

Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка
Національної академії наук України
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
University of West Attica
Університет «Sjever» (Хорватія)

VI Міжнародна конференція

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ



ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Одеса, 20-24 травня 2019 року



Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка
Національної академії наук України
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
University of West Attica
Університет «Sjever» (Хорватія)

VI Міжнародна конференція

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ**

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Одеса, 20-24 травня 2019 року

А 38 **Актуальні проблеми інженерної механіки** : тези доп. VI Міжнар. наук.-практ. конф. / під заг. ред. М. Г. Сур'янінова. — Одеса : ОДАБА, 2019. — 393 с. ISBN 978-617-7195-87-9

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Антонюк Н.Р. - технічний редактор журналу «Вісник ОДАБА», к.т.н., доцент, vestnik@ogasa.org.ua

Балдук П.Г. - відповідальний секретар конференції, к.т.н., професор кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, pavel9baldook@gmail.com

Зінковський А.П. - заст. директора з наукової роботи Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка, д. т. н., професор, zinkovskii@ipp.kiev.ua

Клименко Є.В. - зав. каф. залізобетонних та кам'яних конструкцій Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор

Вайсфельд Н.Д. - зав. каф. методів математичної фізики Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, д.ф.-мат.н., професор, mdtde@onu.edu.ua

Ковров А.В. - голова оргкомітету конференції, ректор Одеської державної академії будівництва та архітектури, к.т.н., професор, rector@ogasa.org.ua

Круглов В.Є. - директор Інституту математики, економіки та механіки ОНУ імені І.І.Мечникова, к.ф.-мат.н., професор, imem@onu.edu.ua

Кругтій Ю.С. - проректор Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор, yurii.krutii@gmail.com

Сур'янінов М.Г. - заступник голови оргкомітету конференції, зав. кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор, sng@ogasa.org.ua

Харченко В.В. - директор Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренко Національної академії наук України, академік НАН України, д. т. н., професор, khar@ipp.kiev.ua

Шваб'юк В.І. - Луцький національний технічний університет, д.т.н., професор, Shvabyuk@lutsk-ntu.com.ua

Хендрік Досс - Професор університета прикладних наук м. Майнц (Німеччина), hendrik.doss@dosscom.de

Kyriazopoulos A. - Professor, University of West Attica, akyriazo@teiath.gr

Demakos K. - Professor, University of West Attica, cdemakos@gmail.com

Pnevmatikos N. - Associate Professor, University of West Attica, pnevma@teiath.gr

Milkovich Marin - rector of the University «Sjever», professor, rektor@unin.hr

СОДЕРЖАНИЕ

Azizov T., Tychyna P., Derkowski W., Jurkowska N. К расчету перекрытий из железобетонных многопустотных плит с учетом их крутильной жесткости	12
Антоненко Н.М., Ткаченко І.Г., Долгорукий П.Ю. Плоска термопружна деформація багатопустотної основи з неідеальним тепловим контактом між шарами	16
Афонин В.В., Ерофеева И.В., Кондращенко В.И., Емельянов Д.В., Федорцов В.А. Принятие решений о качестве композиционных материалов, подвергавшихся температурным перепадам	20
Бабич С.Ю., Корниенко В.Ф., Дегтярь С.В., Швардак Т.М. Некоторые родственные в математическом плане осесимметричные задачи со смешанными граничными условиями для упругого слоя с начальными напряжениями	24
Бабич С.Ю., Дихтярук Н.Н., Случинский А.А., Шушарин Ю.В. О плоской задаче контактного взаимодействия упругого стрингера и двух полос с начальными напряжениями	26
Багно О.М., Щурук Г.І. Математичне моделювання впливу скінченних початкових деформацій на характеристики хвильового процесу в системі: нестисливий пружний шар - півпростір ідеальної стисливої рідини	27
Бажанова А.Ю., Маковкина Т.С., Чопенко С.В. Экспериментальные исследования свободных колебаний железобетонных и фибробетонных балок	29
Блажко В.В. Технологічний комплект обладнання для приготування сухих будівельних сумішей	31
Балдук П.Г., Курган А.Ю. Модель енергоспоживання будівлі	33
Банніков Д.О., Радкевич А.В., Нікіфорова Н.А. Конструктивна схема сталевого каркасу для будівель сейсмічних регіонів Індії	37
Баранова-Шишкова Л.И., Симпольская К.С., Звонарева Е.А., Гончаренко В.В. Исследование способов изготовления стекла и его физико-химические свойства	40
Бекирова М.М. Методика расчета стержней с учетом малых и больших эксцентриситетов	47
Березин Л. Н. Исследование условий отскока игл при кулировании	49
Бистров В.М., Декрет В.А., Зеленський В.С. Втрата стійкості шаруватого композитного матеріалу при стисканні поверхневим навантаженням	52
Васильченко А.В., Отрош Ю.А., Ковалев А.И. Оценка огнестойкости железобетонных балок с фиброармированием	55
Мартынов В.И., Ветох А.М. Явления самоорганизации в затвердевающей пенобетонной смеси	58

Вінниченко В.І., Рязанов А.О. Вплив органічних сполук на процес декарбонізації карбонату кальцію	60
Vinichenko V., Ryazanova V.A., Gabitov A.I., Udalova Ye.A., Salov A.S. Efflorescence processes in exterior wall surface of buildings	64
Volkova V.E. Dynamic smoothing effect in non-linear dynamic system under polyharmonic external excitation	67
Вировой В.М., Бачинський В.В., Антонюк Н.Р. Пористі полімерні покриття на основі нітроцелюлози	70
Выровой В.Н., Суханов В.Г., Коробко О.А., Елькин А.В. Структура строительных материалов и изделий	73
Гоц В.І., Пальчик П.П., Майстренко А.А., Бердник О.Ю. Мікропориста структура грубих базальтових волокон і їх структурні характеристики	76
Пшінюк О.М., Громова О.В., Руденко Д.В. Дослідження реологічних властивостей модифікованих бетонних сумішей при вібрації	80
Марцинковський В.А., Гудков С.М., Загорулько А.В. Динаміка торцевих імпульсних ущільень з трубчастими живильниками	84
Гундина М.А., Ширвель П.И. Применение аппроксимации для моделирования диаграммы деформирования	86
Гундина М.А., Ширвель П.И. Асимптотическое решение упругой задачи	88
Данченко Ю.М., Попов Ю.В., Саєнко Н.В., Барабаш О.С., Биков Р.О., Качоманова М.П., Скрипинець А.В. Будівельні епоксидні матеріали зі спеціальними властивостями	91
Дарієнко В.В., Артеменко Д.Ю., Лізунков О.В., Плотников О.А. Результати чисельного моделювання напружено-деформованого стану пошкоджених залізобетонних колон у середньому ряді промислової будівлі	94
Дворжак В.Н. Метрический синтез нецентральных кривошипно-ползунных механизмов технологических машин	96
Дем'яненко А.Г. Динаміка пружних об'єктів з рухомим інерційним навантаженням – механічні, математичні моделі, їх особливості та деякі аналогії	98
Денисенко В.Ю., Ковальова І.Л., Лазарева Д.В. Динамічна задача крутіння жорстким валом неоднорідного півпростору	102
Драпалюк М.В. Причины возникновения деформаций обводнённых бетонных элементов	106
Ємельянова І.А., Аніщенко А.І., Чайка Д.О., Субота Д.Ю. Особливості визначення енерговитрат універсальним технологічним комплектом нового малогабаритного обладнання при безопалубочному бетонуванні	107
Заврак Н.В. Расчет неоднородных анизотропных прямоугольных пластин с произвольным закреплением на контуре	111

Зеленський А. Г. Варіант математичної теорії трансверсально-ізотропних оболонок довільної товщини при статичному навантаженні	115
Гончар О.А. Конструкційні бетони, отримані з використанням відходів промисловості	117
Зиньковский А.П., Онищенко Е.А., Савченко К.В. Обоснование выбора конечноэлементных моделей бандажированных рабочих лопаток для анализа характеристик их колебаний	119
Калініна Т.О, Твардовський І.О., Чучмай О.М. Експериментальні дослідження зміни перетину металевих елементів в залежності від агресивного середовища	121
Керш В.Я., Колесников А.В. Ультразвуковой метод исследования твердения гипсовых вяжущих	125
Кирилюк В.С. Контактное взаимодействие упругих трансверсально-изотропного и изотропного полупространств при наличии жесткого дискообразного включения между ними и давления в образовавшемся зазоре	129
Кирилюк В.С., Левчук О.И. Контактное взаимодействие пьезоэлектрического полупространства с трансверсально-изотропной упругой основой, содержащей выемку эллиптического сечения	130
Кныш А.И., Дашковская О.П. Совершенствование мониторинга машиностроительных конструкций за счет применения методов акустического подоби	131
Starykov M. A., Kokoshko E. M. Measured strain signal as a boundary conditions for finite element submodel with application to crane structure residual life assessment	134
Крутії Ю.С., Коломійчук Г.П. Про розрахунок залізобетонних оболонок з тріщинами методом скінчених різниць	138
Кондращенко В.И., Титов С.П., Ковревский А.П. Особенности соударения эллипсоидных твердых тел с подвижными поверхностями	140
Кононов Ю.Н., Святенко Р.И. О влиянии диссипативного и постоянного моментов на устойчивость равномерных вращений двух упруго связанных волчков Лагранжа	144
Неутов С.Ф., Корнеева И.Б., Выгнанец М.М., Маковкина Т.С. Экспериментальные исследования сталефибробетонных конструкций	147
Коробко О.А., Выровой В.Н., Загорчёмный Ю.О., Кушнир А.М. Формирование технологической поврежденности строительной конструкции путем регулирования деформаций	149
Кошель С.О., Кошель Г.В. Аналіз складних плоских механізмів графоаналітичним способом	153

Кошель Г.В., Кошель С.О. Аналіз складних плоских механізмів за допомогою миттєвого центру прискорень	156
Кривенко П.В., Петропавловський О.М., Ковальчук О.Ю., Хайлин Цао, Лигуан Венг. Ефективність шлаколузних бетонів для морських споруд	158
Кривенко П.В., Петропавловський О.М., Руденко І.І., Константиновський О.П. Вплив органо-мінеральних комплексів на міцність і власні деформації шлаколузних цементів	162
Кривяков С.О., Волчук В.М., Заволока М.В., Крижановський В.О. Пошук підходів до ранжування критеріїв якості керамзитобетону	166
Krot A., Gabitov A.I., Ryazanova V.A., Gaisin A.M., Chernova A.R. Efflorescence processes in exterior wall surface of buildings	169
Крутій Ю.С., Вандинський В.Ю. Аналітичні розрахунки вертикальних конструкцій на коливання з урахуванням власної ваги	171
Крутій Ю.С., Сур'янінов М.Г. До розрахунку оболонок чисельно-аналітичним методом граничних елементів	174
Кузнецов Ю.А., Коломейченко А.В., Гончаренко В.В., Кравченко І.Н. Исследование внутренних напряжений в тонкослойных оксидных покрытиях на алюминиевых сплавах	177
Куреннов С.С., Барахов К.П., Дворецкая Д.В. Осесимметричное напряженное состояние клеевого соединения двух цилиндрических оболочек	183
Левченко В.В. Поверхностные волны сдвига в периодическислоистом полупространстве	190
Левчук О.И. Контактное взаимодействие двух трансверсально-изотропных упругих тел с учетом тепловыделения	192
Акуленко Л.Д., Лещенко Д.Д., Палий Е.С. Вращательные движения твердого тела, близкого к динамически сферическому, с вязкой жидкостью в полости	193
Фомін О.В., Ловська А.О., Радкевич В.О., Скляренко І.Ю. Визначення міцності несучих конструкцій вагонів з круглих труб при перевезенні на залізничних поромках	196
Ловська А.О., Фомін О.В., Горбань А.В., Скок П.О. Дослідження динамічної навантаженості контейнера, розміщеного на вагоні-платформі при перевезенні залізничним поромом	198
Майстренко А.А., Амеліна Н.О., Бердник О.Ю. Вплив пористості підкладки на зміну захисних властивостей полімерсиликатних покриттів бетонних поверхонь	201
Максимович О.В., Дзюбик А.Р., Назар І.Б., Дзюбик Л.В. Розрахунок напружень біля отворів у зварних пластинках за врахування залишкових деформацій	204
Малашенко В.О., Венцель Є.С. Можливості застосування кулькових обгінних муфт для регулювання силових показників	206

Мануйленко Р.І., Пантєєв Р.Л. Параметризація системи рівнянь для покращення збіжності методу Ньютона у задачі визначення координат джерел радіовипромінювання	209
Лапенко А.И., Махинько Н.А. Вероятностное описание нагрузок на стальные емкости хранения	211
Мейш Ю.А., Орленко С.П. К численному расчету нестационарных колебаний трехслойных цилиндрических оболочек с поперечным дискретным ребристым наполнителем	215
Мейш В.Ф., Мейш Ю.А. К численному расчету динамического поведения оболочек типа эллиптического параболоида при нестационарных нагрузках	216
Мірошніков В.Ю., Медведєва А.В., Олешкевич С.В. Визначення напруженого стану шару з циліндричним пружним включенням	218
Настоящий В.А., Яцун В.В. Об использовании методов системного анализа для построения модели разрушения резиновых футеровок и покрытий поверхностей технологических и транспортирующих агрегатов и сооружений предприятий горно-металлургического комплекса	221
Нетеса А.Н., Нетеса Н.И., Радкевич А.В., Северин А.П., Яковлев С.А. Рациональные составы низкопрочных бетонов с повышенным коэффициентом эффективности использования цемента	224
Калініна Т.О., Калінін О.О., Нікітенко О.А., Нігірняк М.В. Дослідження деформативних особливостей армованого бетону	227
Олійник О.Ю., Рубанка М.М. Підвищення якості полотна та довговічності роботи механізмів відтягнення полотна круглов'язальних машин	230
Орловський Б.В. Способи і обладнання для прошивання 3D-конструкцій з полімерних композитних матеріалів	232
Отрош Ю.А., Сур'янінов М.Г., Ковалєвська Т.М. Експериментальні та комп'ютерні дослідження залізобетонних балок при високотемпературних впливах	236
Пашинський В.А., Настоящий В.А., Джирма С.О., Карюк А.М. Рациональне розміщення віконних блоків по товщині цегляної стіни	238
Пашинський В.А., Пашинський М.В., Скринник І.О., Пушкар Н.В. Адміністративно-територіальне районування розрахункових параметрів впливу температури повітря на будівельні конструкції на території України	241
Марцинковський В.А., Позовний О.О. Розрахунок характеристик багатопаринних ущільнень ротора відцентрового насоса в залежності від осьового розміру камер	243
Каминский А.А., Полищук Т.В., Черноиван Ю.А. О расчете зоны предразрушения вблизи вершины клиновидного выреза, выходящего на негладкую границу раздела сред	244

Равлюк В.Г., Бондаренко В.В., Равлюк М.Г., Гребенюк В.А. Дослідження гібридної розрахункової схеми навантаження колодок гальмової важільної передачі вантажного вагона	247
Равлюк В.Г., Бондаренко В.В., Равлюк М.Г., Гребенюк В.А. Дослідження процесу утворення та параметрична оцінка дуального знос у гальмових колодок вантажних вагонів	251
Ромашко В.М., Ромашко О.В. Основи загальної теорії опору бетону та залізобетону силовим впливам	254
Саєнко Н.В., Биков Р.О., Саєнко Л.В., Ільєнко К.О., Демідов Д.В. Вплив мінеральних наповнювачів на паропроникність та водопоглинання водно-дисперсійних полімерних покриттів	256
Сахно С.І., Янова Л.О., Пищикова О.В. Аналіз напруженого стану металоконструкцій мостового крана методом кінцевих елементів	258
Семенюк Н.П., Жукова Н.Б. Чувствительность цилиндрических композитных оболочек к начальным несовершенствам различного вида	260
Сліпич О.О., Романенко К.М. Обстеження, аналіз, розрахунок та проекування встановлення стаціонарного бутобю в корпусі крупного дробління полтавського гірничозбагачувального комбінату	261
Гребенюк С.Н., Клименко М.И., Смолянская Т.Н., Коваль Р.А. Эффективные характеристики разномодульных композитов при поперечном растяжении	263
Солодей И.И., Затылюк Г.А. Реализация теории линейно- деформированной среды в ПК Plaxis при исследовании осадок основания	267
Сорока Н.Н. Построение области прочности сечения	269
Starykov M.A. Fatigue life assessment approaches comparison based on typical welded joint of chassis frame	271
Суханевич М.В., Анопко Д.В. Бетони спеціального призначення на основі цементів, модифікованих мікро- та нано- добавками	278
Суханевич М.В. Гідроізоляційні та захисні розчини на основі цементів, модифікованих вуглецевими нано добавками	280
Тарельник В.Б., Коноплянченко Е.В., Тарельник Н.В., Козаченко А. Моделирование технологических параметров формирования комбинированных электроискровых покрытий	281
Телишко Л.П. Методические подходы к вопросу диагностирования технического состояния промышленных зданий и сооружений	285
Хорошун Л.П., Левчук О.І. Моделювання ефективних пружних властивостей шаруватих стохастичних композитів при недосконалії адгезії	292
Цапко Ю.В., Бондаренко О.П., Цапко О.Ю. Вогнезахисна покрівельна композиція для очерету	293
Чаюн И.М., Вовк П.Е. Трение нити, расположившейся по винтовой линии, при растяжении на цилиндрической поверхности	295

Чепурна С.М., Чепурна М.Є. Вплив аморфної форми кремнезему в складі високодисперсної крейди на гідратацію портландцементу	298
Твардовский И.А., Чучмай А.М. Определения несущей способности анкерных креплений в ребристых плитах перекрытия	300
Маткова А.В., Шваб'юк В.І., Фурс Т.В., Шваб'юк В.В. Вплив технологічних аспектів на утворення дефектів кристалічної структури монокристалів PbI_2	302
Шваб'юк В.В., Ротко С.В., Гуда О.В., Ужегова О.А. Уточнений розрахунок усталених коливань круглих транстропних плит середньої товщини	305
Козьма О.І., Шиляев О.С. Розробка та випробування металевих конструкцій для спасіння людей з висоти	309
Шинкевич Е.С., Линник Д.С. Повышение биостойкости арболитобетона добавками наномодификаторами	311
Яременко О.О., Яременко Н.О. Розрахунок підземної споруди із застосуванням програмного комплексу ANSYS	314
Бекшаев С.Я. Об оптимальной жесткости опор многопролетного продольно сжатого стержня	317
Плугін А.А., Бабій А.І., Плугін О.А., Борзяк О.С., Калюжна О.В. Вплив умов зберігання на електропровідність бетону	320
Валовой О.І., Єрьоменко О.Ю., Валовой М.О., Волков С.О. Прогини балок, армованих металевою арматурою, базальтопластиковою арматурою та з гібридним армуванням металевою та базальтопластиковою арматурою	324
Пасіка В.Р., Гембара Н.О. Аналізування важільних механізмів із внутрішньою привідною ланкою	327
Клименко Є.В., Сур'янінов М.Г., Гриньова І.І. Моделювання роботи кам'яного стовпа методом скінченних елементів у ПК ANSYS	331
Новский А.В., Новский В.А., Вивчарук В.В. Деформационная анизотропия известняка-ракушечника Одесского региона	332
Паливода О.А. Деякі аспекти щодо спільної роботи оболонки та ядра трубобетонних елементів зі зміцненим осердям	335
Гуртовий О.Г., Тинчук С.О., Андрушков В.І. Задачі деформування локальним навантаженням багат шарових покриттів на жорсткій основі	339
Ковальчук С.Б., Горик А.В. Точное решение задачи упругого изгиба многослойной балки под действием нормальной равномерной нагрузки	341
Григор'єва Л.О. Резонансні коливання п'єзокерамічних циліндричних перетворювачів з врахуванням втрат енергії	345
Савчук П.П., Кашицький В.П., Малець В.М., Матрунчик Д.М., Кушнірук А.С. Вплив фізичних полів на функціональні властивості полімерних наноаповнених епоксикомпозитів	349

Плугін А.А., Палант О.В., Плугін Д.А., Мірошніченко С.В. Вплив структурних характеристик на стійкість бетону до динамічних впливів	351
Селіванов М.Ф., Черноіван Ю.О. Застосування мультилінійної моделі зони зчеплення до задачі визначення розкриття тріщини в ізотропному або ортотропному тілі	355
Бабич С.Ю., Глухов Ю.П. Об одной динамической задаче для слоистого полупространства с начальными напряжениями	357
Глухов А.Ю. Про поширення вісесиметричних хвиль в композитному нестисливому матеріалі з початковими напруженнями	359
Завертанний Б.С., Манойленко О.П., Акимов О.О., Новрузова А.П. Модування комплексного впливу геометричних та силових параметрів на механізм кріплення бобіни перемотувальних машин	361
Колодяжний А.П., Медникова М.А. Геометрически нелинейный анализ напряженного состояния цилиндрических оболочек с отверстием при кручении	364
Барабаш М.С., Писаревский Б.Ю. Моделирование системы «сооружение-грунт» при сейсмических воздействиях в ПК ЛИРА-САПР	366
Агаєва О.А., Карпюк В.М., Постернак О.О. Модування надійності та несучої здатності прогінних попередньо нпружених залізобетонних конструкцій	368
Курочка К.С., Комракова Е.В. Расчетраспределения температур в соприкасающихся объектах системы колodka-колесо при торможении рельсового транспорта	371
Кравчук Р.В. Вплив контактного тертя при випробуванні дискових мікроразрків методом продавлювання сталевіою кулькою	373
Лазарева Д.В., Денисенко В.Ю., Ковальова І.Л., Окара Д.В. Особливості модування біомеханічних систем зі штучними включеннями	376
Лазарева Д.В. Исследование НДС плечевой кости при изменении угла наклона анкерного винта	378
Lutskin Y.S., Shynkevych O.S., Surkov O.I., Myronenko I.M. Nanotechnological techniques of obtaining bulding composites on a silicate matrix of thermo-moisture hardening	381
Сторожук Є.А., Піголь О.В., Комарчук С.М. Вплив нелінійних факторів на напружено деформований стан еліптичної циліндричної оболонки з криволінійним отвором	385
Ткаченко Н.Є. Рух дрібнодисперсної суміші в пристінному шарі прямокутного паралелепіпеда	387
Томашевський А.В. Проблеми методик комп'ютерного модування і розрахунку армування залізобетонних плит, підсилених ребрами	389
Яцура А.В., Сторожук Є.А. Розрахунок параболічної циліндричної оболонки аналітично-чисельним методом	392

- Соловьева, А.М. Сычева, Н.В. Коробов и др. // Бетон и железобетон. – 2009. – № 3. – С. 16–19.
- [2] Middendorf B. Nanoscience and nanotechnology in cement materials / B. Middendorf, N. B. Singh // Cement International. – 2008. – № 1 – P. 56–54.
- [3] Sukhanevych M. Using of untreated carbon nanotubes in cement compositions/ M. Sukhanevych, K. Pushkarova., A. Martsikh// Materials Science Forum - 2016.-Vol.865 - P.31-37.

WATERPROOFING AND PROTECTING MORTARS BASED ON THE CEMENTS MODIFIED BY CARBON NANOADDITIONS

Investigated the physicommechanical and hydrophysical properties of waterproofing coatings on the basis of slag-containing cement modified with the addition complex additive consisting of carbon nanotubes in a water polyurethane dispersion, which are applied to wet concrete and increase its durability, frost resistance and watertight impermeability and waterproofness and impermeability, and waterproofness and frost resistance and water resistance are studied several times.

УДК 621.9.048

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФОРМИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Тарельник В.Б., д.т.н., проф.,
Коноплянченко Е.В., к.т.н., доц., Тарельник Н.В., к.э.н., доц.
Сумский национальный аграрный университет, г. Сумы
Козаченко д.т.н., проф.
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенка, г. Харьков

Введение. Решение проблемы, связанной с повышением надежности и долговечности большинства ответственных деталей промышленного оборудования обеспечивается, как правило, применением труднообрабатываемых коррозионно-стойких сталей и сплавов, что обуславливает их большой расход.

В связи с этим актуальной задачей является создание принципиально новых материалов, типа «основа – покрытие» которые обладают повышенной поверхностной износостойкостью и относительно высокой прочностью и вязкостью.

Постановка проблемы. Анализ основных достижений и публикаций.

Электроискровое легирование (ЭИЛ), как способ нанесения на металлические поверхности защитных покрытий, находит все большее применение как в Украине [1], так и в ближнем и дальнем зарубежье [2].

Несмотря на неоспоримые достоинства, основными из которых являются: высокая прочность сцепления нанесенного материала с основой; возможность проведения процесса в локальном месте; повышение твердости, коррозионной стойкости, износо- и жаростойкости трущихся поверхностей, такие недостатки, как увеличение шероховатости поверхности и снижение усталостной прочности, существенно снижают область его применения [3].

В связи с относительно небольшой толщиной слоев, формируемых при ЭИЛ, последующая шлифовка их с целью снижения шероховатости поверхности затруднена или вообще неприемлема. Снизить шероховатость поверхности, снять остаточные растягивающие напряжения позволяет обкатка шариком [4]. Одним из эффективных методов финишной обработки деталей является алмазное выглаживание, которое, в отличие от обкатки шариком, позволяет обрабатывать детали с весьма высокой твердостью [5].

Резервом повышения качества покрытий, сформированных методом ЭИЛ, могут быть комбинированные электроискровые покрытия (КЭП), сочетающие в себе твердые износостойкие и мягкие антифрикционные металлы. В [6] предложен способ формирования КЭП, когда, на «мягких» режимах наносится слой покрытия из легкоплавкого антифрикционного металла, выбираемого из группы: индий, олово, кадмий, свинец, медь. Затем на «грубом» режиме наносится слой износостойкого, высокотвердого металла или его карбида, выбираемого из группы: титан, ванадий, вольфрам.

В результате шероховатость поверхности снижается до значений $Ra = 0,6 - 0,8$ мкм по сравнению с однослойными покрытиями из износостойких высокотвердых металлов, шероховатость которых составляет $Ra = 2,8 - 3,5$ мкм. Одновременно повышается износостойкость поверхности.

Учитывая перспективность предложенного способа, представляет научный и практический интерес создание математической модели расчета основных параметров ЭИЛ, необходимых для формирования КЭП и позволяющих прогнозировать привес (ΔP_k) и прирост (Δh_c) катода (детали).

Наиболее близкой к решению данной проблемы является работа [7], посвященная методике определения привеса и прироста катода при формировании однослойных электроискровых покрытий.

Таким образом, целью работы является повышение качества КЭП путем разработки математической модели определения привеса и прироста катода при формировании КЭП.

Изложение основного материала исследований. Исследования массопереноса при формировании КЭП производились на образцах из стали 45 размером 10x10x8 мм. В качестве мягкого антифрикционного металла использовали индий, олово и медь, которые, наносили по режимам,

рекомендуемым в [7], а покрытие из вольфрама и твердого сплава ВК8 на различных режимах.

Привес образцов складывается из постоянного веса перенесенного мягкого антифрикционного металла и изменяющегося, в зависимости от режима, веса твердого износостойкого материала, т.е.

$$\Delta P_{K\Sigma} = \Delta P_{KM} + \Delta P_{KT},$$

где $\Delta P_{K\Sigma}$ - общий привес катода, ΔP_{KM} и ΔP_{KT} - соответственно привес катода при ЭИЛ мягким антифрикционным и твердым износостойким материалом.

Известно, что с ростом мощности разряда привес катода растет тем сильнее, чем больше мощность активации массопереноса E .

Исходя из экспериментальной зависимости $\Delta P_{K\Sigma}$ от $(N_p)^{-1}$ (убывающая экспонента), можно сделать вывод, что $\ln \Delta P_{K\Sigma}$ пропорционально $(-N_p)^{-1}$ и величине мощности активации массопереноса E , т.е. $\ln \Delta P_{K\Sigma} \sim (-N_p)^{-1} \cdot E$

Переходя от приближенного равенства к точному, имеем: $\Delta P_{K\Sigma} = C \cdot e^{\frac{-E}{N_p}}$, где $C = \Delta P_{K\Sigma n}$ ($\Delta P_{K\Sigma n}$ - привес насыщения).

Тогда

$$\Delta P_{K\Sigma} = \Delta P_{K\Sigma n} C \cdot e^{\frac{-E}{N_p}}. \quad (1)$$

Зависимость (1) назовем уравнением массопереноса КЭП.

Принимая в (1) $E = N_p$, имеем:

$$\frac{\Delta P_{K\Sigma}}{\Delta P_{K\Sigma n}} = e^{-1}.$$

Отсюда E - это физическая величина, равная такой мощности разряда, при которой $\Delta P_{K\Sigma}$ в e раз меньше $\Delta P_{K\Sigma n}$. Назовем ее константой ЭИЛ при формировании КЭП. Размерность $[E] = \text{Вт}$.

Для того, чтобы перейти от привеса катода к приросту, необходимо уравнение массопереноса (1) записать в виде

$$\Delta h_{c\Sigma} \cdot S \cdot r_{c\Sigma} = \Delta h_{c\Sigma n} \cdot S \cdot r_{c\Sigma n} \cdot e^{\frac{-E}{N_p}}, \text{ где } \Delta h_{c\Sigma} = \Delta h_{cM} + \Delta h_{cT},$$

где Δh_{cM} и Δh_{cT} соответственно - приросты катода при нанесении мягкого антифрикционного и твердого износостойкого материалов; S - площадь ЭИЛ, $r_{c\Sigma}$, $r_{c\Sigma n}$ - соответственно плотность легированного слоя и слоя насыщения $\Delta h_{c\Sigma n}$ (т.е. слоя, максимально достигаемого по толщине для данной комбинации материалов электродов - анода и катода).

После необходимых преобразований имеем

$$\Delta h_{c\Sigma} = \Delta h_{c\Sigma H} \cdot \frac{r_{c\Sigma H}}{r_{c\Sigma}} \cdot e^{-1}. \quad (2)$$

Отсюда

$$\frac{\Delta h_{c\Sigma}}{\Delta h_{c\Sigma H}} \cdot \frac{r_{c\Sigma}}{r_{c\Sigma H}} = e^{-1}.$$

Следовательно, E - это физическая величина, равная такой мощности разряда, при которой $\Delta h_{c\Sigma} \cdot r_{c\Sigma}$ в e раз меньше $\Delta h_{c\Sigma H} \cdot r_{c\Sigma H}$ (отметим, что

при $r_{c\Sigma H} = r_{c\Sigma}$, $\frac{\Delta h_{c\Sigma}}{\Delta h_{c\Sigma H}} = e^{-1}$).

Режим ЭИЛ, необходимый для осуществления массопереноса заданного количества вещества $\Delta P_{к,Эк}$ или получения требуемого прироста $\Delta h_{c\Sigma,к}$, можно определить из уравнений (1) и (2).

Тогда, соответственно:

$$N_p = \frac{E}{\ln \frac{\Delta P_{к\Sigma H}}{\Delta P_{к\Sigma}}} \quad \text{и} \quad N_p = \frac{E}{\ln \frac{\Delta h_{c\Sigma H} \cdot r_{c\Sigma H}}{\Delta h_{c\Sigma,к} \cdot r_{c\Sigma,к}}}$$

Заключение. В результате проведенных исследований: предложена математическая модель процесса массопереноса при формировании КЭП; разработана методика определения константы легирования E (мощности активации) для различных материалов электродов, а также констант уравнения массопереноса (привеса и прироста насыщения); составлен алгоритм, позволяющий прогнозировать энергетические параметры ЭИЛ для получения легированного слоя с требуемыми технологическими параметрами: количеством перенесенного материала и увеличением толщины слоя.

[1]. Korbut E.V., Lyashenko B.A., Podchernyaeva I.I., Yurchenko D.V. Perspectives of electric-spark hardening of hard-alloy cutting tool. The Processes of Mechanical Processing in Machine Building. 2012, Vol. 12, pp. 67-80.

[2]. Mikhailov, V.V., Gitlevich, A.E., Verkhoturov, A.D. et al. Surf. Engin. Appl. Electrochem. (2013) 49: 373. <https://doi.org/10.3103/S1068375513050074>

[3]. Charugin N.V., Ohiienko M.S. Changes roughness strengthening coatings obtained spark alloying. Technologies of informations are in education, science and production, 2016, ed. № 2(13), pp.222-228.

[4]. А. И. Михайлюк, Л. С. Рапопорт, А. Е. Гитлевич. Влияние поверхностно-пластической деформации на характеристики искровых покрытий на основе железа. Сообщение 1. // Электронная обработка материалов.- 1991.- № 1.- С. 16-19.

[5]. В. К. Яценко, В. Ф. Притченко, И. Н. Комарчук, А. Г. Сахно. Алмазное выглаживание покрытий // Проблемы прочности.- 1987.- № 5.- С.119-120.

[6]. Tarelnyk, V.B., Paustovskii, A.V., Tkachenko, Y.G. et al. Powder Metall Met Ceram (2017) 55: 585. <https://doi.org/10.1007/s11106-017-9843-2>

[7]. V. B. Tarelnyk, O. P. Gaponova, I. V. Konoplianchenko, and M. Ya. Dovzhyk, Investigation of Regularities of the Processes of Formation of Surface Layers with Electroerosive Alloying. Part II, Metallofiz. Noveishie Tekhnol., 39, No. 3: 363–385 (2017) (in Russian), <https://doi.org/10.15407/mfint.39.03.0363>

MODELING TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR PRODUCING COMBINED ELECTROSPARK DEPOSITION COATINGS

The paper represents a formalized methodology for solving the problem of creating fundamentally new materials, such as "base - coating" ones, which have increased surface wear resistance and relatively high strength and viscosity. Electrospark alloying (ESA) method is proposed as a process for depositing protective coatings on metal surfaces. There are considered the issues of improving the quality of the coatings formed by the ESA method. There is specified a feature of processing the surfaces having been treated with the use of the ESA method, which feature being associated with a relatively small thickness of the layers formed (tens of micrometers). Since to reduce the roughness of the surface, the process of grinding is difficult or even unacceptable to perform, it has been suggested to use the method of surface plastic deformation (SPD). One of the effective SPD methods for finishing the parts is a diamond smoothing process, which, in contrast to running-in with a ball or roller, allows processing the parts of very high hardness values. As a reserve to improve the quality of coatings formed by the ESA method, there is considered a process for producing combined electrospark deposition coatings (CEC) with hard wear-resistant and soft anti-friction metals integrated therein. There are represented the results of mass transfer process investigation performed at forming the CEC on the specimens of steel 45 with indium, tin and copper being used as soft antifriction metals, and tungsten and hard alloy of VK8 grade applied as wear-resistant materials. There is represented a mathematical model for calculating the main ESA technological parameters being necessary for forming the CEC and allowing to predict the weight gain (increase in weight) and size gain (increase in size) at the cathode (the part). It allows predicting the CEC main technological parameters for any electrode pair materials (substrate material and electrode materials making up the CEC).

УДК 624.04

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ВОПРОСУ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Телипко Л.П., к.т.н., доц.

Днепропетровский государственный технический университет, г. Каменское
leo46din@gmail.com

Сроки службы многих производственных зданий и сооружений металлургической и химической отраслей промышленности в Украине

Наукове видання

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
VI Міжнародної конференції**

Одеса, 20-24 травня 2019 року

(українською, російською та англійською мовами)

Підписано до друку 11.05.2019 р.
Формат 60×84/16 Папір офісний Гарнітура Times
Друк-різографія. Ум.-друк. арк. 22,84.
Наклад 300 прим. Зам. №19-24

Видавець і виготовлювач:
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Свідоцтво ДК № 4515 від 01.04.2013 р.
Україна, 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4.
тел.: (048) 729-85-34, e-mail: gio@ogasa.org.ua

Надруковано в авторській редакції з готового оригінал-макету
в редакційно-видавничому відділі ОДАБА