

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ТВЕРДОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ПРИМЕНЕНИЕМ СВС-РЕАКЦИЙ

**Ковалевский С. В., Стародубцев И. Н., Севрюкова Н. В.**

Одним из современных методов улучшения эксплуатационных характеристик деталей машин, режущего инструмента является применение СВС-реакций. Этот способ позволяет увеличивать эксплуатационные характеристики, такие как прочность, износостойкость, коррозионностойкость. Приведен анализ ранее используемых методов упрочнения поверхностей деталей машин. Представлен способ упрочнения поверхностей деталей машин методом СВС-реакций под действием энергии коронного разряда, который позволил повысить надежность, износостойкость и качество изготавливаемой продукции, повысить ее конкурентоспособность, а также снизить материальные затраты производства. В результате опытов было выявлено повышение твердости и износостойкости при использовании метода СВС-обработки. Анализ результатов исследований показал влияние состава СВС-смеси и режимов обработки на эксплуатационные свойства деталей машин.

Одним із сучасних методів поліпшення експлуатаційних характеристик деталей машин, ріжучого інструменту є застосування СВС-реакцій. Цей спосіб дозволяє поліпшувати експлуатаційні характеристики, такі як міцність, зносостійкість, корозійностійкість. Наведено аналіз раніше використовуваних методів зміцнення поверхонь деталей машин. Представлений спосіб зміцнення поверхонь деталей машин методом СВС-реакцій під дією енергії коронного розряду, який дозволив підвищити надійність, зносостійкість і якість продукції, що виготовляється, підвищити її конкурентоспроможність, а також знизити матеріальні витрати виробництва. В результаті досліджень було виявлено підвищення твердості і зносостійкості при використанні методу СВС-обробки. Аналіз результатів досліджень показав вплив складу СВС-суміші і режимів обробки на експлуатаційні властивості деталей машин.

One of the modern methods of improving the performance of machine parts, cutting tools is the use of SHS reactions. This method allows to increase the performance characteristics such as strength, wear resistance, corrosion resistance. The analysis of the previously used methods of surface hardening of machine parts. A method for surface hardening of machine parts SHS-induced reactions action of energy corona discharge, which will improve the reliability, durability and quality of manufactured products, improve its competitiveness and reduce material costs of production. The experiments revealed increased hardness and abrasion resistance when using the SHS process. The studies showed the effect of SHS mixture and processing conditions on the performance of the machine parts.

Ковалевский С. В.

д-р техн. наук, проф., зав. каф. ТМ ДГМА  
tiur@dgma.donetsk.ua

Стародубцев И. Н.

аспирант ДГМА

Севрюкова Н. В.

магистр ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.774.001

**Ковалевский С. В., Стародубцев И. Н., Севрюкова Н. В.**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ТВЕРДОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ПРИМЕНЕНИЕМ СВС-РЕАКЦИЙ**

Тяжелое машиностроение является ведущей отраслью всей промышленности, ее «сердцевиной». Продукция предприятий машиностроения играет решающую роль в реализации достижений научно-технического прогресса во всех областях хозяйства. На долю машиностроительного комплекса приходится почти 30 % от общего объема промышленной продукции. В Японии, Германии, США удельный вес машиностроения в промышленной структуре составляет 40–50 % [1, 2]. От уровня развития машиностроения зависят важнейшие удельные показатели валового внутреннего продукта страны (материалоемкость, энергоемкость и т. д.), производительность труда в других отраслях народного хозяйства, уровень экологической безопасности промышленного производства и обороноспособность государства [3].

Одним из современных методов повышения эксплуатационных характеристик деталей машин, режущего инструмента, литейного оборудования является применение СВС-покрытий. Этот метод позволяет заменить энергоемкую химико-термическую обработку (цементация, азотирование, борирование и т. п.) на менее энергоемкое и не менее эффективное поверхностное упрочнение деталей машин. Этот способ позволяет увеличивать эксплуатационные характеристики, такие как прочность, износостойкость, коррозионностойкость [4–6].

Целью данной работы является изучение влияния СВС-покрытий на эксплуатационные характеристики деталей машин, подбор наиболее оптимальных режимов обработки для проведения реакции, что повысит надежность и качество изготавливаемой продукции, повысит ее конкурентоспособность, а также снизит материальные затраты производства.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи, связанные с материалами, используемыми для создания смесей и обеспечивающими экзотермичность реакции; подбором параметров инициации процесса горения и режимов обработки; исследованием изменения прочностных характеристик деталей машин при внедрении СВС-реагентов под действием энергии коронного разряда; анализом полученных экспериментальных данных.

В результате проведения экспериментальных исследований и их математической обработки выявлено влияние СВС-покрытий веществ на прочностные характеристики деталей машин, а также определены наиболее оптимальные режимы обработки, обеспечивающие максимальный эффект.

Значимость данной работы заключается в исследовании возможности применения СВС-процессов и СВС-материалов для упрочнения шевронного вала-шестерни взамен традиционным методам химико-термической обработки, что позволяет улучшить качество и конкурентоспособность изготавливаемой продукции, а также снизить себестоимость ее изготовления.

Суть данного метода заключается в ионной имплантации реагентов (углерод и медь) в среде коронного разряда с применением СВС-реакций. При совмещении этих двух процессов, образуется упорядоченная структура поверхностного слоя обрабатываемой детали с повышенной твердостью. В качестве финишной обработки было применено выглаживание, что позволило повысить качество поверхности за счет снижения шероховатости и повышения твердости.

В качестве исходных параметров были: состав СВС (С, Си), толщина слоя СВС-покрытия ( $t$ , мм), зазор между обрабатываемой деталью и электродом ( $z$ , мм), величина подачи ( $S$ , мм/мин). Обработка проводилась при постоянном токе  $I = 90$  А и скорости  $V = 5$  м/мин, материал детали – сталь 40Х с твердостью 217 НВ.

Образец подвергается предварительной токарной обработке на токарно-винторезном станке мод. 1К625 резцом проходным из твердого сплава Т5К10. После чего на валок наносятся предварительно приготовленные смеси СВС + углерод и СВС + медь равномерным слоем толщиной 1 и 2 мм (рис. 1). Устанавливается на станок, подводится электрод и производится обработка вала в среде коронного разряда (рис. 2). Устанавливаются режимы резания  $S = 0,08; 0,2$  и  $0,3$  мм/об и  $n = 40$  об/мин. Включается сначала шпиндель (деталь вращается), затем автоматическая подача.



Рис. 1. Деталь с СВС-покрытием



Рис. 2. Горение СВС-покрытия в среде коронного разряда

После проведения СВС-реакции, образцы выглаживались (рис. 3). В качестве инструмента применяется выглаживатель из твердого сплава.

Обработка велась на следующих режимах:

- частота вращения 40 об/мин;
- скорость обработки 5 м/мин;
- сила тока 90 А.

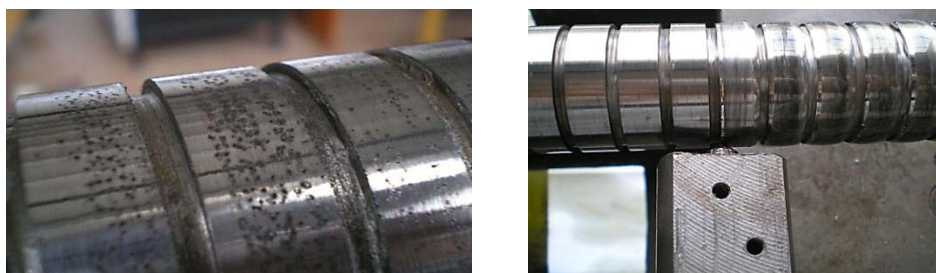


Рис. 3. Выглаживание поверхности детали

Также проводились измерения твердости и фотография металлической структуры (рис. 4).

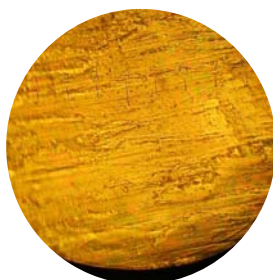


Рис. 4. Структура поверхности детали после выглаживания при увеличении в 500 раз

Для полученных данных была составлена Нейросетевая модель. По результатам обработки данных были построены графики зависимости шероховатости от подачи (рис. 5, 6), твердости от подачи (рис. 7, 8) и износостойкости от времени обработки (рис. 9) для разных толщин СВС-покрытия и зазоров между деталью и электродом.

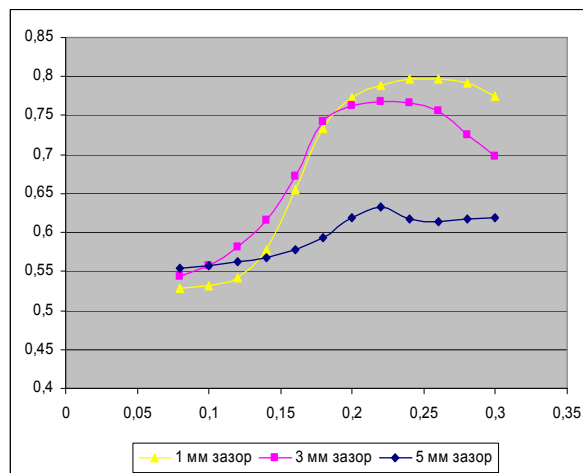
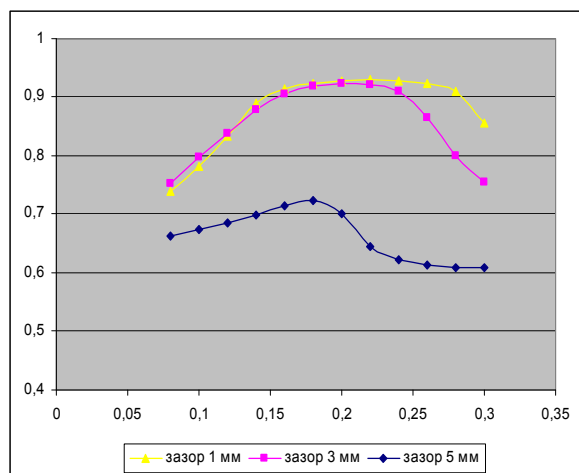


Рис. 5. Зависимости шероховатости от величины подачи для СВС-покрытия с углеродом при толщине слоя 1 мм и 2 мм

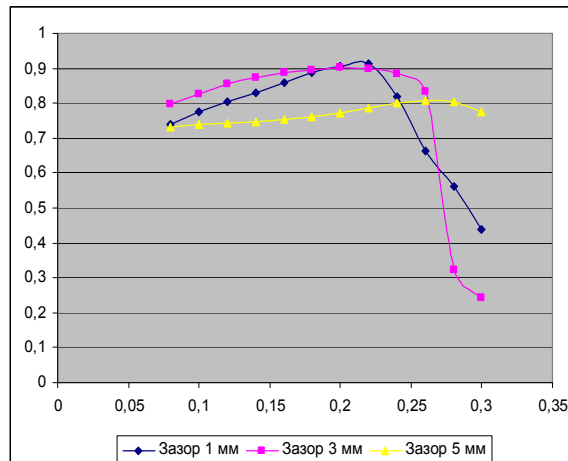
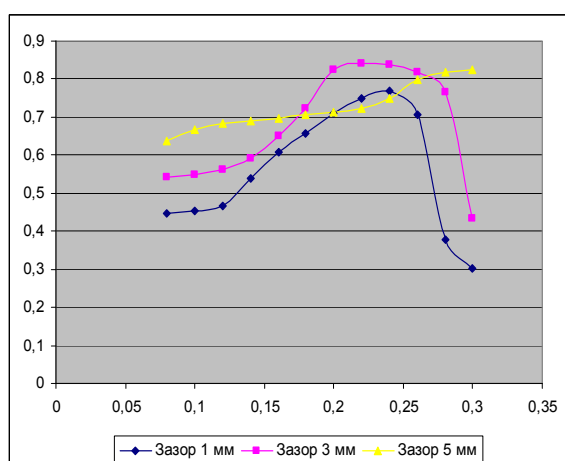


Рис. 6. Зависимости шероховатости от величины подачи для СВС-покрытия с медью при толщине слоя 1 мм и 2 мм

Как видно из графиков зависимости шероховатости поверхности от величины подачи, для состава с содержанием углерода с увеличением подачи шероховатость увеличивается, но с достижением значения 0,2 мм/об идет на спад. Наименьший показатель шероховатости зафиксирован при толщине слоя СВС-покрытия 1 мм и зазоре между электродом и поверхностью детали 5 мм. Из графика зависимости твердости от величины подачи можно сделать вывод, что для смеси с содержанием углерода наиболее оптимальным является режим обработки, при котором толщина слоя 1 мм, зазор между электродом и деталью 1 мм и подача 0,2 мм/об. Проанализировав графики зависимости шероховатости поверхности от величины подачи для смеси с содержанием меди, можно сделать вывод, что при достижении значения подачи 0,2 мм/об шероховатость резко снижается. Исходя из графиков зависимости твердости от величины подачи, можно прийти к выводу, что наиболее оптимальным режимом обработки является режим с параметрами: толщина слоя 2 мм, зазор 1 мм и подача 0,3 мм/об.

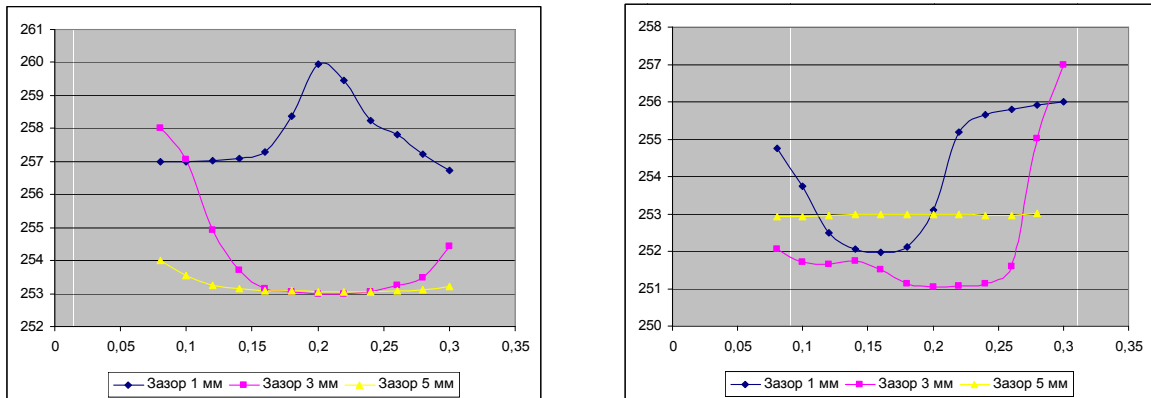


Рис. 7. Зависимости твердости от величины подачи для СВС-покрытия с углеродом при толщине слоя 1 мм и 2 мм

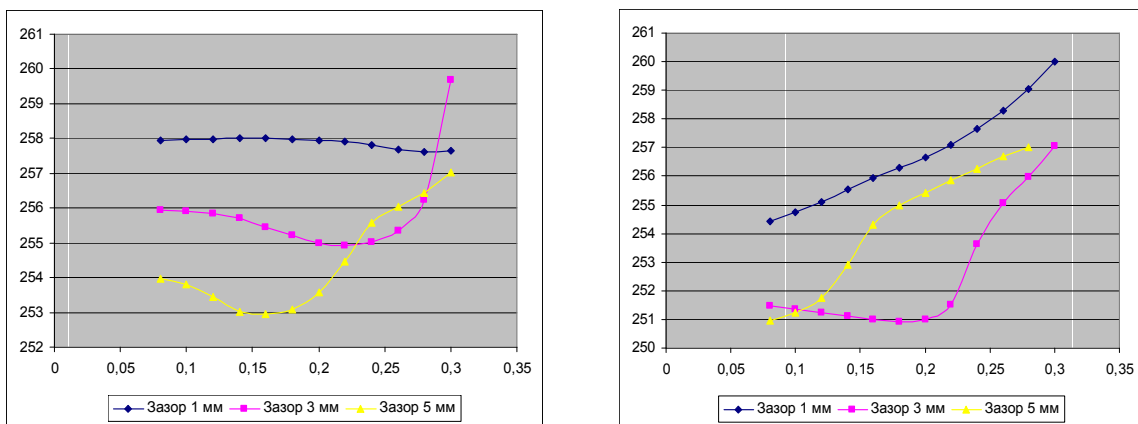


Рис. 8. Зависимости твердости от величины подачи для СВС-покрытия с медью при толщине слоя 1 мм и 2 мм

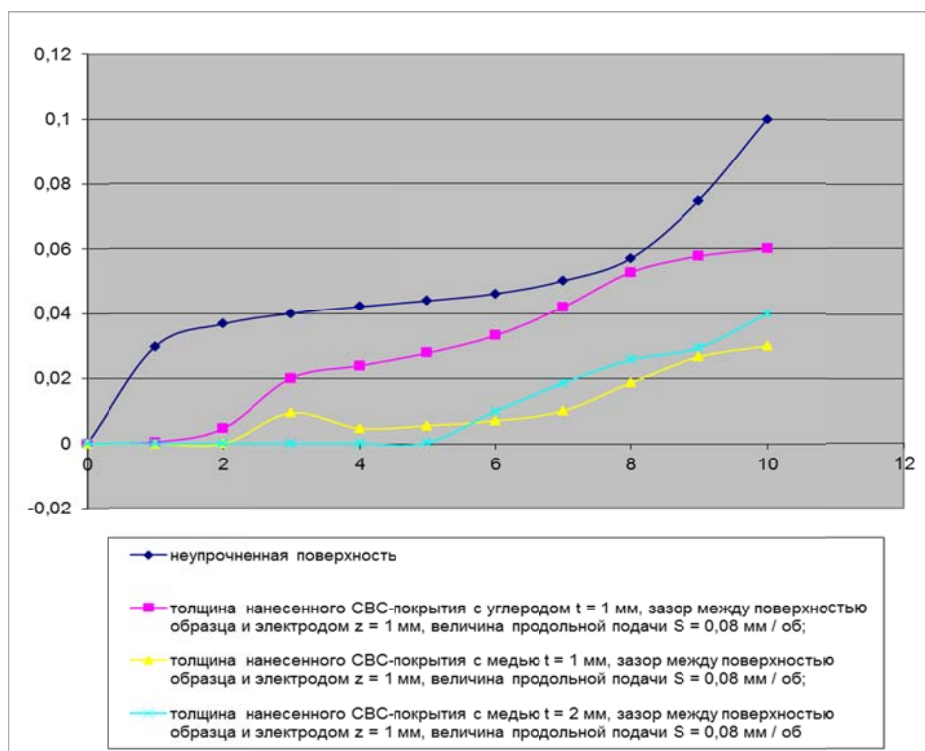


Рис. 9. Зависимости износостойкости от времени обработки

Таким образом, можно сделать вывод, что применение СВС-реакций под действием энергии коронного разряда позволяет значительно повысить твердость поверхностного слоя, износостойкость и улучшить качество поверхности.

Как видно из графика зависимости износостойкости от времени обработки, наибольшую износостойкость имеет пояс с покрытием с содержанием меди толщиной 1 мм и обработанный при продольной подаче 0,08 мм/об и межэлектродном зазоре 1 мм.

Анализируя полученные результаты экспериментов, можно заметить значительное возрастание твердости образцов. Это еще раз свидетельствует о необходимости дальнейших исследований в данном направлении.

Исходя из результатов проведенных исследований, можно сделать вывод, что применение СВС-реакций с энергией коронного разряда позволяет значительно повысить твердость поверхностного слоя, износостойкость и улучшить качество поверхности.

На основе выдвинутых гипотез, предположений и проведенных исследований, предлагается применение метода упрочнения с применением СВС-реакций для детали представителя «Вал-шестерня», заменяя термообработку данным методом, при условии получения необходимых параметров поверхностного слоя.

Вал-шестерня является входным кинематическим элементом скиповой лебедки ЛС 25. Крутящий момент вал-шестерня получает с вала электродвигателя с помощью зубчатой муфты, а передает на промежуточный вал посредством зубчатого соединения.

Заменяя термообработку данным методом, при условии получения необходимых параметров поверхностного слоя, экономится достаточно много энергии и норм времени, особенно для крупногабаритных деталей машин, что является приемлемым в условиях рыночной экономики.

## ВЫВОДЫ

Систематизация имеющихся данных позволила выявить средства и материалы, с которыми предстоит работать, а также составить план и ход эксперимента. Для проведения экспериментов были выбраны следующие компоненты: углерод (С) и медь (Cu). Результаты исследований показали наличие изменения поверхностных характеристик материалов вследствие внедрения интерметаллидов в виде углерода и меди. Использование данного метода позволило увеличить твердость образцов на 20 % и значительно повысить износостойкость поверхности по сравнению с необработанной поверхностью. Данный метод также позволил снизить энергозатраты и затраты на оборудование для повышения твердости и износостойкости поверхности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мержанов А. Г. *Твердопламенное горение* / А. Г. Мержанов, А. С. Мукасян. – Москва : Торус Пресс, 2007. – 336 с.
2. Столин А. М. *Новые износ- и коррозионно-стойкие электродные материалы для электроискрового легирования, полученные методом СВС-экструзии* / А. М. Столин, А. Г. Мержанов // *Техника машиностроения*. – 2003. – № 1(41). – С. 15–29.
3. Серeda Б. П. *Научные и технологические основы химико-термической обработки сталей в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза* : дис. д-ра техн. наук : 05.02.01 / Серeda Б. П. ; Московский гос. автомобильно-дорожный ин-т (Технический ун-т). – М., 2005. – 414 с.
4. *Самораспространяющийся высокотемпературный синтез : теория и практик* / отв. ред. А. Е. Сычев. – Черноголовка : Территория, 2001. – 432 с., табл., ил.
5. *Концепция развития самораспространяющегося высокотемпературного синтеза как области научно-технического прогресса* / отв. ред. А. Г. Мержанов. – Черноголовка : Территория, 2003. – 368 с.
6. Климчук Е. Г. «Органический СВС» в монографии Мержанова А. Г. «Концепция развития СВС как области научно-технического прогресса» / Е. Г. Климчук. – Черноголовка : Территория, 2003. – С. 112–118.