

PhD in Engineering Protsenko M. Yu., PhD student Voron'ko M. I., Senior Researcher Zavedia V.S.
(SEI HPE LPR "DonSTU", Alchevsk, LPR)

ANALYSIS OF DIFFERENT METHODS FOR DETERMINING ELECTRICITY COSTS FOR THE PROCESS OF ARC DEPTH RECOVERY OF ELEMENTS

The analysis of various methods for determining the cost of electricity for the process of arc deep recovery of elements is carried out and the reliability of the results obtained with their help is established.

Keywords: *deep arc reduction, energy costs, electrical parameters, cost price, after-furnace melt processing.*

УДК 622.73:06-52

Коваленко О. А.

к.т.н.,

Куберский С. В.

к.т.н., проф.,

ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», г. Алчевск, ЛНР,

Мурга Е. В.

г. Алчевск, ЛНР

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ЛАЗЕРНОГО УПРОЧНЕНИЯ

Приведены результаты анализа исследований твердости, износостойкости и микроструктуры инструментальных сталей при различных режимах лазерного упрочнения.

Ключевые слова: *упрочнение поверхности, лазерная обработка, износостойкость, твердость, режим питания лазера.*

Анализ различных способов упрочнения [1] позволяет установить, что для повышения стойкости наиболее рациональным является создание на поверхности слоя материала со структурой и комплексом свойств, обеспечивающих расширение диапазона нормального трения и снижение интенсивности изнашивания, позволяющего получить твердые, износостойкие поверхностные слои на различных металлических материалах. В настоящее время одним из эффективных и распространенных способов поверхностного упрочнения материалов является лазерное упрочнение, рассматриваемое в данном докладе.

Основной целью данного исследования являлось увеличение износостойкости рабочих поверхностей деталей и инструментов, изготовленных из сталей Р6М5, ШХ15 и твердого сплава Т5К10 за счет получения новых экспериментальных данных и их анализа для различных режимов лазерного упрочнения.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи:

– изучение микроструктуры и глубины упрочненных слоев при различных режимах накачки;

– определение твердости упрочненной поверхности;

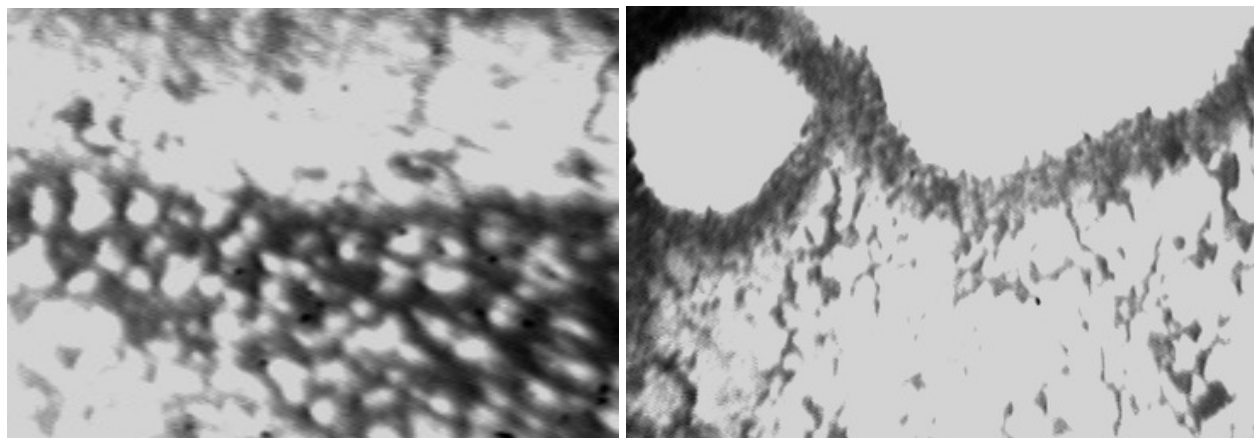
– определение износостойкости;

– разработка режима лазерного упрочнения при использовании сложного режима накачки.

Изучение микроструктуры и глубины упрочненного слоя металлографическим методом [2] выполнялось с использованием оптического микроскопа МИМ-8. Травление исследуемой поверхности образцов проводилось 3 % раствором HNO_3 в спирте. Для оценки глубины слоя применялся объектмикрометр и окулярмикрометр. Цена деления объектмикрометра 0,1 мм, при использовании увеличения микроскопа $100\times$ цена деления составляет 0,001 мм. Окулярмикрометр использовался для оценки погрешности, которая составляла допустимую величину (2–2,5 %).

Микроструктура стали ШХ15 после локального лазерного упрочнения показана на рисунке 1. Как и предполагали, основная матрица представляет собой мелкозернистую структуру (сорбит отпуска), а в зоне лазерного влияния наблюдается белый участок, который и является упрочненной поверхностью. Формирование данной структуры приводит к увеличению эксплуатационных свойств металлических изделий. Глубина слоя при «сложном» импульсе накачки в 1,5 раза меньше чем при «гладком» импульсе накачки [3]. При этом стоит отметить, что при использовании «сложного» импульса накачки структура получается более равномерной (рис. 1, а), в отличие от структуры, полученной при гладком режиме накачки (рис. 1, б).

Для оценки твердости до и после лазерного упрочнения применялся прибор Роквелла с оценкой твердости по шкале С алмазным конусом с углом при вершине 120° и нагрузкой 1500 Н [4].



а) — с использованием «сложного» импульса накачки;
б) — с использованием «гладкого» импульса накачки

Рисунок 1 — Микроструктура стали ШХ15 после лазерного упрочнения

При исследовании влияния упрочнения выполнено сравнение твердости сталей Р6М5, ШХ15 и твердого сплава Т5К10 до обработки и после лазерного воздействия сложным импульсом накачки (рис. 2). Твердость сталей при этом увеличивается примерно в 2 раза, а твердость твердого сплава остается неизменной, что связано с особенностями структурного и химического состава. Однако износостойкость твердого сплава после упрочнения увеличивается на 50 % [3].

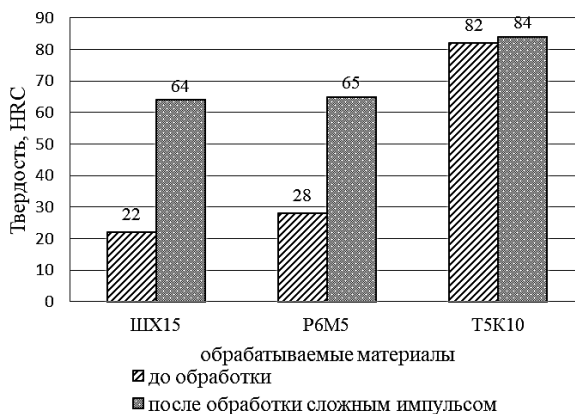


Рисунок 2 — Изменение твердости при проведении лазерного упрочнения «сложным» импульсом накачки

При оценке износостойкости выполнялось сравнение сталей Р6М5 и ШХ15 при скорости резания инструмента 75 мм/мин для закаленного инструмента и инструмента, прошедшего лазерное упрочнение с «гладким» и «сложным» импульсами накачки (рис. 3). За основу при разработке метода взят ГОСТ 27860–88 «Детали трущихся сопряжений. Методы измерения износа». Критерием износа являлось изменение величины линейного износа инструмента, которая определялась на режущих частях через определенные фиксированные промежутки времени.

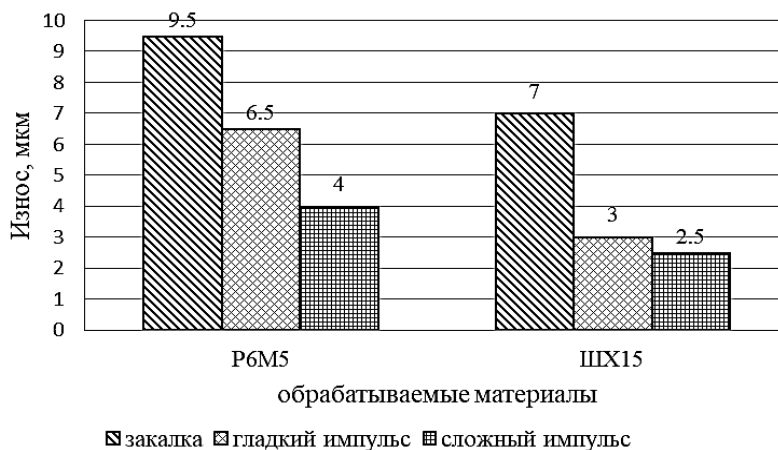


Рисунок 3 — Износ при проведении закалки и лазерного упрочнения

Как видно из приведенного выше рисунка, износ при проведении лазерного упрочнения сложным импульсом накачки в 2,4–2,6 раза ниже, чем у закаленного инструмента и в 1,6 и 1,2 раза ниже для стали Р6М5 и ШХ15 соответственно. Обращает на себя внимание тот факт, что износ стали ШХ15 при проведении исследований ниже чем у стали Р6М5.

Сравнительные оценки качества обработанной поверхности при традиционном «гладком» режиме возбуждения и возбуждении «сложным» импульсом накачки производились на установке с активным элементом из алюмоиттриевого граната, легированного неодимом (установка «Квант»). Исследования позволили разработать режим питания ламп накачки, при котором в активной среде возбуждаются коллективные взаимодействия возбужденных активных центров. Данный эффект позволяет значительно повысить энергетическую эффективность лазеров как в режиме модуляции добротности, так и режиме свободной генерации. При этом наблюдается увеличение выходной энергии лазера в 1,3 раза по сравнению с традиционным способом возбуждения, более равномерное распределение интенсивности излучения по торцу активного элемента, что привело к уменьшению расходимости излучения в 1,4 раза, позволяет получить высокую повторяемость параметров излучения, обусловленную более эффективным использованием запасаемой в активной среде энергии.

Таким образом, разработка такого режима упрочнения производится для конкретного лазера с учетом типоразмера активного элемента, концентрации активных центров и режима генерации, а также с учетом обрабатываемого материала, с оценкой конкретных, требуемых характеристик.

Список литературы

1. Луценко, В. А. Выбор метода упрочнения разделительных штампов / В. А. Луценко, О. А. Коваленко, П. В. Боровик // Сб. научн. тр. Донбасского государственного технического университета. — Алчевск : ДонГТУ, 2008. — Вып. 27. — С. 171–179.
2. Гуляев, А. П. Металловедение / А. П. Гуляев. — М. : Металлургия, 1986. — 647 с.
3. Куберский, С. В. Влияние технологических параметров лазерного упрочнения на износостойкость изделий из стали и сплавов / С. В. Куберский, О. А. Коваленко, Е. В. Мурга,

С. В. Мурга // Сб. науч. тр. Донбасского государственного технического университета. — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2020. — Вып. 18 (61). — С. 71–76.

4. ГОСТ 9013–059 (ИСО 6508–86). Металлы. Метод измерения твердо по Роквеллу. — М. : Изд-во стандартов, 1986. — 13 с.

© Коваленко О. А.

© Куберский С. В.

© Мурга Е. В.

PhD in Engineering Kovalenko O. A., PhD in Engineering Kuberskiy S. V., Murga E. V.

(SEI HPE LPR “DonSTU”, Alchevsk, LPR)

CHANGE OF PROPERTIES AND STRUCTURE AT DIFFERENT MODES OF LASER HARDENING

The results of the analysis of studies of hardness, wear resistance and microstructure of tool steels under various modes of laser hardening are presented.

Keywords: *surface hardening, laser processing, wear resistance, hardness, laser power mode.*

УДК 669.04:669.046.558.3

Проценко М. Ю.

к.т.н., доц.,

Воронько М. И.

асс.,

Белан И. А.

магистрант

ГОУ ВПО «ДонГТУ», г. Алчевск, ЛНР

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ РУДНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ ПРОЦЕССА ДУГОВОГО ГЛУБИННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ КРЕМНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕЕ СОСТАВА

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния состава рудно-восстановительной смеси на ее предел прочности при сжатии после термического удара. Установлено что рудно-восстановительная смесь с использованием каменноугольного пека в качестве связующего имеет более высокий предел прочности при сжатии в сравнении с цементом и жидким стеклом, что будет препятствовать преждевременному разрушению рудно-восстановительной смеси в процессе внепечной обработки железоуглеродистых расплавов.

Ключевые слова: *прочность, рудно-восстановительная смесь, дуговое глубинное восстановление, кокс, связующее, термический удар, цемент, жидкое стекло, каменноугольный пек.*

Сотрудники кафедры «Металлургия черных металлов» разработали технологию внепечной обработки железоуглеродистых расплавов, которая получила название метод дугового глубинного восстановления (ДГВ). Данная технология близка по своей сути к процессам получения ферросплавов, и предусматривает восстановление в зоне электрической дуги необходимых для раскисления-легирования элементов непосредственно в жидкий металл. Одним из основных преимуществ ДГВ является возможность использования в качестве основного рудного материала отходы металлургического производства и вторичное сырье. В настоящее время проводится исследование по усовершенствованию технологии ДГВ для насыщения расплава кремнием, восстановленным из песка.