заметной, в то время как при низкой мощности в 50-150 Вт частицы порошка не успели расплавиться и спечься между собой образовав на поверхности металлические агломераты (выделены красным на рисунке 1), от чего пострадало качество поверхностного слоя. В случае, когда мощность была 200-250 Вт, наплавленный слой получился гладким без видимых дефектов.

На рисунке 2 показаны дорожки, полученные при изменении параметра скорости и постоянном параметре мощности 200 Вт. На рисунке 2 видно, что выбранные скорости спекания оказались слишком велики для получения качественной поверхности. Дорожки также подверглись агломерации (выделено красным на рисунке 2) и не имеют ровной поверхности. Используемая ранее скорость 90 мм/с (рисунок 1), оказалась наиболее подходящей для сплавления данного порошка.

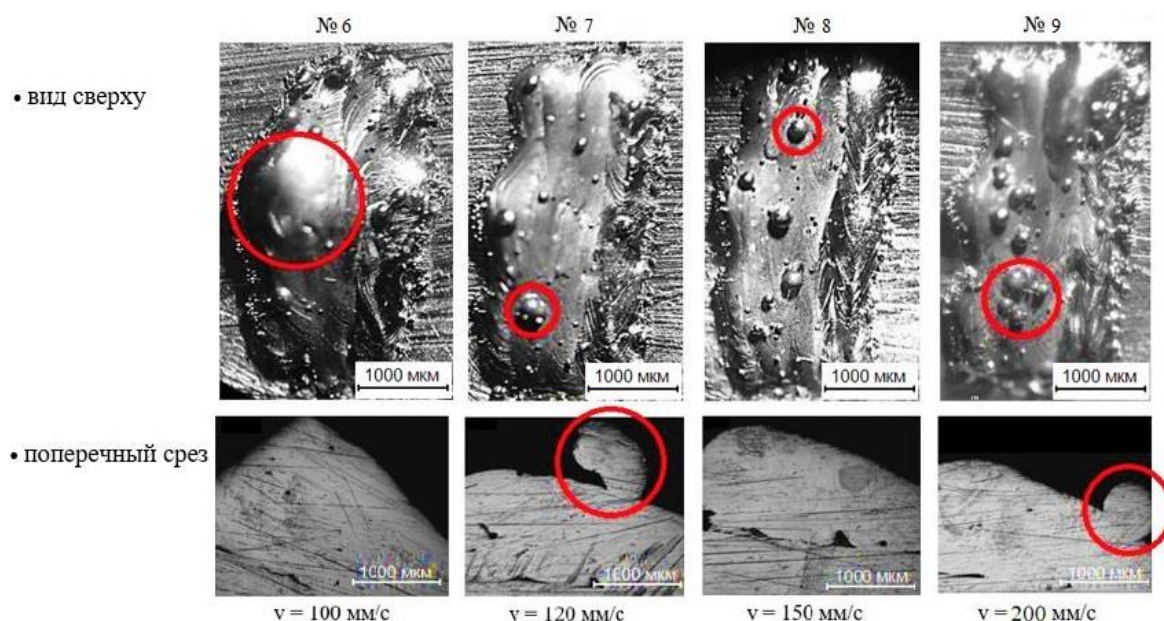


Рисунок 2 – Поверхности образцов при изменении скорости лазерного луча

Полученные результаты показывают, что при увеличении мощности спекания от 150 до 250 Вт в объёме порошка лучше проходят процессы плавления и спекания порошинок друг с другом без образования металлических агломератов на поверхности образцов; изменение скорости лазерного луча также показало, что с её увеличением от 100 мм/с и выше частицы не успевают расплавиться и образовать качественную поверхность, поэтому необходимо учитывать, что при низких скоростях, таких как 90 мм/с, в объёме слоя происходит наиболее качественное сплавление частиц порошка. При этом, во всех образцах отмечается высокая плотность материала слоя, а также, при хороших параметрах спекания, практически отсутствуют границы между слоем и подложкой.

#### Список литературы

1. Валетов В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://books.ifmo.ru/file/pdf/1832.pdf> – 10.05.19
2. Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с.
3. Юань С., Рагулина М. П., Зенин Б. С. Температурные условия создания изделий методом аддитивных технологий на примере металлических и полиметаллических порошков // Перспективные материалы конструкционного и медицинского назначения: сборник трудов Международной научно-технической молодежной конференции, г. Томск, 26 - 30 Ноября 2018. - Томск: ТПУ, 2018 - С. 318-319.