

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

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. ОРІНЯК*, *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), *Г. ПЛЮВІНАЖ* (Франція), *Я. ПОКЛЮДА* (Чехія), *Р.-О. РІЧІ* (США), *Д.-М.-Р. ТЕПЛИН* (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), *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. TÓTH* (Hungary), *S. VODENICHAROV* (Bulgaria)

Відповідальний за випуск чл.-кор. НАНУ, д-р техн. наук, проф. В. М. Федірко
Responsible for issue corr.-member NASU, Dr. (Engn.), Prof. V. M. Fedirko

Адреса редакції: 79601, Львів МСП, Наукова, 5. Фізико-механічний інститут
ім. Г. В. Карпенка НАН України. Тел.: (032) 263-73-74,
(032) 229-62-30. Факс: (032) 264-94-27.
E-mail: journal.pcmm@gmail.com

WWW-address: <http://www.ipm.lviv.ua/journal/Journal.htm>

Editorial office address: Karpenko Physico-Mechanical Institute, 5, Naukova St.,
Lviv 79601, Ukraine. Tel.: (38) 032 263-73-74,
(38) 032 229-62-30. Fax: (38) 032 264-94-27.
E-mail: journal.pcmm@gmail.com

Відповідальний секретар редакції **Р. Р. Кокот**

Редактори *Д. С. Бриняк*, *О. Т. Досин*, *Л. Є. Єлейко*

Технічний редактор *І. В. Калинюк*

Зав. групою комп'ютерної підготовки видання *І. В. Калинюк*

Комп'ютерний набір *Л. Г. Колчак*, *Г. М. Кулик*

Підписано до друку 12.04.2019. Формат 70×108/16. Папір офсетний № 1. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 12.
Умовн. фарбо-відбитків 12,5. Тираж 200 прим. Замовлення 160419 від 16.04.2019. Ціна договірна.
Реєстраційне свідоцтво серія КВ №203 від 10.11.93

Друкарня ТзОВ "Простір-М", 79000, Львів, вул. Чайковського, 8

© ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Г. В. Карпенка НАН УКРАЇНИ,
"ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ", 2019

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Г. В. КАРПЕНКА

ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ

Міжнародний науково-технічний журнал
Заснований у січні 1965 року
Виходить 6 разів у рік

ТОМ 55, № 2, 2019

березень – квітень

ЗМІСТ

<i>Кулик В. В., Остап О. П., Віра В. В.</i> Вплив підвищеного вмісту кремнію і марганцю на експлуатаційні характеристики високоміцної колісної сталі	7
<i>Восводін В. М., Митрофанов А. С., Гоженко С. В., Василенко Р. Л., Крайнюк Є. О., Бажуков А. В., Палій А. М., Мельник П. Є.</i> Неметалеві включення в сталі 08X18H10T як причина виникнення дефектів у теплообмінних трубах парогенераторів АЕС.....	16
<i>Студент О. З., Кречковська Г. В., Никифорчин Г. М., Курнат І. М.</i> Фрактографічний критерій досягнення вуглецевими сталями критичного технічного стану.....	24
<i>Букетов А. В., Браїло М. В., Якуценко С. В., Яцюк В. М.</i> Розроблення епоксиполіефірної матриці з поліпшеними адгезійними та фізико-механічними властивостями зі застосуванням ізоціанатного модифікатора.....	31
<i>Бліхарський Я. З.</i> Анізотропія механічних властивостей термозміцненої арматури А500С.....	37
<i>Дмитрієва Г. П., Черепова Т. С., Косорукова Т. А., Прядко Т. В.</i> Вплив ренію на жаротривкість сплаву кобальту з карбідом ніобію	43
<i>Журавель І. М.</i> Комп'ютерне оцінювання різнозернистості структури експлуатованої сталі 12Х1МФ	48
<i>Криштопа С. І., Прунько І. Б., Долишній Б. В., Панчук М. В., Богатчук І. М., Мельник В. М.</i> Закономірності зношування металополімерних пар тертя за впливу трибострумів	53
<i>Журавльов О. Ю., Шиян О. В., Семенов М. О., Стригуновський С. В., Левенець В. В., Широков Б. М.</i> Осадження покривів на основі карбіду бору газозфазним методом	61
<i>Погрелюк І. М., Федірко В. М., Проскурняк Р. В.</i> Вплив дисперсності порошкової складової насичувального середовища на карбооксидування титанових сплавів	64
<i>Японцева Ю. С., Кублановський В. С.</i> Корозійні та каталітичні властивості електролітних Со–Мо–Ре покривів	71
<i>Колесник В. П., Чугай О. М., Слюсар Д. В., Калахан О. С., Волошин О. О., Олейник С. В., Веселівська Г. Г.</i> Структура та властивості іонно-плазмових покривів WC	77
<i>Богун Л. І., Ковбасюк Т. М., Куштір В. І., Гуменюк І. А.</i> Зносотривкість покривів системи Fe–Cr–Mn–Ti–Al, напилених порошковими дротами.....	81

<i>Саврук М. П., Казберук А., Чорненький А. Б.</i> Напружений стан квазіортотропної півплощини з криволінійним краєм	88
<i>Дубик Я. Р., Селівєрстова І. П.</i> Застосування наближених розв'язків теорії оболонок для задачі про дію зосередженої сили на порожнистий циліндр	96
<i>Jiang Qionqin, Гембара О. В., Чепіль О. Я.</i> Моделювання впливу водню на нагромадження пошкоджень у сталях за високотемпературної повзучості	104
<i>Малежик М. П., Підгурський М. І., Рудяк Ю. А., Федчишин Н. О., Підгурський І. М., Войтович Л. В.</i> Дослідження методом динамічної фотопружності руйнування ортотропної пластини з круговим отвором та двома крайовими тріщинами за імпульсного навантаження	112
<i>Іваницький Я. Л., Гвоздюк М. М., Максименко О. П., Клиш С., Харченко С. В., Шишковський Р. О.</i> Оцінювання міцності болтових з'єднань композитних пластин	116
<i>Хома М. С., Івашиків В. Р., Галайчак С. А., Чучман М. Р., Василів Х. Б.</i> Вплив структури вуглецевих сталей на корозію, наводнювання та корозійне розтріскування у сірководневих середовищах	121
<i>Полутренко М. С., Маруцак П. О., Циба А. А., Біцак Р. Т.</i> Розроблення інгібіторів корозії феритно-перлітних сталей у середовищі тіонових бактерій	126
<i>Зінь І. М., Мардаревич Р. С., Білий Л. М., Корній С. А., Дурягіна З. А.</i> Вплив поверхневої хімічної обробки сплаву Д16Т на захисні властивості алкідного покриття	132
<i>Сухова О. В., Полонський В. А., Устінова К. В.</i> Корозійна тривкість сплавів системи Al–Cu–Fe–(Si, V) у мінералізованих розчинах солей та кислот	138

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. Г. В. КАРПЕНКО

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ

Международный научно-технический журнал

Основан в январе 1965 года

Выходит 6 раз в год

ТОМ 55, № 2, 2019

март – апрель

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Кулык В. В., Остап О. П., Вира В. В.</i> Влияние повышенного содержания кремния и марганца на эксплуатационные характеристики высокопрочной колесной стали.....	7
<i>Воеводин В. Н., Митрофанов А. С., Гоженко С. В., Василенко Р. Л., Крайнюк Е. А., Бажуков А. В., Палий А. Н., Мельник П. Е.</i> Неметаллические включения в стали 08X18H10T как причина образования дефектов в теплообменных трубах парогенераторов АЭС.....	16
<i>Студент А. З., Кречковская Г. В., Никифорчин Г. Н., Курнат И. Н.</i> Фрактографический критерий достижения углеродистыми сталями критического технического состояния	24
<i>Букетов А. В., Браило Н. В., Якуценко С. В., Яцюк В. Н.</i> Разработка эпоксиполиэфирной матрицы с улучшенными адгезионными и физико-механическими свойствами с применением изоцианатного модификатора.....	31
<i>Блихарский Я. З.</i> Анизотропия механических свойств термоупрочненной арматуры А500С	37
<i>Дмитриева Г. П., Черепова Т. С., Косорукова Т. А., Прядко Т. В.</i> Влияние рения на жаростойкость сплава кобальта с карбидом ниобия.....	43
<i>Журавель И. М.</i> Компьютерная оценка разноточности структуры эксплуатируемой стали 12Х1МФ.....	48
<i>Крыштопа С. И., Прунько И. Б., Долишний Б. В., Панчук М. В., Богатчук И. М., Мельник В. Н.</i> Закономерности изнашивания металлополимерных пар трения под влиянием триботочков.....	53
<i>Журавлев А. Ю., Шиян А. В., Семенов Н. А., Стрыгуновский С. В., Левенец В. В., Широков Б. М.</i> Осаждение покрытий на основе карбида бора газофазным методом	61
<i>Погрелюк И. Н., Федирко В. Н., Проскурняк Р. В.</i> Влияние дисперсности порошковой составляющей насыщающей среды на карбоксицирование титановых сплавов.....	64
<i>Японцева Ю. С., Кублановский В. С.</i> Коррозионные и каталитические свойства электролитических Со–Мо–Re покрытий	71
<i>Колесник В. П., Чугай О. М., Слюсар Д. В., Калахан О. С., Волошин О. О., Олейник С. В., Веселивская Г. Г.</i> Структура и свойства ионно-плазмотических покрытий WC	77

<i>Богун Л. И., Ковбасюк Т. М., Куштур В. И., Гуменюк И. А.</i> Износостойкость покрытий системы Fe–Cr–Mn–Ti–Al, напыленных порошковыми проволоками.....	81
<i>Саврук М. П., Казберук А., Чоренький А. Б.</i> Напряженное состояние квазиортотропной полуплоскости с криволинейным краем.....	88
<i>Дубык Я. Р., Селиверстова И. П.</i> Применение приближенных решений теории оболочек для задачи о действии сосредоточенной силы на полый цилиндр.....	96
<i>Jiang Qionqin, Гембара О. В., Чепиль О. Я.</i> Моделирование влияния водорода на накопление повреждений в сталях при высокотемпературной ползучести.....	104
<i>Малежик М. П., Подгурский Н. И., Рудяк Ю. А., Федчишин Н. О., Подгурский И. Н., Войтович Л. В.</i> Исследование методом динамической фотоупругости разрушения ортотропной пластины с круговым отверстием и двумя граничными трещинами при импульсном нагружении.....	112
<i>Иваницкий Я. Л., Гвоздюк Н. М., Максименко О. П., Клыш С., Харченко Е. В., Шишковский Р. О.</i> Оценка прочности болтовых соединений композитных пластин.....	116
<i>Хома М. С., Ивашкив В. Р., Галайчак С. А., Чучман М. Р., Васылив Х. Б.</i> Влияние структуры углеродистых сталей на коррозию, наводороживание и коррозионное растрескивание в сероводородных средах.....	121
<i>Полутренко М. С., Маруцак П. О., Циба А. А., Бицак Р. Т.</i> Разработка ингибиторов коррозии ферритно-перлитных сталей в среде тионовых бактерий.....	126
<i>Зинь И. Н., Мардаревич Р. С., Билый Л. М., Корний С. А., Дулягина З. А.</i> Влияние поверхностной химической обработки сплава Д16Т на защитные свойства алкидного покрытия.....	132
<i>Сухова Е. В., Полонский В. А., Устинова Е. В.</i> Коррозионная стойкость сплавов системы Al–Cu–Fe–(Si, V) в минерализованных растворах солей и кислот.....	138

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
H. V. KARPENKO PHYSICO-MECHANICAL INSTITUTE

PHYSICOCHEMICAL MECHANICS OF MATERIALS

International Scientific-Technical Journal
Founded in January 1965
Published bimonthly

VOLUME 55, № 2, 2019

March – April

CONTENTS

Kulyk V. V., Ostash O. P., and Vira V. V. The influence of higher Si and Mn content on operation characteristics of wheel steel.....7

РЕЗЮМЕ. Досліджено температурні залежності міцності і пластичності, циклічну тріщиностійкість після термосилового впливу під час гальмування, а також опір зношуванню і пошкоджуваності колісних сталей з підвищеним вмістом кремнію і марганцю та зниженим вуглецю, які порівняно з отриманими раніше для стандартних сталей марок 2 і Т. Виявлено, що кремній і марганець сприяють вирівнюванню циклічної в'язкості руйнування сталі у різних зонах ободу колеса, а також зниженню високотемпературної (вище 500°C) пластичності (відносного видовження), що зменшує схильність сталі до утворення повзунів на його поверхні кочення. Проте твердорозчинне зміцнення таких сталей за порівняно високого (~ 0,6%) вмісту вуглецю спричиняє низьку тріщиностійкість за циклічного навантаження у вихідному стані і за впливу термосилових чинників під час гальмування, а також слабкий опір пошкоджуваності за контактної втоми. Рекомендовано знизити вміст вуглецю в таких сталях до 0,52...0,53%.

РЕЗЮМЕ. Исследованы температурные зависимости прочности и пластичности, циклическая трещиностойкость после термосилового влияния при торможении, сопротивление износу и повреждаемости колесных сталей с повышенным содержанием кремния и марганца и пониженным углерода, которые сравнены с полученными ранее для стандартных сталей марок 2 и Т. Выведено, что кремний и марганец способствуют выравниванию циклической вязкости разрушения стали в различных зонах обода колеса, а также снижению высокотемпературной (выше 500°C) пластичности (относительного удлинения), вследствие чего уменьшается ее склонность к образованию ползунов на поверхности катания. Однако твердорастворное упрочнение таких сталей при сравнительно высоком (~ 0,6%) содержании углерода обуславливает низкую трещиностойкость при циклическом нагружении в исходном состоянии и после воздействия термосиловых факторов при торможении, а также незначительное сопротивление повреждаемости в условиях контактной усталости. Рекомендовано снизить содержание углерода в таких сталях до 0,52...0,53%.

SUMMARY. The temperature of strength and plasticity dependences, as well as fatigue crack growth resistance after thermal impact during braking, resistance to wear and damageability of type K wheel steels with increased silicon and manganese content at reduced carbon content are established and compared with previously obtained ones for standard

steels of grades 2 and T. It has been found that silicon and manganese content causes the homogenization of the steel structure in various zones of the wheel rim, as well as the reduction of high temperature (above 500°C) plasticity (relative elongation), which leads to a decrease in the steel tendency to flats forming on the wheel tread surface. However, solid-solution hardening of such steels with a relatively high (~ 0.6%) carbon content causes a low crack growth resistance under cyclic loading in the as-received state and after exposure to thermal force factors during braking, as well as a low damage formation resistance in contact fatigue conditions. It is recommended to decrease the carbon content in such steels to 0.52...0.53%.

Voyevodin V. M., Mitrofanov A. S., Gozhenko S. V., Vasilenko R. L., Krainyuk Ye. O., Bazhukov A. V., Paliy A. M., and Melnyk P. Ye. Non-metallic inclusions in 08X18H10T steel as a cause of defects in the heat exchange tubes of NPP steam generators..... 16

РЕЗЮМЕ. Подано результати з вивчення мікроструктури сталі 08X18H10T у теплообмінних трубах після їх тривалої експлуатації в парогенераторах енергоблока ВВЕР-1000. Розглянуто вплив неметалевих включень на деградацію металу теплообмінних труб АЕС. Показано, що ймовірною причиною порушення пасивації металу і виникнення корозійних дефектів є неметалеві включення, які розташовані на його поверхні. Під впливом робочих чинників у металі виникають знакозмінні напруження, що призводить до мікроруйнування на межі включення–метал і розвитку корозійної втоми.

РЕЗЮМЕ. Представлены результаты по изучению микроструктуры стали 08X18H10T в теплообменных трубах после их длительной эксплуатации в парогенераторах энергоблока ВВЭР-1000. Рассмотрено влияние неметаллических включений на деградацию металла теплообменных труб АЭС. Показано, что вероятной причиной нарушения пассивации металла и возникновения коррозионных дефектов являются неметаллические включения, выходящие на поверхность металла. Под воздействием рабочих факторов в металле возникают знакопеременные напряжения, приводящие к микроразрушениям на границе включение–металл и развитию коррозионной усталости.

SUMMARY. The results of study of the microstructure of 08X18H10T steel in heat exchangers in steam generators of the power unit WVER-1000 after their durable operation are presented. The influence of nonmetallic inclusions on metal degradation of NPP heat exchangers is considered. It is shown that the possible reason for the passivation violation of the metal and the occurrence of corrosion defects is non-metallic inclusions that extend over the surface of the metal. Under the influence of working factors, alternating stresses arise in the metal of heat-exchange tubes, which lead to micro-fractures at the inclusion-metal interface and the development of corrosion fatigue.

Student O. Z., Krechkovska H. V., Nykyforchyn H. M., and Kurnat I. M. Fractographic criterion of carbon steels reaching critical technical state 24

РЕЗЮМЕ. Запропоновано мікрофрактографічний метод оцінювання технічного стану тривало експлуатованих вуглецевих сталей профільного прокату, який базується на побудові кореляційної залежності між зміною опору крихкому руйнуванню, зокрема ударною в'язкістю, і співвідношенням площ фрактографічних елементів окрихчення і в'язкого рельєфу. Критичний стан експлуатованих сталей обґрунтовано якісною зміною елементів окрихчення на зламах, а саме: розшарування, властиві їх докритичному стану, змінюються на кризьеренні відколи. Це відбувається в точці біфуркації на кореляційній залежності, спільній для низки сталей незалежно від умов їх експлуатації.

РЕЗЮМЕ. Предложен микрофрактографический метод оценки технического состояния длительно эксплуатированных углеродистых сталей, основанный на по-

строении корреляционной зависимости между изменением сопротивления хрупкому разрушению, в частности ударной вязкости, и соотношений площадей фрактографических элементов охрупчивания и вязкого рельефа. Критическое состояние эксплуатируемых сталей обосновано качественным изменением элементов охрупчивания на изломах – расслоения, присущие им в докритическом состоянии, сменяются на трансзеренные сколы. Это происходит в точке бифуркации на корреляционной зависимости, общей для ряда сталей независимо от условий их эксплуатации.

SUMMARY. The microfractography method for technical state estimation of the long-term operated carbon steels is proposed. The method is based on correlation dependence between brittle fracture resistance changes (particularly, impact toughness) and a ratio of fractographic brittle elements area and ductile relief. The critical state of operated steels is caused by the quality change of embrittlement elements on the fracture surfaces – from the delamination type typical of the subcritical state to transgranular cleavages which start at a bifurcation point on the correlation dependence that is common for numerous steels independent of their operation conditions.

Buketov A. V., Brailo M. V., Yakushchenko S. V., and Yatsiuk V. M. Development of epoxy-polyester matrix with improved adhesion and physicomechanical properties using an isocyanate modifier..... 31

РЕЗЮМЕ. Досліджено адгезійні та фізико-механічні властивості композитних матеріалів (КМ) на основі епоксиполієфірного зв'язувача з додаванням модифікатора метилендифенілдіізоціанату. Встановлено, що найвищими адгезійними та когезійними характеристиками володіє матриця за вмісту модифікатора $q = 0,25 \text{ mass\%}$. Адгезійна міцність за відриву епоксиполієфірної матриці з поліпшеними адгезійними властивостями становить $\sigma_a = 55 \text{ МПа}$, а залишкові напруження $\sigma_r = 4,1 \text{ МПа}$. Матриця з поліпшеними когезійними властивостями має такі показники: модуль пружності за згину $E = 3,7 \text{ ГПа}$, руйнівні напруження за згину $\sigma_s = 57 \text{ МПа}$, ударну в'язкість $W = 8,9 \text{ кДж/м}^2$. Для вивчення поверхонь зламу КМ використано оптичну мікроскопію. Констатовано, що модифікатор суттєво впливає на вказані характеристики матеріалів.

РЕЗЮМЕ. Исследованы адгезионные и физико-механические свойства композитных материалов (КМ) на основе эпоксиполиэфирного связующего при добавлении модификатора метиленидифенилдиизоцианата. Установлено, что повышенные адгезионные и когезионные характеристики имеет эпоксиполиэфирная матрица с $0,25 \text{ mass\%}$ модификатора. Адгезионная ее прочность при отрыве составляет $\sigma_a = 55 \text{ МПа}$, а остаточные напряжения $\sigma_r = 4,1 \text{ МПа}$. Матрица с улучшенными когезионными свойствами имеет такие показатели: модуль упругости при изгибе $E = 3,7 \text{ ГПа}$, разрушительные напряжения при изгибе $\sigma_{st} = 57 \text{ МПа}$, ударная вязкость $W' = 8,9 \text{ кДж/м}^2$. Для изучения поверхности излома КМ использована оптическая микроскопия. Констатировано, что модификатор существенно влияет на адгезионные и когезионные свойства исследуемых материалов.

SUMMARY. The adhesion and physicomechanical properties of composite materials (CM) based on the epoxy-polyester binder doped with a methylenediphenyl diisocyanate modifier are investigated. It has been found that the matrix with the content of the modifier $q = 0.25 \text{ mass\%}$ is characterized by the best parameters of adhesion and cohesion. The developed epoxy-polyester matrix with improved adhesion properties is indicated by indices of adhesive strength under tear $\sigma_a = 55 \text{ МПа}$, residual stresses $\sigma_r = 4.1 \text{ МПа}$. The matrix with improved cohesive properties is characterized by the following indices: the modulus of elasticity under bending $E = 3.7 \text{ ГПа}$, fracture stresses under bending $\sigma_{st} = 57 \text{ МПа}$, impact toughness $W' = 8.9 \text{ кДж/м}^2$. Study of CM fracture surfaces is performed using optical microscopy. Based on the results of the analysis of the microstructure, it is proved that the presence of the methylenediphenyl diisocyanate modifier significantly affects the adhesive and cohesive properties of the studied materials.

Blikharskyu Ya. Z. Mechanical properties anisotropy of heat-treated rebar A500S37

РЕЗЮМЕ. Досліджено зміну мікротвердості арматурного стрижня діаметром 20 mm зі сталі А500С в радіальному напрямку і встановлено товщину термозміцненого шару. Для оцінювання анізотропії характеристик міцності та пластичності за товщиною арматурного стрижня використали трубчасті зразки, робоча частина яких містила лише зміцнений шар стрижня, або лише матеріал серцевини. Побудовано умовні та істинні діаграми деформування за розтягу. Показано, що механічні характеристики матеріалу поверхневого шару арматурного стрижня суттєво відрізняються від характеристик його серцевини.

РЕЗЮМЕ. Исследовано изменение микротвердости арматурного стержня диаметром 20 mm из стали А500С в радиальном направлении и установлена толщина термоупрочненного слоя. Для оценки анизотропии характеристик прочности и пластичности по толщине арматурного стержня использовали трубчатые образцы, рабочая часть которых содержала либо упрочненный слой стержня, либо материал сердцевини. Построены условные и истинные диаграммы деформирования при растяжении. Показано, что механические характеристики материала поверхностного слоя арматурного стержня значительно отличаются от характеристик его сердцевини.

SUMMARY. The microhardness distribution of the 20 mm rebar made of A500S steel in a radial direction is investigated and the thickness of the hardened layer is established. To evaluate the anisotropy of the strength and plasticity characteristics of a rebar, tubular samples are used the gauge section of which contains either only a hardened layer or only a core material. Engineering and true stress-strain curves under tensile testing are constructed. It is shown that mechanical characteristics of the hardened layer of the rebar are significantly different from those of its core.

Dmitrieva G. P., Cherepova T. S., Kosorukova T. A., and Pryadko T. V.

The influence of rhenium alloying on heat resistance of cobalt with niobium carbide alloy43

РЕЗЮМЕ. Методами фізико-хімічного аналізу досліджено вплив 1...9 mass% ренію на температуру плавлення, структуру і жаротривкість ливарного серійного сплаву ХТН-62, який застосовують для захисту від зношування контактуючих поверхонь робочих лопаток газотурбінних двигунів (ГТД). Встановлено, що за оптимального його вмісту від 3 до 9 mass% опір сплаву окисненню при 1100°C підвищується вдвічі. При цьому температура плавлення зберігається не нижче 1300°C і не змінюється структура, тому він перспективний для використання в жорсткіших умовах роботи ГТД.

РЕЗЮМЕ. Методами физико-химического анализа исследовано влияние 1...9 mass% рения на температуру плавления, структуру и жаропрочность литейного серийного сплава ХТН-62, применяемого для защиты от износа контактирующих поверхностей рабочих лопаток газотурбинных двигателей (ГТД). Установлено, что при оптимальном его содержании от 3 до 9 mass% сопротивление сплава окислению при 1100°C повышается в 2 раза. При этом температура плавления сохраняется не ниже 1300°C и не изменяется структура, потому он перспективный для использования в жестких условиях работы ГТД.

SUMMARY. The influence of 1...9 mass% rhenium on melting temperature, structure and heat-resistance of foundry industrial ХТН-62 alloy, used for wear protection of contact working surfaces of gas turbine blades (GTB) was investigated by the methods of physico-chemical analysis. It was established that at the optimal rhenium content from 3 to 9 mass% the oxidation resistance of the alloy increases two-fold at 1100°C. In this case a melting temperature remains not lower than 1300°C and the structure does not change, thus making it prospective for use in aggressive working conditions of GTB.

<i>Zhuravel I. M.</i> Computer assessing the variation of grain size of the exploited 12X1MФ steel structure	48
--	----

РЕЗЮМЕ. Запропоновано метод оцінювання різнозернистості за металографічними зображеннями мікроструктури експлуатованої паропровідної сталі 12X1MФ, вирізаної з прямолінійної ділянки та зони розтягу гину головного парогону ТЕС. Встановлено, що її рівень на прямій ділянці нижчий, ніж у зоні розтягу гину. З наближенням до зовнішньої і внутрішньої поверхонь труби на прямій ділянці труби зменшується, а в зоні розтягу гину зростає, що зумовлено інтенсивною деградацією матеріалу у важких експлуатаційних умовах.

РЕЗЮМЕ. Предложен метод оценки разнотерности по металлографическим изображениям микроструктуры эксплуатируемой паропроводной стали 12X1MФ, вырезанной из прямолинейного участка и зоны растяжения изгиба главного парогона ТЭС. Установлено, что ее уровень на прямом участке ниже, чем в зоне растяжения изгиба. С приближением к внешней и внутренней поверхностям трубы на прямом участке трубы уменьшается, а в зоне растяжения изгиба растет, что вызвано интенсивной деградацией материала в тяжелых эксплуатационных условиях.

SUMMARY. The method of computerized evaluation of heterogeneous grains by metallographic images of microstructure of exploited steam-conducting steel 12X1MФ, cut out from the straight section and tension and zone of the bent of main steam pipeline of HPP is proposed. It is established that its level in the straight line is lower than in the zone of tensile bending. With the approach to the external and internal surfaces of the pipe it on the straight line of the pipe decreases and in the zone of tensile bending – increases, what is caused by the intensive degradation of material under heavy operating conditions.

<i>Kryshchopa S. I., Prunko I. B., Dolishnii B. V., Panchuk M. V., Bohatchuk I. M., and Melnyk V. M.</i> Regularities of wear of metal polymer friction couples under influence of tribocurrents.....	53
---	----

РЕЗЮМЕ. На основі досліджень трибологічних характеристик металополімерних пар тертя гальмівних механізмів у виробничих та лабораторних умовах встановлено закономірності зміни: циркулюючих трибострумів у парах тертя сірий чавун–полімери барабанно- та стрічково-колодкових гальм від температури на поверхні фрикційних вузлів та кількості циклів гальмувань; динамічного коефіцієнта тертя від циркулюючих трибострумів; лінійного зносу пар тертя гальмівних пристроїв від генерованих трибострумів у зоні контакту двошарових структур метал–полімер.

РЕЗЮМЕ. На основе исследований трибологических характеристик металлополимерных пар трения тормозных механизмов в производственных и лабораторных условиях установлены закономерности изменения: циркулирующих триботоков в парах трения серый чугун–полимеры барабанно- и ленточно-колодочных тормозов от температуры на поверхности фрикционных узлов и количества циклов торможений; динамического коэффициента трения от циркулирующих триботоков; линейного износа пар трения тормозных устройств от генерируемых триботоков в зоне контакта двухслойных структур металл–полимер.

SUMMARY. Based on studies of the tribological characteristics of metal-polymer friction pairs of the brake mechanisms in production and laboratory conditions the following regularities of the change are established for: circulating tribocurrent in the friction pairs grey cast iron–polymers of drum-type and band-type brakes depending on the temperature on the friction units surface and the number of braking cycles; dynamic coefficient of friction depending on circulating tribocurrent; linear wear of friction pairs of brake devices depending on the generated tribocurrent in the contact zone of two-layer structures metal–polymer.

Zhuravlov O. Yu., Shijan O. V., Semenov M. O., Strigunovskiy S. V., Levenets V. V.,
and Shirokov B. M. Deposition of boron carbide coatings by gas-phase method 61

РЕЗЮМЕ. Подано результати досліджень отримання карбіду бору водневим відновленням трихлористого бору BCl_3 у парах толуолу C_7H_8 . Досліджено термодинаміку та кінетичні особливості осадження карбіду бору у системі $\text{BCl}_3\text{-C}_7\text{H}_8\text{-H}_2$.

РЕЗЮМЕ. Представлены результаты исследований получения карбида бора водородным восстановлением треххлористого бора BCl_3 в парах толуола C_7H_8 . Исследовано термодинамику и кинетические особенности осаждения карбида бора в системе $\text{BCl}_3\text{-C}_7\text{H}_8\text{-H}_2$.

SUMMARY. The results of studies on the production of boron carbide by hydrogen restoration of trichloride boron BCl_3 in pairs of toluene C_7H_8 are presented. Thermodynamics of the deposition process and the kinetic features of boron carbide deposition in the $\text{BCl}_3\text{-C}_7\text{H}_8\text{-H}_2$ system are investigated.

Pohrelyuk I. M., Fedirko V. M., and Proskurnyak R. V. The influence of dispersity of the powder component of the saturating medium on titanium alloys carboxiding 64

РЕЗЮМЕ. Подано результати карбооксидування титанових сплавів ВТ1-0 та ОТ4 за використання вуглецевої порошкової компоненти насичувального середовища з розмірами твердих фракцій від 45 до 300 μm (насичення з сажі, графіту, деревного вугілля). Металографічними, дюрOMETричними, профілометричними дослідженнями та рентгенівським фазовим аналізом встановлено відмінності у характеристиках сформованих модифікованих шарів. Корозійними та електрохімічними випробуваннями у 80% сульфатній кислоті виявлено підвищення ефективності карбооксидування зі зменшенням розмірів твердих фракцій вуглецевої порошкової компоненти насичувального середовища.

РЕЗЮМЕ. Представлены результаты карбооксидирования титановых сплавов ВТ1-0 и ОТ4 при использовании углеродной порошковой компоненты насыщающей среды с размерами твердых фракций от 45 до 300 μm (насыщение из сажи, графита, древесного угля). Металлографическими, дюрOMETрическими, профилометрическими исследованиями и рентгеновским фазовым анализом установлены различия в характеристиках сформированных модифицированных слоев. Коррозионными и электрохимическими испытаниями в 80% растворе серной кислоты выявлено повышение эффективности карбооксидирования при уменьшении размеров твердых фракций углеродной порошковой компоненты насыщающей среды.

SUMMARY. The results of carboxiding of ВТ1-0 and ОТ4 titanium alloys are presented with the use of the carbon powder component of the saturation medium with the sizes of solid fractions from 45 to 300 μm (saturation from soot, graphite, charcoal). Metallographic, dyrometric, prophylometric and XRD studies have established the differences in the characteristics of the formed modified layers. Corrosion and electrochemical tests in 80% solution of sulfitic acid have been found to increase the efficiency of carbon dioxide by reducing the size of the solid fractions of the carbon powder component of the saturation medium.

Yapontseva Yu. S. and Kublanovsky V. S. Corrosive and catalytic properties of electrolytic Co-Mo-Re coatings 71

РЕЗЮМЕ. Вивчено корозійні властивості електролітичних сплавів Co-Mo-Re, осаджених з цитратного електроліту за рН 3,5 і 6,3. Виявлено високу корозійну тривалість покривів у кислих, нейтральних та лужних розчинах. Досліджено вплив густини струму осадження, тобто і хімічного складу покривів, на їх корозійну поведінку в розчині КОН. Встановлено, що опір корозії залежить від вмісту в осаді ренію – найбільш

корозійнотривкішого компонента. Досліджено каталітичні властивості отриманих сплавів у реакції виділення водню у розчині КОН. Виявлено, що реній негативно впливає на перенапругу виділення водню і сплав з поліпшеними антикорозійними властивостями має більшу перенапругу, ніж чистий кобальт. Зі зменшенням вмісту ренію в осаді проявляється каталітична активність, тобто перенапруга відновлення водню падає, але суттєво знижується корозійна тривкість покриттів.

РЕЗЮМЕ. Изучены коррозионные свойства электролитических сплавов Co–Mo–Re, осажденных из цитратного электролита при pH 3,5 и 6,3. Выявлена высокая коррозионная стойкость покрытий в кислых, нейтральных и щелочных растворах. Исследовано влияние плотности тока осаждения, а следовательно, и химического состава покрытий на их коррозионное поведение в растворе КОН. Обнаружено, что сопротивление коррозии зависит от содержания в осадке рения – наиболее коррозионно-стойкого компонента. Исследованы каталитические свойства полученных сплавов в реакции выделения водорода в растворе КОН. Выявлено, что рений негативно влияет на перенапряжение выделения водорода и сплав, обладающий лучшими антикоррозионными свойствами, демонстрирует большее перенапряжение водорода, чем на чистом кобальте. С уменьшением содержания рения в осадке проявляется каталитическая активность, т. е. перенапряжение восстановления водорода ослабевает, но существенно понижается коррозионная стойкость покрытий.

SUMMARY. The corrosion properties of Co–Mo–Re electrolytic alloys deposited from citrate electrolyte at pH 3.5 and 6.3 are studied. It is shown that coatings have high corrosion resistance in acidic, neutral and alkaline solutions. The effect of the deposition current density and, consequently, the chemical composition of the coatings on their corrosion behavior in KOH solution are investigated. It is found that corrosion resistance depends on the rhenium content of the deposit which is the most corrosion-resistant component. The catalytic properties of the obtained alloys in the hydrogen evolution in KOH solution are investigated. It is shown that rhenium exerts a negative influence on the overvoltage of hydrogen evolution, and the alloy having better anticorrosive properties demonstrates hydrogen overpotential greater than pure cobalt. Reduction of the rhenium content in the deposit leads to the manifestation of catalytic activity, i.e. reduction of the overvoltage of hydrogen reduction, but at the same time to a significant decrease in the coatings corrosion resistance.

Kolesnyk V. P., Chuhaï O. M., Sliusar D. V., Kalakhan O. S., Voloshyn O. O., Oleinyk S. V., and Veselivska H. H. Structure and properties of ion-plasma WC coatings.....77

РЕЗЮМЕ. Розроблено технологію формування покриттів, яка базується на розпиленні багатьох катодів-мішеней з компонентів покриттів. Для апробації технології на підкладках з бронзи БрАЖ9-4 та корозійнотривкої сталі 12Х18Н10Т сформовано покриття WC завтовшки 4...9 мкм. Досліджено їх структуру, морфологію поверхні, а також неоднорідність електроопору системи покриття-підкладка в нормальному до її поверхні напрямку. Встановлено, що покриття володіють текстурою та містять наноблоки розміром 30 нм. Виявлено, що морфологія поверхні покриттів чутлива до умов їх формування.

РЕЗЮМЕ. Разработана технология формирования покрытий, основанная на распылении множества катодов-мишеней из компонентов покрытий. Для апробации технологии на подложках из бронзы БрАЖ9-4 и коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т сформированы покрытия WC толщиной 4...9 мкм. Исследовано их структуру, морфологию поверхности, а также неоднородность электросопротивления системы покрытие-подложка в нормальном к ее поверхности направлении. Установлено, что покрытия обладают текстурой и содержат наноблоки размером 30 нм. Выявлено, что морфология поверхности покрытий чувствительна к условиям их формирования.

SUMMARY. The technology of formation of the coatings based on spraying of a variety of target cathodes made of pure tungsten and bronze is considered. To verify the technology on the БрАЖ9-4 bronze and 12Х18Н10Т steel substrates the WC coatings 4...9 μm thick were formed. The structure, morphology of the coatings surface and also the unevenness of electric resistance of the system coating-substrate in the direction normal to its surface are investigated. It is established that coatings contain nanoblocks of size 30 nm and have a texture. Surface morphology is sensitive to their formation conditions.

Bohun L. I., Kovbasiuk T. M., Kushpir V. I., and Humeniuk I. A. Wear resistance of Fe-Cr-Mn-Ti-Al coatings sprayed by powder wires..... 81

РЕЗЮМЕ. Досліджено робоздатність покриттів системи Fe-Cr-Mn-Ti-Al, напылених із порошкових дротів, залежно від їх поглинальної здатності. Встановлено механізм зношування досліджуваних трибоспряжень та допустимий діапазон питомих навантажень для надійного використання цих покриттів в умовах граничного мащення.

РЕЗЮМЕ. Исследована работоспособность покрытий системы Fe-Cr-Mn-Ti-Al, напыленных из порошковых проволок, в зависимости от их поглощающей способности. Установлен механизм износа исследуемых трибоспряжений и допустимый диапазон удельных нагрузок для надежного использования этих покрытий в условиях предельной смазки.

SUMMARY. The effect of serviceability of Fe-Cr-Mn-Ti-Al coatings sprayed from powdered wires, depending on their adsorption capacity is investigated. The mechanism of wear of the investigated tribo-coupling and the permissible range of specific loads for the reliable use of these coatings under conditions of boundary lubrication is established.

Savruk M. P., Kazberuk A., and Chornenkyi A. B. Stress state in a quasi-orthotropic half-plane with a curvilinear edge..... 88

РЕЗЮМЕ. Методом сингулярних інтегральних рівнянь розглянуто плоску періодичну задачу теорії пружності для квазіортотропної півплощини з нескінченним рядом крайових кутових закруглених вирізів. За використання єдиного підходу до розв'язування задач концентрації напружень біля вирізів з гострими та закругленими вершинами отримано коефіцієнти інтенсивності напружень у гострих вершинах відповідних крайових вирізів. Цим же методом розв'язано задачу про розподіл напружень у квазіортотропній півплощині зі синусоїдним краєм.

РЕЗЮМЕ. Методом сингулярных интегральных уравнений рассмотрена плоская периодическая задача теории упругости для квазиортотропной полуплоскости с бесконечным рядом крайовых угловых закругленных вырезов. При использовании единого подхода к решению задач концентрации напряжений у вырезов с острыми и закругленными вершинами получены коэффициенты интенсивности напряжений в острых вершинах крайовых вырезов. Этим же методом решено задачу о распределении напряжений в квазиортотропной полуплоскости с синусоидальным краем.

SUMMARY. The method of singular integral equation in application to solving the periodic problem of elasticity theory for a quasi-orthotropic plane containing an infinite row of edge rounded notches is considered. Stress intensity factors at the sharp tips of the edge notches are calculated using the unified approach to solving the problems on stress concentration at sharp or rounded notch vertexes. The same method is used for solving the problem on stresses distribution in a quasi-orthotropic half-plane with a sinusoidal boundary.

<i>Dubyk Ya. R. and Seliverstova I. P.</i> Application of the approximate solutions of the shell theory for the problem on concentrated force action on the hollow cylinder	96
---	----

РЕЗЮМЕ. Розроблено наближені розв'язки теорії оболонок та поєднано їх через крайові умови. Застосовано припущення щодо характеру похідних основних функцій (змінних), що дало змогу спростити вихідне диференційне рівняння теорії оболонок восьмого ступеня до системи з двох рівнянь четвертого ступеня, розв'язки яких отримано для головних змінних. Точність розв'язку продемонстровано на класичній задачі дії зосереджених сил на оболонку.

РЕЗЮМЕ. Разработаны приближенные решения теории оболочек и объединены за счет граничных условий. Применение гипотез о характере производных основных функций (переменных) дает возможность упростить исходное дифференциальное уравнение восьмого порядка к системе из двух уравнений четвертого порядка, решения которых получены для главных переменных. Точность решения продемонстрирована для классической задачи действия сосредоточенных сил на оболочку.

SUMMARY. The approximate solutions of the shell theory and their combined use due to the boundary conditions are developed. The application of hypotheses about the nature of the derivatives of the main functions (variables) makes it possible to simplify the initial eighth-order differential equation to a system of two fourth-order equations whose solutions are obtained in terms of principal variables, which simplifies their further application. The accuracy of the solution is demonstrated for the classical problem of the action of concentrated forces on the shell.

<i>Jiang Qiongqin, Hembara O. V., and Chepil O. Ya.</i> Finite element simulation of hydrogen influence on the accumulation of damages in the steels under high-temperature creep	104
---	-----

РЕЗЮМЕ. За розробленою математичною моделлю та програмним модулем оцінено нагромадження пошкоджень з урахуванням дифузії водню. Процес змодельовано за двома підходами: рівняннями Качанова–Работнова–Локощенко з двома параметрами (пошкодження та концентрація водню) та енергетичним. Для цього використано зразок Бриджмена з урахуванням і без впливу водню. Результати розрахунків, отримані за двома підходами, задовільно збігаються з експериментальними. Проте енергетичний підхід дає вдвічі меншу похибку.

РЕЗЮМЕ. Разработана математическая модель и программный модуль, позволяющий оценить накопление повреждений с учетом диффузии водорода. Процесс смоделирован двумя способами: уравнениями Качанова–Работнова–Локощенко с двумя параметрами (повреждение и концентрация водорода) и энергетическим. Для этого использовано образец Бриджмена с учетом и без влияния водорода. Результаты расчетов, полученные двумя подходами, согласуются с экспериментальными. Однако энергетический подход дает вдвое меньшую погрешность.

SUMMARY. A mathematical model and a software module have been developed, allowing the estimation of damage accumulation with allowance for hydrogen diffusion. Damage accumulation is modeled in two ways: using Rabotnov–Kachanov–Lokoschenko equations with two parameters (damage and hydrogen concentration) and the energy approach. Mathematical modeling was carried out for the Bridgman sample with and without consideration of the influence of hydrogen. The results of calculations obtained by two approaches give satisfactory convergence with experimental data. However, the energy approach gives twice less error.

Malezhik M. P., Pidgurskyi M. I., Rudyak Yu. A., Fedchyshyn N. O., Pidgurskyi I. M., and Voitovich L. V. Investigation fracture of an orthotropic plate with a circular hole and two edge cracks by the method of dynamic elasticity 112

РЕЗЮМЕ. Досліджено динамічне руйнування конструкційних елементів у вигляді пластин із прозорих композитів, що послаблені отвором та двома контурними симетричними тріщинами, методом динамічної фотопружності під імпульсним навантаженням. Вивчено зміни в часі коефіцієнтів інтенсивності напружень та швидкості руху вершини тріщини.

РЕЗЮМЕ. Исследовано динамическое разрушение конструкционных элементов в виде пластин из прозрачных композитов, ослабленных отверстием и двумя контурными симметричными трещинами, методом динамической фотоупругости при импульсной нагрузке. Изучены изменения во времени коэффициентов интенсивности напряжений и скорости движения вершины трещины.

SUMMARY. The process of dynamic fracture of structural elements in the form of plates of transparent composites weakened by a hole and two symmetrical contour cracks is investigated using the method of dynamic photoelasticity under pulse load. The changes of the stress intensity factors and the crack tip propagation velocity are studied.

Ivanytskiy Ya. L., Hvozdiuk M. M., Maksymenko O. P., Klysh S., Kharchenko Ye. B., and Shyshkovskiy R. O. Assessment of contact strength of bolted joints of composite plates 116

РЕЗЮМЕ. Визначено напруження зминання багаторядних болтових з'єднань шаруватих вуглепластикових композитів за деформацією в околі одиничного (ізолюваного) отвору, контактено навантаженого через болт. За результатами виробувань, отриманих методом цифрової кореляції зображень, побудовано діаграму руйнування в координатах напруження–деформація і встановлено допустиме напруження зминання, що відповідає збільшенню залишкової деформації діаметра отвору на 2%.

РЕЗЮМЕ. Определены напряжения смятия многорядных болтовых соединений слоистых углепластиковых композитов по деформации в окрестности единичного (изолированного) отверстия, контактирующие через болт. По результатам испытаний, полученных методом цифровой корреляции изображений, построено диаграмму разрушения в координатах напряжение–деформация и установлено допустимое напряжение смятия, что соответствует увеличению остаточной деформации диаметра отверстия на 2%.

SUMMARY. Bearing failures of the multiple-row bolted joints of layered carbon-filled plastic composites are determined by the deformation in the vicinity of a single (isolated) hole under contact loading through a bolt. Using the test results obtained by the method of digital correlations of images a fracture curve is constructed in the coordinates stresses–deformation and the admissible local bearing failure that corresponds to the increasing residual deformation of the hole diameter by 2%, is established.

Khoma M. S., Ivashkiv V. R., Halaichak S. A., Chuchman M. R., and Vasylyv Kh. B. The influence of steels structure on corrosion, hydrogenation, stress corrosion cracking in hydrogen sulphide environments..... 121

РЕЗЮМЕ. Досліджено вплив структури вуглецевих сталей на корозію, наводнювання та корозійне розтріскування у розчині NACE. Швидкість корозії та наводнювання сталі У8 зростає зі збільшенням дисперсності структури в ряду: перліт, сорбіт, троостит і мартенсит. Вони максимальні у сталі 45 зі структурою ферито-перліту, найменші – сорбіту. Сталь 45 менш схильна до сірководневого корозійного розтріскування у розчині NACE, ніж У8, що свідчить про залежність від концентрації вуглецю, та, відповідно, карбідів у ній. Сталь 45 зі структурою сорбіту та сталь У8 зі

структурами сорбіту і трооститу найстійкіші до руйнування у сірководневому середовищі. Однак, враховуючи вплив наводнювання, сталі зі сорбітними структурами найпридатніші для експлуатації у сірководневих середовищах.

РЕЗЮМЕ. Исследовано влияние структуры углеродистых сталей на коррозию, наводороживание и коррозионное растрескивание в растворе NACE. Скорости коррозии и наводороживания стали У8 возрастают с увеличением дисперсности структуры в ряду: перлит, сорбит, троостит и мартенсит. Они максимальные в стали 45 со структурой феррито-перлита, минимальные – сорбита. Сталь 45 менее подвержена сероводородному коррозионному растрескиванию в растворе NACE, чем У8, что свидетельствует о зависимости от концентрации углерода и, соответственно, карбидов в ней. Сталь 45 со структурой сорбита и сталь У8 со структурами сорбита и троостита наиболее стойкие к разрушению в сероводородной среде. Тем не менее, учитывая влияние наводороживания, стали с сорбитными структурами наиболее пригодны для эксплуатации в сероводородных средах.

SUMMARY. The influence of carbon steel structure on its corrosion, hydrogenation and corrosion cracking in the NACE solution is investigated. The corrosion rate and hydrogenation of 0.8% C steel grow with increase of the structure dispersion in the row: perlite, sorbite (high temperature martensite), troostite (middle temperature martensite) and martensite. The corrosion rate and hydrogenation of 0.45% C steel are the greatest for the ferrite-perlite structure and the smallest for the sorbite. The 0.45% C steel has a lower tendency to hydrogen sulfide corrosion cracking in the NACE solution than the 0.8% C steel. Corrosion cracking resistance of steels depends on the carbon concentration and the content of carbides in them. The sorbite structure of 0.45% C steel and sorbite and martensite structures of 0.8% C steel are the most resistant to corrosion cracking in hydrogen sulfide environment. However, steels with sorbite structures are most suitable for operation in hydrogen sulfide media taking into account the influence of hydrogenation.

Polutrenko M. S., Maruschak P. O., Tsyba A. A., and Bishchak R. T. Development of corrosion inhibitors of ferrite-pearlite steels in environment of thione bacteria 126

РЕЗЮМЕ. Вивчено вплив тионових бактерій на швидкість корозії сталей 17Г1С-У та 20 у середовищі Бейєринка. Кількісно оцінено захисну дію деяких органічних інгібіторів залежно від їх концентрації та структури сталей. Встановлено, що інгібітор на основі похідних діоксодекагідроакридину захищає досліджені трубні сталі від біокорозії на 37...57%.

РЕЗЮМЕ. Исследовано влияние тионовых бактерий на скорость коррозии сталей 17Г1С-У и 20 в среде Бейеринка. Количественно оценено защитное действие некоторых органических ингибиторов в зависимости от их концентрации и структуры сталей. Установлено, что ингибитор на основе производных диоксодекагидроакридина обеспечивает защиту этих трубных сталей от биокоррозии на 37...57%.

SUMMARY. The effect of thiobacteria on the corrosion rate of 17Г1С-У and 20 steels in the Beijerinck's medium was studied. The protective effect of some organic inhibitors, depending on their concentration and the structure of steels was quantitatively evaluated. It was found that the inhibitor based on the dioxodecahydroacridin derivatives provided protection of the investigated tube steels against biocorrosion at the level of 37...57%.

Zin I. M., Marderevych R. S., Bilyi L. M., Kornii S. A., and Duriagina Z. A. The influence of surface chemical treatment of Д16Т aluminium alloy on the protective properties of alkyd coating 132

РЕЗЮМЕ. Встановлено, що нанесення конверсійних покриттів на алюмінієвий сплав Д16Т суттєво підвищує його корозійну тривкість, а також зменшує підпількову корозію металу під лакофарбовим покритвом. За відсутності лакофарбового шару

хімічне оксидування має вищі захисні властивості проти хромофосфатування. Зразки алюмінієвого сплаву з алкідним покритвом мають приблизно однакову корозійну тривкість за використання для підготовки поверхні хромофосфатування та хімічного оксидування. Захисний ефект хромофосфатного покриття можна пояснити взаємодією фосфатного шару з функціональними групами алкідної смоли.

РЕЗЮМЕ. Установлено, что нанесение конверсионных покрытий на алюминиевый сплав Д16Т существенно повышает его коррозионную стойкость, а также уменьшает подпленочную коррозию металла под лакокрасочным покрытием. При отсутствии лакокрасочного слоя химическое оксидирование имеет более высокие защитные свойства против хромофосфатирования. Образцы алюминиевого сплава с алкидным покрытием имеют примерно одинаковую коррозионную прочность при использовании для подготовки поверхности хромофосфатирования и химического оксидирования. Защитный эффект хромофосфатного покрытия можно объяснить взаимодействием фосфатного слоя с функциональными группами алкидной смолы.

SUMMARY. The application of conversion coatings on the Д16Т aluminum alloy significantly increases the alloy corrosion resistance, as well as reduces its corrosion under paint coating. In the absence of organic layer chemical oxidizing has higher protective properties comparing with chrome phosphating. Samples of the aluminum alloy with an alkyd coating have approximately the same corrosion resistance both on aluminum alloy chrome phosphated and chemically oxidized surface. The protective effect of the chrome phosphate coating can be explained by the interaction of the phosphate layer with functional groups of alkyd resin.

Sukhova O. V., Polonsky V. A., and Ustinova K. V. Corrosion resistance of Al–Cu–Fe–(Si, B) alloys in mineralized solutions of acidic

and saline solutions 138

РЕЗЮМЕ. Досліджено вплив легування 4...7 at.% Si або/та 1...3 at.% В на корозійну поведінку квазікристалічних сплавів Al–Cu–Fe у розчинах кислот HCl, H₂SO₄, HNO₃, H₃PO₄ (pH 1,0) і солей 3,0 М NaCl, 0,2 М Na₂SO₄ (pH 7,0). Використано методи кількісної металографії, електронної мікроскопії та гравіметричного аналізу. Встановлено, що сплави найбільше кородують у розчинах HCl та H₂SO₄, а найменше – у розчині HNO₃. Корозійна тривкість зростає зі зменшенням вмісту в їх структурі фаз, збагачених залізом. Корозії переважно піддані фаза λ-Al₁₃Fe₄ та міжфазні межі поділу ψ–λ і ψ–(τ,η,θ). Порівняно з кислотами у сольових розчинах сплави кородують значно повільніше. Тут також зафіксовано вибіркочну корозію заліза, але розчинення фаз рівномірніше, ніж у розчинах кислот. На поверхні сплавів утворюються ділянки бурої іржі та піттингів, дно яких вкрите пористим шаром міді. Виявлено позитивний вплив легування Si або/та В на їх корозійну тривкість. Встановлено склад сплавів, що найбільше опираються корозії. Для експлуатації в кислих розчинах рекомендовано сплав Al₅₅Cu₂₅Fe₁₂Si₇B₁, а в сольових – сплав Al₅₃Cu₂₅Fe₁₂Si₇B₃.

РЕЗЮМЕ. Исследовано влияние легирования 4...7 at.% Si или/и 1...3 at.% В на коррозионное поведение квазикристаллических сплавов Al–Cu–Fe в растворах кислот HCl, H₂SO₄, HNO₃, H₃PO₄ (pH 1,0) и солей 3,0 М NaCl, 0,2 М Na₂SO₄ (pH 7,0). Используются методы количественной металлографии, электронной микроскопии и гравиметрического анализа. Установлено, что сплавы быстрее корродируют в растворах HCl и H₂SO₄, а медленнее – в растворе HNO₃. Коррозионная стойкость возрастает с уменьшением содержания в их структуре фаз, обогащенных железом. Коррозии преимущественно подвержены фаза λ-Al₁₃Fe₄ и межфазные границы раздела ψ–λ и ψ–(τ, η, θ). Сплавы в солевых растворах корродируют значительно медленнее, чем в кислых. Здесь также зафиксирована избирательная коррозия железа, но растворение фаз более равномерное, чем в растворах кислот. На поверхности сплавов образуются участки бурой ржавчины и питтингов, дно которых покрыто пористым слоем меди. Вывявлено положительное влияние легирования Si или/и В на их коррозионную

стойкость. Установлен состав сплавов, характеризующихся наибольшим сопротивлением коррозии. Для эксплуатации в кислых растворах рекомендован сплав $\text{Al}_{55}\text{Cu}_{25}\text{Fe}_{12}\text{Si}_7\text{B}_1$, а в солевых – сплав $\text{Al}_{53}\text{Cu}_{25}\text{Fe}_{12}\text{Si}_7\text{B}_3$.

SUMMARY. The influence of alloying with 4...7 at.% Si and/or 1...3 at.% B on corrosion behavior of quasicrystal Al–Cu–Fe alloys in HCl, H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4 (pH 1.0) and saline 3.0 M NaCl, 0.2 M Na_2SO_4 (pH 7.0) acids solutions was investigated. The methods of quantitative metallographic, electron microscopic and gravimetric analyses were applied. The investigated alloys were established to corrode the most in solutions of HCl and H_2SO_4 acids, and the least – in HNO_3 solution. The corrosion resistance in acids increases with decrease of the content of iron-rich phases of alloy structure. The corrosion mainly occurred in the areas, where λ - $\text{Al}_{13}\text{Fe}_4$ phase or ψ - λ and ψ -(τ , η , θ) interfaces were located. As compared to acidic solutions, the investigated alloys corroded in saline solutions much more slowly. The selective iron corrosion of Al–Cu–Fe–(Si, B) alloys was also observed in saline solutions but dissolution of the phases proceeded more homogeneously. Corrosion layers of brown rust were formed at the samples surface and porous copper films covered the pits bottom. The most samples and pits corroded more strongly in NaCl solution than in Na_2SO_4 solution. The positive influence of alloying with Si or/and B on corrosion resistance of quasicrystal Al–Cu–Fe alloy was found. The composition of the alloys that showed the highest resistance to corrosion was established. The $\text{Al}_{55}\text{Cu}_{25}\text{Fe}_{12}\text{Si}_7\text{B}_1$ alloy was recommended for operation in acidic solutions, and $\text{Al}_{53}\text{Cu}_{25}\text{Fe}_{12}\text{Si}_7\text{B}_3$ alloy – in saline solutions.