

УДК 621.9.048.6:621.794

**Иванов Владимир Витальевич, Ягмуров Михаил Алексеевич,  
Сугаров Хазби Русланович**

## **ПОВЫШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЛИ 20X ВИБРАЦИОННОЙ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ И ОБЪЕМНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ЛАЗЕРНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ**

*В статье приведены результаты исследований изменения физико-механических свойств стали 20X в результате применения комбинированного метода упрочнения вибрационной механохимической обработкой и объемным импульсным лазерным упрочнением*

*Ключевые слова: вибрационная механохимическая обработка, покрытие металлов, объемное импульсное лазерное упрочнение, сталь 20X, коррозионная стойкость, износостойкость.*

**Ivanov Vladimir V., Yagmurov Mikhail A., Sugarov Hazby R.  
IMPROVED PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF STEEL 20X THROUGH  
VIBRATION MECHANIC-CHEMICAL TREATMENT AND VOLUMETRIC IMPULSE  
LASER REINFORCEMENT**

*The item offers a view on the results obtained from studying the changes in the physical and chemical properties of Steel 20X as a result of employing the combined method of hardening through vibration mechanic-chemical treatment and impulse-laser reinforcement.*

*Key words: vibration mechanic-chemical, metal coating, volumetric impulse laser reinforcement, Steel 20X, corrosion resistance, wear resistance.*

Вибрационные механохимические покрытия являются неотъемлемой частью комбинированных методов обработки. Интерес к этому направлению возрастает в связи с созданием новых видов изделий, возникновением новых требований к качеству поверхности, для удовлетворения которых традиционные пути не всегда оптимальны.

Твердые тела непосредственно участвующие в процессе формирования вибрационных механохимических покрытий всегда обладают способностью в той или иной степени поглощать (адсорбировать) из окружающей среды на своей поверхности молекулы, атомы или ионы.

Разностороннее изучение процессов адсорбции отражено в работах А. А. Титова, Н. Д. Зилинского, А. В. Раковского и др. Обширные исследования проводились М. М. Дубининым, А. В. Киселевым по установлению тонкой структуры пор различных адсорбентов и определению температуры адсорбции, которые привели к значительному прорыву в изучении природы адсорбционных процессов и возможности правильной оценки адсорбентов [1]. Многочисленные исследования в этой области привели к ряду интересных выводов для многих практически важных процессов.

В процессе виброволнового воздействия поверхность металла подвергается многочисленным разнонаправленным ударам, пластической деформации и, как следствие, активации поверхности; одновременно имеют место такие явления как адсорбция и диффузия. Исходя из этого, процесс формирования ВиМХЦП будет проходить по следующей схеме.

В результате проведенных коррозионных испытаний установлено, что ВиМХЦП по коррозионной стойкости превосходит цинковое покрытие, полученное традиционным методом. Установлено, что наибольшему коррозионному разрушению подвергаются цинковые покрытия с малой толщиной 6 мкм.

В коррозионной среде цинковое покрытие начинает разрушаться с первых дней испытаний, процесс прогрессирует довольно быстро с образованием гидратов окислов цинка. Большое значение в разрушении цинковых покрытий играет пористость: чем меньше толщина покрытия, тем она выше, следовательно, агрессивная среда проникает к основному металлу легче.

Учитывая то, что строение вибрационного механохимического цинкового покрытия имеет плотно упакованную пористую структуру, а, следовательно, препятствует проникновению агрессивной среды к поверхности металла, деталь получает большую степень защиты.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что коррозионная стойкость вибрационного механохимического цинкового покрытия в 1,7–2,0 раза выше, чем у гальванических цинковых покрытий полученных при стационарном режиме.

Нами разработана технология комбинированного упрочнения, включающая объемное импульсное лазерное упрочнение (ОИЛУ) с последующей вибрационной механохимической обработкой (ВМО) поверхности стали 20Х. Это дает возможность повышения эксплуатационных характеристик – коррозионной стойкости, износостойкости, сопротивления статическому и усталостному разрушению.

Метод объемного импульсного лазерного упрочнения основано на изменении структуры материала вследствие прохождения ударной волны инициированной лазерным импульсом (рис. 1) с полезной энергией 200–400 Дж, что при длительности импульса  $0,8 \cdot 10^{-3}$  с и диаметре луча лазера 1,2–2,0 мм позволяет облучать образец с плотностью энергии 50–278 МДж/м<sup>2</sup> или с плотностью мощности 62,5–347,5 ГВт/м<sup>2</sup>. ОИЛУ позволяет упрочнять материал по локальному объему до 30 миллиметров во всех направлениях (рисунок 2) [2].

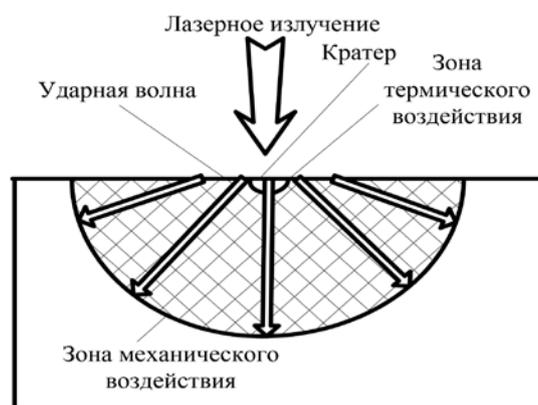


Рис. 1. Механизм объемного импульсного лазерного упрочнения

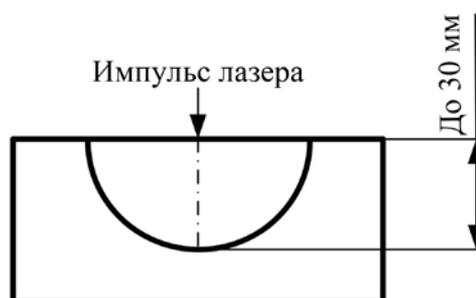


Рис. 2. Зона упрочнения материала при использовании объемного импульсного лазерного упрочнения

Вибрационная механохимическая обработка в предлагаемом комбинированном методе упрочнения представляет собой нанесение твердосмазочного покрытия на основе дисульфида молибдена (MoS<sub>2</sub>), которое позволяет повышать износостойкость ответственных деталей, входящих в пары трения различных изделий [3].

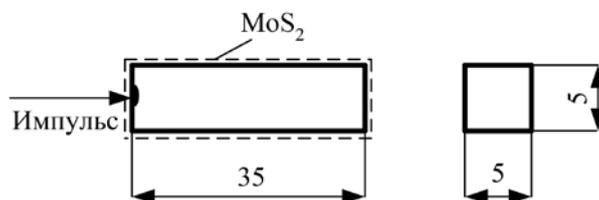


Рис. 3. Схема упрочнения образцов для испытаний

Проведенные испытания образцов (рис. 3) на износостойкость согласно стандарту ASTM B611-85 и прочность согласно стандарту ИСО ISO/CD 3327 позволили установить [4]:

- повышение износостойкости в 1,25–1,3 раза;
- повышение прочности на изгиб в 1,2–1,22 раза.

Таким образом, технология комбинированного упрочнения ОИЛУ + ВМО позволяет существенно повысить механические свойства стали 20Х, что делает ее перспективной для упрочнения ответственных деталей машин.

#### Литература

1. Бабичев А. П., Бабичев И. А. Основы вибрационной технологи. Изд.2е, перераб. и доп. Ростов-н/Д.: Издательский центр ДГТУ, 2008г. 694 с.
2. Пинахин И. А., Иванов В. В., Черниговский В. А. Исследование изменения наноструктуры твердых сплавов после объемного импульсного лазерного упрочнения // Наноинженерия. Научно-технический журнал. М.: Изд-во «Машиностроение». 2014. № 2. С. 13–17.
3. Бабичев А. П., Иванов В. В., Худалей С. Н., Мотренко П. Д., Анкудимов Ю. П., Бабичев И. А. Вибрационная механохимия в процессах отделочно-упрочняющей обработки и покрытий деталей машин: монография. Ростов н/Д.: Издательский центр ДГТУ, 2012. С. 204.
4. Пинахин И. А., Тоескин С. А. Комплексное исследование влияния объемного импульсного лазерного упрочнения (ОИЛУ) на стойкость твердосплавного режущего инструмента // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. Научный журнал. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2013. № 1. С. 100–103.

УДК 550.3

**Керимов Абдул-Гапур Гусейнович, Волошина Татьяна Владимировна,  
Сторчак Екатерина Викторовна, Керимова Елизавета Гапуровна**

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРОМЫВКИ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ПРОБОК

*В статье рассматривается комплекс автоматизированного контроля параметров технологического процесса очистки скважины от песчанно-глинистых пробок.*

**Ключевые слова:** разработка, автоматизированный комплекс, скважина, песчанно-глинистые пробки, клапан, эжектор.

**Kerimov Abdul-Gapur G., Voloshina Tatyana V., Storchak Ekaterina V., Kerimova Elizaveta G.  
AUTOMATED SYSTEM FOR SAND-CLAY JAM WASHING**

*The item offers a view on the comprehensive control over the technological parameters of cleaning wells from sand-clay jams.*

**Key words:** development, automated complex, well, sand-clay jam, valve, ejector.

Для проведения капитального ремонта скважин с применением новых технологий промывки песчано-глинистых пробок с использованием энергии пласта в скважинах газовых месторождений и ПХГ актуальным является разработка комплекса автоматизированного контроля параметров технологического