

СЕЛЕКТИВНОЕ ЛАЗЕРНОЕ СПЛАВЛЕНИЕ, КАК МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ИНСТРУМЕНТА

Бобырь В.В., Васильева О.В.

(ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», Санкт-Петербург, Россия)

тел. +7(812)2743796, факс +7(812)7103756, E-mail: mail@crism.ru

Abstract: *In this article it is given the concrete example setting basic opportunities of laser technologies for restoration of details of cars and the tool, however real opportunities of this method significantly more widely and allow to restore geometrically difficult products, to apply sheetings on rotation bodies, and also to layer-by-layer build elements of details and knots.*

Key words: *Selective laser melting. Laser welding. Reconditioning.*

В экономически развитых странах на рынке запасных частей преобладают восстановленные детали. Они дешевле новых, а по ресурсу, как правило, не уступают им. Из-за удорожания техники, запасных частей к ней и резкого снижения покупательной способности, восстановление изношенных и упрочнение новых деталей является самым доступным способом поддержания парка машин и промышленного оборудования в работоспособном состоянии. Безотказность машин определяется стабильностью ресурсов восстановленных деталей, которая зависит от правильного выбора способа восстановления и строгого соблюдения технологического процесса.

Практика промышленных предприятий показывает, что около 85–90% общего числа всех деталей, подлежащих замене при ремонтах металлорежущих станков, выходит из строя из-за физического износа и только 10–15% - вследствие случайных поломок. При этом критерием отбраковки деталей является износ, равный не более 0,3 мм. Если принять концепцию экономии средств от закупки или изготовления новых запчастей, то во всем мире используют технологии восстановления геометрических размеров и свойств поверхности. Выбор происходит по совокупности технико-экономических показателей [1].

Устранения дефектов и восстановление изношенных деталей традиционными методами, например, штучными электродами трудоемко и дорогостояще, так как после наплавки и термообработки геометрические размеры могут выйти за поле допуска. Технология лазерной наплавки позволяет исключить этот недостаток, сохранить геометрические размеры восстанавливаемой детали в поле допуска, даже если они составляют десятые доли миллиметра. Твердость в зоне наплавки остается на уровне твердости основного материала или выше, последующая механическая обработка места дефекта сводится к минимуму. Следует отметить, что время, необходимое для устранения дефекта с помощью лазерной наплавки составляет от нескольких секунд до нескольких минут в зависимости от геометрических размеров дефекта и мощности лазерного луча [2].

В качестве перспективного метода лазерной наплавки, относящегося к технологиям восстановления изделий из металла, рассматривается метод селективного лазерного спекания (СЛС), одной из разновидностей которого является технология LENS - Laser Engineered Net Shaping. В качестве исходного формирующего материала применяются металлические порошки различных классов и назначений. Наиболее перспективными являются сферические порошки фракции 60–180 мкм из инструментальных и высокопрочных сталей с высокой износостойкостью.

Мощный лазерный луч (рисунок 1) оплавляет изделия, образуя локальную микроскопическую ванну жидкого расплава. Струей инертного транспортирующего газа-аргона в расплав вдувается порция металлического порошка. После смещения

лазерного луча жидкий металл моментально затвердевает, а за счет введенного в расплав порошка на поверхности изделия появляется локальное утолщение. Таким образом, в результате методичного сканирования поверхности изделия лазерным лучом с одновременной инъекцией строительного порошка формируется первый и все последующие слои создаваемого объекта.

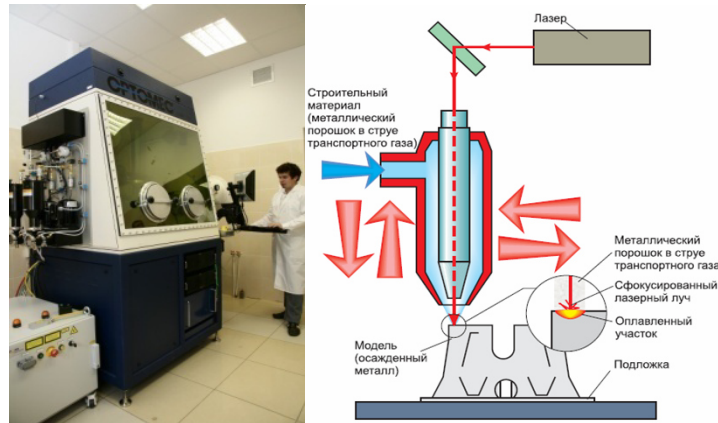


Рис. 1. Установка LENS 750 и схема ее работы

Данный метод позволяет применять в качестве формирующего материала практически любые металлы и сплавы, которые могут быть расплавлены лазерным лучом без испарения. За счет сверхбыстрой кристаллизации создаваемые детали имеют ультра мелкозернистую или аморфную структуру. Как показывают результаты сравнительных испытаний, по своим механическим свойствам эти детали не только не уступают, но в ряде случаев значительно превосходят изделия, получаемые из аналогичных сплавов традиционными производственными методами (литье, штамповка) [3].

Для иллюстрации возможностей лазерных технологий, приведем основные характеристики системы LENS 750. Установка оснащена оптоволоконным лазером Nd:YAG с длиной волны $\lambda = 1,064$ мкм и мощностью 500 Вт. Максимальный размер создаваемой детали 300x300x300 мм. Средняя скорость выращивания объектов составляет 8 см³/час.

Возможности метода селективного лазерного спекания по технологии LENS рассмотрим на примере восстановительного ремонта режущего инструмента (рисунок 2а).

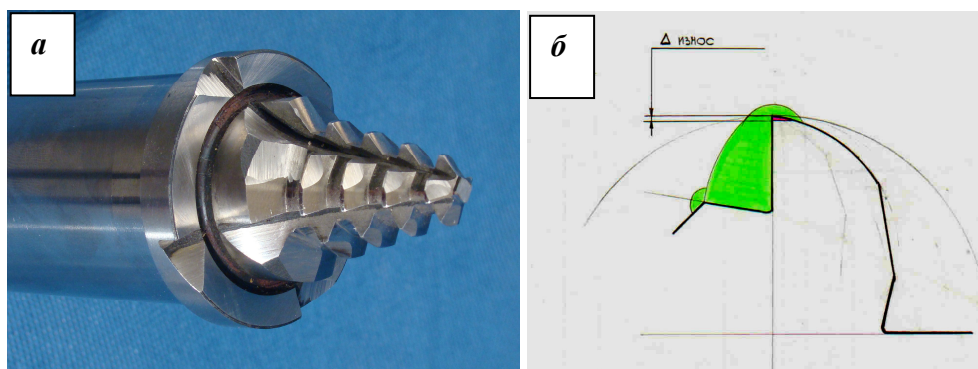


Рис. 2. Фотография изношенного режущего инструмента (а) и схематичный поперечный разрез области износа(красный цвет) и зоны восстановления (зеленый цвет) (б)

Как видно из рисунка 2а, сточены режущие кромки бур-фрезы. Схематично дельта износа, а также область требуемая к восстановлению представлена на рисунке 2б.

С помощью анализатора NITON XL3t был определен химический состав материала, из которого была сделана бур-фреза: Fe – 74 %, W – 19 %, Cr – 3,7%, V – 1,4 %. Также была измерена твердость режущих кромок, которая составила 30 HRC. Исходя из полученных результатов, в качестве материала для восстановления было предложено использовать металлический порошок марки P6M5 (Fe – 80%, W – 7%, Mo – 6%, Cr – 3,5%, V – 1,7%), так как его заявленная твердость не уступает твердости материала фрезы и по фракционному составу удовлетворяет требованиям установки LENS 750.

Для определения режима восстановительного ремонта была вырезана часть бур-фрезы, на которую затем наплавлялся порошок в виде единичного сканирования лазером с изменением мощности излучения от 250 до 500 Вт с шагом 50 Вт. Исходя из сыпучести порошка скорость подачи его была экспериментально определена равной 0,276 г/с, скорость сканирования 0,016 м/с, работы проводились в среде аргона с содержанием кислорода 5-40 ppm (1000 ppm = 0.01% кислорода в камере).

С помощью металлографии единичного сканирования лазером была оценена зона расплава и определено количество наплавляемого материала (таблица 1).

Таблица 1- Режимы сканирования лазером

№ образца	Мощность излучения, Вт	Ширина зоны расплава, мкм	Наплавленный слой, мкм
1	250	667	150
2	300	623	175
3	350	778	275
4	400	945	350
5	450	889	375
6	500	934	400

Исходя из представленных выше результатов, для восстановительного ремонта был выбран режим №3, как наиболее оптимальный с точки зрения качества и количества наплавляемого материала.

Данный режим является наиболее подходящим для выставления расстояния между единичными проходами в виду технологической особенности установки. Для получения наиболее четкой геометрии восстанавливаемого слоя расстояние между единичными проходами было выбрано 400 мкм. По выбранному режиму на режущие кромки бур-фрезы был наплавлен металлический порошок марки P6M5 (рисунок 3).



Рис. 3. Наплавленный материал на режущие кромки бур-фрезы

Как видно из рисунка 3, материал наносился на сточенные части режущего инструмента. Некоторые элементы бур-фрезы восстанавливались с избытком наплавляемого материала для того, чтобы в дальнейшем провести финишную механическую обработку инструмента. Припуск на мехобработку наплавленного лазером материала не превышает 2 мм, тогда как при других способах наплавки в несколько раз больше, что приводит к большему расходу относительно дорогого наплавочного материала и существенно увеличивает расходы на мехобработку.

После восстановления был произведен замер микротвердости материала изделия и наплавленного материала на приборе ПМТ-3, при нагрузке 200 грамм, твердости составили 28HRC и 58HRC соответственно. Получение высоких физико-механических свойств поверхностных слоев связано, как указывалось выше, с высокими скоростями нагрева и охлаждения, которые обеспечивает данная технология. Кроме того повышение свойств связано с использованием сферических порошков фракции 60-140 мкм из инструментальной высокопрочной стали. За счет понимания влияния параметров технологии LENS были достигнуты оптимальные результаты.

Произведен восстановительный ремонт режущих кромок бур-фрезы с заданными выдержанными геометрическими размерами и увеличенной в два раза микротвердостью наплавленного материала.

Приведенный конкретный пример иллюстрирует принципиальные возможности лазерных технологий для восстановления деталей машин и инструмента, однако реальные возможности этого метода существенно шире и позволяют восстанавливать геометрически сложные изделия, наносить защитные покрытия на тела вращения, а также послойно строить элементы деталей и узлов.

Большие перспективы лазерная наплавка имеет при восстановлении валов и лопаток турбин, гребных и рулевых валов морских судов. Изношенные поверхности валов можно направлять различными сплавами в зависимости от требования заказчика: нержавеющими сплавами; на основе никеля или кобальта; на основе чугуна и т.д.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда по направлению «Проведение фундаментальных и поисковых исследований по приоритетным тематическим направлениям исследований» (проект № 15-19-00210).

Список литературы: 1. Тополянский П.А. Техническая политика в области внедрения процессов восстановления и упрочнения // Материалы 10-й международной научно-практической конференции «Технология ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки». 2008. Часть 1. Санкт-Петербург. С. 5 – 14. 2. Бирюков В.П., Михайлин Б.Н., Прищепов С.Д. Восстановление и упрочнение поверхностей трения лазерным излучением // Материалы 10-й международной научно-практической конференции «Технология ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки». 2008. Часть 2. Санкт-Петербург. С. 44 – 48. 3. Бобырь В.В., Терещенко А.В. Создание изделий особо сложной формы для машиностроения на базе композиционных наноматериалов с помощью лазерных технологий // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. 2010. №39. Донецк. С. 7 – 13.