

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), *Дж.-Ф. НОТТ* (Великобританія), *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), *J. F. KNOTT* (Great Britain), *A. M. LOKOSHCHENKO* (Russia), *E. LUNARSKA* (Poland), *N. A. MAKHUTOV* (Russia), *N. F. MOROZOV* (Russia), *A. NEIMITZ* (Poland), *G. PLUVINAGE* (France), *Ya. POKLUDA* (Czech Republic), *R. O. RITCHIE* (USA), *D. M. R. TAPLIN* (Great Britain), *J. TORIBIO* (Spain), *L. 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: pcmm@ipm.lviv.ua

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: pcmm@ipm.lviv.ua

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

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

Технічний редактор *І. В. Калинюк*

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

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

Підписано до друку 15.06.2016. Формат 70×108/16. Папір офсетний № 1. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 12.
Умовн. фарбо-відбитків 12,5. Тираж 200 прим. Замовлення 150616 від 15.06.2016. 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", 2016

ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ



ТОМ 52, № 3, 2016

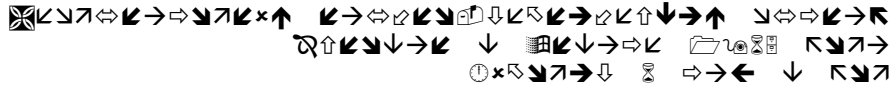
травень – червень

ЗМІСТ

<i>Казберук А., Саврук М. П., Чорненький А. Б.</i> Концентрація напружень біля еліптичного отвору чи параболічного вирізу у квазіортотропній площині.....	7
<i>Процюк Б. В., Горун О. П.</i> Термопружний стан півбезмежного термочутливого трикомпонентного стрижня за конвективно-променевого теплообміну	15
<i>Зеленяк В. М., Коляса Л. І.</i> Термопружний стан півплощини з криволінійною тріщиною за умов локального нагрівання.....	23
<i>Мір-Салім-заде М. В.</i> Частковий контакт берегів щілини змінної ширини в підкріпленій стрингерами пластині.....	29
<i>Силованюк В. П., Ліснічук А. Є., Юхим Р. Я., Івантишин Н. А.</i> Прогнозування міцності фібробетону за стиску	35
<i>Стащук М. Г., Дорош М. І.</i> Енергія деформування пружного тіла з мікротріщиною під тиском.....	42
<i>Іваницький Я. Л., Ленковський Т. М., Вергун І. А., Штаюра С. Т.</i> Дослідження кінетики втомної макротріщини за поперечного зсуву.....	50
<i>Грибовська В. І., Чепіль Р. В., Остап О. П.</i> Вплив знеуглецювання на витривалість сталей для рейкових скріплень	56
<i>Войтович А. А., Похмурська Г. В., Студент М. М., Студент О. З.</i> Мікроструктура та опір абразивному зношуванню віброннаплавленого металу з порошкового дроту базової системи Fe–Cr–W	63
<i>Яськів О. І., Федірко В. М., Кухар І. С., Мельник Х. Р.</i> Вплив дифузійного оксидування на довготривалу міцність феритної сталі у свинцевому розплаві	69
<i>Карпов С. О., Толстолицька Г. Д., Сунгуров Б. С., Ростова А. Ю., Толмачева Г. М., Копанець І. Є.</i> Радіаційне зміцнення нержавної сталі SS316, індуковане опроміненням іонами аргону.....	74
<i>Скальський В. Р., Почапський Є. П., Клим Б. П., Рудак М. О., Великий П. П.</i> Застосування методу магнетопружної акустичної емісії для оцінювання технічного стану тривало експлуатованої на нафтогоні сталі 19Г.....	81
<i>Курек С. І., Курек І. Г., Олійнич-Лисюк А. В., Раранський М. Д., Тащук О. Ю.</i> Ефекти “магнетної пам’яті” у високочистому берилії	85
<i>Скнар Ю. Є., Аміруллоєва Н. В., Скнар І. В., Данилов Ф. Й.</i> Вплив метил-сульфонат-аніона на структуру електролітичних кобальтових покривів.....	90
<i>Каплун П. В., Гончар В. А.</i> Малоциклова втома сталей після іонного азотування у зневоднених середовищах.....	95

<i>Знак З. О., Оленич Р. Р.</i> Фізико-хімічні властивості каучукових композицій, вулканізованих полімерною сіркою	99
<i>Гасій О. Б.</i> Фазовий склад, структура і мікротвердість вакуумних іонно-плазмових покривів на основі Ті та Ні.....	105
<i>Снежко Л. О., Єрохін О. Л., Калініченко О. О., Міснянкін Д. О.</i> Виділення водню на аноді під час плазмового електролітичного оксидування алюмінію.....	111
<i>Куц Ю. В., Лисенко Ю. Ю., Дугін О. Л., Закревський О. Ф.</i> Аналіз вихрострумового перетворювача з імпульсним збудженням під час контролю циліндричних об'єктів	120
<i>Попович О. В., Карнаш О. М., Карнаш М. О.</i> Методика вибору перетворювачів з фазованими решітками для визначення розмірів та форми дефектів.....	126

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ



ТОМ 52, № 3, 2016

май – июнь

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Казберук А., Саврук М. П., Чоренький А. Б.</i> Концентрация напряжений около эллиптического отверстия или параболического выреза в квазиортотропной плоскости	7
<i>Процюк Б. В., Горун О. П.</i> Термоупругое состояние полубесконечного термочувствительного трехкомпонентного стержня при конвективно-лучевом теплообмене	15
<i>Зеленяк В. М., Коляса Л. И.</i> Термоупругое состояние полуплоскости с криволинейной трещиной при локальном нагреве	23
<i>Мир-Салим-заде М. В.</i> Частичный контакт берегов щели переменной ширины в подкрепленной стрингерами пластине	29
<i>Сылованюк В. П., Лисничук А. Е., Юхым Р. Я., Ивантьшин Н. А.</i> Прогнозирование прочности фибробетона при сжатии	35
<i>Стацук Н. Г., Дорош М. И.</i> Энергия деформирования упругого тела с микротрещиной под давлением	42
<i>Иваницкий Я. Л., Ленковский Т. М., Вергун И. А., Штаюра С. Т.</i> Исследование кинетики усталостной макротрещины при поперечном сдвиге	50
<i>Грибовская В. И., Чепиль Р. В., Остап О. П.</i> Влияние обезуглероживания на стойкость сталей для рельсовых креплений	56
<i>Войтович А. А., Похмурская Г. В., Студент М. М., Студент А. З.</i> Микроструктура и сопротивление абразивному износу вибронаплавленного металла из порошковой проволоки базовой системы Fe–Cr–V	63
<i>Яськив О. И., Федирко В. Н., Кухар И. С., Мельник Х. Р.</i> Влияние диффузионного оксидирования на длительную прочность ферритной стали в свинцовом расплаве	69
<i>Карпов С. А., Толстоуцкая Г. Д., Сунгуров Б. С., Ростова А. Ю., Толмачева Г. Н., Копанец И. Е.</i> Радиационное упрочнение нержавеющей стали SS316, индуцированное облучением ионами аргона	74
<i>Скальский В. Р., Почапский Е. П., Клым Б. П., Рудак М. О., Великий П. П.</i> Применение метода магнитоупругой акустической эмиссии для оценивания технического состояния длительно эксплуатируемой на нефтепроводе стали 19Г	81
<i>Курек Е. И., Курек И. Г., Олейнич-Лысюк А. В., Раранский Н. Д., Тацук А. Ю.</i> Эффекты “магнитной памяти” в высокочистом бериллии	85

<i>Скнар Ю. Е., Амируллоева Н. В., Скнар И. В., Данилов Ф. И.</i> Влияние метилсульфонат-аниона на структуру электролитических кобальтовых покрытий.....	90
<i>Каплун П. В., Гончар В. А.</i> Малоцикловая усталость сталей после ионного азотирования в безводородных средах	95
<i>Знак З. О., Оленич Р. Р.</i> Физико-химические свойства каучуковых композиций, вулканизированных полимерной серой	99
<i>Гасий А. Б.</i> Фазовый состав, структура и микротвердость вакуумных ионно-плазменных покрытий на основе Ti и Ni	105
<i>Снежко Л. А., Ерохин А. Л., Калиниченко О. А., Миснянкин Д. А.</i> Выделение водорода на аноде при плазменном электролитическом оксидировании алюминия.....	111
<i>Куц Ю. В., Лысенко Ю. Ю., Дугин А. Л., Закревский А. Ф.</i> Анализ вихретокового преобразователя с импульсным возбуждением при контроле цилиндрических объектов.....	120
<i>Попович О. В., Карнаш О. М., Карнаш М. О.</i> Методика выбора преобразователей с фазированными решетками для определения размеров и формы дефектов	126

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

H. V. KARPENKO PHYSICO-MECHANICAL INSTITUTE

PHYSICOCHEMICAL MECHANICS OF MATERIALS



VOLUME 52, № 3, 2016

May – June

CONTENTS

Kazberuk A., Savruk M. P., and Chornenkyi A. B. Stress concentration
at an elliptic hole or a parabolic notch in a quasi-orthotropic plane 7

РЕЗЮМЕ. Розглянуто задачу про розподіл напружень у нескінченній квазіортотропній площині з еліптичним отвором, контур якого вільний від зовнішніх зусиль, а на нескінченності задано однорідний напружений стан. Розв'язок задачі отримано за допомогою граничного переходу з відомого аналітичного розв'язку для еліптичного отвору в ортотропній площині, коли корені характеристичного рівняння прямують один до одного. З цих результатів у граничному випадку, коли більша піввісь еліпса прямує до нескінченності, знайдено розподіл напружень у площині з параболічним вирізом за двох основних типів деформації (симетричний розтяг та поперечний зсув).

РЕЗЮМЕ. Рассмотрена задача о распределении напряжений в бесконечной квазиортотропной плоскости с эллиптическим отверстием, контур которого свободен от внешних усилий, а на бесконечности задано однородное напряженное состояние. Решение задачи получено с помощью предельного перехода из известного аналитического решения для эллиптического отверстия в ортотропной плоскости, когда корни характеристического уравнения стремятся друг к другу. Из этих результатов в предельном случае найдено решение задачи о распределении напряжений в бесконечной квазиортотропной плоскости с параболическим вырезом для двух основных типов деформации (симметричное растяжение и поперечный сдвиг).

SUMMARY. The problem of stress distribution in an infinite quasi-orthotropic plane with an elliptic hole with traction-free boundary under tension and shear at infinity is considered. Solution of the problem is obtained using limit transition from a known analytical solution for an elliptic hole in the orthotropic plane, when the roots of the characteristic equation approach to each other. From these results in the case of limiting case the solution of the problem of stress distribution in an infinite quasi-orthotropic plane with a parabolic notch is found for two main types of deformation (symmetric tension and transverse shear).

Protsiuk B. V. and Horun O. P. Thermostressed state of a semi-infinite thermo-
sensitive three-component rod under convective-radiant heat exchange 15

РЕЗЮМЕ. Запропоновано числово-аналітичний підхід для визначення термом'якого стану півбезмежного термочутливого трикомпонентного стрижня, який взаємодіє з середовищем через конвективно-променевиий теплообмін. Підхід передбачає використання перетворення Кірхгофа, узагальнених функцій, функцій Гріна лі-

нійної нестационарної задачі теплопровідності для трикомпонентного простору та лінійних сплайнів. Досліджено вплив термочутливості і параметрів теплообміну на розподіли температури, напружень та переміщень.

РЕЗЮМЕ. Предложено численно-аналитический подход для определения термоупругого состояния полубесконечного термочувствительного трехсоставного стержня, который взаимодействует со средой путем конвективно-лучевого теплообмена. Подход предполагает использование преобразования Кирхгофа, обобщенных функций, функций Грина линейной нестационарной задачи теплопроводности для трехсоставного пространства и линейных сплайнов. Исследовано влияние термочувствительности и параметров теплообмена на распределения температуры, напряжений и перемещений.

SUMMARY. A numerical-analytical approach to determination of the state of a thermoelastic half infinite three-component thermosensitive rod, which interacts with the medium by convective-radiant heat exchange, is proposed. The approach involves the use of Kirchhoff transformation, generalized functions, Green functions of linear non-stationary heat conduction problem for a three-component space and linear splines. The influence of thermosensitivity and parameters of heat exchange on the distributions of temperature, stress and displacement is studied.

Zelenyak V. M. and Kolyasa L. I. Thermoelastic state of a half-plane with a curvilinear crack under local heating conditions..... 23

РЕЗЮМЕ. Розглянуто двовимірну задачу стаціонарної теплопровідності і термопружності для півплощини, що містить внутрішню криволінійну тріщину і нагрівається на локальній ділянці краю тепловим потоком. Задачу зведено до двох сингулярних інтегральних рівнянь на контурі тріщини. Числовий розв'язок інтегральних рівнянь одержано методом механічних квадратур. Визначено коефіцієнти інтенсивності напружень у вершинах параболічної тріщини.

РЕЗЮМЕ. Рассмотрена двумерная задача стационарной теплопроводности и термоупругости для полуплоскости, которая содержит внутреннюю криволинейную трещину и нагревается на локальном участке края тепловым потоком. Задача сведена к двум сингулярным интегральным уравнениям по контуру трещины. Численное решение интегральных уравнений получено методом механических квадратур. Определены коэффициенты интенсивности напряжений у вершинах параболической трещины.

SUMMARY. A two-dimensional problem of stationary heat conduction and thermoelasticity for a half-plane, which contains a curved crack and is heated on the local part of the half-plane edge, is considered. The problem is reduced to two singular integral equations at the crack contour. Numerical solutions of integral equations are obtained by the method of mechanical quadratures. The stress intensity factors at the tips of the parabolic crack are evaluated.

Mir-Salim-zadeh M. V. Partial contact of faces of a variable width slit in a stringer plate 29

РЕЗЮМЕ. Розглянуто підкріплену стрингерами пружну ізотропну пластину з однією прямолінійною щілиною змінної ширини, порівнянною з пружними деформаціями. Досліджено випадок, коли береги щілини контактують на деякій ділянці. Визначення параметрів, які характеризують закриття щілини, зведено до розв'язку сингулярного інтегрального рівняння, із якого знайдені контактні напруження і розмір контактної зони.

РЕЗЮМЕ. Рассмотрена подкрепленная стрингерами упругая изотропная пластина с одной прямолинейной щелью переменной ширины, сравнимой с упругими деформациями. Исследован случай, когда берега щели контактируют на некотором

участке. Определение параметров, характеризующих закрытие щели, сведено к решению сингулярного интегрального уравнения, из которого найдены контактные напряжения и размер контактной зоны.

SUMMARY. A stringer elastic isotropic plate with a rectilinear slit of variable width comparable to elastic deformations is considered. The case of slit faces contacting on some part of the slit is investigated. Determination of the parameters characterizing the closure of variable width slit is reduced to solution of singular integral equations. From the solution of singular integral equations the contact stresses and size of the contact zone are found.

Sylovanyuk V. P., Lisnichuk A. Ye., Yukhym R. Ya., and Ivantyshyn N. A.

Prediction of fiber-reinforced concrete strength under compression 35

РЕЗЮМЕ. Сформульовано розрахункову модель для прогнозування міцності за стиску композита на основі цементної матриці і мікрочолокон різної природи. Отримано аналітичну залежність міцності матеріалу від механічних характеристик фаз, їх об'ємного вмісту, параметрів, які характеризують ступінь пористості матриці. Важливим елементом моделі є встановлення впливу пошкодженості матеріалу внаслідок мікророзтріскування на поверхнях поділу фаз за стиску. В окремих випадках мікротріщини на поверхнях розділу наповнювача з матрицею можуть нівелювати ефект зміцнення матриці від армування волокнами і навіть знизити міцність композита на стиск. Результати виконаних експериментів на стиск призматичних зразків із композита на основі цементного каменю і мікрочолокон базальту як наповнювача добре корелюють із отриманими розрахунковими даними.

РЕЗЮМЕ. Сформулировано расчетную модель для прогнозирования прочности на сжатие композита на основе цементной матрицы и микрочолокон различной природы. Получено аналитическую зависимость прочности материала от механических характеристик фаз, их объемного содержания, параметров, характеризующих степень пористости матрицы. Важным элементом модели является установление влияния поврежденности материала вследствие микрорастрескивание на поверхностях раздела фаз при сжатии. В отдельных случаях микротрещины на поверхностях раздела наполнителя с матрицей могут нивелировать эффект укрепления матрицы от армирования волокнами и даже снизить прочность композита на сжатие. Результаты выполненных экспериментов на сжатие призматических образцов с композита на основе цементного камня и микрочолокон базальта в качестве наполнителя хорошо коррелируют с полученными расчетными данными.

SUMMARY. A calculation model for predicting compressive strength for composite-based cement matrix and microfibers of different nature is formulated. The analytical dependence of the material on the mechanical properties of phases, their volume content, parameters characterizing the degree of porosity of matrix, is obtained. An important element of the model is the establishing of the impact of material damaging due to microcracking at the phases interface under compression. In some cases, cracks at the interface of filler and matrix can remove the effect of strengthening the matrix by reinforcing fibers and even weaken the composite compression. Experiments results obtained under compression of prismatic composite samples based on cement stone and basalt microfibers as filling element agree well with the obtained calculated data.

Stashchuk M. H. and Dorosh M. I. Energy of the elastic solid deformation

with a microcrack under pressure 42

РЕЗЮМЕ. Визначено комплексні потенціали та відповідний напружено-деформований стан тіла з дислокаційною тріщиною зі заданим у ній тиском. Розраховано геометричні параметри тріщиноподібної дислокаційної порожнини. Одержано співвідношення для розрахунку енергії тіла з такою тріщиною. Встановлено довжини рівноважної та нерівноважної тріщин, а також отримано значення критичного тиску, коли тріщина стартує.

РЕЗЮМЕ. Установлены комплексные потенциалы и соответствующее напряженно-деформированное состояние тела с дислокационной трещиной с заданным в ней давлением. Рассчитаны геометрические параметры трещиноподобной дислокационной полости. Получены соотношения для расчета энергии тела с дислокационной трещиной под давлением. На этом основании установлены длины равновесной и неравновесной трещин, а также критическое давление, когда трещина стартует.

SUMMARY. The complex potentials and respective stress-strained state of a solid with a dislocation crack under pressure are established. The geometrical parameters of the crack-like dislocation cavity are calculated. The relationships for calculating the energy of the solid with a dislocation crack under pressure are obtained. On this basis, the lengths of equilibrium and non-equilibrium cracks are established. The critical values of pressure, which occurs at the crack start, are obtained.

Ivanytskyi Ya. L., Lenkovskiy T. M., Verhun I. A., and Shtayura S. T.

Investigation of fatigue macrocrack kinetics under transverse shear..... 50

РЕЗЮМЕ. Досліджено кінетику зсувної макротріщини за втомного руйнування поперечним зсувом термозміцненої сталі 65Г троостито-сорбітної структури за низько-, середньо- та високоамплітудних циклічних навантажень. Побудовано кінетичну діаграму втомного руйнування з врахуванням тертя берегів зсувної тріщини в діапазоні швидкостей її росту до 6 порядків. На основі побудованої графічної залежності визначено основні та додаткові характеристики циклічної тріщиностійкості. Досліджено контактну взаємодію берегів втомної тріщини та фрактографічні особливості руйнування за низько- та високоамплітудного деформування циклічним поперечним зсувом.

РЕЗЮМЕ. Исследована кинетика сдвиговой макротрещины при усталостном нагружении поперечным сдвигом термоупрочненной стали 65Г троостито-сорбитной структуры при низко-, средне- и высокоамплитудных циклических нагрузках. Построено кинетическую диаграмму усталостного разрушения с учетом трения берегов сдвиговой трещины в диапазоне скоростей ее роста до 6 порядков. На основе построенной графической зависимости определены основные и добавочные характеристики циклической трещиностойкости. Исследованы контактное взаимодействие берегов усталостной трещины и фрактографические особенности при низко- и высокоамплитудном деформировании циклическим поперечным сдвигом.

SUMMARY. Shear macrocrack kinetics under fatigue fracture of heat treated 65Г steel with troostite-sorbite microstructure under transverse shear at low, middle and high amplitudes cyclic loading was investigated. Fatigue crack growth curve was plotted with account of shear crack faces friction in the range, which included 6 rates. On the base of the obtained graphical dependence the basic and additional cyclic crack growth resistance characteristics were evaluated. Fatigue crack faces contact interaction and fractography features of fracture at low and high amplitudes of deformation under cyclic transverse shear were studied.

Hrybovska V. I., Chepil R. V., and Ostash O. P. The influence of decarbonization

on durability of steels for rail fastenings..... 56

РЕЗЮМЕ. Досліджено вплив пічного і електроконтактного нагрівів, температури аустенізації та піскоструминної обробки на структуру, знеуглецювання, міцність і витривалість сталей 60С2 і 65Г. Встановлено, що електроконтактним нагрівом можна мінімізувати знеуглецювання приповерхневих шарів сталей та підвищити їх границю витривалості у 1,2–1,4 рази, а після піскоструминної обробки – у 1,5–2 рази. Виявлено, що за однакової твердості міцність і витривалість сталі 65Г вища, ніж сталі 60С2, після відповідних режимів термічної і піскоструминної обробок, тому її можна розглядати як альтернативний матеріал для виготовлення високонавантажених пружних елементів.

РЕЗЮМЕ. Исследовано влияние печного и электроконтактного нагревов, температуры аустенизации и пескоструйной обработки на структуру, обезуглероживание, прочность и предел усталости сталей 60С2 и 65Г. Установлено, что электроконтактный нагрев минимизирует обезуглероживание поверхностных слоев сталей и повышает их предел усталости в 1,2–1,4 раза, а после пескоструйной обработки – в 1,5–2 раза. Выявлено, что при одинаковой твердости прочность и выносливость стали 65Г выше, нежели стали 60С2, после соответствующих режимов термической и пескоструйной обработок, что позволяет рассматривать ее как альтернативный материал для изготовления высоконагруженных упругих элементов.

SUMMARY. The influence of furnace and electrocontact heating, austenitizing temperature and sand-blasting on the structure, decarburization, strength and durability of 60C2 and 65Г steels is investigated. The usage of electrocontact heating leads to minimization of subsurface layers decarburization of steels, giving a 1.2–1.4 time increase in their fatigue limit and after sand-blasting treatment this increase is 1.5–2 times. At the same hardness after appropriate thermal and sand-blasting treatment regimes the strength and durability of 65Г steel are higher as compared with 60C2 steel. This allows us to consider 65Г steel as the alternative material for production of high-loaded elastic elements.

Voitovych A. A., Pokhmurska H. V., Student M. M., and Student O. Z.

Microstructure and resistance to abrasive wear of vibration deposited metal of Fe–Cr–B cored wire..... 63

РЕЗЮМЕ. Досліджено мікроструктуру наплавлених шарів із порошкового дроту ПД Х10Р4Г2С. Встановлено фазовим і підтверджено спектральним аналізом, що в структурі наплавленого шару включення Fe_2B та $(\text{FeCr})\text{B}$ розподілені на фоні матриці (твердий розчин FeCr). Без застосування вібрації під час наплавлення розміри боридів змінювалися від 10 до 150 μm^2 (в центрі валиків) та 50...300 μm^2 (в зоні перекривання наплавлених шарів). Використання під час наплавлення горизонтальної вібрації амплітудою 300 μm призводить до максимального подрібнення фаз $(\text{FeCr})\text{B}$ та Fe_2B до 2...5 μm^2 як в центрі валиків, так і в зоні їх перекривання, що підвищує мікротвердість наплавлених шарів та позитивно впливає на їх абразивну зносотривкість. Втрати маси під час зношування закріпленим і незакріпленим абразивом зменшуються у 2–2,5 рази.

РЕЗЮМЕ. Исследовано микроструктуру наплавленных слоев с порошковой проволоки ПД Х10Р4Г2С. Установлено фазовым анализом и подтверждено спектральным, наличие в структуре наплавленного слоя включений Fe_2B и $(\text{FeCr})\text{B}$, распределенных на фоне матрицы (твердый раствор FeCr). Без применения вибрации во время наплавки размеры боридов изменялись от 10 до 150 μm^2 (в центре валиков) и 50...300 μm^2 (в зоне перекрытия наплавленных слоев). Использование во время наплавки горизонтальной вибрации амплитудой 300 μm приводит к максимальному измельчению фаз $(\text{FeCr})\text{B}$ и Fe_2B (до 2...5 μm^2) как в центре валиков, так и в зоне их перекрытия, что повышает микротвердость наплавленных слоев и положительно влияет на их абразивную износостойкость. Потери массы при износе закрепленным и незакрепленным абразивом уменьшаются в 2–2,5 раза.

SUMMARY. The microstructure of cladding layers obtained by welding with CW Cr10P4Mn2C cored wire was investigated. The presence of the Fe_2B and $(\text{FeCr})\text{B}$ inclusions distributed on the background of the matrix (FeCr solid solution) in the cladding layer microstructure was confirmed by the phase and spectral analyses. When no vibration was used in welding, the borides sizes changed from 10 to 150 μm^2 (in the centre of the roller) and 50...300 μm^2 (in the zone of overlapping deposited layers). The maximum effect of the $(\text{FeCr})\text{B}$ and Fe_2B phases grinding (about 2...5 μm^2 in the centre of the rollers and in their overlapping zone) was obtained under horizontal vibration during welding with amplitude ~300 μm . As a result, the microhardness values of the cladding layers increased

and their abrasive wear resistance improved too. The weight losses in fixed and unfixed abrasive tests decreased in 2–2.5 times.

Yaskiv O. I., Fedirko V. M., Kukhar I. S., and Melnyk Kh. R. The influence of diffusion oxidation on long-term strength of ferritic steel in a lead melt 69

РЕЗЮМЕ. Досліджено закономірності оксидування на сталі феритного класу SUH409L (Fe–11Cr) за дифузійного оксидування (температура 600...800°C, тривалість від 24 до 150 h, аргонно-киснева суміш з 20% O), а також його вплив на довготривалу міцність сталі у свинцевому розплаві за температури 600°C. Показано, що з ростом температури і тривалості оксидування фазовий склад плівки внаслідок інтенсифікації дифузії хрому у поверхневі шари еволюціонує від магнетиту до хромовмісної шпінелі (Fe, Cr)₃O₄ з острівковим утворенням оксиду хрому Cr₂O₃, а також збільшується зерно від 35...40 μm до 60...80 μm. Встановлено, що оксидування послаблює негативний вплив свинцевого розплаву – довготривала міцність оксидованої сталі на базі 100 h підвищується на 15%.

РЕЗЮМЕ. Исследованы закономерности оксидообразования на стали ферритного класса SUH409L (Fe–11Cr) при диффузионном оксидировании (температура 600... 800°C, продолжительность от 24 до 150 h, аргонно-кислородная смесь с 20% O), а также его влияние на длительную прочность стали в свинцовом расплаве при температуре 600°C. Показано, что с ростом температуры и продолжительности оксидирования фазовый состав пленки вследствие интенсификации диффузии хрома в поверхностные слои эволюционирует от магнетита к хромосодержащей шпинели (Fe, Cr)₃O₄ с нерегулярным образованием оксида хрома Cr₂O₃, а также увеличивается зерно от 35...40 μm до 60...80 μm. Установлено, что оксидирование ослабляет негативное влияние свинцового расплава и длительная прочность оксидированной стали на базе 100 h повышается на 15%.

SUMMARY. The regularities of oxide formation on ferritic steel SUH409L (Fe–11Cr) under diffusion oxidizing (temperatures of 600...800°C, time processing from 24 to 150 h, an argon-oxygen mixture with about 20% O) and its effect on long-term strength of the steel in a lead melt at 600°C have been investigated. It is shown that with increasing oxidizing temperature and time as a result of the intensification of diffusion of chromium in the surface layers the phase composition of the scale evolves from magnetite to chromium-containing spinel (Fe, Cr)₃O₄ with irregular formation of chromium oxide Cr₂O₃. The grain size grows from 35... 40 μm to 60...80 μm. It is established that oxidation weakens the negative effect of the lead melt and long-term strength of oxidized steel measured for 100 h increases by 15%.

Karpov S. A., Tolstolutskaia G. D., Sungurov B. S., Rostova A. Yu., Tolmacheva G. N., and Kopanets I. E. Radiation-induced hardening of Ar⁺-ion irradiated SS316 stainless steel 74

РЕЗЮМЕ. Вивчена кореляція радіаційно-індукованого зміцнення нержавної сталі SS316 і еволюції її мікроструктури під час опромінення іонами аргону з енергією 1,4 MeV в інтервалі доз 0...25 дпа (зсувів на атом) при 300 і 900 К. Виявлено, що зміцнення за таких доз досягає 75% і виходить на насичення при 2 дпа. Найбільший внесок у зміцнення вносять кластери дефектів і дислокаційні петлі з діаметром менше 15 nm.

РЕЗЮМЕ. Изучена корреляция радиационно-индуцированного упрочнения нержавеющей стали SS316 и эволюции ее микроструктуры при облучении ионами аргона с энергией 1,4 MeV в интервале доз 0...25 дпа (смещений на атом) при 300 и 900 К. Показано, что упрочнение при таких дозах достигает 75% и выходит на насыщение при 2 дпа. Наибольший вклад вносят кластеры дефектов и дислокационные петли с диаметром менее 15 nm.

SUMMARY. The correlation between radiation-induced hardening and microstructure evolution in SS316 stainless steel irradiated with 1.4 MeV Ar⁺-ions in the dose range of 0...25 dpa at 300 and 900 K is studied. It is established that the hardening at the specified damaging doses reaches 75% and tends to saturation at 2 dpa. Defect clusters and dislocation loops with sizes less than 15 nm make the main contribution to irradiation hardening.

Skalskyi V. R., Pochapskyi Ye. P., Klym B. P., Rudak M. O., and Velykyi P. P.

Application of the method of magnetoelastic acoustic emission for evaluation of technical state of long-term operated 19H steel on the pipeline..... 81

РЕЗЮМЕ. Досліджено мікроструктуру сталі 19Г труб нафтогону після 48 років експлуатації. Оцінено пошкодженість матеріалу порами у поперечному перерізі труби. Встановлено закономірність зміни параметрів сигналів магнетопружної акустичної емісії по товщині стінки трубопроводу.

РЕЗЮМЕ. Исследована микроструктура стали 19Г труб нефтепровода после 48 лет эксплуатации. Оценена поврежденность материала порами в поперечном сечении трубы. Установлена закономерность изменения параметров сигналов магнетоупругой акустической эмиссии по толщине стенки трубопровода.

SUMMARY. The microstructure of 19Г steel of oil pipes after exploitation for 48 years is investigated. The degree of damage by pores of the cross-section of the pipe wall material is evaluated. The dependence of the parameters of magnetoelastic acoustic emission signals on metal location along the thickness of the pipeline wall is established.

Kurek E. I., Kurek I. G., Oleynich-Lysyuk A. V., Raransky M. D.,

and Tashchuk O. Yu. The “magnetic memory” effects in high-purity beryllium 85

РЕЗЮМЕ. Досліджено магнітермічний берилієвий конденсат під час природного старіння після кількох обробок слабким постійним магнетним полем. Проаналізовано амплітудно-часові залежності ефективного модуля зсуву ($G_{ef} \sim f^2$), низькочастотного внутрішнього тертя, параметра r та відношення швидкостей руху дислокацій V_{afef}/V_0 . Зафіксовано зникнення гістерезису на кривих $f^2(\gamma)$ через ~ 120 h природного старіння, інверсію знака $r(\gamma)$ та $V_{afef}/V_0(\gamma)$. Природа виявлених ефектів пов'язана з появою мікротріщин на стадії пружної деформації та їх заліковуванням внаслідок в'язкого руху незакріплених дислокацій у полі точкових дефектів у базисній площині ковзання.

РЕЗЮМЕ. Исследовано магнийтермический бериллиевый конденсат во время естественного старения после нескольких обработок слабым постоянным магнитным полем. Проанализированы амплитудно-временные зависимости эффективного модуля сдвига ($G_{ef} \sim f^2$), низкочастотного внутреннего трения, параметра r и отношения скоростей движения дислокаций V_{afef}/V_0 . Зафиксировано исчезновение гистерезиса на кривых $f^2(\gamma)$ после ~ 120 h естественного старения, инверсию знака $r(\gamma)$ и $V_{afef}/V_0(\gamma)$. Природа выявленных эффектов связана с появлением микротрещин на стадии упругой деформации и их залечиванием вследствие вязкого движения незакрепленных дислокаций в поле точечных дефектов в базисной плоскости скольжения.

SUMMARY. The magnesium-thermal beryllium condensate in the natural aging process at room temperature after the treatments with the weak permanent magnetic field was investigated. The behavior of the amplitude and time dependences of the effective shear modulus ($G_{ef} \sim f^2$), low-frequency internal friction, the parameter r and the relations of motion rates of dislocations V_{afef}/V_0 were analyzed. The disappearance of hysteresis curves $f^2(\gamma)$ after ~ 120 h of natural aging, the inversion of $r(\gamma)$ and $V_{afef}/V_0(\gamma)$ were recorded. The nature of revealed effects was related with the emergence of microcracks at

the stage of elastic deformation and their healing due to the viscous motion of loose dislocations in the field of point defects in the basis slip plane.

Skнар Y. E., Amirulloeva N. V., Skнар I. V., and Danilov F. I. The influence of methanesulfonate anion on structure of electrodeposited cobalt coatings90

РЕЗЮМЕ. Вивчено структуру кобальтових покриттів, одержаних електрохімічним способом із метилсульфонатного електроліту. Встановлено, що морфологія їх поверхні відрізняється від морфології поверхні осадів, нанесених із сульфатного електроліту, меншим розміром зерен і відсутністю у них певної форми. Рентгенофазними дослідженнями виявлено дві модифікації кобальту (α - і β -Co). Превалює гексагональний тип кристалічної решітки. Кристалічній решітці електролітичних осадів кобальту, одержаних із метилсульфонатного електроліту, властива значна кількість дефектів. Спотворена кристалічна структура з додатковими дефектами решітки і зниженою рухливістю дислокацій сприяє підвищенню мікротвердості кобальтових покриттів. Встановлено, що метилсульфонатний і сульфатний електроліти різняться буферними властивостями.

РЕЗЮМЕ. Исследована структура кобальтовых покрытий, полученных электрохимическим способом из метансульфонатного электролита. Установлено, что морфология их поверхности отличается от морфологии поверхности осадков, нанесенных из сульфатного электролита, меньшим размером зерен и отсутствием у них определенной формы. Рентгенофазовые исследования выявили две модификации кобальта (α - и β -Co). Превалирует гексагональный тип кристаллической решетки. Кристаллическая решетка электролитических осадков кобальта, полученных из метансульфонатного электролита, имеет большое количество дефектов. Искаженная кристаллическая структура дополнительными дефектами решетки и сниженной подвижностью их дислокаций способствует увеличению микротвердости кобальтовых покрытий. Установлено, что метансульфонатный и сульфатный электролиты различаются буферными свойствами.

SUMMARY. The structure of cobalt coatings obtained by the electrochemical method from a methanesulfonate electrolyte is investigated. It is established that the surface morphology differs from the surface morphology of deposits from sulfate electrolyte by the smaller grain size and a lack of a specific shape in them. The X-ray diffraction studies show the presence of two modifications of cobalt (α - and β -Co). The predominant type is a hexagonal crystal lattice. Electrolytic cobalt deposits obtained from the methanesulfonate electrolyte are characterized by a considerable number of crystal lattice defects. Distortion of the crystal structure of the cobalt coating by the additional lattice defects and decreased dislocation mobility of these coatings, contributes to an increase in their microhardness. Difference between methanesulfonate and sulfate electrolytes is manifested by their buffering properties.

Kaplun P. V. and Honchar V. A. Low-cycle fatigue of steels after ion nitriding in hydrogen-free environments95

РЕЗЮМЕ. Наведено результати досліджень малоциклової втоми під час згину різних сталей після іонного азотування у зневоднених насичувальних середовищах. Подано рекомендації про область застосування такого зміцнення поверхні під час експлуатації. Зроблено висновок про те, що іонне азотування у зневоднених середовищах дає можливість у широких межах змінювати фізико-механічні властивості поверхневих шарів та суттєво підвищувати малоциклову втомну міцність конструкційних сталей. Максимальної довговічності досягнуто оптимізацією технологічних параметрів дифузійного насичення.

РЕЗЮМЕ. Приведены результаты исследований малоциклового усталости при изгибе различных сталей после ионного азотирования в безводородных насыщающих средах. Даны рекомендации об области применении этой технологии упрочнения

поверхности при эксплуатации. Сделан вывод о том, что ионным азотированием в безводородных средах можно в широких пределах изменять физико-механические свойства поверхностных слоев и существенно повышать малоцикловую усталостную прочность конструкционных сталей. Максимальной долговечности достигнуто оптимизацией технологических параметров диффузионного насыщения.

SUMMARY. The results of experimental studies of low-cycle fatigue in bending of various steels after ion nitriding in hydrogen-free environments are presented. Recommendations concerning the application field of such technology of surface hardening in operation are proposed. On the basis of these studies it is concluded that the ion nitriding technology in hydrogen-free environment allows us to vary widely the physical and mechanical properties of the surface layers and to improve significantly low-cycle fatigue strength of structural steel under bending in different media. Maximum durability is achieved by optimizing the technological parameters of the diffusion process of saturation.

Znak Z. O. and Olenych R. R. Physicochemical properties of the rubber compositions, vulcanized by polymeric sulfur 99

РЕЗЮМЕ. Досліджено фізико-хімічні властивості гум, вулканізованих полімерною та ромбічною сіркою, та встановлено структурні параметри їх вулканізаційних сіток. Показано, що вулканізати на основі полімерної сірки, яка отримана плазмохімічним розкладом сірководню, за головними фізико-хімічними і фізико-механічними показниками переважають гуми, вулканізовані ромбічною сіркою. Виявлено, що міграція сірки на поверхню гум, вулканізованих полімерною сіркою, не відбувається.

РЕЗЮМЕ. Исследованы физико-химические свойства резин, вулканизированных полимерной и ромбической серой, и установлены структурные параметры их вулканизационных сеток. Показано, что вулканизаты на основе полимерной серы, полученной плазохимическим разложением сероводорода, по основным физико-химическим и физико-механическим свойствам превосходят резины, вулканизированные ромбической серой. Установлено, что миграция серы на поверхность резин, вулканизированных полимерной серой, не происходит.

SUMMARY. The physicochemical properties of rubber, vulcanized by polymer and rhombic sulphur, are investigated. The structural parameters of vulcanization meshes are determined. It is shown that vulcanizers on the basis of polymeric sulphur, obtained by plasma-chemical decomposition of hydrogen sulphide, prevail the rubbers, vulcanized by rhombic sulphur by the main physicochemical and physicomechanical properties. It is established that migration of sulphur to the surface of rubber, vulcanized by polymeric sulphur, does not take place.

Hasii O. B. Phase composition, structure and microhardness of vacuum ion-plasma coatings based on Ti and Ni 105

РЕЗЮМЕ. Наведено результати досліджень фазового складу, структури та мікротвердості вакуумних іонно-плазмових покриттів на основі Ti та Ni. Проаналізовано вплив на них хімічного складу реакційного середовища, тиску газу, напруги, температури підкладки, сепарації плазмового потоку. Запропоновано оптимальні режимні параметри осадження конденсатів.

РЕЗЮМЕ. Приведены результаты исследований фазового состава, структуры и микротвердости вакуумных ионно-плазмовых покрытий на основе Ti и Ni. Проанализировано влияние на них химического состава реакционной среды, давления газа, напряжения, температуры подложки, сепарации плазмового потока. Предложены оптимальные режимные параметры осаждения конденсатов.

SUMMARY. The results of researches of the phase composition, structure and microhardness of vacuum ion-plasma coatings, based on Ti and Ni, are proposed. The influence of different factors, such as: chemical composition of reactionary working medium, gas

pressure, voltage, base temperature, separation of plasma flow on them is analyzed. Optimal parameters of condensate evaporation process are proposed.

Snizhko L. O., Yerokhin A. L., Kalinichenko O. A., and Misnyankin D. A.

Hydrogen evolution on the anode under plasma electrolytic oxidation of aluminium..... 111

РЕЗЮМЕ. Переважальне виділення водню на аноді за плазмового електролітичного оксидування (ПЕО) – результат термохімічної реакції диспергованого в іскрових розрядах алюмінію з водяною парою. Встановлено, що продуктами взаємодії можуть бути гідроксиди та оксиди алюмінію, при цьому глибина окиснення і максимальна ефективність ПЕО досягається за придушення гідратації металу і забезпечення достатньої кількості кисню в зоні реакції. Виявлено, що з'єднання в електроліті, здатні адсорбуватися на алюмінії, і катодна складова струму пригнічують гідратацію алюмінію, сприяючи формуванню оксиду.

РЕЗЮМЕ. Преимущественное выделение водорода на аноде при плазменном электролитическом оксидировании (ПЭО) – результат термохимической реакции диспергированного в искровых разрядах алюминия с водяным паром. Установлено, что продуктами взаимодействия могут быть гидроксиды и оксиды алюминия, при этом глубина окисления и максимальная эффективность ПЭО достигается при подавлении гидратации металла и обеспечении достаточного количества кислорода в зоне реакции. Выявлено, что соединения в электролите, способные адсорбироваться на алюминии, и катодная составляющая тока подавляют гидратацию алюминия, способствуя формированию оксида.

SUMMARY. Preferential release of hydrogen at the anode in plasma electrolytic oxidation (PEO) is the result of thermochemical reactions between dispersed aluminium and steam in spark discharges. Aluminium hydroxides or oxides can be formed depending on oxygen concentration in the reaction zone. The maximal effectiveness of the process is reached when particles adsorbed from electrolyte or cathodic pulses suppress the reaction of aluminium hydration.

Kuts I. V., Lysenko I. I., Dugin O. L., and Zakrevskiy O. F. Analysis of eddy

current transducer in pulsed mode of excitation for testing cylindrical objects..... 120

РЕЗЮМЕ. Досліджено можливість застосування вихрострумowego методу з імпульсним збудженням для контролю діаметра та електропровідності циліндричних об'єктів. Для опрацювання інформативних сигналів перетворювача запропоновано перетворення Гільберта та умова для вузько- та широкопосмугової системи “вихрострумовой перетворювач–об'єкт контролю”, що дасть можливість на етапі проектування приладів вихрострумowego контролю задавати спектральний склад сигналів.

РЕЗЮМЕ. Исследована возможность применения вихретокового метода с импульсным возбуждением для контроля диаметра электропроводного цилиндрического объекта. Для обработки информативных сигналов преобразователя предложены преобразование Гильберта и условие для узко- и широкополосной системы “вихретоковый преобразователь–объект контроля”, что позволит на этапе проектирования прибора вихретокового контроля задавать спектральный состав сигналов.

SUMMARY. The possibility of the use of eddy current method with pulsed mode to control the diameter and conductivity of cylindrical objects was investigated. The informative signals processing method using Hilbert transform was developed. The mathematical computation for narrowband and wideband system of “transducer–object” which enabled specifying the spectral composition of signals at the devices design phase was proposed.

Popovych O. V., Karpash O. M., and Karpash M. O. Method of selection transducers with phase lattice for determining sizes and geometry of defects..... 126

РЕЗЮМЕ. Запропоновано технологію ультразвукових фазованих решіток для неруйнівного контролю металоконструкцій, що дасть можливість точніше визначити розміри та тип дефекту. Досліджено вплив зміни параметрів фазованих решіток на напрямок звукового поля перетворювача. Запропоновано числовий метод розрахунку часових затримок між елементами решітки, що дає можливість спрямувати та сфокусувати ультразвуковий промінь на задану глибину та певний кут поширення.

РЕЗЮМЕ. Предложена технология ультразвуковых фазированных решеток для неразрушающего контроля металлоконструкций, позволяющая более точно определить размеры и тип дефекта. Исследовано влияние изменения параметров таких решеток на направленность звукового поля преобразователя. Предложен численный метод расчета временных задержек между элементами решетки, что даст возможность направить и сфокусировать ультразвуковой луч на заданную глубину и на определенный угол распространения.

SUMMARY. Technology of ultrasound phased arrays for non-destructive testing of metal structures, which can more accurately determine the size and type of defect was proposed. The effect of phased arrays parameters changes to focus the sound field transmitter was conducted. A numerical method for calculating the time delays between the elements of a phased array that allows directing and focusing the ultrasonic beam to a predetermined depth and a certain angle spread was proposed.