

Валерій КОЛЕСНИКОВ

**ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ ТРИВКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ІЗ
ВАЖКООБРОБЛЮВАНОЇ СТАЛІ ПІД ЧАС МЕХАНІЧНОГО
ОБРОБЛЕННЯ ТОЧІННЯМ**

¹ Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України
вул. Наукова, 5, м. Львів, 79060. E-mail: kolesnikov197612@gmail.com

² Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка
пл. Гоголя, 1, м. Старобільськ, Луганська обл., 92703

Valerii KOLESNIKOV^{1,2}

**INCREASING THE CORROSIONAL STABILITY OF HARD-TO-CUT STEEL
DETAILS BY MECHANICAL TREATMENT OF TURNING**

¹ *Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine
5, Naukova Str., Lviv, 79060, Ukraine*

² *Luhansk Taras Shevchenko National University
1, Gogol Square, Starobilsk, 92703, Ukraine. E-mail :kolesnikov197612@gmail.com.*

ABSTRACT

The possibilities of increasing the corrosion resistance of parts made of low alloyed iron-carbon alloys are considered. This is achieved through the use of mechanical treatment of lubricating cooling liquids (LCL). It was found that LCL on the basis of rapeseed oil (LCLr) and sunflower (LCLs), compared with mineralized water, the corrosion rate of 38KhN3MFA steel is reduced by an order of magnitude. It is shown that in the new LCL the corrosion of 38KhN3MFA steel proceeds under anode control. Post-operation protection effect of LCL is evaluated by the appearance of chips - "indicator" after 100 hours after turning. The analysis of cutting products and machined surfaces can allow you to choose the optimal parameters of the cutting process, as well as the cutting tool.

KEY WORDS: *hard-to-cut alloys, low-alloy steels, mechanical processing, emulsion cutting coolant.*

ВСТУП І ПОСТАВНОВКА ПРОБЛЕМИ

Підвищення корозійної тривкості залізвуглецевих низьколегованих сплавів вважають особливо важливою науково-технічною та економічною проблемою. На деталях роторних сталей (типу 38ХНЗМФА) у разі потрапляння на їх поверхню вологи виявляють корозійні пошкодження. За механічною обробкою їх відносять до важкооброблюваних сплавів. Від так виникає потреба у вирішенні двох проблем: 1) підвищити їх опір корозії за потрапляння вологи; 2) полегшити механічну обробку деталей із цієї сталі.

Попередні напрацювання у цій сфері дали можливість запропонувати як універсальний засіб застосовувати для цієї мети змащувальні охолоджувальні рідини (ЗОР), виготовлені на базі вітчизняної сировини [1–7].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Досліджували зразки нових ЗОР (cutting coolant – СС) на основі соняшникової (ЗОРс, ССс), ріпакової (ЗОРр, ССр) олій та нафтової оливи (ЗОРн, ССр).

Для корозійних досліджень сталі 38ХНЗМФА використали: гравіметричні заміри на пластинах розміром 40x10x2 mm, а поляризаційні криві – на циліндрах діаметром 11,3 mm, попередньо запресовані у фторопласт.

Швидкість корозії розраховували за формулою:

$$K_m = \Delta m / (S \cdot \tau), \text{ g/(m}^2 \cdot \text{h)},$$

де Δm – зменшення маси зразка після усунення продуктів корозії, g; S – площа зразка, m^2 ; τ – час випробувань, h.

Перерахунок на глибину корозії здійснювали за формулою:

$$P = (K_m / \gamma) \cdot 10^{-3} \text{ mm/year},$$

де K_m – швидкість корозії, $g/m^2 \cdot h$; γ – густина металу, g/cm^3 .

Для сталі прийняли: $P = (K_m \cdot 8,76 / 7,86) \cdot 10^{-3}$, mm/year. Ступінь захисту (Z) сталі від корозії за використання ЗОР визначали за формулою:

$$Z = ((K_b - K_{зор}) / K_b) \cdot 100\%,$$

де K_b – швидкість корозії у воді; $K_{зор}$ – швидкість корозії у ЗОР.

Використовували потенціостат EG&INSTRUMENTS Model № 362 за швидкості розгортки потенціалу 10 mV/min. Електрохімічні характеристики (потенціал корозії $E_{соп}$, густину струму корозії $i_{соп}$, константи Тафеля катодної b_k та анодної b_a реакцій) визначали із потенціодинамічних поляризаційних кривих. Для електрохімічних досліджень використали стандартну триелектродну електрохімічну комірку з хлоридсрібним електродом порівняння, який підводили до досліджуваного електрода за допомогою електролітичного містка та капіляра Габера-Луггіна, а також із допоміжним платиновим електродом.

Шорсткість отриманої поверхні вимірювали на профілографі-профілометрі моделі 201 і оцінювали у відповідності з ДСТУ 2413-94 та ГОСТ 2789-73 за висотою мікроступів. R_z , які визначали відповідно на нормованій базовій довжині.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Гравіметричними дослідженнями визначено, що швидкість корозії K_m сталі у 3%-них розчинах ЗОР на основі соняшникової, ріпакової олій та нафти порівняно зі швидкістю корозії у воді помітно знижується (табл. 1).

Таблиця 1. Корозійна тривкість сталі у 3% водних емульсіях ЗОР

Table 1. Corrosion resistance of steel in 3% emulsion cutting coolant

| Матеріал | Середовище | $K_m \cdot 10^3$, g/(m ² ·h) | $P \cdot 10^3$, mm/year | γ | Z, % |
|----------|------------|---|-----------------------------|----------|------|
| 38ХНЗМФА | ЗОРс | 1,30 | 1,4 | 12,5 | 92 |
| | ЗОРр | 1,78 | 2,0 | 9,1 | 89 |
| | ЗОРн | 1,67 | 1,8 | 9,7 | 90 |
| | вода | 16,21 | 18,1 | - | - |

Зміна потенціалу корозії сталей у різних ЗОР має подібний характер. Значення густини струму корозії для сталі 38ХНЗМФА залежить від природи основи ЗОР і зростає у такій послідовності: соняшникова олива < ріпакова олива < нафтова (табл. 2).

Таблиця 2. Електрохімічні характеристики сталі, визначені на полірованій поверхні

Table 2. Electrochemical parameters of steel with a polished surface

| Матеріал | Середовище, 3 % mass. | Константи Тафеля, mV | | $i_{соп} \cdot 10^4$ mA/cm ² | $E_{соп}$, mV |
|----------|--------------------------|-------------------------|-------|--|-------------------|
| | | b_k | b_a | | |
| 38ХНЗМФА | ЗОРс | 81,1 | 77,5 | 1,70 | -175 |
| | ЗОРр | 77,9 | 53,0 | 2,14 | -179 |
| | ЗОРн | 59,4 | 54,5 | 6,03 | -187 |
| | Вода | 44,3 | 44,6 | 16,02 | -325 |

Для визначення здатності ЗОР захищати від корозії поверхню механічно оброблених деталей виконали електрохімічні дослідження полірованих зразків у ЗОР і мінералізованій воді. Вплив ЗОР на швидкість електродних процесів наведено на рис. 1.

Характер кривих для сталі 38ХНЗМФА (рис. 1) вказує на анодний контроль електродних процесів. Стабільно пасивну область на анодній ділянці поляризаційних кривих

спостерігали для 38ХНЗМФА – тільки у ЗОРр. Це свідчить про утворення суцільної корозійно-тривкої плівки на цій сталі у вказаних середовищах.

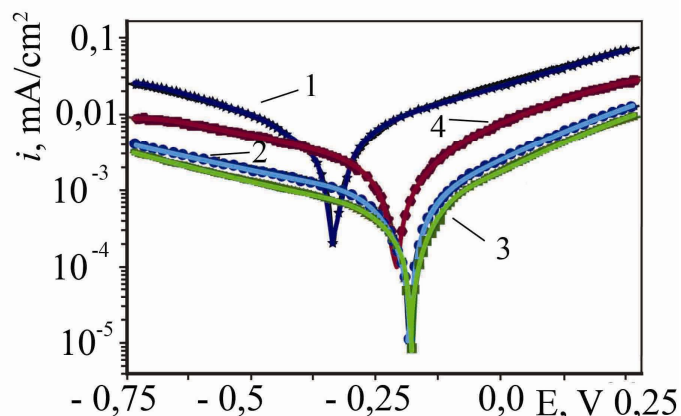


Рис. 1. Поляризаційні криві сталі 38ХНЗМФА, отримані на зразках із полірованою поверхнею, у середовищах: 1 – вода; 2 – ЗОРр; 3 – ЗОРс; 4 – ЗОРн.

Fig. 1. Polarization curves of the 38KhN3MFA steel, obtained on the samples with a polished surface: 1 – water; 2 – CCr; 3 – CCs; 4 – CCr.

Аналіз стану поверхні зразків (разом із результатами вимірювання шорсткості) сталі 38ХНЗМФА після точіння у ЗОР, оцінений за допомогою сканівного електронного мікроскопа EVO-40XVP, свідчить про позитивний вплив ЗОРс та ЗОРр на чистоту поверхні після обробки (рис. 2).

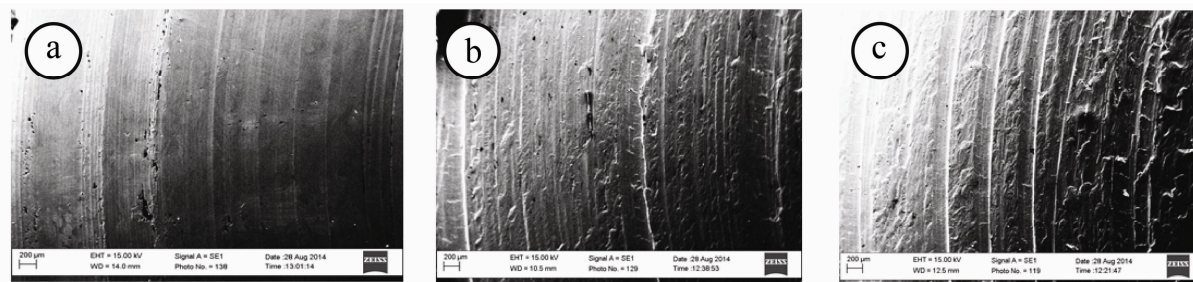


Рис. 2. Поверхня зразків сталі 38ХНЗМФА після точіння у ЗОР: *a* – ЗОРс; *b* – ЗОРр; *c* – ЗОРн.

Fig. 2. Surface of 38HN3MPA steel samples after turning in CC: *a* – CCs; *b* – CCr ; *c* – CCr.

Результати оцінювання шорсткості поверхні зразків сталі 38ХНЗМФА після точіння у вище перелічених середовищах, отримані після обробки профілограм, показали, що якість поверхні зразків сталі під час точіння у ЗОРс покращилася майже в 1,5 рази порівняно з обробкою у ЗОРн та без оброблюваної рідини 8 раз, що показує перспективність використання рослинної олії для ЗОР [2].

Правильне застосування ефективних засобів протикорозійного захисту призводить до значних технічних успіхів. Встановлено, що збільшення концентрації ЗОР сприяє зменшенню швидкості корозії сталей під час їх оброблення.

Післяопераційний захисний ефект ЗОР оцінили за виглядом стружки – “індикатора” через 100 h (рис. 3 *a*) після точіння. Підтвердили надійність захисної дії.

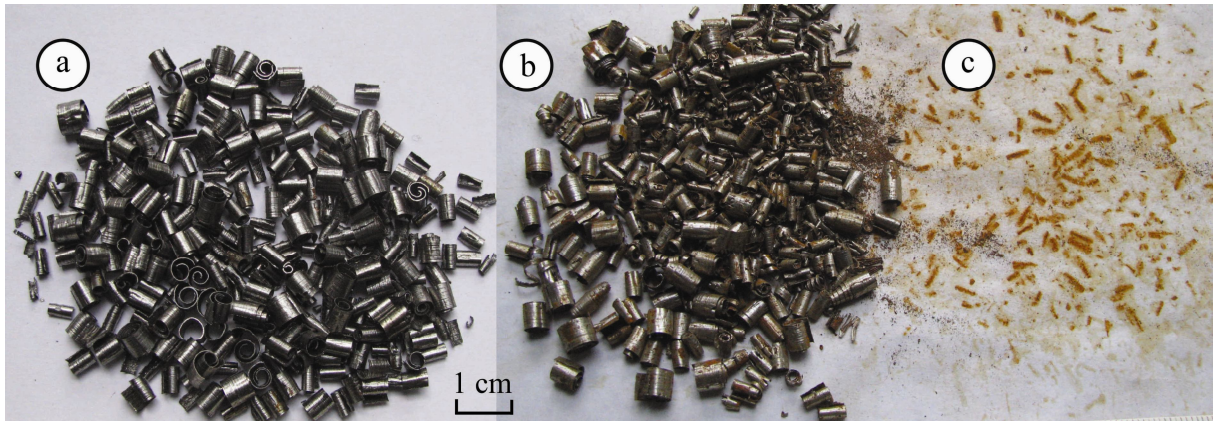


Рис. 3. Стружка точіння: *a* – отримана при застосуванні ЗОРс; *b* – стружка отримана при різанні з водою; *c* – сліди продуктів корозії на папері, що залишилися від стружки.

Fig. 3. Cutting products: *a* – obtaining when applying CCs; *b* – chips obtained when cutting with water; *c* – traces of corrosion products on the paper remaining from the chips.

ВИСНОВКИ

1. Виявлено, що застосування змащувальних охолоджувальних рідин, що містять соняшникову або ріпакові оливи дає змогу підвищити опір корозії сталі 38 ХНЗМФА. Післяопераційний захисний ефект ЗОР оцінено за продуктами корозії на стружці. Їх проявляли відразу після точіння. Цей результат фіксували через 100 h та більше, що є підтвердженням надійності захисної дії від корозії.

2. Показано, що стружка та продукти корозії на її поверхні можуть бути своєрідними індикаторами, які дають можливість аналізувати продуктивність процесів механічної обробки деталі та властивості матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Efektywnosc olejow roslinnych jako cieczy smarujaco-chlodzacych w obrobce skrawaniem stali wirnikowych / A. Balitskii, V. Hawrilyuk, J. Eliaz, W. Balitska, W. Kolesnikow. *Mechanik*. 2015. № 8–9. S. 722/168–176.
2. Балицький О., Гаврилюк М., Колесніков В. Екологічно чиста змащувально-охолоджувальна рідина для механічної обробки сталі: тези доп. 12-го Міжнар. симп. українських інженерів-механіків у Львові м. Львів, 28-29 травня 2015 р. Львів, 2015. С. 80–81.
3. Дослідження змащувальних охолоджуючих рідин для обробки деталей транспорту / О.І. Балицький, В.О. Колесніков, М.Р. Гаврилюк, І.В. Ріпей, В.М. Гарда Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: матеріали IV-ї Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., м. Вінниця, 14-15 квітня 2016р. Вінниця, 2016. С. 67–73.
4. Дослідження впливу змащувально-охолоджувальних рідин на оброблюваність високоміцних сталей / О. Балицький, В. Колесніков, М. Гаврилюк, Я. Еліаш. Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій: матеріали 5-ої Міжнар. наук.-техн. конф., м. Львів, 27-28 жовтня 2016 р. Львів, 2016. С. 17–18.
5. Екологічно чисті змащувально-охолоджуючі рідини на базі рослинних олій / Я. Еліаш, О. Балицький, М. Гаврилюк, В. Колесніков, В. Балицька. Проблеми хімотології та практика раціонального використання традиційних і альтернативних паливно-мастильних матеріалів. Київ, 2017. С. 418–422.
6. Балицький О.І., Гаврилюк М.Р., Дев'яткін Р.М., Колесніков В.О., Федусів І.Р. Концентрат змащувально-охолоджуючої рідини для механічної обробки сталей: пат. 106988 України: МПК С10М 173/00, С10М 133/06, С10М 129/56; заявл. 21.12. 15; опубл. 10.05. 16. Бюл. № 9. 4 с.
7. Balitskii A., Hawrilyuk M., Eliaz J., Balitska W., Kolesnikow W. Oddziaływanie wodoru na kształtowanie i odprowadzenie wiórów w obróbce skrawaniem stali wysokostopowych z użyciem ekologicznych cieczy smarujaco-chłodzących // *Obrobka skrawaniem – 10. – Obrobka skrawaniem podstawa rozwoju metrologii / Pod redakcja Jana Burka // X Szkoła Obrobki Skrawaniem, Rzeszow-Lancut, 2016. – S. 447–452.*

Національна академія наук України
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка

ФІЗИКО-
ХІМІЧНА
МЕХАНІКА
МАТЕРІАЛІВ

Спеціальний випуск № 12

**ПРОБЛЕМИ КОРОЗІЇ
ТА ПРОТИКОРОЗІЙНОГО
ЗАХИСТУ МАТЕРІАЛІВ**

**PROBLEMS OF CORROSION
AND CORROSION
PROTECTION OF MATERIALS**



PHYSICO-
CHEMICAL
MECHANICS
OF MATERIALS

Special Issue № 12

ЛЬВІВ – 2018– LVIV

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ ЖУРНАЛУ “ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ”

В.В.ПАНАСЮК (головний редактор), В.М.ФЕДІРКО (заст.головного редактора), Р.Р.КОКОТ (відповідальний секретар), О.Є.АНДРЕЙКІВ, С.А.БИЧКОВ, Л.О.ВАСИЛЕЧКО, Р.Є.ГЛАДИШЕВСЬКИЙ, І.М.ДМИТРАХ, І.Ю.ЗАВАЛІЙ, І.М.ЗІНЬ, Г.С.КИТ, Р.М.КУШНІР, Л.М.ЛОБАНОВ, З.Т.НАЗАРЧУК, Г.М.НИКИФОРЧИН, І.В.ОРИНЯК, О.П.ОСТАШ, В.І.ПОХМУРСЬКИЙ, О.В.РЕШЕТНЯК, М.П.САВРУК, З.А.СТОЦЬКО, О.В.СУБЕРЛЯК, Г.Т.СУЛИМ, В.В.ФЕДОРОВ, С.О.ФІРСТОВ, М.С.ХОМА, П.В.ЯСНІЙ

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Р.АКІД (Великобританія), С.ВОДЕНІЧАРОВ (Болгарія), І.-Р.ГАРРІС (Великобританія), Г.ГЛІНКА (Канада) В.ДІЦЕЛЬ (Німеччина), О.М.ЛОКОЩЕНКО (Росія), Е.ЛУНАРСЬКА (Польща), М.А.МАХУТОВ (Росія), М.Ф.МОРОЗОВ (Росія), А.НЕЙМІЦ (Польща), Дж.-Ф.НОТТ (Великобританія), Г.ПЛЮВІНАЖ (Франція), Я. ПОКЛЮДА (Чехія), Р.-О.РІЧІ (США), Д.-М.-Р.ТЕПЛІН (Великобританія), Л.ТОТ (Угорщина), Є.ТОРІБІО (Іспанія)

EDITORIAL BOARD

V.V.PANASYUK (Editor-in-Chief), V.M.FEDIRKO (Deputy Editor-in-Chief), R.R.KOKOT (Secretary), O.Ye.ANDREIKIV, S.A.BYCHKOV, I.M.DMYTRAKH, V.V.FEDOROV, S.O.FIRSTOV, R.Ye.GLADYSHEVSKII, M.S.KHOMA, H.S.KIT, R.M.KUSHNIR, L.M.LOBANOV, Z.T.NAZARCHUK, H.M.NYKYFORCHYN, I.V.ORYNIAK, O.P.OSTASH, V.I.POKHMURSKII, O.V.RESHETNYAK, M.P.SAVRUK, Z.A.STOTSKO, O.V.SUBERLYAK, H.T.SULYM, L.O.VASYLECHKO, P.V.YASNII, I.Yu.ZAVALIY, I.M.ZIN`

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

R. AKID (Great Britain), W.DIETZEL (Germany), I.R.HARRIS (Great Britain), H.HLINKA (Canada), J.P.KNOTT (Great Britain), A.M.LOKOSHCHENKO (Russia), E.LUNARSKA (Poland), N.A.MAKHUTOV (Russia), N.F.MOROZOV (Russia), A.NEIMITZ (Poland), G.PLUVINAGE (France), Ya.POKLUDA (Czech Republic), R.O.RITCHIE (USA), D.-M.-R.TAPLIN (Great Britain), J.TORIBIO (Spain), L.TOTH (Hungary), S. VODENICHAROV (Bulgaria)

**Адреса редакції журналу
"Фізико-хімічна механіка матеріалів":**

79060, Львів, Наукова, 5. Фізико-механічний інститут
ім. Г.В.Карпенка НАН України.
Тел.: 8 (032) 263-73-74, 8 (032) 229-62-30.
Факс 8(032) 264-94-27,
E-mail: pemm@ipm.lviv.ua

**Editorial office address of Journal
"Physico-Chemical Mechanics of
Materials":**

<http://www.ipm.lviv.ua/journal/Journal.htm>
Karpenko Physico-Mechanical Institute, 5, Naukova St.,
Lviv 79060, Ukraine,
Tel.: (380) 322 63 73 74, (380) 32 22 96 230.
Fax. (380) 322 64 94 27.

Our WWW-address:

E-mail: pemm@ipm.lviv.ua
<http://www.ipm.lviv.ua/journal/Journal.htm>

Відповідальний секретар редакції **Р.Р.Кокот**
Редактори *Д.С.Бриняк, О.Т.Досин, Л.Є.Слейко*
Комп'ютерний набір *Н.Р.Червінська*

Реєстраційне свідоцтво серія КВ № 203 від 10.11.93

© Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України
"ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ", 2018

**ПРОБЛЕМИ КОРОЗІЇ ТА ПРОТИКОРОЗІЙНОГО
ЗАХИСТУ МАТЕРІАЛІВ**



**PROBLEMS OF CORROSION AND CORROSION
PROTECTION OF MATERIALS**

ЛЬВІВ – 2018
LVIV – 2018

УДК 539.3, 620.193, 620.194, 620.179, 620.197, 621.181:669.018, 621.785, 678.539

Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів / Спецвипуск журналу “Фізико-хімічна механіка матеріалів”. – № 12. – Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2018 – 346 с.

Problems of Corrosion and Corrosion Protection of Materials / Special Issue of Journal “Physicochemical Mechanics of Materials”. – № 12. – Lviv: Karpenko Physico-Mechanical Institute, 2018. – 346 p.

У спецвипуску № 12 подані праці, які присвячені фундаментальним аспектам корозії та корозійно-механічного руйнування; водневій та газовій корозії; новим корозійнотривким матеріалам; газотермічним, гальванічним та іншим покриттям; інгібіторному, біоцидному та електрохімічному захистам; методам досліджень і корозійному контролю; протикорозійному захисту обладнання нафтогазової, хімічної та енергетичної промисловості.

Papers, presented in the special issue No 12 are devoted to fundamentals of corrosion and corrosion assisted mechanical fracture; hydrogen and gas corrosion; new corrosion resistant materials; thermal spray, electroplated and other coatings; inhibitor, biocidal and electrochemical protection; testing methods and corrosion control; corrosion protection of oil and gas industry and chemical equipment.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ СПЕЦВИПУСКУ

Відповідальний редактор член-кор. НАН України, д.т.н., проф. В.Похмурський
Секретар к.т.н. Н.Червінська

Члени колегії: д.т.н., проф. О.Балицький, д.т.н., проф. Ю.Герасименко, д.х.н., проф. Ф.Данилов, член-кор. НАН України, д.т.н., проф. І.Дмитрах, д.т.н. І.Зінь, д.т.н., проф. Г.Никифорчин, д.т.н., проф. І.Погрелюк, к.т.н. З.Слободян, д.т.н., проф. М.Сахненко, член-кор. НАН України, д.т.н., проф. М.Хома

EDITORIAL BOARD OF SPECIAL ISSUE

Prof. V.Pokhmurskii (**Editor-in-Chief**), Dr. N.Chervinska (**Secretary**), Prof. A.Balitskii, Prof. Yu.Gerasymenko, Prof. F.Danylov, Prof. I.Dmytrakh, Prof. M.Khoma, Prof. H.Nykyforchyn, Prof. I.Pohrelyuk, Prof. M.Sakhnenko, Dr. Z.Slobodian, Dr. I.Zin

Статті друкуються після рецензування в авторській редакції.

Колесніков В.О. Підвищення корозійної тривкості деталей з важкооброблюваної сталі під час механічного оброблення точінням // Матеріали XIV Міжнародної конференції "Проблеми корозії та протикорозійного захисту конструкційних матеріалів "КОРОЗІЯ-2018". 5 - 6 червня 2018 р., м. Львів. – С. 328 - 331.

PhMI of the NAS of Ukraine; Luhansk Taras Shevchenko NU, Starobilsk

Фізико-хімічна механіка матеріалів. Спеціальний випуск № 12. Physico-chemical mechanics of materials. Special Issue № 12

Колесніков В.О. Підвищення корозійної тривкості деталей з важкооброблюваної сталі під час механічного оброблення точінням. XIV -та Міжнар. Конф. Проблеми корозії та протикорозійного захисту конструкційних матеріалів "КОРОЗІЯ-2018". 5 - 6 червня 2018 р., м. Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2018. С. 328 - 331.

Kolesnikov V. Increasing the corrosional stability of hard-to-cut steel details by mechanical treatment of turning // XIV International Problems of corrosion and corrosion protection of structural materials "Corrosion-2018" Conference is dedicated to the 100th anniversary of the National Academy of Sciences of Ukraine. Physico-chemical mechanics of materials. Special Issue № 12. June 5 – 6, 2018, Lviv. – P. 328 - 331.

Problems of Corrosion and Corrosion Protection of Materials / Special Issue of Journal "Physicochemical Mechanics of Materials". – № 12. – Lviv: Karpenko Physico-Mechanical Institute, 2018. – 328-331p.

Повышение коррозионной стойкости деталей из труднообрабатываемой стали во время механической обработки точением.

http://www.ipm.lviv.ua/corrosion2018/Chapter_04/328_Kolesnikov.pdf

https://www.researchgate.net/publication/331287233_Valerij_KOLESNIKOV_PID_VISENNA_KOROZIINOI_TRIVKOSTI_DETALIJ_IZ_VAZKOOBROBLUVANOI_STALI_PID_CAS_MECHANICNOGO_OBROBLENNIA_TOCINNAM_INCREASING_THE_CORROSIONAL_STABILITY_OF_HARD-TO-CUT_STEEL_DETAILS_BY_MECHA