

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

З. Т. НАЗАРЧУК (головний редактор), Г. М. НИКИФОРЧИН (заст. головного редактора), Р. Р. КОКОТ (відповідальний секретар), О. Є. АНДРЕЙКІВ, Р. Є. ГЛАДИШЕВСЬКИЙ, І. М. ДМИТРАХ, З. А. ДУРЯГІНА, І. Ю. ЗАВАЛІЙ, О. І. ЗВІРКО, І. М. ЗІНЬ, Р. М. КУШНІР, Д. Б. КУРИЛЯК, Л. М. ЛОБАНОВ, П. О. МАРУЩАК, О. П. ОСТАШ, В. В. ПАНАСЮК, І. М. ПОГРЕЛЮК, М. С. ПОЛУТРЕНКО, В. І. ПОХМУРСЬКИЙ, Т. О. ПРИХНА, М. П. САВРУК, М. Д. САХНЕНКО, В. Р. СКАЛЬСЬКИЙ, О. З. СТУДЕНТ, М. С. ХОМА, О. Е. ЧИГИРИНЕЦЬ, В. М. ФЕДІРКО, С. О. ФІРСТОВ, О. Т. ЦИРУЛЬНИК

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Р. АКІД (Великобританія), Г. БОЛЗОН (Італія), М. ЕЛЬБОВДЖАІНІ (США–Канада), Е. ГДУТУС (Греція), В. КЕЙН (Індія), Ж. КОРЕЙЯ (Португалія), Т. ЛАГОДА (Польща), Г. ЛЕСЮК (Польща), П. МОРЕЙРА (Португалія), А. ПІХ (Німеччина), Г. ПЛЮВІНАЖ (Франція), Я. ПОКЛЮДА (Чехія), Г. ШМІТТ (Німеччина), А. СЕДМАК (Сербія), Х. ТОРІБІО (Іспанія), Л. ТОТ (Угорщина), П. ТРАМПУШ (Угорщина), В. ЯРТИСЬ (Норвегія)

EDITORIAL BOARD

Z. T. NAZARCHUK (Editor-in-Chief), H. M. NYKYFORCHYN (Deputy Editor-in-Chief), R. R. KOKOT (Secretary), O. Ye. ANDREIKIV, R. Ye. GLADYSHEVSKII, I. M. DMYTRAKH, Z. A. DURAGINA, I. Yu. ZAVALIY, O. I. ZVIRKO, I. M. ZIN', R. M. KUSHNIR, D. B. KURYLIAK, L. M. LOBANOV, P. O. MARUSCHAK, O. P. OSTASH, V. V. PANASYUK, I. M. POHRELYUK, M. S. POLUTRENKO, V. I. POKHMURSKII, T. O. PRIKHNA, M. P. SAVRUK, M. D. SAKHNENKO, V. R. SKALSKYI, O. Z. STUDENT, M. S. KHOMA, O. E. CHYHYRYNETS', V. M. FEDIRKO, S. O. FIRSTOV, O. T. TSYRUL'NYK

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

R. AKID (Great Britain), G. BOLZON (Italy), M. ELBOUJDAINI (USA–Canada), E. GDOUTOS (Greece), V. KAIN (India), J. CORREIA (Portugal), T. LAGODA (Poland), G. LESIUK (Poland), P. MOREIRA (Portugal), A. PICH (Germany), G. PLUVINAGE (France), J. POKLUDA (Czech Republic), G. SCHMITT (Germany), A. SEDMAK (Serbia), J. TORIBIO (Spain), L. TÓHT (Hungary), P. TRAMPUSH (Hungary), V. YARTYS' (Norway)

Відповідальний за випуск д-р техн. наук, проф. Г. М. Никифорчин

Responsible for issue Dr. (Engn.), Prof. H. M. Nykyforchyn

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://pcmm.ipm.lviv.ua>

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 28.06.2023. Формат 70×108/16. Папір офсетний № 1. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 12. Умовн. фарбо-відбитків 12,5. Тираж 180 прим. Замовлення 050723 від 05.07.2023. Ціна договірна. Реєстраційне свідоцтво серія ДК № 5068 від 22.03.2016

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

© ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Г. В. Карпенка НАН УКРАЇНИ,
"ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ", 2023

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 59, № 3, 2023

травень – червень

ЗМІСТ

Муравський Л. І. Визначення поля переміщень поверхні за динамічних навантажень методом фазозсувної кореляційної спекл-інтерферометрії.....5

Виконано стислий огляд відомих методів цифрової спекл-інтерферометрії, здатних відтворювати поля поверхневих переміщень і деформацій під дією динамічних навантажень. Запропоновано новий неруйнівний метод трикрокової фазозсувної кореляційної спекл-інтерферометрії для дослідження динамічних навантажень конструкційних матеріалів, в якому три спекл-інтерферограми (СІ) поверхні зразка, що відрізняються лише довільними невідомими фазовими зсувами, реєструють до навантаження, а одну – під час навантаження. За отриманими СІ визначають поле переміщень поверхні під дією динамічного навантаження. Наведено два алгоритми реалізації методу, що використовують плавний зсув фази під час запису СІ і дають можливість визначити фазові мапи полів переміщень поверхні у будь-який момент прикладання динамічного навантаження. Виявлено, що цим методом можна формувати часову послідовність полів поверхневих переміщень під час навантаження.

Ключові слова: *поле переміщень поверхні, динамічне навантаження, фазозсувна кореляційна спекл-інтерферометрія, невідомі фазові зсуви, коефіцієнт кореляції Пірсона, неруйнівний метод, методика інтегрованого плавного зсуву фази.*

Губенко С. І. Особливості релаксації напружень та рекристалізації сталей за лазерного нагріву.....15

Вивчено особливості пластичної релаксації та рекристалізації сталей різного типу з різними кристалічними ґратками. У зоні лазерного впливу виявлено структурні ознаки збиральної чи вторинної рекристалізації, а також високошвидкісної зсувної чи ротаційної пластичної деформації. Обговорено умови протікання процесів, що пов'язані з поведінкою дефектів кристалічної будови за імпульсного навантаження. Встановлено, що під дією лазера перебігають динамічні процеси відновлення структури сталей.

Ключові слова: *лазерна обробка, сталь, релаксація, рекристалізація, зміцнення, структура.*

<i>Нарівський О. Е., Субботін С. О., Пуліна Т. В., Леоценко С. Д., Хома М. С., Рацька Н. Б.</i> Механізми пітингової корозії аустенітних сталей теплообмінників в оборотних водах та її прогнозування.....	23
--	----

Розроблено математичні моделі залежності критичної температури пітингування сталей AISI 304, AISI 321, 12X18H10T і 08X18H10 від їх хімічного складу, структурної гетерогенності, а також рН і концентрації хлоридів оборотної води. Вони ґрунтуються на квадратичних регресіях з частинними похідними першого порядку та на поліномах зі зменшеною кількістю ознак. Встановлено, що пітинготривкість цих сталей підвищується зі збільшенням середньої відстані між оксидами, середнього діаметра зерна аустеніту, питомої магнетної сприйнятливості, зменшенням об'єму δ-фериту та кількості найдрібніших оксидів розміром до 1,98 μm. Виявлено, що на пітинготривкість досліджуваних сталей позитивно впливають Cr і Mn, ймовірно, внаслідок підвищення розчинності N в аустеніті, зниження інтенсивності дифузії атомів Fe до поверхні стабільних пітингів та збільшення Cr до поверхні метастабільних, сприяючи їх репасивації. Розроблені математичні моделі рекомендовано використовувати для вибору оптимальних марок аустенітних сталей та прогнозування їх пітинготривкості під час роботи теплообмінників в оборотних водах.

Ключові слова: *пітинготривкість, аустенітні сталі, структура, оборотна вода, теплообмінники.*

<i>Хлопик О. П., Зінь І. М., Тимусь М. Б., Головчук М. Я., Калахан О. С.</i> Інгибування корозії алюмінієвого сплаву композицією гуарової камеді та калію сорбату.....	31
--	----

Встановлено високу ефективність інгибування корозії алюмінієвого сплаву в 0,1% розчині хлориду натрію композицією гуарової камеді та сорбату калію. На поверхні зразків металу виявлено утворення органічної плівки. Ступінь захисту металу від корозії цією інгібіторною композицією становить більше 90%. Результати дослідження можна використати для розроблення екологічно безпечних "зелених" інгібіторів корозії алюмінієвих сплавів з відновлюваної рослинної сировини.

Ключові слова: *алюмінієвий сплав, інгибування корозії, хлоридовмісне середовище, гуарова камедь, сорбат калію.*

<i>Молтасов А. В., Клименко А. В.</i> Вплив корозійного розчинення поверхневого шару металу на коефіцієнт концентрації напружень у стикових зварних з'єднаннях.....	37
---	----

Досліджено вплив розчинення поверхневого шару металу зразків стикових зварних з'єднань зі сталі 09Г2С анодно-катодним процесом в електроліті на геометричні параметри зварного шва. Так, наприклад, після корозійних випробувань радіус переходу від металу шва до основного металу на лицьовій стороні з'єднання збільшився з 3,07 до 3,88 mm, а на його кореневій стороні – з 2,16 до 3,09 mm. Зміна геометричних параметрів зварного шва призводить до зміни коефіцієнтів концентрації напружень (ККН), які впливають на циклічну довговічність зварних з'єднань. Тому виконано аналітичні розрахунки ККН у зразку стикового зварного з'єднання зі сталі 09Г2С до та після розчинення поверхневого шару металу. При цьому існуючу формулу для їх визначення на кореневій стороні з'єднання модифіковано для випадку, коли підніжжя лицьового та кореневого підсилень знаходяться досить близько одне від одного. Встановлено, що після корозійного розчинення поверхневого шару металу максимальне значення ККН у досліджуваному зразку зменшується з 1,87 до 1,67.

Ключові слова: *стикове зварне з'єднання, корозивне середовище, концентрація напружень, розчинення поверхневого шару, радіус переходу від шва до основно-*

го металу.

- Кравченко І. В., Суворін О. В., Татарченко Г. О.* Корозійна активність
низьковуглецевої сталі за дії багатокомпонентного протижеледного
реагента.....43

Опосередковано гравіметричним методом визначено корозійну активність багатокомпонентного розчину – дистилерної рідини, заздалегідь освітленої та зміцненої до 20 wt% CaCl₂, а також з додаванням інгібіторів корозії при –5°C до низьковуглецевої сталі 08кп. Тривалість витримки зразків у розчинах 500...650 h. У дистилерній рідині швидкість корозії 0,111 g/(m²·h), її глибина 0,12 mm/year, тривкість сталі – група IV (відносно стійка). З додаванням до розчину 0,5 wt% інгібіторів корозії гексаметилентетраміну, триетаноламіну, трилону Б або їх суміші ці показники поліпшуються, а найкращі результати досягнуто після додавання гексаметилентетраміну з триетаноламіном. Тому з дистилерної рідини зі шламонакопичувача содового заводу ВАТ “Лисичанська сода” з додатками цих компонентів можна виготовляти препарат для боротьби зі зледенінням поверхні автомобільних доріг.

Ключові слова: *дистилерна рідина, протижеледний реагент, корозійна активність, інгібітори корозії, сталь 08кп, корозійна тривкість.*

- Сиротюк А. М., Лецак Р. Л., Гриненко М. В., Гембара Н. Т.* Оцінювання
ризиків водневого окрихчення тривало експлуатованих газогонів
зі сталі 10Г2БТ.....48

Встановлено, що метал тривало експлуатованих газогонів зі сталі 10Г2БТ містить порівняно низький вміст водню, який не створює передумов для водневого окрихчення труб. Однак для розглянутих випадків виявлено, що мікроструктура сталі характеризується підвищеною дефектністю, яка зростає із подовженням терміну експлуатації трубопроводу. Така мікроструктура здатна поглинати водень, а отже, виникає ризик водневого окрихчення матеріалу. Зроблено висновки про ризики використання тривало експлуатованих трубопроводів для транспортування сумішей природного газу та водню без додаткової перевірки.

Ключові слова: *трубопроводи, низьколегована сталь, водневовмісне середовище, наводнюваність металу, концентрація водню.*

- Звірко О. І., Греділь М. І., Цирульник О. Т., Студент О. З., Никифорчин Г. М.*
Механізм розвитку пошкодженості низькоміцної трубної сталі
через наводнювання під час експлуатації.....54

Важливим показником роботоздатності трубних сталей вважають їх опір водневій крихкості. Труби виготовляють зі сталей широкого діапазону міцності, зі збільшенням якої чутливість до водневої крихкості загалом зростає. Проте така закономірність, в основному, притаманна сталям у вихідному стані, а тривала експлуатація може підвищити чутливість до дії водню навіть низькоміцних сталей. Це зумовлено розвитком розсіяної в об’ємі металу пошкодженості з формуванням порожнин під впливом деформації внаслідок високого тиску рекомбінованого в них водню. За реалізації механізму водневої пошкодженості, яка супроводжується утворенням деформаційних порожнин, розширюється діапазон міцності трубних сталей, які стають схильними до експлуатаційного водневого окрихчення.

Ключові слова: *трубна сталь, міцність, водень, механізм розвитку пошкодженості.*

- Кононюк О. П., Завалій І. Ю., Березовець В. В., Киця А. Р., Борух І. В.
Одержання водню гідролізом композитів гідриду магнію
з додатками $TiFe/Ti_3Fe_3O$ та графіту.....60

Механічним помелом в атмосфері водню синтезовано гідриди композитів магнію з додатками інтерметаліду $TiFe$ та субоксиду Ti_3Fe_3O . Досліджено вплив графіту на розмір частинок композитів. Вивчено дію каталітичних додатків та графіту на гідроліз гідриду магнію. Виявлено залежність кількості отриманого водню гідролізом від тривалості помелу композита.

Ключові слова: композити, графіт, гідрид магнію, отримання водню, гідроліз.

- Цибайло І. О., Кречковська Г. В. Структурно-механічний стан сталі 12Х1МФ
гину парогону ТЕС після тривалої експлуатації.....67

Проаналізовано механічні характеристики та структурні особливості теплотрової сталі 12Х1МФ після тривалої експлуатації в гині парогону ТЕС. Виявлено зміну технічного стану металу різних ділянок гину та анізотропію властивостей по товщині стінки труби. Встановлено, що в розтягненій зоні гину біля зовнішньої поверхні труби сталь деградує інтенсивніше, ніж в інших зонах, що зумовлено найсприятливішими для повзучості експлуатаційними умовами.

Ключові слова: теплотровка сталь, гини головних парогонів, деградація, механічні характеристики, структура, фрактографія.

- Лузан С. О., Бантковський В. А. Структура і триботехнічні властивості
наплавлених композиційних шарів на основі сплаву ПГ-10Н-01,
що містять Al_2O_374

Досліджено мікроструктуру наплавлених шарів композиційним матеріалом (КМ) на основі самофлюсівного сплаву ПГ-10Н-01, модифікованого механоактивним КМ, отриманим з допомогою саморозповсюджувального високотемпературного синтезу. Рентгенофазовим аналізом встановлено наявність у структурі наплавленого шару включень дибориду титану, боридів нікелю NiB , Ni_2B , Ni_3B , хрому CrB , Cr_2B , карбідів хрому Cr_3C_2 , Cr_7C_3 , силіциду нікелю Ni_3Si , оксидів титану (TiO), заліза (Fe_3O_4) та алюмінію (Al_2O_3), розподілених у нікелевій матриці. Встановлено, що модифікувальний КМ під час дугового наплавлення сприяє подрібненню структури та зниженню коефіцієнта тертя, підвищенню мікротвердості наплавленого шару, зниженню інтенсивності зношування за різних умов тертя.

Ключові слова: композиційний матеріал, наплавлені шари, саморозповсюджувальний високотемпературний синтез, бориди, оксиди, зносостійкість, фазовий склад, абразив, сплав ПГ-10Н-01.

- Дробенко Б. Д., Бардин Т. П. Міцність зварного з'єднання штуцера
з колектором первинного пароперегрівника котла.....81

Досліджено міцність зварного з'єднання штуцера й колектора зі сталі 12Х1МФ у межах моделі пружного тіла з урахуванням їхньої реальної геометрії і залежності характеристик матеріалу від температури. Виявлено зони виникнення максимальних експлуатаційних напружень у з'єднанні за різних типів зварювання. Запропоновано конструкційні технологічні рішення, спрямовані на істотне зниження максимальних експлуатаційних напружень.

Ключові слова: міцність, руйнування матеріалів, експлуатаційний ресурс, енергетичне обладнання, метод скінченних елементів.

<i>Квасницька Ю. Г., Іваськевич Л. М., Балицький О. І., Мьяльніца Г. П., Квасницька К. Г. Оцінювання границі витривалості охолоджуваних лопаток газотурбінних двигунів із жароміцного нікелевого сплаву.....</i>	86
--	----

Визначено характеристики втомного руйнування робочих лопаток першого ступеня турбіни високого тиску енергетичного газотурбінного двигуна. Експериментально досліджено лопатки, одержані за вдосконаленою технологією, зі сплаву CM88Y, який використовують у серійному виробництві газотурбінних установок. Лопатки витримали базу випробувань 10^7 cycles на рівні напруження 200...240 МПа. Встановлена границя витривалості відповідає заданому ресурсу лопаток такого типу.

Ключові слова: жароміцний корозійнотривкий нікелевий сплав, втомна міцність, лопатка, газотурбінний двигун.

<i>Погрелюк І. М., Студент М. М., Задорожна Х. Р., Труш В. С., Кравчишин Т. М. Поверхнєве модифікування титану оксидуванням з подальшим електроіскровим легуванням графітовим електродом.....</i>	93
---	----

Наведено характеристики модифікованого шару титану VT1-0 після термодифузійного насичення киснем (оксидування) та електроіскрового легування (ЕІЛ) графітовим електродом. Вивчено його фазовий склад, твердість та трибологічні властивості. Встановлено, що ЕІЛ графітовим електродом та комбіноване оброблення (оксидування з подальшим ЕІЛ) поліпшують трибологічні характеристики титану за тертя без мащення: коефіцієнт тертя знижується від 0,4...0,5 до 0,15...0,17. При цьому його зносотривкість зростає у 1,2–2,9 рази.

Ключові слова: електроіскрове легування, вуглець, термодифузійне насичення киснем, титан VT1-0, твердість, структура, зносотривкість.

<i>Максименко О. П., Гвоздюк М. М., Кулинич Я. П., Іваницький Я. Л. Вплив початкового зазору на руйнування болтових з'єднань композиційних матеріалів.....</i>	100
--	-----

Подано результати експериментів з вивчення залежності контактних кутів для різних початкових зазорів у штифтовому з'єднанні від навантаження. Враховуючи зміну площі поверхні взаємодії композитних пластин зі штифтом, визначили несучу здатність отвору. Для отримання експериментальних результатів використано модифікований кореляційний алгоритм цифрової обробки зображень.

Ключові слова: початковий зазор, контактний кут, цифрова кореляція зображень, напруження зминання, болтові з'єднання, полімерні композиційні матеріали.

<i>Матвійчук О. О., Андрєєв І. В., Литошенко Н. В., Цисар М. О., Винар В. А., Гнатенко І. О., Давиденко С. А., Савчук І. В. Особливості отримання та властивості твердого сплаву WC + 20 mass% Ni з надкрупнозернистою мікроструктурою.....</i>	108
---	-----

Досліджено вплив умов змішування вихідних компонентів та температур спікання на особливості формування мікроструктури твердого сплаву WC + 20 mass% Ni, виготовленого з надкрупнозернистих (80/40 μm) частинок карбіду вольфраму. За допомогою металографічного аналізу встановлено, що для формування такої мікроструктури достатньо використовувати рідкофазне спікання та попереднє ошадне мокре змішування порошку WC з нікелем. Міцність за умов згину та стиску становить 1530 та 1720 МПа, відповідно, щільність – 13,51 g/cm^3 та твердість 76 HRA. Вперше експериментально отримано криву на-

вантаження–деформація стиску для цього сплаву зі середнім розміром карбідних зерен 20 мкм. Виявлено, що його пластичність у 6 разів вища, ніж сплавів, виготовлених за інших технологічних режимів.

Ключові слова: карбід вольфраму, твердий сплав WC + 20 mass% Ni, надкрупнозерниста мікроструктура, міцність, твердість, деформація, пластичність.

Супрун В. Я., Маруха В. І., Силованюк В. П. Використання поліолів нафтохімічної переробки як сировини для синтезу поліуретанів.....116

Поліуретани є унікальними гетерополімерами з широким діапазоном фізико-механічних властивостей, галузей використання та високим потенціалом для розвитку. Їх одержують конденсацією діізоціанатів та різних поліольних сполук. Розглянуто особливості будови та синтезу комерційних поліолів на основі продуктів вторинної переробки нафти, а саме олігомерних гліколів, оксидів та дикарбонових кислот.

Ключові слова: поліуретан, поліоли, гліколи, дикарбонові кислоти.

Гуменецький Т. В., Масюк А. С., Левицький В. Є., Білий Л. М. Вплив полівінілпіролідону як полімерного модифікатора на морфологію та властивості кополіаміду.....122

Вивчено особливості модифікування полівінілпіролідонем кополіаміду у в'язкотекучому стані. За допомогою диференційно-сканувальної калориметрії виявлено зміни в морфології та фазових переходах модифікованих поліамідних матеріалів. Встановлено технологічну сумісність компонентів суміші кополіамід–полівінілпіролідон і вплив модифікатора на міцнісні та теплофізичні властивості досліджуваного термопласту. Зокрема, виявлено, що з введенням полівінілпіролідону зростає міцність кополіаміду під час розриву та відносно видовження, а також дещо зменшується теплотривкість за Віка і змінюються його технологічні властивості.

Ключові слова: кополіамід, модифікування, термопласт, плинність, міцність, кристалічність, усадка, полімер, опудрення, пластифікатор.

НАУКОВЕ ВІДКРИТТЯ

Скальський В. Р., Назарчук З. Т., Андрейків О. Є., Клим Б. П. Явище стрибкоподібних переміщень доменних стінок наводнених феритно-перлітних сталей під час їх квазістатичного перемагнення.....129

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

PHYSICO-CHEMICAL MECHANICS OF MATERIALS

International Scientific-Technical Journal
Founded in January 1965
Published bimonthly

VOLUME 59, № 3, 2023

May – June

CONTENTS

Muravsky L. I. Determination of the surface displacement field under dynamic loads
by the method of phase-shifting correlation speckle pattern interferometry.....5

A brief review of known digital speckle interferometry methods for retrieving the surface displacement and deformation fields under dynamic loads is presented. A new nondestructive method of three-step phase-shifting correlation speckle interferometry to study the dynamic loads of structural materials is proposed. In this method, three speckle interferograms (SIs) of the specimen surface differing only by arbitrary unknown phase shifts are recorded before the load and one SI is recorded under the dynamic load. The surface displacement field under dynamic loading is determined using the obtained SIs. Two algorithms for the implementation of the method are proposed. They use an integrated bucket technique to record SIs and make it possible to determine the phase maps of the surface displacement fields at any moment of applying the dynamic load. It is shown that this method can be used to produce a temporal sequence of surface displacement fields during loading.

Keywords: *surface displacement field, dynamic load, phase-shifting correlation speckle pattern interferometry, unknown phase shifts, Pearson correlation coefficient, nondestructive method, integrating-bucket technique.*

Gubenko S. I. Specific features of stresses relaxation and recrystallization of steels
under laser heating.....15

The features of the processes of plastic relaxation and recrystallization of steels of various types with different crystal lattices are studied. It has been established that structural signs of collective or secondary recrystallization, as well as high-speed shear or rotational plastic deformation, are observed in the laser impact zone. The conditions for the occurrence of these processes associated with the behavior of defects in the crystal structure under pulsed loading are discussed. It is shown that the conditions of laser exposure ensured the processes of restoring the structure of steels of a dynamic nature.

Keywords: *laser processing, steel, relaxation, recrystallization, strengthening, structure.*

<i>Narivs'kyi O. E., Subbotin S. O., Pulina T. V., Leoshchenko S. D., Khoma M. S., and Ratska N. B. Mechanisms of pitting corrosion of austenitic steels of heat-exchangers in circulating waters and its prediction</i>	23
--	----

Mathematical models of the dependence of the critical pitting temperature (CPT) of AISI 304, AISI 321, 12X18H10T and 08X18H10 steels on their chemical composition, structural heterogeneity, as well as pH and chloride concentration of circulating water have been developed. They are based on quadratic regressions with first-order partials and on polynomials with a reduced number of features. Applying mathematical models, it is established that the pitting resistance of these steels increases with an increase in the average distance between oxides, the average diameter of austenite grain, specific magnetic susceptibility, and a decrease in the volume of δ -ferrite and the number of the smallest oxides up to 1.98 μm in size. The positive effect of Cr and Mn on the pitting resistance of the studied steels is studied. Probably this occurs due to the increase of the solubility of N in austenite, reduction of the diffusion intensity of Fe atoms to the surface of stable pitting and the increase of Cr to metastable ones, contributing to their repassivation, which increases the pitting resistance of steels. The developed mathematical models are recommended to be used for choosing optimal grades of austenitic steels and predicting their pitting resistance during operation of heat exchangers in circulating waters.

Keywords: *pitting resistance, austenitic steels, structure, circulating water, heat exchangers.*

<i>Khlopyk O. P., Zin I. M., Tymus M. B., Holovchuk M. Ya., and Kalakhan O. S. Aluminum alloy corrosion inhibition with a composition of guar gum and potassium sorbate.....</i>	31
--	----

High efficiency of corrosion inhibition of aluminum alloy in a 0.1% NaCl solution by the composition of guar gum and potassium sorbate was established. The formation of an organic adsorption film was found on the surface of the metal samples. The degree of metal protection against corrosion by this inhibitory composition is more than 90%. The results of the research can be used for the development of eco-friendly “green” corrosion inhibitors of aluminum alloys from renewable plant materials

Keywords: *aluminium alloy, corrosion inhibition, chloride solution, guar gum, potassium sorbate.*

<i>Moltasov A. V. and Klymenko A. V. The influence of corrosive dissolution of the surface metal layer on the stress concentration coefficient in butt welded joints.....</i>	37
---	----

The dissolution of the surface layer of metal of the samples of butt welded joints made of 09Г2С steel by the anodic-cathodic process in the electrolyte, as a result of which the geometric parameters of the welded joint changed was studied. So, for example, after corrosion tests the radius of transition from the weld metal to the base metal on the front side of the joint increased from 3.07 to 3.88 mm, and on its root side – from 2.16 to 3.09 mm. Changes in the geometrical parameters of a welded joint affect the value of the stress concentration factors (SCF) which determine fatigue life of the welded joints. Therefore, analytical calculations of the SCF in the sample of the 09Г2С steel butt weld before and after dissolution of the metal surface layer were performed. In this case the existing formula for their determination on the root side of the joint was modified in the case when the bases of facial and root reinforcements were close enough. It was found that after corrosion dissolution of the metal surface layer, the maximum value of the SCF in the specimen decreased from 1.87 to 1.67.

Keywords: *butt welded joint, corrosion environment, concentration of stresses, dissolution of the surface layer, radius of transition from a weld to the base metal.*

- Kravchenko I. V., Suvorin O. V., and Tatarchenko H. O.* Corrosion activity of low-carbon steel under action of a multi-component anti-icing reagent.....43

Corrosion activity of a multi-component solution, namely, distiller liquid previously clarified and strengthened to 20 wt% by CaCl_2 including the addition of corrosion inhibitors at -5°C to low-carbon 08кп steel is studied by the gravimetric method. The holding time of the specimens is 500...650 h. In distiller liquid corrosion rate is $0.111 \text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, corrosion depth is 0.12 mm/year, steel resistance refers to the IV group (relatively resistant). When adding the hexamethylenetetramine, triethanolamine, trilon B corrosion inhibitors or their mixture in the amount of 0.5 wt% the corrosion resistance of steel improves, and the best results are achieved by adding hexamethylenetetramine with triethanolamine. The obtained results indicate the possibility of using the distiller liquid of OJSC "Lysychanska Soda" with additives of such corrosion inhibitors as reagents for preventing highway surface against icing.

Keywords: *distiller liquid, anti-icing reagent, corrosion activity, corrosion inhibitors, 08кп steel, corrosion resistance.*

- Syrotyuk A. M., Leshchak R. L., Hrynenko M. V., and Hembara N. T.* Evaluation of the risk of hydrogen embrittlement of long-term operated 10Г2БТ steel gas pipelines.....48

It was established that the metal of long-term operated gas pipelines manufactured from 10Г2БТ steel, contains relatively low hydrogen content, which does not create prerequisites for the realization of hydrogen embrittlement of pipes. However, for the considered cases, it was established that the microstructure of steel is characterized by increased defectiveness, which increases with the increasing time of the pipeline operation. It is shown that such a defective microstructure has an increased ability of absorbing hydrogen, and therefore there is a risk of hydrogen embrittlement of the material. It has been concluded that the use of long-term operated pipelines for transportation of the mixtures of natural gas and hydrogen without additional verification is problematic.

Keywords: *pipelines, low-alloyed steel, hydrogen-containing environment, hydrogen charging, hydrogen concentration.*

- Zvirko O. I., Hredil M. I., Tsyryllyuk O. T., Student O. Z., and Nykyforchyn H. M.* Mechanism of development of damages of low-strength pipe steel due to hydrogenation under operation.....54

The important indicator of serviceability for pipe steels is the resistance to hydrogen embrittlement. Pipes are manufactured from steels of a wide strength range. With the strength increase, a susceptibility to hydrogen embrittlement in general increases. This regularity is usually true for steels in the as-received state; however, the long-term operation can improve susceptibility to hydrogen action even for low-strength steels. It is caused by the development of damage dissipated in the metal bulk with the formation of voids due to deformation caused by high-pressure hydrogen recombined in them. Implementation of the hydrogen-induced damage mechanism, associated with the formation of deformation voids, extends the strength range of pipe steels, which become susceptible to operational hydrogen embrittlement.

Keywords: *pipe steel, strength, hydrogen, damage development mechanism.*

- Kononiuk O. P., Zavalii I. Yu., Berezovets V. V., Kytsia A. R., and Borukh I. V.* Production of hydrogen by hydrolysis of magnesium hydride composites with additions of TiFe/Ti₃Fe₃O and graphite.....60

Hydrides of magnesium composites with additions of intermetallic TiFe and suboxide Ti₃Fe₃O were synthesized by mechanical milling in a hydrogen atmosphere. The addition of graphite reduces the particle size of the composites. The influence of cata-

lytic additives and graphite on the hydrolysis of magnesium hydride was determined. The dependence of the amount of hydrogen obtained by hydrolysis on the time of milling the composite was studied.

Keywords: *composites, graphite, magnesium hydride, hydrogen generation, hydrolysis.*

Tsybailo I. O. and Krechkovska H. V. The structural-mechanical state of 12X1MΦ steel of HPP pipeline bend after long-term operation.....67

The mechanical characteristics and structural features of the heat-resistant 12X1MΦ steel after long-term operation in a bend of the TPP steam pipelines were analyzed. The change in the technical state of the metal of different zones of the bend was established and the anisotropy of properties across the section of the pipe wall were revealed. It was found that in the stretched zone of the bend near the outer surface of the pipe, steel degraded more intensively, which was due to the most favorable operating conditions for creep.

Keywords: *head-resistant steel, bends of the main steam pipelines, degradation, mechanical characteristics, structure, fractography.*

Luzan S. O. and Bantkovskiy V. A. Structure and tribotechnical properties of deposited composite layers based on ПГ-10H-01 alloy containing Al₂O₃.....74

The microstructure of deposited layers with a composite material (CM) based on the self-fluxing ПГ-10H-01 alloy, modified with a mechanoactivated CM obtained using the self-propagating high-temperature synthesis, was studied. The X-ray phase analysis revealed in the structure of the deposited layer the inclusions of nickel borides NiB, Ni₂B, Ni₃B, chromium borides CrB, Cr₂B, chromium carbides Cr₃C₂, Cr₇C₃, distributed in the nickel matrix. It was established that the modifying CM during arc welding contributed to the grinding of the structure and the reduction of the friction coefficient, the increase of the microhardness of the deposited coatings, and the reduction of the wear intensity in various friction conditions.

Keywords: *composite material, deposited layers, self-propagating high-temperature synthesis, borides, oxides, wear resistance, phase composition, abrasive, ПГ-10H-01 alloy.*

Drobenko B. D. and Bardyn T. P. The strength of the welded joint of the collecting pipe and the manifold of boiler primary steam overheater.....81

The strength of the welded joint of the pipe and the collector made of 12X1MF steel are investigated within the framework of the model of elastic solid, taking into account their real geometry and the dependence of the material characteristics on temperature. Zones of maximum operating stresses in the joint for different types of welding are identified. Design and technological solutions aimed at significant reducing the maximum operational stresses are proposed.

Keywords: *strength, failure of materials, service life, power equipment, finite element method.*

Kvasnytska Yu. H., Ivaskevych L. M., Balitskii A. I., Mialnitsa H. P., and Kvasnytska K. H. Evaluation of the endurance limit of cooled blades of gas turbine engines made of heat-resistant nickel alloy86

The characteristics of fatigue failure of the working blades of the first stage of the high-pressure turbine of the power gas turbine engine are determined. Experimental studies are carried out on blades obtained according to the improved technology from the CM88Y alloy, which is used in the serial production of gas turbine units. The blades withstood the test base of 10⁷ cycles at a stress of 200...240 MPa. The established limit of endurance corresponds to a given life of blades of this type.

Keywords: *heat-resistant corrosion-resistant nickel alloy, fatigue strength, blade, gas turbine engine.*

- Pohrelyuk I. M., Student M. M., Zadorozhna Kh. R., Trush V. S.,
and Kravchyshyn T. M.* Surface modification of titanium by oxidation
followed by electrospark alloying with a graphite electrode.....93

The characteristics of the modified layer of commercially pure BT1-0 titanium (c.p. BT1-0 titanium) after thermal diffusion saturation with oxygen (oxidation) and electrospark alloying (ESA) with a graphite electrode are investigated. Their phase composition, hardness and tribological properties are studied. ESA with a graphite electrode and combined treatment (oxidation followed by ESA) improves the tribological characteristics of titanium under friction without lubrication: the friction coefficient decreases from 0.4...0.5 to 0.15...0.17. At the same time, the wear resistance of titanium increases in 1.2–2.9 times.

Keywords: *electrospark alloying, carbon, oxidation, c.p. BT1-0 titanium, hardness, structure, wear resistance.*

- Maksymenko O. P., Hvozdiuk M. M., Kulynych Ya. P., and Ivanytskyi Ya. L.*
The influence of the initial gap on the fracture of bolted joints
of composite materials.....100

The results of experiments studying the contact angle dependence for different initial gaps at a pin joint under loading are presented. Considering the change of the interacting surface area of the composite plates with a pin, the bearing capacity of the hole is determined. The modified correlation algorithm for digital image processing is used to obtain the experimental results.

Keyword: *initial clearance, contact angle, digital image correlation, bearing stress, bolt joints, polymer composites materials.*

- Matviichuk O. O., Andreiev I. V., Litoshenko N. V., Tsysar M. O., Vynar V. A.,
Hnatenko I. O., Davydenko S. A., and Savchuk I. V.* Peculiarities of production
and properties of WC + 20 mass% Ni hard alloy with ultra-coarse-grained
microstructure.....108

The influence of the initial components mixing conditions and sintering temperatures on the peculiarities of microstructure of the cemented carbide WC + 20 mass% Ni made from ultra-coarse-grained (80/40 μm) tungsten carbide particles is investigated. It is established by the metallographic analysis that for the formation of such microstructure of a hard alloy, it is sufficient to use liquid phase sintering and preliminary economical wet mixing of WC with Ni powder. The strength under the conditions of bending and compression is 1530 and 1720 MPa, respectively, the density is 13.51 g/cm^3 , and the hardness is 76 HRA. For the first time, the compressive load-strain curve for the WC + 20 mass% Ni alloy with the average carbide grain size of 20 μm is experimentally obtained. It is found that its plasticity is 6 times higher than that of alloys produced under other technological modes.

Keywords: *tungsten carbide, cemented carbide WC + 20 mass% Ni, ultra-coarse-grained microstructure, strength, hardness, deformation, plasticity.*

- Suprun V. Ya., Marukha V. I., and Sylovaniuk V. P.* Use of polyols of petroleum
chemical processing as raw materials for the synthesis of polyurethanes.....116

Polyurethanes (PU) are unique heteropolymers with a wide range of physical and mechanical properties, fields of use and high development potential. PU is obtained by condensation of diisocyanate and various polyol compounds. The peculiarities of the structure and synthesis of commercial polyols based on the products of secondary oil processing, namely oligomeric glycols, oxides and dicarboxylic acids are presented.

Keywords: *polyurethane, polyols, glycols, dicarboxylic acids.*

<i>Humenetskyi T. V., Masiuk A. S., Levytskyi V. Ye., and Bilyi L. M.</i> The influence of polyvinylpyrrolidone as a polymer modifier on the morphology and properties of copolyamide.....	122
--	-----

Peculiarities of copolyamide modification by polyvinylpyrrolidone in a viscous state were studied. The differential scanning calorimetry revealed changes in the morphology and phase transitions of modified copolyamide materials. In particular, the increased technological compatibility between the components of the copolyamide-polyvinyl pyrrolidone mixture is established. The effect of the modifier on the strength and thermophysical properties of the studied thermoplastic was found. In particular, the introduction of polyvinylpyrrolidone into copolyamide contributes to the growth of its strength during tearing and relative elongation and leads to a certain decrease in Vicat softening point and change of its technological properties.

Keywords: *copolyamide, modification, thermoplastic, fluidity, strength, polymer, crystallinity, shrinking, powdering, plasticizer.*

SCIENTIFIC DISCOVERY

<i>Skalskyi V. R., Nazarchuk Z. T., Andreikiv O. Ye., and Klym B. P.</i> The phenomenon of jump-like displacement of the domain walls of hydrogenated ferritic-pearlitic steels during their quasi-static remagnetization.....	129
--	-----