

UDC 621.787

Borodiy Y, Ph.D. in Engineering

National Technical University of Ukraine
"Kyiv Polytechnic Institute named Igor Sikorsky" /
Ukraine

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT COATING INCREASED WEAR RESISTANCE TYPE FOR DETAILS SHAFT

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ ПІДВИЩЕНОЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НА ДЕТАЛІ ТИПУ ВАЛУ

Abstract: The article is devoted development of technologies of the superficial strengthening of details of machines as billows by creation of the combined multi-layered wearproof coverages with the set properties. The got results present practical interest for technological developments which provide forming of coverages with necessary operating properties for the different terms of work of details of machines, and also information about possibility of change of properties of coverages. Causing of electro-spark coverages increases operating firmness of details of machines in 3-6 times.

Keywords: superficial strengthening, details of machines, electro-spark alloying, surface plastic deformation, wearproof coverages.

INTRODUCTION

More efficient use of modern technology in various industries can achieve continuation of its operational lifetime by surface hardening of working surfaces, as well as its fast and high-quality repair and restoration parts. Considerable interest for the practice of electro-spark alloying method (ESA), which belongs to a group of electro methods of surface hardening of machine parts. The main advantage of the method is the ability to transfer to the surface of the treated materials hardness (carbide), the high strength of adhesion layer reinforced with a base coating without significant deformation of parts. A significant effect can be achieved using the combined technology of hardening of machines with a combination of ESA and surface plastic deformation (SPD). With the combined strengthening is possible to create multi-layer wear-resistant coatings on working surfaces of machine parts. This manages to largely overcome the disadvantages of each method to strengthen and control the properties of the coating.

PROBLEM STATEMENT

The purpose of research is to develop technologies in surface hardening of machine parts such shafts by creating multilayer composite wear-resistant coatings with specified properties.

MAIN ARTICLE

Анотація: Стаття присвячена розробці технологій поверхневого зміцнення деталей машин типу валів шляхом створення комбінованих багатошарових зносостійких покриттів з заданими властивостями. Отримані результати представляють практичний інтерес для технологічних розробок, що забезпечують формування покриттів з необхідними експлуатаційними властивостями для різних умов роботи деталей машин, а також інформацію про можливість зміни властивостей покриттів. Нанесення електроіскрових покриттів збільшує експлуатаційну стійкість деталей машин в 3-6 разів.

Ключові слова: поверхневе зміцнення, деталі машин, електроіскрове легування, поверхневе пластичне деформування, зносостійкі покриття.

ВСТУП

Підвищення ефективності використання сучасної техніки в різних галузях промисловості можна досягнути продовженням її експлуатаційного ресурсу шляхом поверхневого зміцнення робочих поверхонь, а також її швидкий і якісний ремонт та відновлення деталей. Значний інтерес для практики становить метод електроіскрового легування (ЕІЛ), який відноситься до групи електрофізичних методів поверхневого зміцнення деталей машин. Основні переваги методу полягають в можливості переносу на поверхню, що обробляється, матеріалів високої твердості (твердих сплавів), в високій міцності зчеплення зміцненого прошарку з основою, нанесенні покриття без помітної деформації деталей. Значного ефекту можна досягти, використовуючи технології комбінованого зміцнення деталей машин з поєднанням ЕІЛ та поверхневого пластичного деформування (ППД). За допомогою комбінованого зміцнення з'являється можливість створення багатошарових зносостійких покриттів на робочих поверхнях деталей машин. При цьому вдається в значній мірі подолати недоліки кожного методу зміцнення, а також керувати властивостями покриття.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Метою досліджень є розробка технологій поверхневого зміцнення деталей машин типу валів шляхом створення комбінованих багатошарових зносостійких покриттів з заданими властивостями.

ОСНОВНИЙ ТЕКСТ СТАТТІ

The study of surface hardening of machines such as shafts used the following methods of applying coatings mono:

1. Electro-spark alloying (ESA).
2. Surface plastic deformation (SPD) - breaker or ball.

In addition, investigated the combined surface hardening methods:

1. Electrophysical methods and superficial plastic deformation:

- SPD+ESA carbide electrode+SPD.
- Multiple coating ESA+SPD+ESA+SPD (4 passes) [1].

2. The combination of different types of electric-spark alloying:

- ESA graphite electrode following ESA carbide electrode, graphite electrode ESA and ESA copper electrode;

- Coating several layers ESA through different modes.

To assess the effectiveness of the laboratory used to strengthen research on friction machine on a "shaft-liner". Studies have shown an increase in wear resistance of annealed steel U7 (HV 220...240) with a combined surface after driving 25 km - 4 times, with mileage of 50 kilometers – 2,5 times, and hardened steel 45 (HV 337 and HV 420) with a combined coverage after driving 22 km by 5 times.

On the basis of the studies concluded that strengthening the combined surface coating scheme SPD→ESA→SPD→ESA→SPD [1] to create a multi-layer structure to increase the hardness of working surfaces 2-2,5 times and surface wear resistance in 1,5-5 times. When applying the combined wear-resistant coating scheme SPD→ESA→SPD→ESA→SPD [1] arising from hardened areas of hardened multilayer structure and several times re-hardened volumes, which increased the composition of tungsten carbide and lenses.

As a result, developed the technology increasing durability of machines such as shafts, crests locomotive bogies, axles cement packing machinery, which includes the pre-deformuван plastic surface of the ball with a device that is installed in the tool carriers screw-cutting lathe, mechanized ESA solid smoke using a special alloy head, also located in the tool carriers. The running mode should be optimal. This primarily refers to efforts of breaking-in (pressure balloons for detail), supply and number of passes. Definition modes of breaking-in complicated by the fact that the relationship between him and the degree of roughness enhancement and nonlinear. Some optimization efforts by 10 mm balls held in [2]. It was established that the best steel for plastic load is 200...350 kg. Increased pressure on the surface leads to a violation of the integrity of the metal on the surface and the occurrence of peeling surface. The hardness of parts after breaking-in not exceed 50 HRC.

By emerging technologies hardened surface

В процесі дослідження поверхневого зміцнення деталей машин типу валів використовувались наступні методи нанесення монопокриттів:

1. Електроіскрове легування (ЕІЛ).
2. Поверхнєве пластичне деформування (ППД) - обкочування роликком або кулею.

Окрім того, досліджувались комбіновані методи поверхневого зміцнення:

1. Електрофізичні методи та поверхнєве пластичне деформування:

- ППД+ЕІЛ твердосплавним електродом + ППД.
- Багатократне нанесення покриття ЕІЛ+ППД+ЕІЛ+ППД (до 4 проходів) [1].

2. Поєднання різних видів електроіскрового легування:

- ЕІЛ графітовим електродом, наступне ЕІЛ твердосплавним електродом, ЕІЛ графітовим електродом та ЕІЛ мідним електродом;
- Нанесення покриття в декілька прошарків шляхом проведення ЕІЛ різними режимами.

В результаті була розроблена технологія підвищення зносостійкості деталей машин типу валів, гребенів колісних пар локомотивів, валів цементних фасувальних машин, яка включає попереднє поверхнєве пластичне деформування кулькою за допомогою пристрою, який встановлюється в різцетримач токарно-гвинторізного верстату, механізоване ЕІЛ твердим сплавом за допомогою спеціальної головки, теж розташованої в різцетримачі. Режим обробки обкочуванням повинен бути оптимальним. В першу чергу це відноситься до зусилля обкочування (тиску кульки на деталь), подачі та кількості проходів. Визначення режимів обкочування ускладнюється тим, що залежність між ним та ступенем зміцнення та шорсткістю нелінійна. Деяка оптимізація по зусиллю для кульки 10 мм проведена в роботі [2]. Встановлено, що оптимальним для пластичних сталей є навантаження 200...350 кг. Збільшення тиску на поверхню приводить до порушення цілісності металу на поверхні та виникненню лущення поверхні. Твердість деталей при обкочуванні не повинна перевищувати 50 HRC.

По запропонованій технології формується зміцнений поверхневий шар, твердість якого на поверхні досягає 1200 HV. Його припрацювання супроводжується полірувальним ефектом.

Роль твердих часток, які знаходяться на робочій поверхні деталі, не вичерпується їх високою зносостійкістю. Можна припустити, що вони блокують пластичну течію металу із зони контакту, де створюється високий тиск. Важливе значення має міцність з'єднання твердих часток з основним матеріалом. Матеріал деталі та тверді частки повинні працювати як єдине ціле, що можливо забезпечити комбінованими методами нанесення зносостійких покриттів. При ЕІЛ поверхні деталі твердим сплавом утворені структурні елементи, їх кількість та характер розташування залежить також від початкового структурного стану поверхневого шару, точніше від енергетичного стану атомів на поверхні. Він може бути змінений методами поверхневого пластичного деформування. Густина дислокацій, наприклад в сталі 45 після обкочування кулькою, збільшується на порядки. Якщо розглянути

layer, which on the surface hardness up to 1200 HV. It is accompanied by grinding in polishing effect.

The role of the solid particles that are on the working surface of the part is not confined to high wear resistance. We can assume that they block the plastic flow of metal from the contact area, where a high pressure. Equally important is the strength of the connection with the main particulate material. Material of solids and must work as a whole, it is possible to provide the combined methods of hardfacing. When ESA workpiece surface hard alloy formed by structural elements, the number and nature of the arrangement depends on the initial structural state of the surface layer, more of the energy state of atoms on the surface. It can be changed methods of surface plastic deformation. The density of dislocations, such as the steel 45 after break-ball increases by orders of magnitude. If you look at the deployment of space as a space with atoms of increased activity, the number of zones of increased activity on the surface increases a thousand times, which greatly increases the diffusion processes. As the increase in plastic deformation of the metal blocks are created and their turning [3]. When the electric discharge in the metal in a process related to high local heating zones to temperatures of phase transformations, and possibly to melting, followed by crystallization and hardening. There diffusion electrode elements in the surface layer of detail. In the surface layers having the structure in the form lenses that remain white after etching [4].

For the mechanical handling of parts such as bodies of revolution developed combined technology of wear-resistant coatings. In general terms, this technology involves the following steps [1]:

- ◆ preparation details, including machining to final size or the size of the allowance during grinding;
- ◆ preparation ESA installation work, including selection of the optimum currents to electrodes and materials;
- ◆ preparation for installation of SPD, including the selection of the best efforts;
- ◆ coating layer is made: SPD→ESA→SPD→ESA→SPD;
- ◆ control measurements to determine the details of the thickness of the coating;
- ◆ final grinding to obtain details of the size required for drawing.

The technology by using specially designed equipment (Fig. 1-3).

Fig. 1 shows a diagram of complex devices combined to form durable coatings on parts such as the shaft, ie bodies with a surface of revolution. The main components of this complex (break-ball device and device for mechanical drawing with the rotation electrode ESA) established a lathe tool carriers

простір біля дислокації як простір з атомами підвищеної активності, то число зон підвищеної активності на поверхні збільшується в тисячі разів, що значно збільшує дифузійні процеси. По мірі збільшення пластичної деформації в металі відбувається створення блоків та їх розвиток [3]. При дії електричного розряду в металі протікають процеси, які пов'язані з високошвидкісним нагрівом локальних зон до температур фазових перетворень, а можливо і до температур плавлення, з наступною кристалізацією та загартуванням. Відбувається дифузія елементів електроду в поверхневий шар деталі. В поверхневих шарах виникають структури у вигляді лінз, які залишаються білими після травлення [4].

Для механізованої обробки деталей типу тіл обертання розроблена технологія нанесення комбінованих зносостійких покриттів. В загальному вигляді така технологія включає наступні етапи [1]:

- ◆ підготовка деталей, що включає механічну обробку до кінцевих розмірів або до розмірів з припуском під шліфування;

- ◆ підготовка установки для ЕІЛ до роботи, що включає підбір оптимальних струмів, електродів та їх матеріалів;

- ◆ підготовка установки для ППД, що включає підбір оптимального зусилля;

- ◆ нанесення покриття проводиться пошарово: ППД→ЕІЛ→ППД→ЕІЛ→ППД;

- ◆ контрольні обміри деталі для визначення товщини отриманого покриття;

- ◆ остаточне шліфування деталі до отримання розмірів, потрібних по кресленням.

Розроблена технологія здійснюється за допомогою спеціально розробленого устаткування (рис. 1-3).

На рис. 1 представлена схема комплексу пристроїв для формування комбінованого зносостійкого покриття на деталях типу вал, тобто на тілах, що мають поверхню обертання. Основні складові частини цього комплексу (пристрій для обкочування кулькою та пристрій для механізованого нанесення ЕІЛ з обертанням електроду) встановлюються в різцетримач токарного верстату.

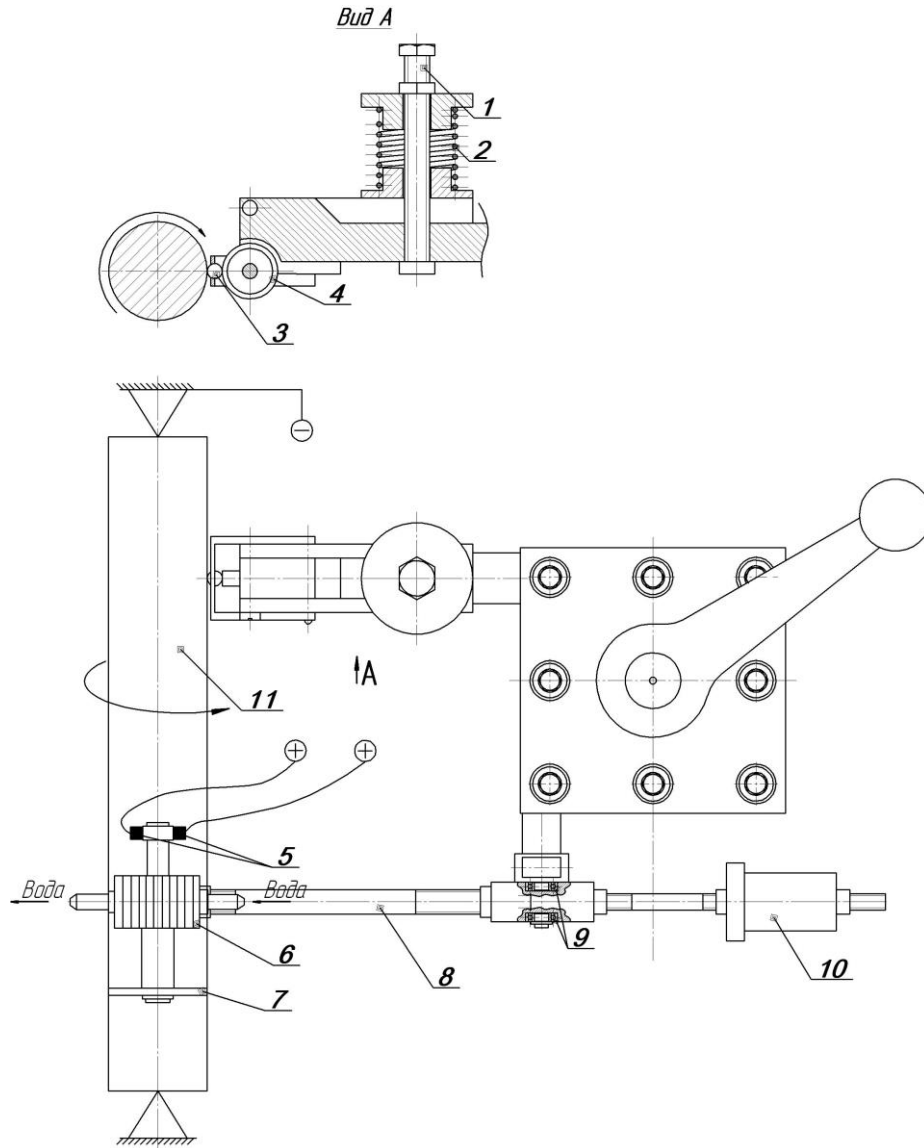


Fig. 1 – Apparatus for forming a combined wear-resistant coating on the shaft, *authors'*: 1 - the adjusting screw; 2 - spring; 3 - ball; 4 - bearing; 5 - graphite brushes; 6 - radiator; 7 - electrode; 8 - pole; 9 - bearings; 10 - counterbalance; 11 - detail, processed (shaft) / *Схема установки для формування комбінованого зносостійкого покриття на валах, авторська розробка: 1 - регульовальний гвинт; 2 – пружина; 3 – кулька; 4 – підшипник; 5 - графітові щітки; 6 – радіатор; 7 – електрод; 8 – штанга; 9 – підшипники; 10 – проти-вага; 11 – деталь, що оброблюється (вал)*

Fig. 2 shows a three-dimensional model diagram of complex devices combined to form durable coatings on parts such as the shaft.

На рис. 2 зображена тривимірна модель-схема комплексу пристроїв для формування комбінованого зносостійкого покриття на деталях типу вал.

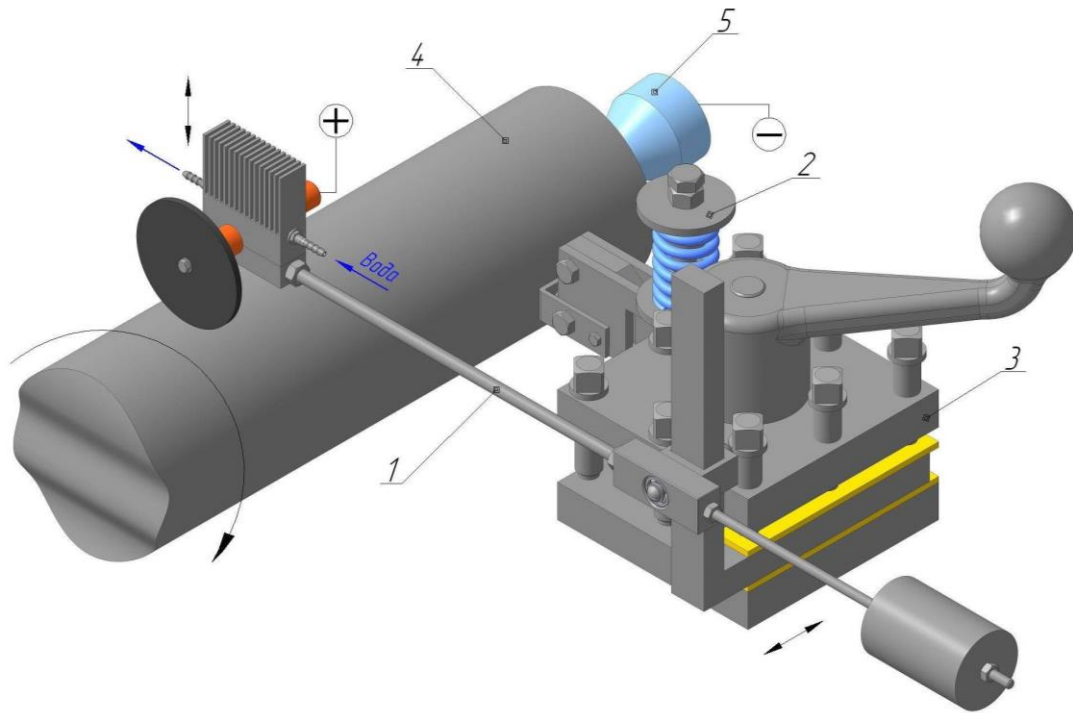


Fig. 2. Three-dimensional model diagram of the installation combined to form a wear-resistant coating on the details of the type of shaft, authors: 1 - a device for ESA; 2 – breaking-in device; 3 - caliper screw-cutting lathe; 4 - workpiece; 5 - electrically contact center / Тривимірна модель-схема установки для формування комбінованого зносостійкого покриття на деталях типу вал, авторська розробка: 1 - пристрій для ЕІЛ; 2 - пристрій для обточування; 3 - супорт токарно-гвинторізного верстату; 4 - оброблювана деталь; 5 – центр з електричним контактом

Fig. 3 shows a three-dimensional model of part of the complex, namely, the break-ball device \varnothing 10mm.

На рис. 3 представлена тривимірна модель складової частини цього комплексу, а саме, пристрою для обточування кулькою \varnothing 10мм.

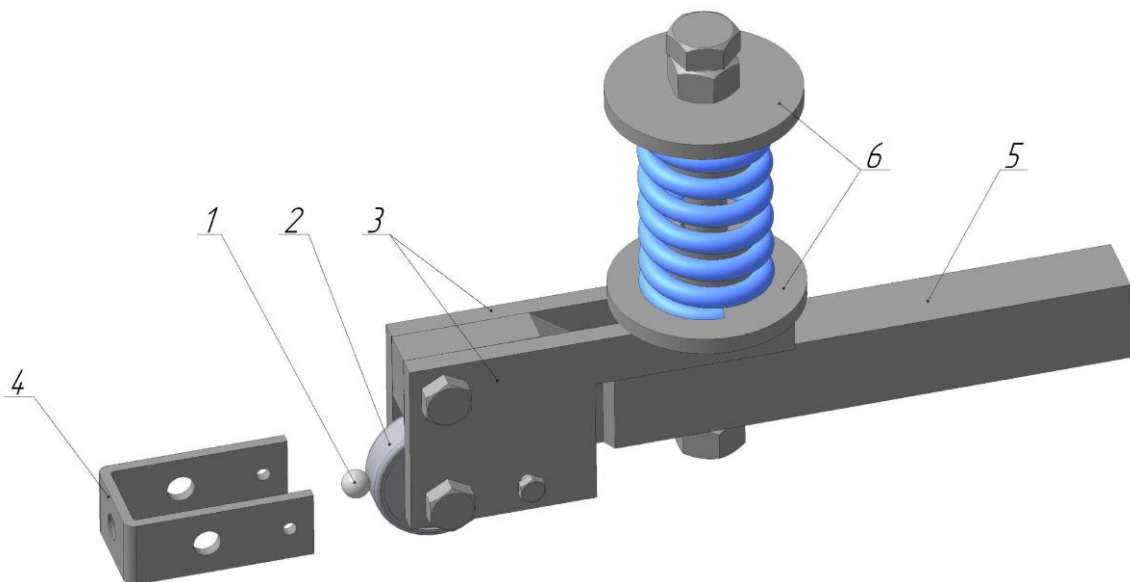


Fig. 3. Three-dimensional model diagram of the device for break-ball \varnothing 10mm, authors: 1 - ball; 2 - bearing; 3 - leverage; 4 - holder; 5 - corps; 6 – washers / Тривимірна модель-схема пристрою для обточування кулькою \varnothing 10мм, авторська розробка: 1 – кулька; 2 – підшипник; 3 – важелі; 4 – тримач; 5 – корпус; 6 - шайби

Repeated repeated alloying of Technology “previous break-ball SPD - ESA hard alloy - break-ball SPD - ESA hard alloy - break-ball SPD” having hardened areas of the multilayer structure of hardened several times and re-hardened volumes, which increased the composition of tungsten carbide

При багаторазовому повторному легуванні по технології “попереднє ППД обточуванням кулькою - ЕІЛ твердим сплавом - ППД обточуванням кулькою - ЕІЛ твердим сплавом - ППД обточуванням кулькою” виникають загартовані ділянки із багатозарової структури із загартованих та декі-

and lenses. When the plastic deformation of the surface layer is deformation, crushing and formation of secondary structures that consist of carbides and transferred the material. Break-ball after ESA enables the re-ESA, increases hardened layer thickness and its density. In the case of high-carbon steel multiple ESA and break-ball carried to the heat treatment.

CONCLUSIONS

The results of practical interest for various branches of engineering.

The technological developments providing formation of coatings with the required performance properties for different parts of machines

Putting electric-spark coatings and composite coatings increases the operational stability of the machine parts 3-6 times.

REFERENCES

- [1] Borodiy, Y.P. (2013). Experimental research of features of formation of the surface wear layer of working elements of separating stamps. *Collection of scientific works* (branch of engineering, construction), 2 (37), 61-65.
- [2] Makovei, V.A., Borodiy, Y.P. & Kurikhin, V.S. (2009). *Method electric spark strengthening the surface of metals and alloys*. The patent for Utility Model №40858 Ukraine.
- [3] Makovei, V.A., Borodiy, Y.P. & Kurikhin, V.S. (2009). Forming and research of the combined wearproof coverages on the cutting edges of stamps and on the details of machines. *Journal of Mechanical Engineering of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Politechnic Institute"*, vol. 55, 256-264.
- [4] Schneider, J.G. (1963). *Finishing metal forming*. Moscow: SRI engineering literature.

лька разів переагартованих об'ємів, в яких підвищений склад карбідів вольфраму та лінз. При пластичному деформуванні поверхневого шару відбувається деформування, подрібнення та утворення вторинних структур, які складаються з перенесених карбідів та основного матеріалу. Обкочування кулькою після ЕІЛ дає можливість проведення повторного ЕІЛ, збільшує товщину зміцненого шару та його щільність. У випадку високовуглецевих сталей багаторазове ЕІЛ та обкочування кулькою проводять до термообробки.

ВИСНОВКИ

Отримані результати представляють практичний інтерес для різних галузей машинобудування.

Запропоновані технологічні розробки забезпечують формування покриттів з необхідними експлуатаційними властивостями для різних умов роботи деталей машин.

Нанесення електроіскрових покриттів, а також комбінованих покриттів збільшує експлуатаційну стійкість деталей машин в 3-6 разів.

БІБЛІОГРАФІЧНІ ПОСИЛАННЯ

- [1] Бородий Ю.П. Экспериментальное исследование особенностей формирования поверхностного износостойкого слоя рабочих элементов разделительных штампов/ Бородий Ю.П., Маковой В.А.// Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Вип. 2 (37). – 2013. – ПолтНТУ. – С. 61-65.
- [2] Маковой В.О., Бородий Ю.П., Куріхін В.С. (2009) – Спосіб електроіскрового зміцнення поверхні металів та сплавів. Патент на корисну модель №40858 Україна. МПК В23Н 1/00; заявл. 04.12.2008; опубл. 27.04.2009, Бюл. №8/2009.
- [3] Маковой В.О. Формування та дослідження комбінованих зносостійких покриттів на ріжучих кромках штампів та на деталях машин/ Маковой В.О., Бородий Ю.П., Куріхін В.С.// Вестник НТУУ КПИ. Машиностроение, вып. 55. К.: - 2009. - С. 256-264.
- [4] Шнейдер Ю.Г. Чистовая обработка металлов давлением/ Шнейдер Ю.Г. // М. - Л: ГНТИ машиностроительной литературы, 1963. – 263 с., ил.