



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ДВНЗ «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»,  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»,  
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,  
МАЛОПОЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВІТОЛЬДА  
ПЛЕЦЬКОГО В ОСВЕНЦІУМІ (ПОЛЬЩА),  
ЛЮБЛІНСЬКА ПОЛІТЕХНІКА (ПОЛЬЩА),  
ПРЯШІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ У ПРЯШЕВІ (СЛОВАЧЧИНА)**

**Збірник тез доповідей за матеріалами  
Міжнародної науково-практичної конференції**

**НАУКА, ОСВІТА, БІЗНЕС:  
СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА СТАЛІЙ РОЗВИТОК**

**International scientific and practical conference**

**"SCIENCE, EDUCATION, BUSINESS:  
modern challenges and sustainable development**



**Мукачєво  
30 березня 2023 року**



УДК [001:378:334.012.23]:339.92(477):4(043.2)

*Рекомендовано до поширення через мережу Інтернет  
Науково-технічною радою Мукачівського державного університету  
(протокол № 2 від 24 березня 2023 р.)*

**Н 34**

**НАУКА, ОСВІТА, БІЗНЕС: сучасні виклики та сталий розвиток :** збірник тез доповідей за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції (30 березня 2023 р., м. Мукачево). Мукачево : Вид-во МДУ, 2023. 145 с.

**ISBN 978-617-7495-51-1 (PDF, самостійне електронне видання)**

У збірнику представлено тези доповідей за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції «**НАУКА, ОСВІТА, БІЗНЕС: сучасні виклики та сталий розвиток**». Учасниками конференції розглянуто проблеми у встановленні та зміцненні зв'язків між провідними освітніми, науково-дослідними установами та виробничими підприємствами; обмін науковою інформацією та досвідом, обговорення проблем ресурсозбереження та енергоефективності; актуалізація досліджень в області новітніх технологій та матеріалів; розгляд проблематики підготовки конкурентоспроможних фахівців в галузях промисловості та освіти, а також фокусування уваги на проблемах управління та впровадженні інновацій.

Видання розраховане на науковців, педагогів, викладачів, аспірантів та студентів, які займаються науково-дослідною роботою, управлінням та впровадженням інновацій.

© Мукачівський державний університет, 2023

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ 1. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

ANNA KOWALIK-KLIMCZAK, MACIEJ ŻYCKI, MONIKA ŁOŻYŃSKA, CHRISTIAN SCHADEWELL, THOMAS FIEHN, BOGUSŁAW WOŹNIAK, MONIKA FLISEK, STEFAN DROEGE <b>Innowacyjna technologia waloryzacji chromowych odpadów garbarskich oparta na odzysku chromu i produkcji biogazu.....</b>	8
ZHIGUTS Yu.Yu., LAZAR V.F., HOM'AK B.Ya <b>Increasing the reliability of assessment of material properties when using statistical methods of experimental data processing ...</b>	10
ZHIGUTS Yu.Yu., FORDZYUN Yu.I., LEGETA YA.P. <b>Technological features of titanium diffusion saturation of steel surfaces.....</b>	12
БАБИЧ С. Ю., ЛАЗАР В. Ф., МИКОРЯК М. В. <b>Дослідження впливу початкових напружень в контактній задачі про взаємодію попередньо напружених півпросторів та циліндра.....</b>	14
БРОДОВИЧ Ю.Р., БРОДОВИЧ Р.І., ДЕЛЕГАН І.І. <b>Аспекти ресурсозбереження при створенні лісових культур з участю перспективних чужоземних деревних видів рослин.....</b>	16
БРОДОВИЧ Ю.Р., БРОДОВИЧ Р.І., ДЕЛЕГАН І.І. <b>Аспекти перспективного ресурсозбереження у культивуванні псевдотсуґи мензіса.....</b>	18
ВАНТЮХ Д. Е., КАЙНЦ Д. І. <b>Деякі аспекти використання комп'ютерного моделювання у будівництві при створенні бетонних та залізобетонних конструкцій</b>	20
ГАБОВДА О.В. <b>Процес відновлення деталей машин і обладнання на основі адитивних технологій.....</b>	22
ГОЛОВЕНКО Т.М., ШОВКОМУД О.В., КИСІЛЬ С.О. <b>Дослідження екологічних напрямків у фешн-індустрії.....</b>	24
ДМИТРИК О.М., ДЗИКОВИЧ Т.А., МАСЮК А.І., ОЛЕФІРЕНКО С. М. <b>Панно у дизайні інтер'єрного простору.....</b>	26
ІГНАТИШИН М.І., МИХАЙЛИШИН М.С., ПЕЛЕХ Я.М. <b>Кінетичний акумулятор енергії.....</b>	28
КАБАЦІЙ В.М., ФОРДЗІОН Ю.І., ПИТЬОВКА О.Ю. <b>Енергозощаджуючий пристрій для нанесення оптично прозорого покриття на світлодіоди у середній інфрачервоній області спектра.....</b>	31
КЕРНЕСШ В. П., ШЕВЦОВА Х. О. <b>Українська вишиванка та її роль у розвитку сучасних технологій автоматизованої вишивки.....</b>	33
ЛУЧКО Й.Й., КАРХУТ І.І. <b>Забезпечення надійної експлуатації ферм будівлі муздрамтеатру на ділянці сейсмічної активності 8 балів у м. Ужгороді.....</b>	35
МАТВІЙЧУК С.С. ТУРЯНИЦЯ Е.-Ю. Е. <b>Актуальність проектування капсульного чоловічого гардеробу.....</b>	37
МОЛНАР О.О., ГЕРАСИМОВ В.В. <b>Система з елементами доповненої реальності для працівників екстремальних служб.....</b>	39
НАЗАРЧУК Л.В., РЯБЧИКОВ М.Л., КАГАН О.В. <b>Дослідження плечової ділянки конструкції виробу методами тривимірного проектування.....</b>	40
НІКОЛАЄВ О.Г., ГОЛОВЧЕНКО О.В. <b>Стационарний розподіл температури в нескінченному тілі від точкового джерела за наявності теплоізолюючого екрана у вигляді сферичного сегмента.....</b>	42
РОМАНЮК Є.О., КУРУШКІНА А.В. <b>Потенціал розвитку вторинної переробки текстильних матеріалів в Україні.....</b>	44
СЛАВІНСЬКА А.Л., СИРОТЕНКО О.П. <b>Оптимізація рівнів уніфікації контурів лекал чоловічого піджака.....</b>	46
ПРИСТАЯ О.Д., ГОНЧАР І. М., ГАСІЙ О.Б. <b>Інжекторні котли для отримання теплової енергії з деревної біомаси.....</b>	48

## TECHNOLOGICAL FEATURES OF TITANIUM DIFFUSION SATURATION OF STEEL SURFACES

**Introduction.** The laser surface hardening (LSH) of metals was discovered in 1965. It has won strong positions in the technology of metals [1]. Nowadays in the whole world, hundreds of patents have been awarded to branch inventions including those dealing with a combination of LSH with SHS (self-propagating high-temperature synthesis). One of them is dedicated to combining LSH (Laser Surface Hardening) with SHS (self-propagating high-temperature synthesis) [2, 3]. Formerly SHS was combined with other technologies for the surface hardening of components [3, 4]. The establishment and search for new integrated technologies to improve the physical and mechanical properties of alloys is an urgent task of modern materials science. The solution to this problem requires the improvement of existing and the creation of new methods of metal processing to increase their operational stability. Integrated plasma saturation of the surface of steel with alloying elements is able to create a functional gradient surface layer with unique mechanical, technological, and special properties and make research aimed at creating such surfaces relevant. That is why recently more and more attention has been paid to methods of surface treatment of steels [1, 3].

One of the main, most promising methods of coating is plasma coating in combination with laser initiation of combustion in exothermic mixtures (SHS). In this case, the surface can be saturated with boron, chromium, and silicon, and also saturate immediately with two components: titanium, boron chromium, and simultaneously several elements of chromium and silicon, boron and titanium [3, 4]. Combined processing causes changes in the structure and stress state of steels. The basis of the processes is the study of the kinetics of the transformations occurring in the metal and the factors affecting these kinetics. Knowledge of the laws of diffusion processes of chemical-thermal treatment will significantly increase the efficiency of the search for new materials and optimal methods for their processing.

The main efforts of researchers studying the processes of combined processing are focused on establishing the mechanisms and laws of diffusion penetration of various elements into the metal base or on studying the nature of growth and properties of the formed diffusion zones.

**The aim of the present work** is to study the effect of titanium diffusion on increasing the operational stability of machine parts and tools by changing the phase composition, and physical and mechanical properties of diffusion layers when alloying a steel surface as a result of using a complex technological process combining LHS and SHS.

**Theoretical and experimental research.** The impotent problem within the LSH is the decreasing of the losses of beam energy because of its reflection by the surface of metal under machining. In the given investigation, as well as in the invention [1, 2], the mixture of powders Ti (65%), carbon in the black state (18%), and Fe (14% by mass) was used in the role of light-absorbing paint. The mixture was damped by a solution of 2 % latex in gasoline, and then it was put on the surface of stalls of marks 10 and 20 and dried in the open air, forming layers 80, 200, or 500 mkm thick. Thermochemical calculations showed that in such a mixture practically all Ti interacts, thanks to non-oxygen combustion, with carbon, forming the carbide TiC. The seer plus of carbon and very small account of Ti alloy the iron forming liquid steel of condition, which under fast cooling turns into troostite in layers of 80 mkm thick.

The adiabatic temperature of non-oxygen combustion of equiatomic mixture Ti-C equals 3200 K. The real temperature of combustion of the selected mixture 68% (% in mass particles) is more than 1850 K which provides the formation of hard-liquid dross (TiC-melding) with the large interval liquids solid us. The formation of dross instead of one-phase alloy influences positively the quality of the surface of the hardened layer after it's fully growing hard and cooling as well as on supporting of this layer even on inclined planes.

It is important to note that in the mentioned non-oxygen combustion none of the nonmetallic phases and its including is formed. In the typical microstructure of metal in cross-cut of hardened layer got under the density of power  $17 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ , the diameter of „spot” – 0,4 mm, the speed of scanning 12 min/s and expense of argon (for the defense of Ti from air oxidation) – 0,5 l/s is shown. The thickness of the alloy is ~500 mkm. This layer consists of ~50% particles TiC and ~50% (by volume) of metal link-instrumental carbon steel of type “У8”.

The investigations made have proved that the microhardness of carbides TiC is higher than the hardness of steel almost 10 times. Thus, in the given work we managed to organize the SHS process in comparatively thin layers thanks to using of LSH technology simultaneously for solving two tasks: for heating, flashing, and carbonating of iron; for flashing Ti particles and its „combustion” in carbon with forming of carbides TiC. The range changed of microhardness by the depth of structural components of the surface layer (Fe-C-Ti system) within 1220-1570 HV.

The substitution of a part of iron powder by the powder of carbon ferrochrome (e.g. 12%Fe+2%FeCr instead of 14%Fe in the formulae of SHS mixture) allows to get layers of carbidosteel with the link, not in the shape of steel “У8” but from alloyed steel “X12” which after fast cooling of these layers thanks to the accelerated drain of heat to the cold metal of the basis gets austenite-martensite-carbide structure. In the process of work of the instrument such metal link additionally grows hard thanks to the pre-transforming of austenite into martensite and getting older of the later one. The hard of such a carbidosteel reaches HV 1400 (14000 MPa).

The substitution of a part of iron in the SHS mixture by ferrochrome increases greatly the corrosion resistance of carbidosteel and decreases its oxidizing wear in the process of its exploitation. The substitution of carbon in SHS mixtures by the powder is also long-range.

The substitution of carbon in SHS-mixtures by the powder of boron is also perspective. In such a case it is possible to reach the liquidus-solidus interval to 1500 K, which in other technologies it is practically impossible to meet. Thus, while the above-mentioned method on the one hand high refractory diborides  $\text{TiB}_2$  and  $\text{CrB}_2$  (with high hardness) is formed and, on the other hand, very easily melted complex eutectics are formed.

**Conclusions.** The combination of LSH and SHS in one operation allows for solving the whole complex of technical problems connected with producing materials with high hardness like carbidosteels and hard alloys on metal surfaces. The evolution of inner chemical heat in SHS mixtures allows for a decrease in the power of laser radiation. A new complex technological process allows the building of wearied surfaces of parts of machines and devices to the high of 0,5 mm.

#### Literature

1. Жигуц Ю. Ю., Лазар В. Ф. Технології отримання та особливості сплавів синтезованих комбінованими процесами // Ужгород: Видавництво «Інватор», 2014. – 388 с.
2. Zhiguts Yu. Development of SHS technology / Yu. Zhiguts, Ya. Legeta, Yu. Golovka // Prospects of world science –2019: XV intern. scientific and practical conf., 30 July 2019 - 7 August 2019: Materials of the conf. – Sheffield: Science and education LTD, 2019. – № 8. – P. 61 - 63.
3. Zhiguts Yu. Yu., Vivtharskuj O. V. Using SHS for synthesis of nanostructures in hard alloys and karbidostal's // Clusters and nanostructured materials (CNM-4'2020) Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: 4 international meeting, 12-16 October 2020.: materials conf. – Uzhorod: Ukraine, 2020. – С. 141.
4. Жигуц Ю.Ю. Комбінована технологія: лазерне поверхневе зміцнення і СВС / Ю.Ю.Жигуц // Матеріали школи-конф. молодих вчених «Сучасне матеріалознавство: фізика, хімія, технології (СМФХТ – 2021)», 27-31 травня 2021 р.: – Ужгород: Водограй Україна, ФЦПІ Сабов А.М. – С. 80 - 81.



# МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

89600, м. Мукачево, вул. Ужгородська, 26

тел./факс +380-3131-21109

Веб-сайт університету: [www.msu.edu.ua](http://www.msu.edu.ua)

E-mail: [info@msu.edu.ua](mailto:info@msu.edu.ua), [pr@mail.msu.edu.ua](mailto:pr@mail.msu.edu.ua)

Веб-сайт Інституційного репозитарію Наукової бібліотеки МДУ: <http://dspace.msu.edu.ua:8080>

Веб-сайт Наукової бібліотеки МДУ: <http://msu.edu.ua/library/>