

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ ІНСТИТУТ ІМПУЛЬСНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ <u>http://www.iipt.com.ua</u>



Цикл наукових праць на здобуття премії Президента України для молодих вчених у 2019 році

МОДИФІКАЦІЯ ТА СИНТЕЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИМИ ПОТОКАМИ ЕНЕРГІЇ

Автори:

к.т.н. Зайченко Андрій Дмитрович, к.т.н. Липян Євген Васильович,

<u>к.т.н. Присташ Микола Сергійович, к.т.н. Торпаков Андрій Сергійович</u>



Цикл наукових праць присвячений розробці технології отримання матеріалів із високими фізико-механічними властивостями шляхом підготовки металевих порошків за допомогою високовольтного електричного розряду (BEP) та наступної консолідації методом іскро-плазмового спікання (IПС). Представлені результати експериментальних та теоретичних досліджень електричних та гідродинамічних параметрів BEP та їх зв'язку з дисперсністю, фазовим складом отриманої шихти та властивостями консолідованих з обробленої шихти метало-матричних композитів (MMK), а також із властивостями модифікованого підготовленими порошками нікелевого сплаву СМ88У. Цикл наукових праць складається з 108 робіт, виконаних у 2010–2018 рр., з них 43 статті у реферованих журналах, з яких 8 опубліковано у виданнях, що входять до наукометричних баз даних Web of Science та/або Scopus, 6 патентів на винаходи, 8 патентів на корисну модель), 51 тези доповідей міжнародних наукових конференцій. Згідно з базою даних Scopus загальна кількість посилань на публікації авторів, представлені в роботі, складає 11, h-індекс (за роботою) = 2; згідно з базою даних Google Scholar загальна кількість посилань - складає 30, h-індекс (за роботою) = 3. Також за тематикою циклу захищено 4 кандидатських дисертації.

<u>Метою даної роботи</u> є розробка фізико-технологічних засад створення методів модифікації та синтезу функціональних матеріалів шляхом високовольтної електричної обробки та іскрового плазмового спікання.

Завдання досліджень:

 провести аналіз сучасного стану методів підготовки порошкових сумішей для отримання металоматричних матеріалів з високою зносостійкістю;

 теоретично проаналізувати умови диспергування та синтезу карбідних фаз при ВЕР в дисперсній системі «порошок-гас»;

 – експериментально дослідити закономірності зв'язку зміни дисперсності, фазового складу та фізико-механічних властивостей порошків Fe, Ti, їх сумішей та сумішей з додаванням B4C, а також суміші AI – Ti з параметрами BEP обробки в гасі;

 дослідити структуроутворення металоматричних композитів (зокрема, карбідосталей та твердих сплавів) систем Fe – Ti – C – (B) та Al – Ti – C при їх консолідації методом IПС та вивчити фізико-механічні та трибологічні властивості отриманого матеріалу;

 – з використанням встановлених закономірностей визначити зв'язок функціональних та фізико-механічних властивостей консолідованого матеріалу методом ІПС зі складом вихідної шихти, її дисперсністю, зміною питомого електричного опору при ВЕР обробці та режимом ІПС;

 встановити вплив модифікування порошками, обробленими ВЕР, на зміну структури і фізико-механічних властивостей жароміцного сплаву СМ88У. **Об'єкт дослідження** – елементарні порошки Fe, Ti, Al, їх суміші та суміші з додаванням B₄C до та після ВЕР обробки, фізико-механічні властивості, структура консолідованих матеріалів. **Предмет дослідження** – процеси високовольтної електророзрядної обробки металевих порошків та їх іскро-плазмового спікання.

Наукова новизна

- Вперше встановлено основні закономірності диспергування порошків та синтезу твердих фаз при ВЕР обробці сумішей елементарних порошків системи Fe-Ti-C-(B) в гасі. Показано, що найбільш ефективні режими синтезу карбідної (боридної) складової та диспергування порошків, реалізуються при швидкості зростання струму (*di/dt*) від 13 до 24 ГА/с, що забезпечує тиск в каналі розряду від 0,8 до 1,2 ГПа та температурі від 2·10⁴ до 5·10⁴ К при густині струму в каналі розряду (*j*_k) від 0,6 до 0,8 кА/мм². При цьому робоча частота має обиратись згідно встановлених закономірностей седиментації частинок порошку залежно від хімічного складу оброблюваного порошку, його дисперсності та типу робочої рідини.
- Вперше методом термодинамічного аналізу обґрунтовані умови електророзрядного синтезу фаз інтерметалідів (Fe₂Ti, FeTi) та карбідів металів (TiC, Fe₃C) при циклічному потраплянні вихідних порошків металів системи Ti Fe у навколоплазмову перехідну зону (температура у діапазоні від 298 до 3500 К та парціальний тиск парів елементів від 10³ до 10⁷ Па) при їх високовольтній електророзрядній обробці у гасі.
- Обґрунтовано механізм високовольтного електророзрядного синтезу карбідних фаз у вуглеводневій рідині при ВЕР обробці металевих порошків, який включає піроліз вуглеводневих ланцюгів з утворенням активного нановуглецю різних алотропних модифікацій, атоми якого в умовах значних температур та тиску здатні до вкорінення в кристалічну ґратку металу, утворюючи карбідні сполуки.
- Встановлено вплив попередньої ВЕР обробки порошкових сумішей на особливості структуроутворення та основні фізико-механічні властивості металоматричних композитів систем Fe–Ti–C–(B) та Al–Ti–C, отриманих із застосуванням іскро-плазмового спікання. Показано, що ВЕР-обробка порошків системи Fe–Ti–C–(B) та їх наступна консолідація методом ІПС дозволяє досягнути високих показників щільності (з пористістю до 4 %) та підвищених механічних характеристик матеріалу твердість до 68 НRC та міцність на вигин до 1350 МПа). Отримані метало-матричні композити системи Al–Ti–C мають твердість за Віккерсом 8,3 ГПа та характеризуються високою зносостійкістю (відносна втрата маси складає 0,9 % на 5 км шляху).
- Встановлено, що зміна швидкості нагрівання з 10 °С/с до 20 °С/с при ІПС консолідації композитів системи Fe–Ti–C–B із введеною потужністю 4 кДж/с за рахунок інтенсифікації процесів боридоутворення дозволяє підвищити їх щільність до 98 % від теоретичної.
- Вперше встановлено значення іскрової постійної А_к ≈ 10⁶ В² с/м², яка характеризує стан плазми у каналі високовольтного електричного розряду у дисперсних системах «гас порошок металу», що дозволяє обирати режими електророзрядного впливу на порошки різних металів шляхом прогнозування електричних та гідродинамічних характеристик розряду.
- Вперше теоретично обґрунтовано циклічний вплив сили Лоренца при високовольтному електричному розряді у дисперсних системах «гас порошок металу», яка сприяє пришвидшенню кристалізації частинок порошку, підвищенню щільності закристалізованої частинки, а подекуди деформації та деструкції частинок. Ефективність диспергування та ущільнення за рахунок впливу сили Лоренца залежить від густини струму, яка для досягнення помітного ефекту має перевищувати 5,2·10¹¹ А/м². Із збільшенням густини струму понад 5,2·10¹¹ А/м² зменшення розмірів частинок та зростання їх щільності за рахунок дії електромагнітного тиску відбуваються згідно з експоненціальною залежністю.
- Вперше обґрунтовано зв'язок питомої енергії високовольтного електророзрядного синтезу шихти для одержання карбідотитанових твердих сплавів з кількістю карбіду титану в її складі. Питома енергія для обробки вихідних порошкових сумішей з вмістом титану C_{Ti} = 26...90 % складає 0,32·C_{Ti} МДж/кг, де C_{Ti}, % кількість Ti, забезпечує повну карбідизацію титану. При цьому для забезпечення не менше 30 мас. % карбіду титану мінімально необхідною питомою енергією є 8,3 МДж/кг.
- Вперше розроблено принцип електророзрядного синтезу карбідотитанових твердих сплавів у дві стадії. На першій стадії синтез відбувається за рахунок підготовки поверхні порошків, синтезу нановуглецю різних алотропних модифікацій та синтезу карбіду титану при високовольтній електророзрядній обробці при питомій енергії обробки від 4,5 до 27 МДж/кг. На другій стадії при іскро-плазмовому спіканні при температурі від 1000 до 1100 °С при часі витримки до 20 хв. відбувається синтез карбідотитанового твердого сплаву з високими фізико-механічними характеристиками.

Практичне значення циклу наукових праць:

- Дослідження процесів електророзрядної обробки порошків в гасі та ІПС дозволило розробити ефективну технологічну схему та одержати вироби із високозносостійких ММК на основі заліза.
- Розроблені авторами нові матеріали та технологічні процеси пройшли дослідно-промислову апробацію на Експериментальному виробництві Інституту імпульсних процесів і технологій НАН України:

– металоматричний композит системи Fe–Ti–C–B, виготовлений за рекомендаціями, представленими в дисертаційній роботі, було використано в ролі пластин для різання полімерної ізоляції та пробійників титанової фольги на державному підприємстві. За результатами випробувань стійкість представленого композиту була на рівні інструментальної сталі P6M5, але за рахунок того, що вартість матеріалу системи Fe–Ti–C–B менша, це дозволить значно збільшити прибуток виробництва з економічної точки зору.

– карбідотитановий твердий сплав, виготовлений за рекомендаціями, представленими в роботі, було використано в якості вставок для фрезувальної голівки. За результатами випробувань стійкість представленого матеріалу була на рівні твердого сплаву марки ВК8, але за рахунок того, що вартість представленого безвольфрамового твердого сплаву у 4 рази менша, з економічної точки зору вартість деталі може бути знижена на 35–50 %, що дозволить значно збільшити прибуток підприємства.

- За удосконаленою технологічною схемою отримано матеріали, які пройшли дослідно-промислову апробацію на ряді підприємств регіону, зокрема на ТОВ «ЗАВОД КРИСТАЛ». Матеріал системи Fe-Ti-B-C був використаний для виготовлення вставок пробійника листового металу, що збільшило ресурс інструменту на 35 % (в порівнянні із сталлю P6M5). Композит системи Fe-Ti-C з високими функціональними властивостями був використаний (замість сталі X18H9T) для виготовлення направляючих роликів каретки сопла машин термічного різання листового металу «КРИСТАЛ», що дозволило вдвічі збільшити ресурс даного вузла. При цьому, собівартість отриманого матеріалу в 1,5-3 рази менша в порівнянні з аналогічними карбідосталями, отриманими за стандартними технологіями, а фізико-механічні властивості отриманих композитів не поступаються матеріалу 70X17H2–30Cr₃C₂, що отриманий методом гарячої штамповки.
- Результати роботи в частині досліджень впливу високовольтного електричного розряду на дисперсну систему «порошоквуглеводнева рідина», та фізичних процесів при іскро-плазмовому спікання порошкових сумішей використовуються в навчальному процесі при викладанні курсу «Розрядно-імпульсні технології» на кафедрі імпульсних процесів і технологій Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова (м. Миколаїв), а також при викладанні курсів «Особливості виробництва порошкових матеріалів і композитів» та «Обладнання підприємств порошкової металургії» на кафеллі матеріалознавства і технології металів Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова (м. Миколаїв).
- На ДП НВКГ «Зоря» «Машпроект» показано, що введення синтезованого (запропонованим авторами методом) модифікатора в розплав жароміцного сплаву СМ88У у кількості 0,01% дозволяє зменшити розмір зерна з 1-2 мм до 0,2-0,3 мм. При цьому довготривала міцність сплаву при навантаженні 280 МПа, температурі 900°С збільшилася на 10-15%, міцність на розрив при температурі 600°С склала 110-113 МПа. Міцність на розрив при температурі 900°С склала 65-69 МПа. Такий рівень властивостей отриманого сплаву дозволить ДП НВКГ «Зоря» — «Машпроект» відмовитись від імпорту жароміцного сплаву та замінити його сплавом власного виробництва.
- Порошкова шихта, підготовлена за допомогою високовольтного електричного розряду, на підставі встановлених фізикотехнічних принципів була використана для одержання безвольфрамових карбідотитанових твердих сплавів методом electrosinter-forging на підприємстві «EPoS s.r.l.» (м. Турін, Італія).

<u>Принципова електрична схема та фотографія стенду для</u> <u>ВЕР обробки</u>

В якості робочого середовища при обробці використовували гас освітлювальний





Е – енергетична частина, PV – кіловольтметр, С – ємнісний накопичувач, Ш – коаксіальний шунт; К – робоча камера; О – запам'ятовуючий осцилограф; F – повітряний розрядник; ДН – дільник напруги; R₁, R₂, R₃, C₁, C₂ – елементи дільника напруги

$$P_{\kappa}=P_a\cdot b_0(\eta_1),$$

де P_a – проміжний коефіцієнт тиску, Па, який визначається за формулою (2), $b_0(\eta_1)$ – проміжна безрозмірна функція, що визначається за формулою (3)

$$P_a = \left(\frac{\rho_0 U^2}{L \cdot l_p}\right)^{0.5},\tag{2}$$

$$b_{0}(\eta_{1}) = \frac{\gamma - 1}{2\alpha_{1}\gamma} \cdot \frac{\eta_{1}^{0.3} \cdot (1 - 0.85\eta_{1}) (1 + \eta_{1}^{3})^{2\alpha_{1}}}{(0.37 + 0.6\eta_{1}^{2})^{2\alpha_{1} - 1.5}},$$
(3)

де ρ_0 – густина середовища, U – розрядна напруга, L – індуктивність розрядного контуру, l_p – розрядний проміжок, η – частка енергії, яка виділяється в першому напівперіоді, α_1 – безрозмірний коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$\alpha_1 = 0,73 + 1,22\eta_1^{\frac{3}{2}} \cdot e^{-1,47\eta_1^{3}}, \qquad (4)$$

Значення у для гасу приймалося рівним 1,3.

$$P_{m}(r_{e}) = P_{a} \cdot b_{1}(\eta) \cdot \begin{cases} \frac{r_{e}}{a_{m}}, r_{e} \leq 2, 5l \\ 1, 3 \cdot \left(\frac{r_{e}}{a_{m}}\right)^{-0.5} \cdot \left(1 - 0, 1 \cdot \frac{r_{e}}{l}\right), r_{e} > 2, 5l, \end{cases}$$
(5)

$$b_{1}(\eta_{1}) = \eta_{1}^{0,3} \cdot \left(\frac{0,37+0,6\eta_{1}^{2}}{1+\eta_{1}^{3}}\right)^{0,5\alpha_{1}} \cdot b_{0}(\eta_{1}),$$

$$a_{m} = \left(\frac{U^{2}C_{\mu}^{2}L}{\rho \cdot l}\right)^{\frac{1}{4}}, (7) \qquad P_{m}(\varphi,r) = P_{m}(r) \cdot \left[\frac{3,2}{\pi}|\phi| \cdot \left(\frac{|\phi|}{\pi}-1\right)+1\right], (8)$$

(1) за <mark>тисків хвилі стиснення в реакторі</mark>

U=50 кВ, L=0,7 мкГн, С від 0,2 до 0,8 мкФ









Фізичне і математичне моделювання особливостей ВЕР обробки



а – ВЕР у гасі; б – ВЕР у гасі з додаванням порошку Ті, співвідношення Т:Р 1/18

1 — розрахункова амплітуда хвилі стиснення; 2 — експериментально зареєстрована амплітуда хвилі стиснення; 3 — стандартне відхилення експериментальної вибірки

Амплітуда тиску хвилі стиснення при ВЕР у гасі та у гасі з додаванням порошку Ті, досліджена за допомогою хвилеводного датчику тиску



Термодинамічний аналіз можливих хімічних

реакцій в системі Fe-Ti-B-C

$$\Delta G^{0}_{\mathrm{x.p.}} = \Delta H^{0}_{\mathrm{x.p.}} - \Delta S^{0}_{\mathrm{x.p.}} T - \Delta C^{0}_{\mathrm{p.x.p.}} M_{0} T.$$

 $\Delta G^{0}_{x,p}$ прирощення енергії Гіббса де хімічної реакції, *ΔН*⁰_{х.р} – прирощення ентальпії системи в результаті хімічної реакції, $\Delta S^{0}_{x.p}$ та $\Delta C^{0}_{p.x.p}$ – відповідно збільшення ентропії ізобарної теплоємності системи в результаті хімічної реакції, Мо – коефіцієнт Уліха, що враховує зміну теплоємності від температури.







від температури в ході реакції утворення ТіС порошку титана з вуглецем в газовій та твердій фазі



Залежності зміни енергії Гіббса від температури в ході реакції порошку титана з газоподібним зміні його вуглецем при парціального тиску



<u>Вплив ВЕР на порошки Fe та Ti при W₁= 1кДж iз</u>

зміною Шпит



1-вихідний порошок, 2-10МДж/кг, 3 - 20МДж/кг, 4 - 30МДж/кг, 5 - 40МДж/кг



1 – частинки < 56 мкм, 2 – частинки >56 мкм

Експериментальні дослідження впливу ВЕР на суміші порошків Fe, Ti та В₄С



<u>Експериментальні дослідження впливу ВЕР</u>

<u>на мікропорошки алмазу</u>





АСМ 20/14 після ВЕР-обробки із *W*_{пит}= 10 МДж/кг





АСМ 20/14 після ВЕР-обробки із W_{пит}= 20 МДж/кг

Розподіл частинок мікропорошку АСМ 20/14 за розмірами:

1 – після ВЕР-обробки у воді із W_1 =2 кДж,

*W*_{пит} = 10 МДж/кг;

2 – після ВЕР-обробки у розчині поверхневоактивної рідини (ПАР) із W_1 =2 кДж, $W_{пит}$ = 10 МДж/кг; 3 – після ВЕР-обробки у воді із W_1 =0,5 кДж,

*W*_{пит} = 10 МДж/кг;

4 – після ВЕР-обробки у воді із *W*₁=1 кДж,

*W*_{пит} = 10 МДж/кг;

5 — після ВЕР-обробки у розчині ПАР із W_1 =1 кДж,

*W*_{пит} = 10 МДж/кг;

6 – після ВЕР-обробки у воді із W_1 =0,5 кДж,

*W*_{пит} = 5 МДж/кг;

7 – після ВЕР-обробки у розчині ПАР із *W*₁=0,5 кДж, *W*_{пит} = 5 МДж/кг;

8 –після ВЕР-обробки у воді із W_1 =1 кДж,

*W*_{пит} = 20 МДж/кг;

9 –після ВЕР-обробки у розчині ПАР із W_1 =1 кДж,

*W*_{пит} = 20 МДж/кг;

10 – вихідний порошок

11



Опір шихти та параметри консолідації на установці 13

«ГЕФЕСТ-10»



1 – пуансон-контакти; 2 – діелектрична комірка; 3 – комутаційні кабелі; 4 – прилад МСР "BR2820" LCR METER



1- радіатор-струмоводи; 2 – матриця; 3 – поршень пресу.





Консолідовані зразки та їх властивості

№ 3/п.	Склад матеріалу	Параметри ВЕР			Властивості матеріалу		
		j _k	$W_{_{\Pi UT\Sigma}}$	di/dt	$\rho_{_{3p}}$	ρ _{reop.}	П
		кА/мм ²	МДж/кг	ΓA/c	г/см ³	г/см ³	%
1	Fe-Ti-B-C	0,6	25	14	6,68	6,96	4,0%
2	Fe-Ti-B-C	0,8	25	16	6,89	6,96	1,0%
3	Fe-Ti-C	0,65	25	11	6,95	7,08	1,8%
4	Fe-Ti-C	0,75	25	13	7	7,08	1,1%

Схема ТО отриманих зразків



Твердість отриманих зразків



Структури та фазовий склад зразків після ІПС



Міцність та зносостійкість отриманих матеріалів

3

		Параметри ВЕР			
№ з/п.	Склад матеріалу	j_{κ}	$W_{\text{пит}\Sigma}$	di/dt	
		кА/мм ²	МДж/кг	ΓA/c	
1	Fe-Ti-B-C	0,6	25	14	
2	Fe-Ti-B-C	0,8	25	16	
3	Fe-Ti-C	0,65	25	11	
4	Fe-Ti-C	0,75	25	13	

σ, ΜΠа 1400 —

1200

1000

800

600

400

200

0

1



Круг АС63/80 До випробувань







Додавання вихідного порошку мікроалмазу ACM 40/28 до шихти системи Fe–Ti–C приводить до зростання твердості на 17,5 %, а також до зменшення втрати маси при абразивному зношуванні майже в 2 рази – з 38 до 19 мг/км. Додавання порошку порошку мікроалмазу ACM 40/28 після ВЕР обробки до шихти системи Fe–Ti–C приводить до зростання твердості на 35 % – з 40 до 54 HRC, а втрата ваги при абразивному зношуванні при цьому зменшується в 2 рази – з 38 до 18,5 мг.

Подальше збільшення рівня властивостей отриманих зразків карбідосталей можливе за рахунок дослідження оптимального режиму ІПС.

Оптимальним режимом консолідації ММК системи Fe – Ti – C є встановлення швидкості нагрівання у 10 $^{\circ}$ C/c, так як збільшення цього параметру призводить до зниження твердості отриманого матеріалу.

Оптимальний режим консолідації зразків системи Fe – Ti – C – (B) – швидкість нагрівання у 20 ° C/c та час ізотермічної витримки у 180 с. Це дозволяє створити карбідосталі із твердістю у 70 HRC, зносостійкість яких у 7 раз перевищує показники швидкорізальної сталі Р6М5.







Морфологія зміцнюючих фаз в матеріалі Fe-Ti-B-C, а – розподіл за розміром, б – за фактором форми

<u>Властивості отриманих</u> <u>безвольфрамових твердих сплавів</u>

Твердість спечених зразків твердих сплавів в залежності від питомої енергії обробки шихти

Втрата маси зразків при абразивному зносі

Відносна зносостійкість



У відповідності до стандарту «ГОСТ 17359–82. Порошковая металлургия. Термины и определения» порошковий твердий сплав – матеріал на основі металоподібних твердих сполук з металевою зв'язкою, що має твердість вищу, ніж 80 HRA. Всі одержані матеріали мають невелику щільність (~ 4,8 г/см³) порівняно із традиційними TC за «ГОСТ 3882–74. Сплавы твердые спеченные. Марки» (ISO 513–75) вольфрамової (от 13,4 до 15,3 г/см³), титановольфрамової (от 9,5 до 13,1 г/см³) та титанотанталовольфрамової (от 12,0 до 13,8 г/см³) груп.

Властивості отриманих ММК системи Al-Ti-C

4,6 ГПа



Отриманий ММК системи Al – Ti – С поєднує високу жаростійкість, твердість за Віккерсом 8 ГПа, межу динамічної міцності на стиск у 620 МПа та модуль Юнга у 15 ГПа. Така комбінація властивостей дозволяє рекомендувати його як заміну сплаву на основі інтерметаліду Ti₃Al (57 % Ti + 25 % Al+17%Nb+1%Mo), який має твердість у 2 ГПа та межу міцності у 600 МПа.

2 – Крива зношення зразка ММК системи Al-Ti-C згідно Pramanik, A. Effects of reinforcement on wear resistance of aluminum matrix composites. Trans. Nonferrous Met. Soc. China. 2016. Vol. 26. P. 348-358.

18









Матриці для виготовлення ріжучого інструменту



Пластини виготовлені з шихти системи Fe – Ti – C



АКТ пра чрана, нич и разумати и 20.–36., 2004. Общировать рокатата докрытия во опи Торсанов А. О. «Прастродуката алекстродска и само технотории и на округалите алекстродска и само технотории и се с на то

The new neuron willing of the rescaled A to destruct the probability of the rescaled A to destruct th

yanten eiler eta sp

Зан. П. алинда УУн таланий четару констану Барание алаб (1978) Баратание алаб (1978) Баратание акалого Указан Баратание акалого Указан

«SAUBLE UKYTO» сали операти 2009 Доржнор Новетито-плукова с воспорто Подокольно-со стротествот Подокольно-кустотествот Подокольно-кустотеството Манарон. manip wate and may a suppose The I. R. Harrow Per agains 2018 pony

AKT унании редультаты должности консултутетог окологиялы. С. В. Ли ним сконзанится прогода пережания консаные слож (солгорудато силтеку пор8 должности перемо сположе для окуучате інструментур.

Отримай закурным студите-трантити редулацти виченосто-унстью гід мы гідотовов полощіє за создіджаваного 141 аблотратичества, систаротехніка за сампровесной до, осліни програмо. «Техніка за канатрофіяна водове ватурь то кобору Іонутатич проврей і техногод'й ветитуту скончных за спокросодана Папониданся заборенное npalonéoroma na iterai artairean Matapone, nye niayemperei na seherunyean

bergissioni opercelei (reasonelle IBA) styrnes, y source elloperano source di reasonelle IBA) supervise opposer a programa Organità antiformativa e recenzione (seggitti a sease la supiliore nei la todine quantori o suazzi, la la la diaria di antiforma di la giuna di casari, la supiliore nei la todine quantori o suazzi la la la diaria di la supervise di la diari egi orizone a i nocel soversatore sattegiang ene casacell'intro oppareoati a s.





JATBEPERVIO.

АКТ про впроведжение подтотать предотойлай работи Зайчанко А./. «Удоказальтена, сродней в енектрородирано буробна шлего за (окро-цалововое спісатие дат оприматие технотопалостійного зарХі проталей»

Регультати ликертнійної работа Ідаченк А.Д. «Укососталення провей» лектродарданої обрабні птуст та іклоститесного спілина уля суманнос инжиличество со мерботисної налога другата діайся да даржардення пра ангозалісний делакій, плі грагрогога з умаах пілиппант тапатталень та taro manyworks.

ительствиот выпарными: Domoni proparties are discossed была выпартесной и скоссий базанает при розходи създа, ефикациит технологичных процессы партистият авраба, то процессы такжу выпартистирания с процессы процессы процессы про-транова поческу выпартистирания с процессы про-транского про-тра-тра-транова поческу выпартистирания с про-трану за на про-тран-траниции с процессы проблематели и про-трану про-трану про-трану про-трану про-трану про-совления и про-транутели и про-трану за на про-трану про-трану

опласти повоточутити числа филослистите то слаг учан и чалочного Тиробока повоточутити числа филослистите то стави учан и чалочного тробната точки повото повото и субърната и техничение числа, до повоточна и чалочности с атоката с области и собядения и собядения и числа констратите и чало и повоточно повоточно повото в собядения и констратите основно с повоточно повоточно повото в собядения и повоточно собядения и повоточно повоточности решела проблатите убеди с точко повоточности повоточно повоточно повоточно повото на повоточно повоточности решела проблатите убеди с точко повоточности повото решела разрежа собядения и повоточно повоточно повоточности повоточности повоточно повоточно повоточно повоточности повоточности повоточно повоточно повоточно повоточности повоточности решела проблатите убеди с точко повоточности повоточности повоточно повоточно повоточно повоточности повоточно повоточно повоточно повоточно повоточности повоточности повоточно повоточно повоточно повоточности повоточности повоточно повоточно повоточно повоточно повоточности повоточно повоточно повоточно повоточности повоточно повоточно повоточно повоточно повоточно повоточно повоточно повоточно повоточно повоточности повоточно повоточности повоточно повот

Лазаний інженер

ин турно тороуу огойн цэмг дэлэг аласгаг алас Танарсан (М.С. Пристин) намираст фазо та стуртуруулорсны хан рйл 5 около $F_c = TL - C$ ч Ге C = B с эмэна каралгагчанга стотико

Possible user information polymer M.C. Linearized characteristics of the energy engineers unspaced were true in C=10-C=10-U=2 structure from the energy of the structure of t

a) but on our and present. Preprint another products are a restatorized aparticle polycologic contrastications.

processing appendix assume that a constraint in stand of pressum (CONSERVATION) and the straint of the constraint of th







$$\label{eq:static} \begin{split} & A \in \Gamma \\ \text{sources the poly: see the prediction is an initial conductively prediction of a static term of the predictive prediction of the predictive predictive static terms of the predictive static term of the predictive static term of the term of the predictive static term of the term of the term of the predictive static term of the term of the term of the predictive static term of the term of term of term of the term of term of$$

Оганский захвучание перемонт истемий розультите авторительности на чисе палититель фольбы то запийся статие об «Оканстронереннос составляется и составляется и служительности составляется на пользование составляется и составляется и составляется на пользование составляется палитительности и палитительности на разление произбей техногорой на безопальности и палитительности на разление произбей техногорой на безопальности на палитительности на разление произбей техногорой на безопальности на палитительности на палитительно

"Асключения сонтакой не полей". Пурка не нечества и констранции прирадно бизуластий недата и сбрабен мератиче теретоплите при най нализисти преможна и това со начися за констранции, делерука не и приебудание с украноватие, и спартите за начесний на констранции, дошеский эксплото кара-национали отся и Пурктий Перенала А. С регование с разно на докой анализистик отся на Пурктий Перенала. А. С регование с разно на анализистик отся и Пурктий Перенала А. С регование с разно на анализистик отся на Пурктий Перенала. А. С регование с разно на разно на анализистик отся на Пурктий Перенала А. С регование с разно на разно на анализистик отся на Пурктий Перенала. А. С регование с разно на разно на анализистик отся на Пурктий Перенала. А. С регование с разно на разно на анализистик отся на права с разно на с регованиет.

Rodg sen solution in state as mongoli i resconta il conceptorati nage, golfesto, man soperatoration HAT y sentan APAT O. I. Doy ensu



алите било в округуруунарына какулай М.С. Трестик Те. Т. С. Элургана какулоп какулоп силук Ке. Т. С. т.

5 someans ofpotes income





ан тапайдожой моня на украйных 2016 percy

TCE TPus

Свідоцтво про впровидження результатів DEVELOPER TO THE TABLES OF A EXCEL

Піттерпутка по дзілі, возловася з лерошка склон. П - Ро-С. надосеалена высоказонализм електричним розрамма, які почелени JERSTON COMPANY MANUFORMER, V HOLY SERVICE STRUCTURED, 12 OFFICE надиканск научемих результатів, з успорезливном віднождаюте ляборалодикло обладачна, внарыстоучалась «ГРобо для стверения безкольфосном CONTRACTOR CONFIGNATION OF A CONTRACT OF A C

> w. Toron, with a anciento 2018 m. Alexandro Fais 1 словитії напознатай дирактор 703 «F2cS»

(International solidated and the control of the







A AVAILA AVA AVAILA AVA A



оны иль кананалиськой дагостоло) С. В. Таком анныланы троца: у агронатта натодат акатраробрянного полтво ворбантноминал магда у гламбидая т ку-ст бог у росскух

Притогранительного проток С. С. наста саболения и случай транова колдон и проток колдон и проток колдон и протока на проток колдон и проток статур протока на протока на протока на протока и прото

Loss structures where we do so that alternative structure of weights a neuroscie to some particle weights and the source particle of the source of the sour

Encoure? Gystic mep	A.	Mananeus a C.B.
Заступник анрелера	ale	: ipses 3. o.



