

УДК 621.373.826

**ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ  
ОБРАЗЦОВ ИЗ СПЛАВА In718 ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МЕТОДОМ КООКСИАЛЬНОГО  
ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ**

Александр Михайлович Кулиш

*Студент 5 курса,**кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»**Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана**Научный руководитель: А.И. Мисюров,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Лазерные технологии в машиностроении»*

В настоящее время, аддитивные технологии или технологии получения различных заготовок послойным добавлением материала занимают особое место среди других технологий, особенно с применением лазерного излучения. Используя преимущества лазерного излучения и особенности тех или других видов аддитивных технологий, можно получать заготовки с высокими эксплуатационными и экономическими показателями.

Ключевую роль играют аддитивные технологии для авиационной промышленности. Ее рост обуславливает повышение спроса на экономически и технологически эффективное, серийное производство сложных деталей двигателей, таких как "блиски" (рис. 1) [1]. Из-за их сложной геометрии и высокой стоимости традиционного изготовления, требуется применение наиболее эффективных методов изготовления, таких как коаксиальное лазерное плавление (рис. 2).

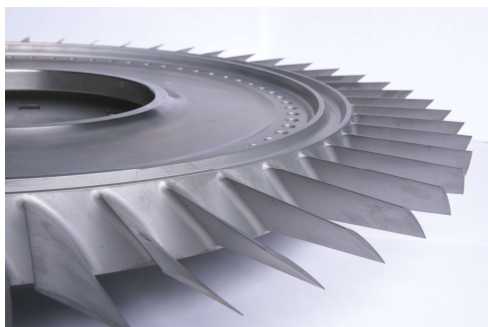


Рис. 1. Конструкция типа "блиск"

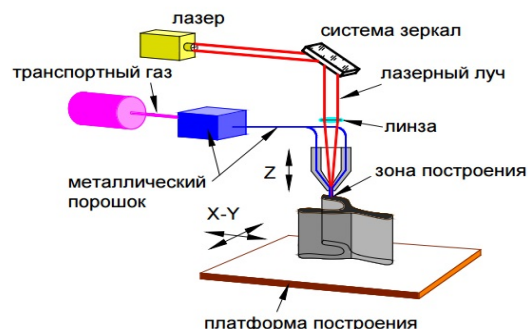


Рис. 2. Схема коаксиального лазерного плавления

Для обеспечения требуемых прочностных и эксплуатационных свойств вышеуказанных деталей, применяется множество различных сплавов, а также методик проведения процессов выращивания. В данной работе, уделено внимание выращиванию образцов из жаропрочного сплава на никелевой основе Inconel 718, отвечающий требованиям жаропрочности и термической стабильности для выбранного типа деталей.

Исходя из физических особенностей процесса лазерного выращивания и специфики данного сплава, в выращенных образцах формируется поле остаточных напряжений, с максимальными значениями в верхних и нижних слоях [2, 3]. Остаточные напряжения напрямую влияют на эксплуатационные и качественные показатели выращиваемых образцов. Для их снижения предлагается предварительный подогрев, который, в свою очередь, может ухудшить структурно-чувствительные свойства, поэтому целью данной работы является определение влияния предварительного подогрева на структуру и микротвердость выращиваемых образцов.

В рамках данной работы, методом коаксиального лазерного плавления по рассчитанным режимам была выращена серия образцов как с предварительным подогревом, так и без подогрева. Из

выращенных образцов подготавливались шлифы для исследования микро- и макроструктур, а также микротвердости.

Анализ макроструктуры (рис. 3) показал, что при подогреве увеличивается площадь нижних валиков при неизменной мощности лазерного излучения, что может свидетельствовать о повышении производительности, но также и увеличивается уровень подплавления нижних валиков и зона термического влияния в подложке. Также стоит отметить наличие светлых зон по границам валиков, а также очертания прорастающего кристалла сквозь все валики, что говорит о предпосылках получения монокристаллической структуры при лазерном выращивании.



Рис.3. Вид макроструктуры выращенных образцов ( в светлом и темном полях )

Снимки для изучения микроструктуры делались из центра шлифов и из зоны нижних валиков. Анализ показал, что фазовый состав в различных участках одинаковый и не зависит от подогрева так как дисперсность структур примерно одинакова как и травимость, упрочняющие  $\gamma'$  фазы при оптической металлографии нами не обнаружены. Структура в центре шлифов дендритная и ячеистая в зоне нижних валиков, причем дисперсность ячеистой области выше, что может говорить об измельчении зерна. В нижних слоях заметно сильное перемешивание материалов подложки и валиков, что позволяет только предположить об измельчении зерна в нижних слоях в зависимости от подогрева.

Статистический анализ микротвердости показал, что при подогреве разброс значений микротвердости уменьшается, чем без подогрева. Разброс средних значений 315-355HV обусловлен значительной неоднородностью наплавляемого металла, а также выделившимися карбидами.

В заключение стоит отметить, что предварительный подогрев как один из вариантов повышения различных свойств выращиваемых образцов необходим, так как чем меньше остаточные напряжения, тем меньше вероятность появления различных дефектов и снижения различных свойств в заготовках.

## Литература

1. *A. Calleja, I. Tabernero, A. Lamikiz.* Optimal Parameters for 5-axis Laser Cladding // Elsevier, Procedia Engineering. Vol. 63. 2013. p. 45-52.
2. *P. Mercelis, J. -P. Kruth.* Residual stresses in selective laser sintering and selective laser melting // Rapid Prototyping Journal. 2006. 12/5. p. 254-265.
3. *T. Furumoto, T. Ueda.* Study on Reduction of Residual Stress Induced during Rapid Tooling Process: Influence of heating conditions on residual stress // Key Engineering Materials. 2010. Vol. 447-448. p. 785-789.