



# ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА В АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ

В зарубежном и российском авиационно-космическом производстве лазерные методы обработки материалов применяются сравнительно давно. Следует однако учитывать, что внедрение новых технологических процессов требует огромного количества испытаний и согласований, в результате от появления идеи до внедрения технологии в производство может пройти не один год.

Данный обзор содержит примеры применения лазерных технологий в мировом самолетостроении и изготовления различных компонентов на крупнейших мировых предприятиях, описание преимуществ, которых позволяет добиться внедрение лазерных технологий в производство, а также информацию об основных типах оборудования.

В мировой авиакосмической промышленности лазеры активно используются для решения широкого круга задач по обработке большой номенклатуры изделий из тугоплавких, жаропрочных и труднообрабатываемых материалов: от изготовления фюзеляжа и крыльев летательных аппаратов, составных частей и узлов ракет-носителей, производства турбинных двигателей (прошивка охлаждающих каналов в турбинных лопатках, восстановление и ремонт турбин) до изготовления различных герметичных элементов (топливные баки, узлы орбитальных модулей, магистральные трубопроводы и т.д.), систем рулевого управления.

**Лазерные методы обработки эффективны там, где требуется добиться:**

- конструкции от очень малой до крупногабаритной, размеры и вес которой не должны меняться, деформации отсутствуют или минимальны.
- минимальной зоны термического влияния и минимальных остаточных напряженных состояний с высокой коррозионной стойкостью.

Процесс лазерной обработки характеризуется хорошей управляемостью и гибкостью, перемещение луча по поверхности может осуществляться по любой траектории с возможностью полной автоматизации.

Кроме того, высокая эффективность лазерных технологических комплексов обеспечивается благодаря быстрой перенастройке режимов и переналадки с одного типа изготавливаемых деталей на другой — что особенно важно для производств, номенклатура которых отличается большим разнообразием, но при этом число изделий каждого типа невелико.

В зависимости от конкретной технологической задачи использование различных типов лазеров (газовых, твердотельных с ламповой накачкой, волоконных), способов доставки излучения (волоконный выход или прямой) и кинематических систем позволяет успешно реализовывать обработку крупногабаритных конструкций, работу в труднодоступных местах, высокопрецизионную обработку миниатюрных деталей с точностью повторения до 5 микрон.

## НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ ПРИМЕНЕНИЙ

### Макрообработка

Последнее десятилетие гиганты самолетостроения, такие как Boeing и Airbus, активно апробировали различные методы, которые позволили бы при изготовлении конструкций фюзеляжа и крыльев заменить традиционную клепку. «Клепка является сложной автоматизированной технологией, но на сегодняшний день она уже достигла тех пределов, когда добиться принципиального увеличения производительности и уменьшения веса аппарата невозможно», — говорит профессор Брендт Бренер, глава проекта по лазерной сварке деталей

фюзеляжа концерна Airbus. Внедрение же в производственный процесс лазерной сварки позволяет снизить вес летательных аппаратов A380 на 15%, как следствие, экономия на расходе топлива составит до 1,45% на каждую тонну летательного аппарата. Это означает, что, к примеру, на трансатлантический перелет потребуется на 750 литров авиационного керосина меньше.

Внедрение лазерных технологий позволяет реализовать сразу несколько преимуществ: не только увеличилась производительность и снизились производственные затраты, но также и сама конструкция стала менее чувствительной к коррозии.

С самого начала внедрения лазерных технологий для этих целей использовались мощные CO<sub>2</sub> лазеры. Мощность их излучения составляет десятки киловатт. Недостатком является прежде всего невысокий КПД — например, для лазера мощностью 5 кВт, обеспечивающего сварку стали на глубину 5 мм, потребляемая мощность составит 100 кВт. Сегодня на российском рынке работают все известные производители таких систем, среди них: **Trumpf** (Германия), **Bystronic** (Швейцария), **Mazak** (Япония), **Prima Industrie** (Италия), **FINN-Power** (Финляндия), **Knuth Werkzeugmaschinen GmbH** (Германия) и др. Кроме того, на рынке активно представлены российские производители, среди которых можно выделить **ЗАО «Лазерные комплексы»** (г. Шатура МО).

После появления на рынке твердотельных волоконных лазеров мощностью до десятков киловатт в данном сегменте начали происходить существенные изменения. Это связано с тем, что достигнутые параметры по мощности позволяют обрабатывать материалы толщиной 20–30 мм. За счет высокого КПД существенно снизилось энергопотребление и упростилось обслуживание систем, уменьшились их габаритные размеры. Передача лазерного излучения к технологической головке по оптическому волокну, используемая в твердотельных волоконных, а также лазерах с ламповой накачкой, существенно упростила проблему пространственных манипуляций. Лазерную головку (сварочную или режущую) можно устанавливать на любые промышленные манипуляторы и средства робототехники, тогда как для создания аналогичного технологического комплекса на CO<sub>2</sub> лазере требуется специальное проектирование системы. Однако стоимость таких станков в сравнении с комплексами на CO<sub>2</sub> лазерах сравнительно высока.

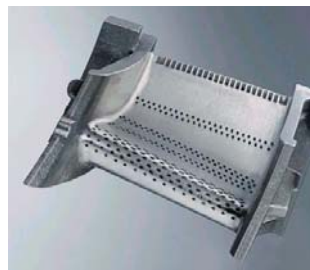
### Производство деталей и узлов

Одна из областей производства наиболее активно использующих лазерные технологии — изготовление турбинных двигателей, в частности, это прошивка охлаждающих каналов в лопатках и восстановление лопаток и компрессоров турбин.

#### Изготовление охлаждающих каналов

Изготовление охлаждающих каналов в лопатках турбинных двигателей выполняется различными способами — лазерной перкуссионкой либо сверлением. Эти методы позволяют делать отверстия очень малого диаметра с высокой точностью и качеством. Процесс бесконтактен, остаточные напряжения — минимальны. При этом возможны варианты, при которых обрабатываемая деталь неподвижна, либо наоборот — перемещается относительно лазерного луча.

Обычно в этом случае используются мощные импульсные Nd:YAG лазеры, хотя CO<sub>2</sub> также могут быть применены по отношению к неметаллическим частям.



Регулировка энергии, длительности и частоты следования импульсов, а также фокусного расстояния позволяет добиться оптимального качества отверстий. При этом использование лазерной обработки позволяет разрабатывать и апробировать новые схемы каналов для улучшения охлаждения с меньшими временными затратами и трудоемкостью.

#### Восстановление и наплавка

При ремонте двигателей возникает проблема восстановления геометрических размеров лопаток. По характеру и условиям работы боковая поверхность лопаток турбин подвергается микрповреждениям механической, химической или термической природы. Анализ повреждаемости показывает, что около 70% от их общего числа составляют детали с поверхностными дефектами глубиной до 0,4...2 мм.

При абразивном износе кромок лопаток более чем на 0,2 мм лопатки отбраковываются. Традиционно применяемая технология восстановления размеров лопаток методом аргоно-дуговой сварки не всегда применима из-за сильного перегрева материала лопатки. Использование лазерного излучения позволяет осуществлять процесс наплавки с минимальным нагревом изделия по сравнению с другими методами, а использование световолоконных систем доставки луча лазера к месту дефекта открывает возможность ремонта лопатки турбины без ее демонтажа. Величина зоны термического влияния не превышает 15 мкм.

Суть метода заключается в том, что подплавленная лазером поверхность перемешивается с присадочным материалом. При этом наплавленному слою за счет состава присадочного материала и высоких скоростей охлаждения придаются нужные физико-механические свойства. Как правило это: высокая прочность и высокая стойкость к коррозионному разрушению. Данная технология может быть применена для восстановления лопаток авиационных турбин, турбин гидроэлектростанций, газоперекачивающих станций, атомных, тепловых электростанций, морских турбин.

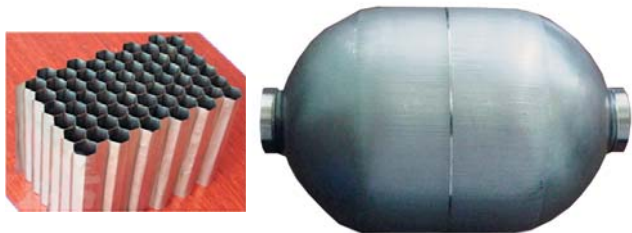
Перспективным направлением является лазерная наплавка с целью восстановления геометрических размеров дорогостоящих деталей и инструмента.

Традиционно для наплавки и восстановления используются импульсные лазеры с ламповой накачкой, однако они отличаются невысокой производительностью. Внедрение волоконных лазеров дает возможность многократно увеличить этот параметр.

#### Другие применения

Лазерные технологии также эффективно применяются при изготовлении тонкостенных конструкций, в частности сотовых.

В этом случае используются лазеры с ламповой накачкой, либо волоконные — и импульсный режим сварки, при котором нагрев изделия минимален, что принципиально важно для получения вакуумноплотных швов на тонколистовых конструкциях.



В целом применение лазерных технологий обработки материалов, используемых в авиационно-космическом секторе, — от разнообразных легких жаропрочных сплавов до слоистых материалов позволяет повысить ресурс работы запчастей, и оптимизировать производственный процесс, в частности, снизить стоимость и трудоемкость их изготовления.

А.Л. Кудрявцева  
НИИ ЭСТО — Лазеры и аппаратура ТМ

## КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ВОЛОКОННЫМИ И ТВЕРДОТЕЛЬНЫМИ ЛАЗЕРАМИ

Системы для лазерной обработки материалов с импульсными твердотельными и волоконными лазерами, прецизионными высокоскоростными координатными столами на линейных двигателях, с автоматизированным управлением

### МИКРООБРАБОТКА

Станки для микромаркировки, прецизионной размерной обработки тугоплавких и труднообрабатываемых металлов, кристаллов, керамики.

Изготовление подложек микросхем, микроотверстий. Точность до 1 мкм.



Приглашаем посетить наш стенд на выставках:  
• «Металлообработка-Технофорум», 25-29 мая, Москва, «Экспоцентр», пав.8-1  
• Авиасалон МАКС, 18-23 августа, г. Жуковский, пав.Д2

### МАРКИРОВКА

Станки для прецизионной маркировки с волоконными итербиевыми лазерами мобильной конструкции, позволяющие монтировать настольный вариант, работать в труднодоступных местах, интегрировать с манипуляторами, встраивать в автоматические линии.

### СВАРКА

Станки для ручной и автоматической шовной и точечной сварки различных металлов и сплавов. Сварка единым импульсом < 200 мс.

### РЕЗКА И РАСКРОЙ

Станки для резки и сложноконтурного раскроя стали толщиной до 5-6 мм, алюминия, латуни, меди с размерами листа до 1500\*3000 мм.



**ЕСТО** ЛАЗЕРЫ И АППАРАТУРА ТМ  
ЭЛЕКТРОННОЕ СПЕЦИАЛЬНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

НИИ ЭСТО – Лазеры и аппаратура ТМ  
Тел./факс: + 7 495 6519031, 7740071  
e-mail: market@estoco.ru, www.laserapr.com