

УДК 621.785.54

**Е.А. Морозов**

**E.A. Morozov**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
Perm National Research Polytechnic University

**Е.С. Русин**

**E.S. Rusin**

ЗАО «Новомет-Пермь»

CJSC "Novomet Perm"

## **МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЗАКАЛЕННЫХ ЛАЗЕРОМ КОЛЬЦЕВЫХ ВЫСТУПОВ ИЗ ПОРОШКОВОЙ МЕДИСТОЙ СТАЛИ**

## **MECHANICAL TREATMENT OF ANNULAR PROJECTIONS OF POWDERED CUPROUS STEEL AFTER THE LASER HEAT TREATMENT OPERATION**

Приведены результаты механической обработки поверхностного слоя цилиндрических выступов на дисках из порошкового псевдосплава сталь – медь после проведения лазерной термической обработки волоконным лазером мощностью 1 кВт.

**Ключевые слова:** лазерная термообработка, порошковая металлургия, псевдосплав сталь – медь, механическая обработка, износ инструмента, режимы резания.

This paper presents the results of the possibility of machining the surface layer of cylindrical projections on disks sintered steel – copper pseudoalloy after the laser heat treatment of fiber laser with power of 1 kW.

**Keywords:** laser heat treatment, powder metallurgy, steel-copper pseudoalloy, machining, dresser diamond wear, machining rate.

Лазерная поверхностная упрочняющая обработка сплавов, используемых в машиностроении, имеет большие технологические возможности. При такой обработке обеспечивается локальный нагрев с отсутствием деформаций или минимальными деформациями и охлаждение за счет отвода тепла

в объем материала без применения охлаждающих сред. Получение высоких физико-механических свойств поверхностных слоев связано с высокими скоростями нагрева и охлаждения,  $10^4$ – $10^6$  °C/с [1].

Согласно результатам работы [2] углеродистые стали можно подвергать лазерной обработке как с оплавлением, так и без оплавления. В последнем случае для низко- и среднеуглеродистых сталей скорость нагрева не должна превышать  $10^3$  °C/с. Микротвердость в зоне оплавления увеличивается с повышением содержания углерода (до 0,8–1,0 %) и достигает для стали У8 значения 1000 HV, что на 100–150 HV выше, чем при обычной закалке.

Исследованиям лазерной закалки и лазерной обработки с оплавлением сталей и чугунов посвящено много работ, но относительно порошковых сталей эта область мало изучена [3]. Важной особенностью порошковой металлургии является возможность создавать керметы и псевдосплавы, т.е. материалы, состоящие из компонентов с сильно отличающимися свойствами.

В настоящей работе поставлена цель выяснить возможности механической обработки псевдосплавов сталь – медь после лазерной термической обработки (ЛТО). Материал в исходном состоянии до ЛТО состоит из стальной матрицы и более легкоплавких включений меди.

Исследовались образцы, подробности изготовления которых представлены в работе [3]. Для исследования использовали спеченные образцы из порошкового материала в виде пластин с кольцевыми выступами, представляющие интерес для практики конструирования деталей нефтедобывающего оборудования.

**Материалы и методы исследования.** Образцы имели вид кольцевых выступов шириной 4 мм, внешним диаметром 40 мм и высотой около 2,8 мм на диске из того же материала толщиной 2,5 мм.

В режимах ЛТО с оплавлением на поверхности возникает характерный гребенчатый рельеф с высоким значением шероховатости поверхности [3]. Микротвердость мартенсита, образующегося при ЛТО в объеме перлитных колоний исходного материала сталь – медь, достигает 1000 HV [4]. После ЛТО образцы имели высокую твердость, в зависимости от режима 50–62 HRC. Обычная термообработка псевдосплавов сталь – медь обеспечивает твердость порядка 45 HRC [4]. Исследование микроструктуры образцов после ЛТО позволили определить, что максимально упроченный слой находится на глубине 0,2–0,3 мм от оплавленной поверхности [3]. Все перечисленные характеристики вынуждают искать способы обработки материалов после ЛТО.

В работе опробованы два вида обработки: токарная и окончательная шлифовальная. Износ инструмента оценивался визуально. Шероховатость поверхности определялась с помощью профилографа-профилометра «Абрис-ПМ7».

Токарная обработка производилась на токарно-винторезном станке повышенной точности МК6046М, инструмент – токарный резец с пластиной для обработки закаленных сталей из твердого сплава фирмы Iscar.

Шлифование производилось на внутришлифовальном универсальном полуавтомате высокой точности 3М227ВФ2 с алмазосодержащим инструментом (торцевой шлифовальной головкой) D91 фирмы Strauss & Co. Размер частиц алмаза в этом инструменте 90–75 мкм.

**Результаты исследований.** В процессе выполнения исследовательской работы опытным путем подобраны оптимальные режимы токарной обработки: частота вращения шпинделя  $n$  – 100 об/мин, подача  $S$  – 0,1 мм/мин. На рис. 1 показан вид поверхности одного из образцов после токарной обработки и вид твердосплавной пластины до и после обработки 10 образцов. Токарной обработкой снимали слой материала от 0,1–0,2 мм, шероховатость получаемой поверхности  $Ra$  – 6,3 мкм. Можно видеть, что токарная обработка материала после ЛТО вполне возможна в качестве черновой операции для снятия максимального припуска твердого оплавленного слоя.



а



б



Износ кромки  
инструмента

в

Рис. 1. Вид поверхности образца после ЛТО и токарной обработки (а), вид режущей пластины до обработки (б) и после обработки (в)

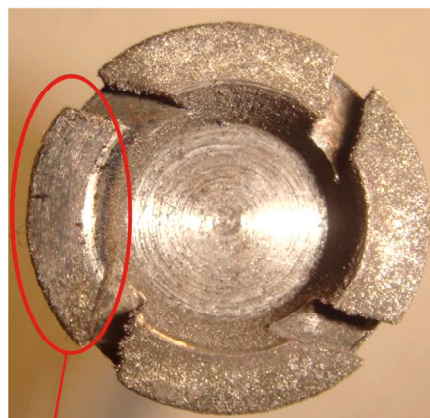
Операция шлифовальной обработки материалов проведена с целью получения высокого качества поверхности с низкой шероховатостью. Экспериментально определены оптимальные режимы: скорость вращения шлифовальной головки 20 000 об/мин, скорость вращения образца 200 об/мин, глубина съема за один проход 0,02 мм. Шлифовальная обработка исследуемого материала с помощью алмазосодержащего инструмента в принципе возможна (рис. 2), однако предпочтительней использовать инструмент на основе кубического нитрида бора, так как инструмент при обработке 10 образцов на глубину 0,1 мм подвергся значительному износу (рис. 3). Шероховатость поверхности, полученная после шлифовальной обработки,  $Ra = 0,8 \dots 1,25$  мкм.



Рис. 2. Вид поверхности образца после ЛТО и шлифовки



*a*



Катастрофический износ инструмента

*б*

Рис. 3. Вид рабочей поверхности шлифовальной головки до (а) и после (б) обработки на глубину 0,1 мм 10 образцов материала после ЛТО

Таким образом, по результатам экспериментальных исследований установлено, что механическая обработка поверхностного слоя кольцевых выступов на дисках из порошкового псевдосплава сталь – медь после лазерной термической закалки возможна. В ходе работы опробованы токарный и шлифовальной способы обработки. Определены оптимальные режимы резания для данного оборудования и инструмента. Стоит отметить, что полученные результаты указывают на перспективность проведения дальнейших исследований в данном направлении: оптимизация режимов резания и оборудования для использования полученных данных в практике изготовления деталей машин.

### Список литературы

1. Лопухов Ю.И., Шакаримов Ш.С. Термическое упрочнение поверхностей железоуглеродистых сплавов лазерным излучением [Электронный ресурс] // Вестник ВКГТУ. Науки о земле. – 2011. – № 3. – С. 10–17. – URL: [http://www.ektu.kz/files/vestnik/geo3\(53\).pdf](http://www.ektu.kz/files/vestnik/geo3(53).pdf).

2. Астапчик С.А., Бабушкин В.Б., Ивашко В.С. Структурные и фазовые превращения в сталях и сплавах при лазерной термической обработке // МиТОМ. – 1991. – № 2. – С. 2–5.

3. Исследование микроструктуры и рельефа поверхности при лазерной термической обработке тонкостенного цилиндра из порошкового псевдосплава сталь – медь / В.Г. Гилев, Е.А. Морозов, А.С. Денисова, А.М. Ханов // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2012. – Т. 14, № 4 (5). – С. 1212–1217.

4. Шацов А.А. Оптимизация состава и режимов термообработки композиционного материала сталь – медь // Изв. вузов. Цветная металлургия. – 1998. – № 5. – С. 52–56.

Получено 7.09.2013

**Морозов Евгений Александрович** – аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: morozov.laser@gmail.com).

**Русин Евгений Сергеевич** – инженер-технолог, ЗАО «Новомет-Пермь» (614065, шоссе Космонавтов, 395, e-mail: rusin.es@novomet.ru).

**Morozov Evgenii Aleksandronich** – Graduate Student, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: morozov.laser@gmail.com).

**Rusin Evgenii Sergeevich** – Process Engineer, CJSC “Novomet Perm” (614065, Perm, Kosmonavtov shosse, 395, e-mail: rusin.es@novomet.ru).