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

Цикл наукових праць
на здобуття премії Президента України
для молодих вчених у 2017 році

СТВОРЕННЯ МЕТАЛОМАТРИЧНИХ КОМПОЗИТІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Автори:

к.т.н. ЗАЙЧЕНКО АНДРІЙ ДМИТРОВИЧ, ЛИПЯН ЄВГЕН ВАСИЛЬОВИЧ, ТОРПАКОВ АНДРІЙ СЕРГІЙОВИЧ

Цикл наукових праць присвячений розробці технології отримання металоматричних композитів (ММК) інструментального призначення шляхом підготовки шихти за допомогою високовольтного електричного розряду (ВЕР) та її наступної консолідації методом іскро-плазмового спікання (ІПС). Представлені результати експериментальних та теоретичних досліджень електричних та гідродинамічних параметрів ВЕР та їх зв'язку з дисперсністю та фазовим складом отриманої шихти та властивостями консолідованих з обробленої шихти ММК.

Цикл складається із 55 робіт, виконаних у 2010–2015 рр., з них 20 статей у реферованих журналах, серед яких 7 – у зарубіжних журналах, 3 патенти на винаходи, 4 патенти на корисну модель, 28 тез доповідей міжнародних наукових конференцій. Загальна кількість посилань на роботи авторів 11, за циклом робіт 7 (згідно бази даних Google Scholar) та *h*- індекс 2, в т.ч. за циклом робіт *h*=2.

Метою даної роботи є створення високозносостійких металоматричних композитів системи Fe-Ti-C-(B) шляхом використання процесів диспергування порошкової шихти, синтезу твердих фаз при обробці сумішей елементарних порошків високовольтним електричним розрядом в гасі і подальшого іскро-плазмового спікання.

Завдання досліджень:

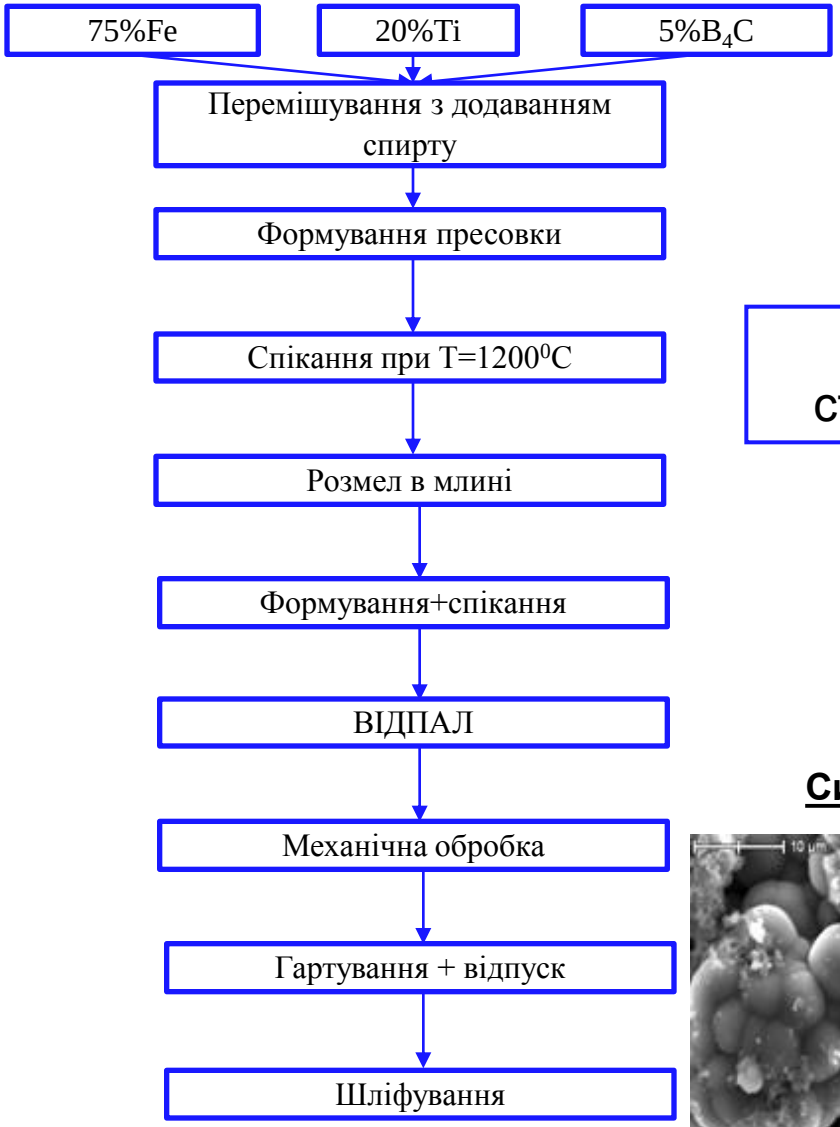
- – провести аналіз сучасного стану методів диспергування порошку та синтезу фаз, підготовки порошкових сумішей для отримання гетерогенних металоматричних матеріалів з високою зносостійкістю;
- – теоретично проаналізувати умови диспергування та синтезу карбідних фаз при ВЕР в дисперсній системі «порошок-гас»;
- – експериментально дослідити закономірності зв’язку зміни дисперсності, фазового складу та фізико-механічних властивостей порошків Fe, Ti, їх сумішей та сумішей з додаванням B_4C з параметрами ВЕР обробки в гасі;
- – дослідити структуроутворення металоматричних композитів (зокрема, карбідосталей) системи Fe-Ti-C-(B) при їх консолідації методом ІПС 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 та зміною питомого електричного опору при ВЕР обробці.

Об'єкт дослідження – елементарні порошки Fe, Ti, їх суміші та суміші з додаванням B_4C до та після ВЕР обробки, фізико-механічні властивості, структура консолідованих матеріалів. ***Предмет дослідження –*** процеси високовольтної електророзрядної обробки шихти карбідосталей системи Fe-Ti-C-(B) та іскро-плазмового спікання при отриманні карбідосталей.

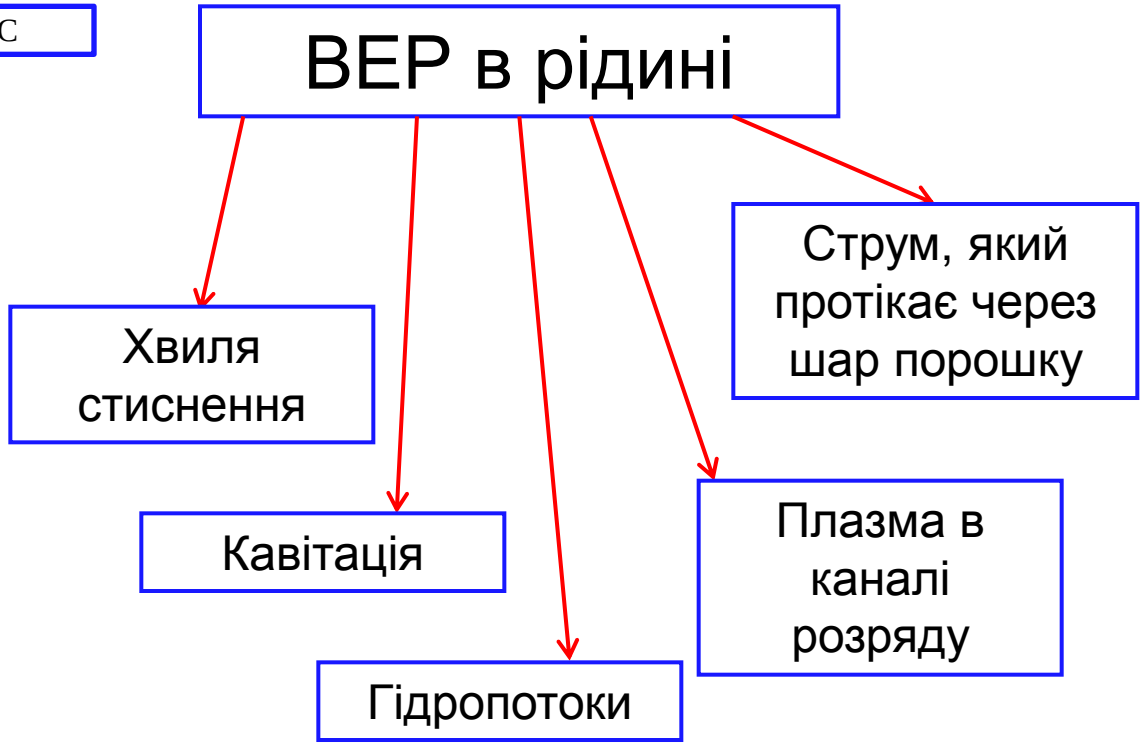
Наукова новизна

1. 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 $2\cdot10^4$ до $5\cdot10^4$ К при густині струму в каналі розряду ($j_к$) від 0,6 до 0,8 кА/мм^2. При цьому робоча частота має обиратись згідно встановлених закономірностей седиментації частинок порошку залежно від хімічного складу оброблюваного порошку, його дисперсності та типу робочої рідини.
2. Встановлено, що ВЕР обробка суміші порошків системи Fe–Ti–(B_4C) призводить до суттєвого зменшення питомого електричного опору шихти (від 20 до $4\cdot10^{-5}$Ом·м) в результаті синтезу карбідних та боридних фаз, подрібнення порошкової суміші, збільшення питомої поверхні та збільшення кількості контактів між частинками, руйнування оксидних плівок, а також за рахунок розпаду фази B_4C з утворенням боридів заліза та титану, електричний опір яких значно менший, ніж у карбіду бору.
3. 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.
4. Встановлено вплив попередньої ВЕР обробки порошкових сумішей на особливості структуроутворення та основні фізико-механічні властивості металоматричних композитів, отриманих із застосуванням іскро-плазмового спікання. Показано, що досягнення високих показників щільності (з пористістю до 4 %) та підвищених механічних характеристик матеріалу (твердість до 68 HRC та міцність на вигин до 1350 МПа) можливе лише у разі спікання оброблених ВЕР сумішей порошків, тоді як матеріал аналогічного складу, отриманий спіканням необробленої суміші або оброблених окремих порошків, має пористість до 25 % та, відповідно, суттєво знижені значення твердості, міцності (твердість до 32 HRC, міцність на вигин до 620 МПа).

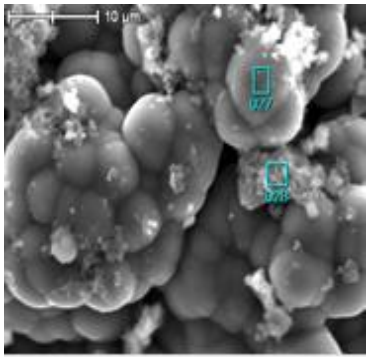
Технологічна схема отримання карбідосталей системи Fe-Ti-B-C з елементарних порошків

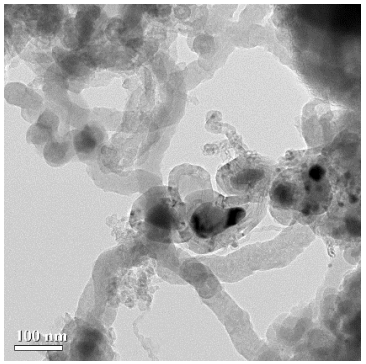


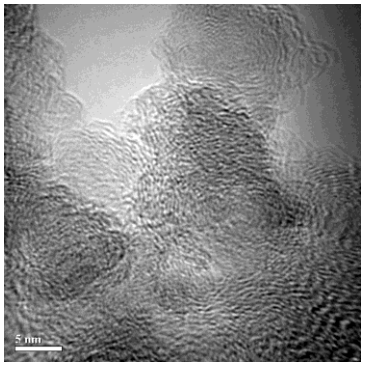
Фактори впливу ВЕР на частинки оброблюваних порошків



Синтезовані алотропні модифікації нановуглецю

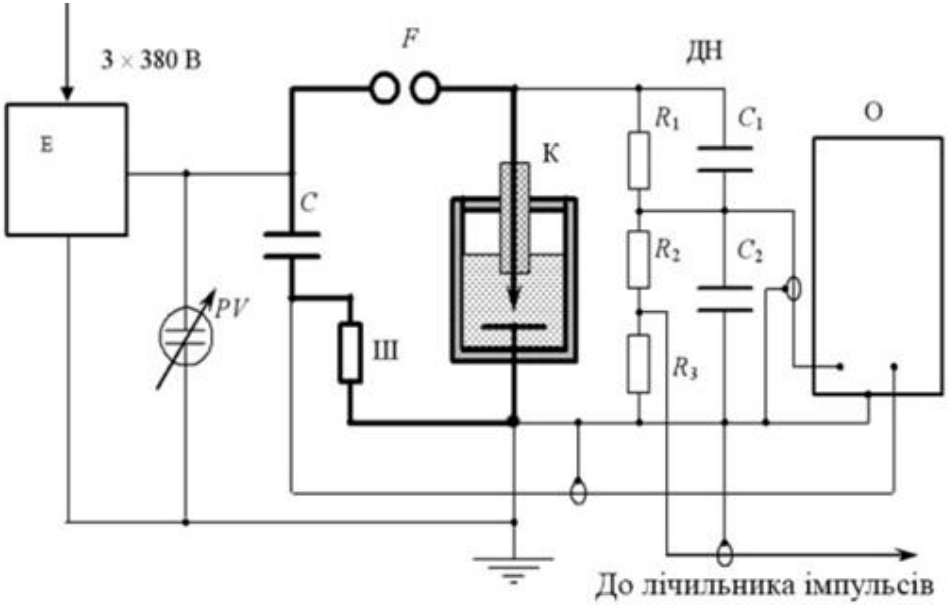


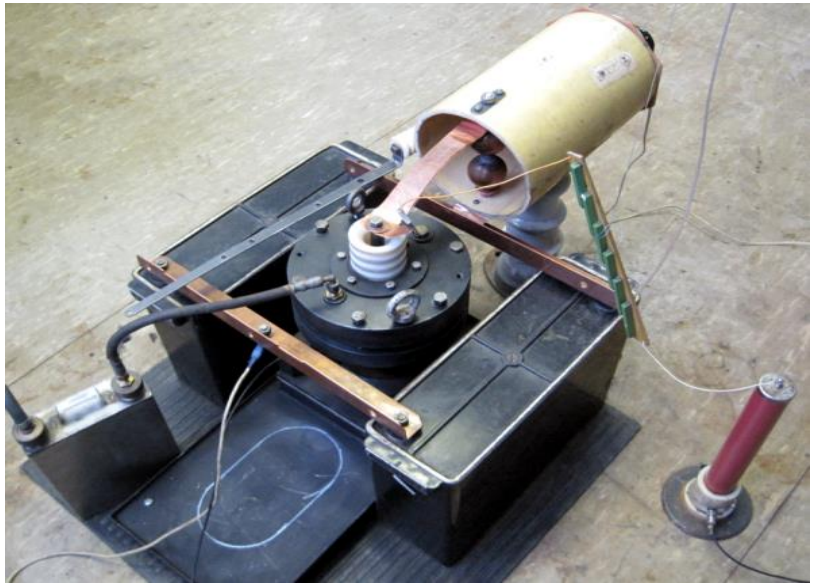




Принципова електрична схема та фотографія стенду для ВЕР обробки

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; R_1, R_2, R_3, C_1, C_2 – елементи дільника напруги

Просторовий розподіл пікових тисків хвилі стиснення в реакторі

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

$$P_к = P_a \cdot b_0(\eta_1), \qquad (1)$$

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

$$P_a = \left(\frac{\rho_0 U^2}{L \cdot l_p}\right)^{0,5}, \qquad (2)$$

$$b_0(\eta_1) = \frac{\gamma - 1}{2\alpha_1 \gamma} \cdot \frac{\eta_1^{0,3} \cdot (1 - 0,85\eta_1)\left(1 + \eta_1^3\right)^{2\alpha_1}}{\left(0,37 + 0,6\eta_1^2\right)^{2\alpha_1 - 1,5}}, \qquad (3)$$

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:

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

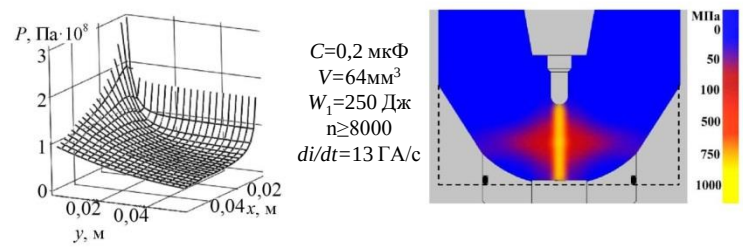
Значення γ для гасу приймалося рівним 1,3.

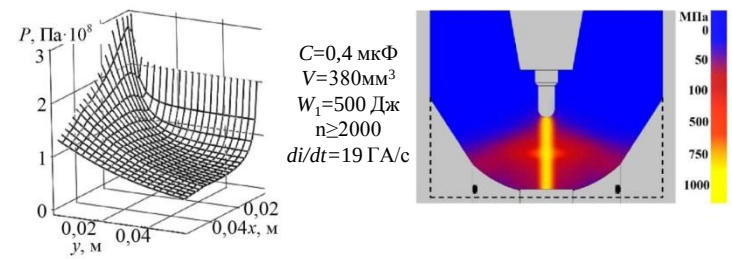
$$P_m(r_e) = P_a \cdot b_1(\eta) \cdot \begin{cases} \dfrac{r_e}{a_m}, \; r_e \le 2,5l \\ 1,3 \cdot \left(\dfrac{r_e}{a_m}\right)^{-0,5} \cdot \left(1 - 0,1 \cdot \dfrac{r_e}{l}\right), \; r_e > 2,5l, \end{cases} \qquad (5)$$

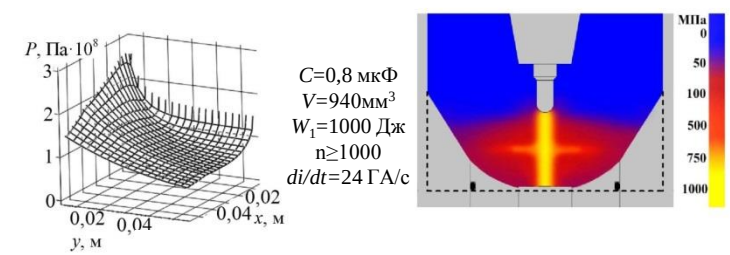
$$b_1(\eta_1) = \eta_1^{0,3} \cdot \left(\frac{0,37 + 0,6\eta_1^2}{1 + \eta_1^3}\right)^{0,5\alpha_1} \cdot b_0(\eta_1), \qquad (6)$$

$$a_m = \left(\frac{U^2 C_н^2 L}{\rho \cdot l}\right)^{\frac{1}{4}}, \qquad (7)$$

$$P_m(\varphi, r) = P_m(r) \cdot \left[\frac{3,2}{\pi}|\phi| \cdot \left(\frac{|\phi|}{\pi} - 1\right) + 1\right], \qquad (8)$$

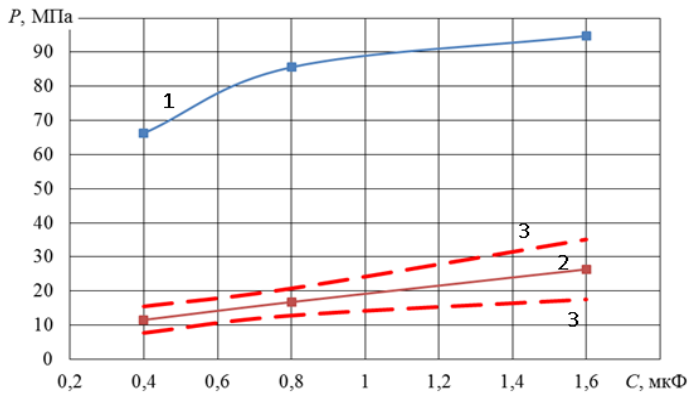




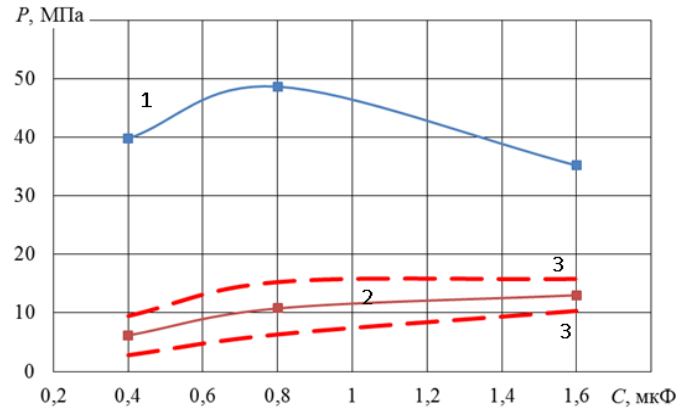


$$P_m(x, y) = P_m(x) \cdot \left[\frac{3,2}{\pi}\left|arctg\left(\frac{y}{x}\right)\right| \cdot \left(\frac{\left|arctg\left(\frac{y}{x}\right)\right|}{\pi} - 1\right) + 1\right]. \qquad (9)$$

Фізичне і математичне моделювання особливостей ВЕР обробки



а

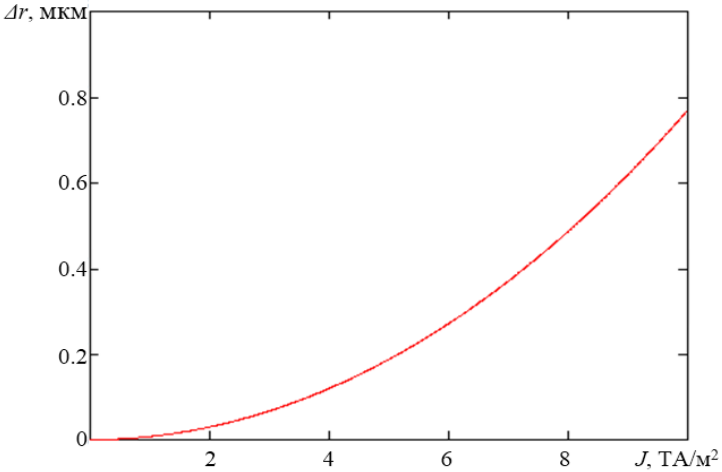


б

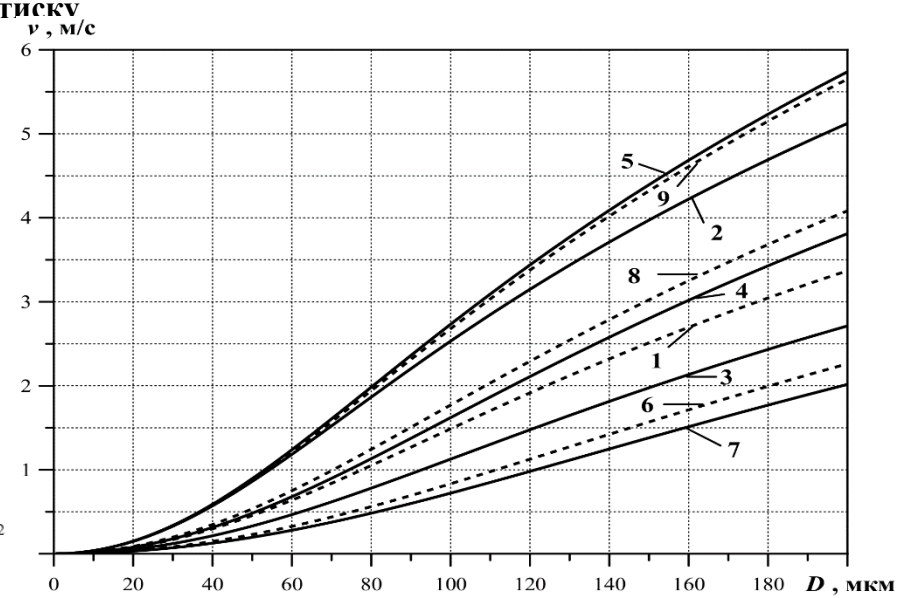
а – ВЕР у гасі; б – ВЕР у гасі з додаванням порошку Ti, співвідношення T:P 1/18

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 Ti, досліджена за допомогою хвилеводного датчику тиску



Залежність зміни радіусу частинки Fe початковим діаметром 25 мкм від густини розрядного струму



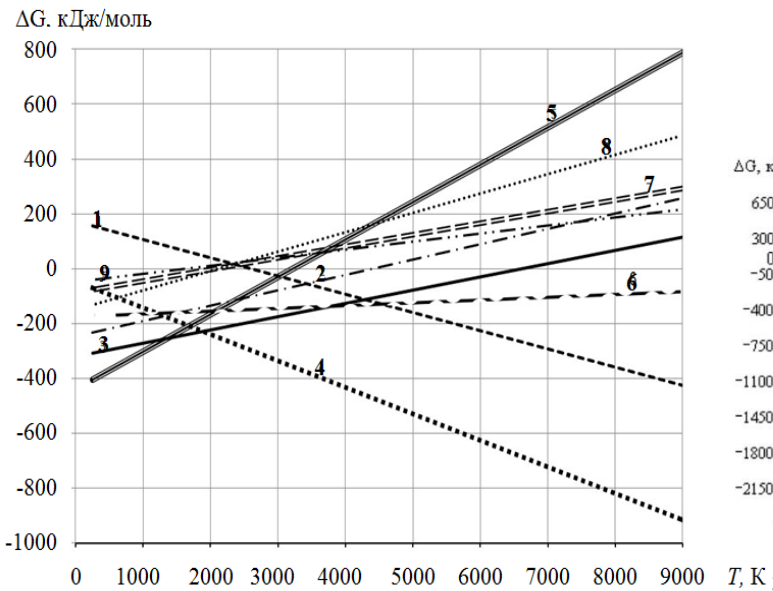
1 – титан у воді;
2 – залізо у воді;
3 – алмаз у воді;
4 – титан у гасі;
5 – залізо у гасі;
6 – B_4C у гасі;
7 – графіт у гасі;
8 – TiC у гасі;
9 – Fe_3C у гасі

Залежності швидкості осідання частинок порошку від їх діаметру

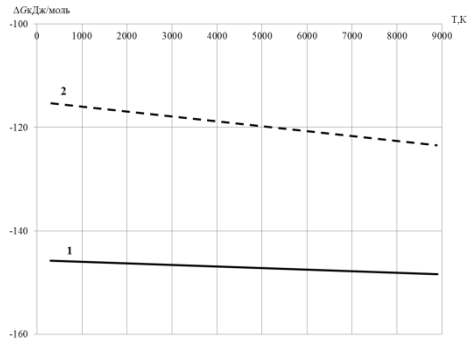
Термодинамічний аналіз можливих хімічних реакцій в системі Fe-Ti-B-C

$$\Delta G^0_{х.р.} = \Delta H^0_{х.р.} - \Delta S^0_{х.р.} T - \Delta C^0_{р.х.р.} M_0 T.$$

де $\Delta G^0_{х.р}$– прирощення енергії Гіббса хімічної реакції, $\Delta H^0_{х.р}$ – прирощення ентальпії системи в результаті хімічної реакції, $\Delta S^0_{х.р}$ та $\Delta C^0_{р.х.р}$ – відповідно збільшення ентропії і ізобарної теплоємності системи в результаті хімічної реакції, M_0 – коефіцієнт Уліха, що враховує зміну теплоємності від температури.

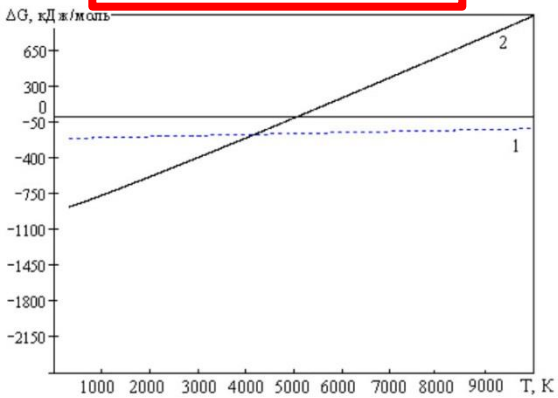


1 – (B_4C=4B+C); 2 – (Ti+B=TiB);
3–(Ti+2B=TiB_2); 4 – (4Fe+B_4C=4FeB+C);
5 –(8Fe+B_4C=$4Fe_2B$+C); 6 –(Ti+C=TiC);
7 – (Fe+Ti=FeTi); 8 – (2Fe+Ti=Fe_2Ti);
9 –(Fe+C=Fe_3C).

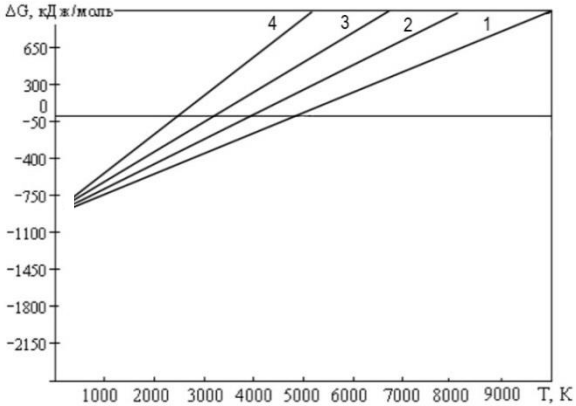


1 – (FeTi+C=TiC+Fe);
2 – (Fe_2Ti+C=TiC+2Fe)

$$\mu_i = \Delta G^0_i + RT\ln p_i$$

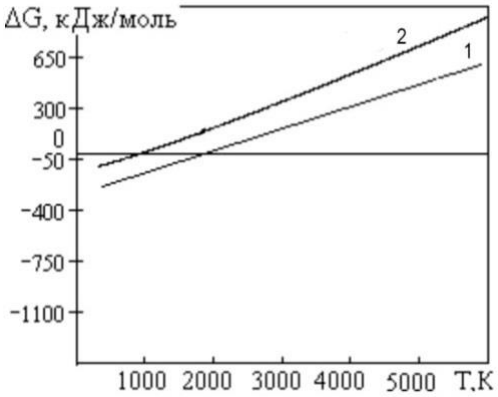


Залежність зміни енергії Гіббса від температури в ході реакції утворення TiC порошку титана з вуглецем в газовій та твердій фазі



1–10^5Па, 2–10Па, 3–10^{-2}Па, 4–10^{-5}Па

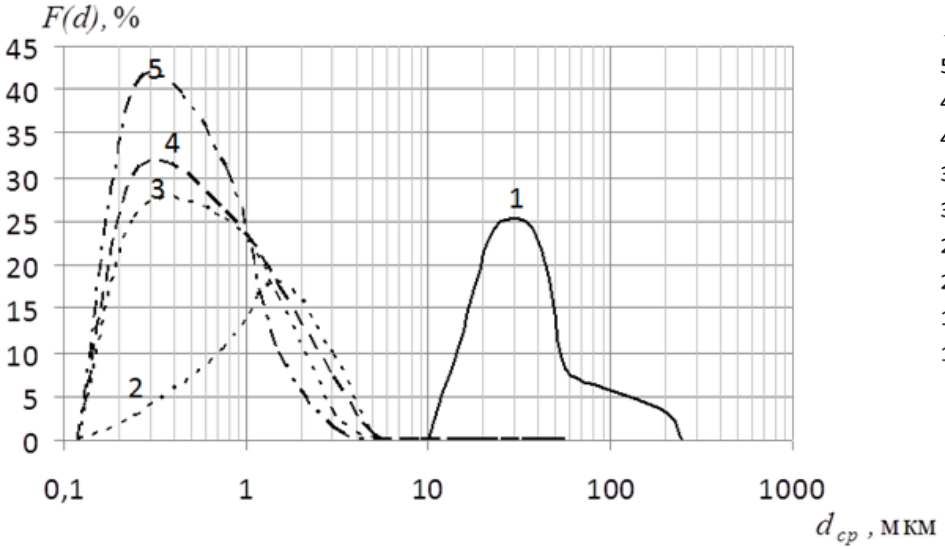
Залежності зміни енергії Гіббса від температури в ході реакції порошку титана з газоподібним вуглецем при зміні його парціального тиску



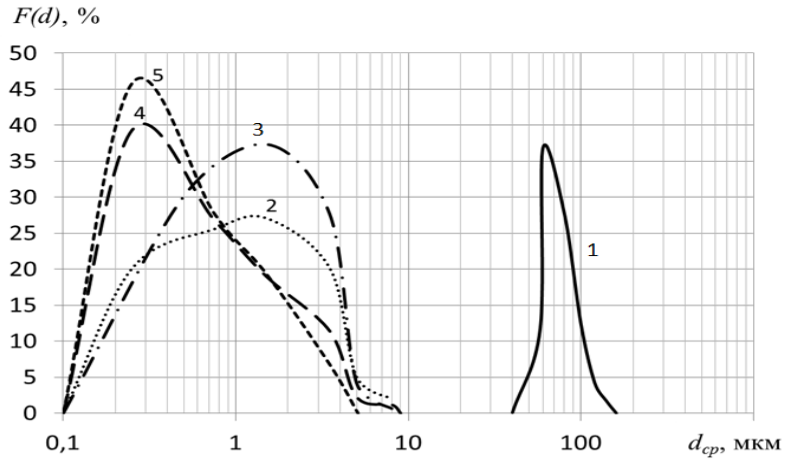
1–*1\2Ti + H=1\2TiH*$_2$;
2–*Ti + H*$_2$*=TiH*$_2$

Вплив ВЕР на порошки Fe та Ti при W_1= 1кДж із зміною $W_{питΣ}$

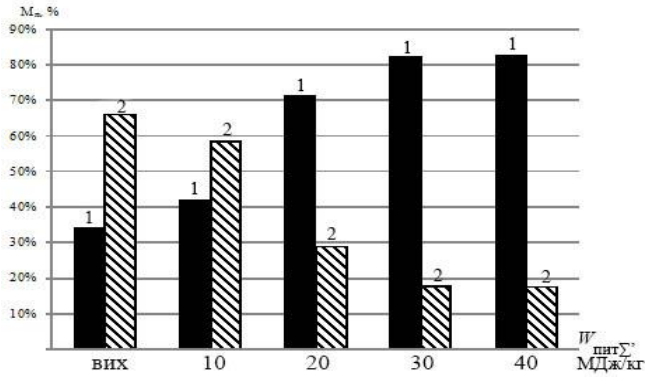
Fe

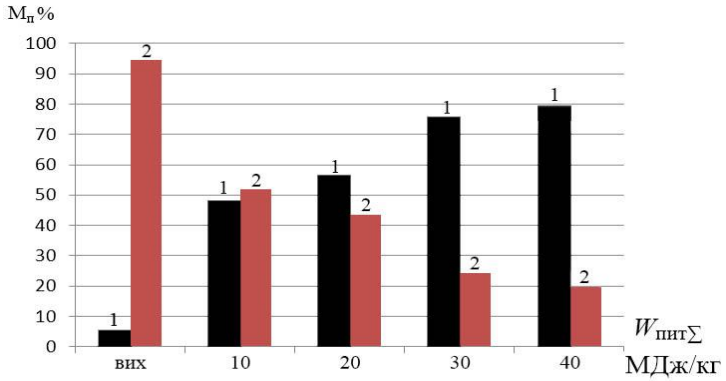


Ti



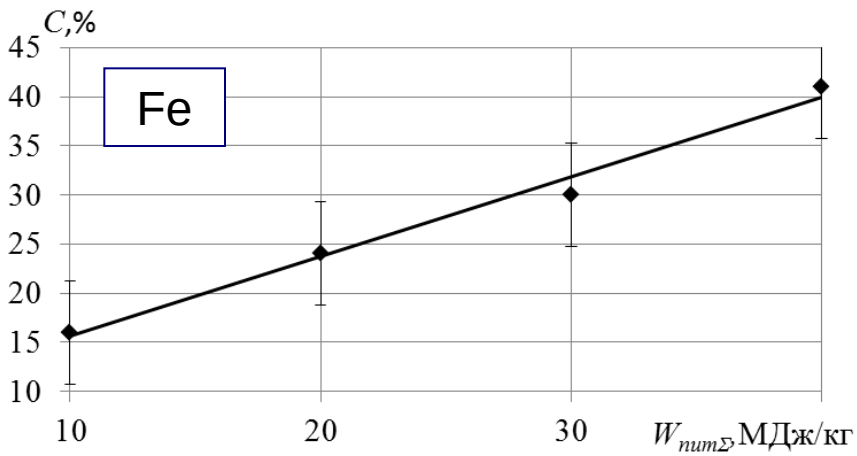
1-вихідний порошок, 2-10МДж/кг, 3 - 20МДж/кг, 4 - 30МДж/кг, 5 - 40МДж/кг





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

Дослідження кількості утвореного вуглецю в результаті ВЕР обробки 100 грам порошку Fe та Ti

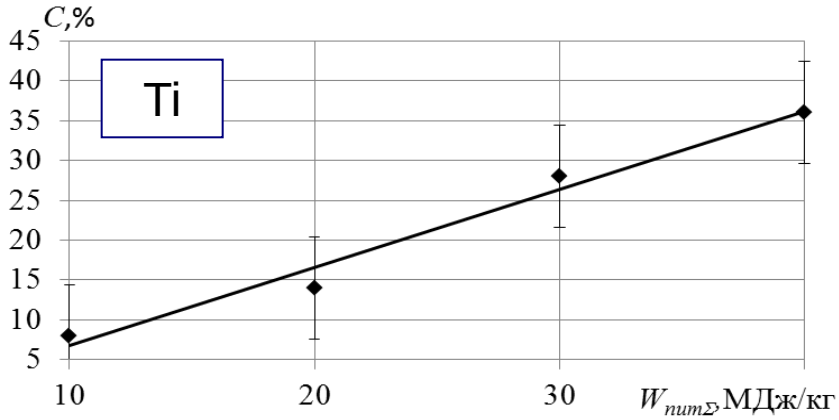


$$W_{\text{пит}\Sigma}^{Me} = C_{\text{ен}} \cdot C_{\text{вуг}}^{Me} \cdot m_{Me}; \qquad C_{\text{вуг}}^{Me} = \frac{x_{Me}}{100 - x_{Me}}.$$

де m_{Me} – маса порошку карбідоутворюючого металу, кг;

$C_{\text{ен}}$ – емпіричний коефіцієнт, що враховує зв'язок між кількістю синтезованого нановуглецю та питомою енергією ВЕР обробки, ($C_{\text{ен}}$=10^8 Дж/кг), $C_{\text{вуг}}^{Me}$ – безрозмірний коефіцієнт, що враховує потрібну кількість вуглецю при ВЕР

x_{Me} – потрібна кількість вуглецю для утворення стехіометричного карбіду металу, який оброблюється, %.



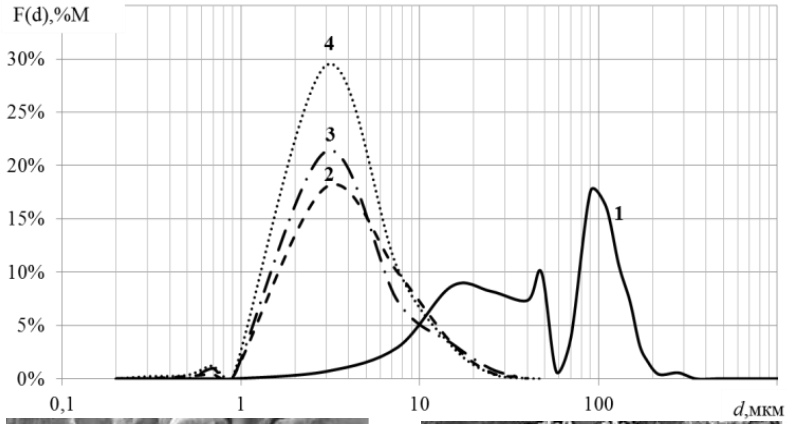
$$C_{\text{вуг}}^{Ti} = \frac{x_{Ti}}{100 - x_{Ti}} = \frac{20}{100 - 20} = 0{,}25$$

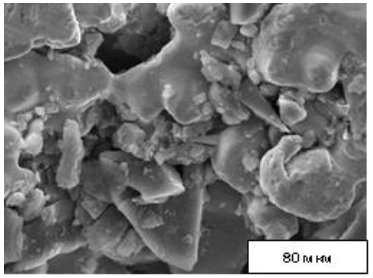
<u>На 100 грам порошку Ti:</u>

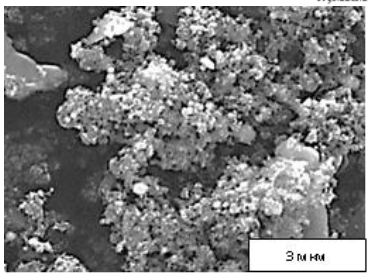
$$\boxed{W_{\text{пит}\Sigma}^{Ti} = 10^8 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}1 = 2{,}5\text{МДж}}$$

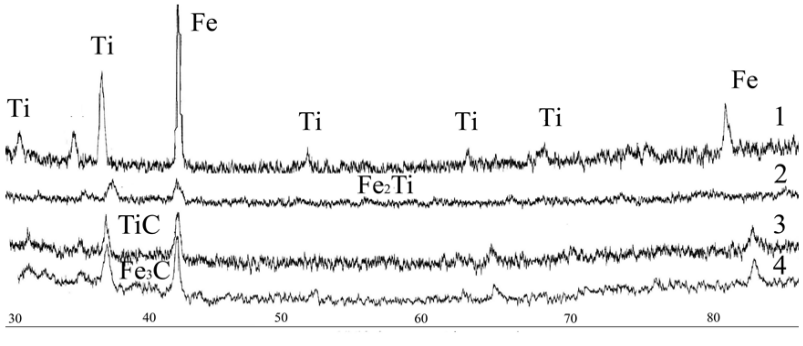
Експериментальні дослідження впливу ВЕР на суміші порошків Fe, Ti та B_4C

75%Fe-25%Ti

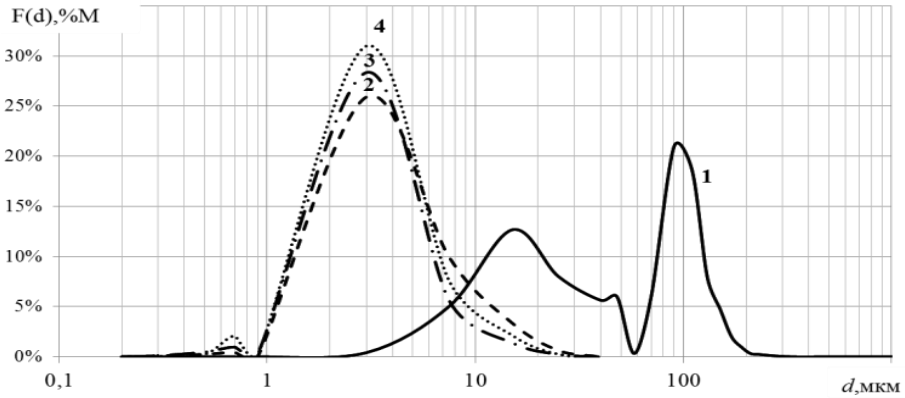


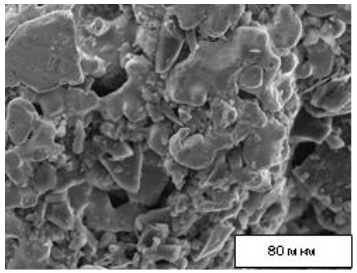


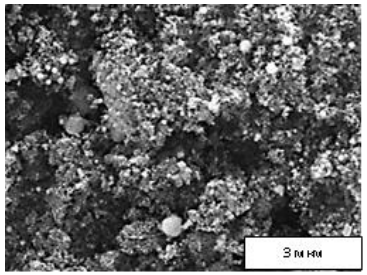


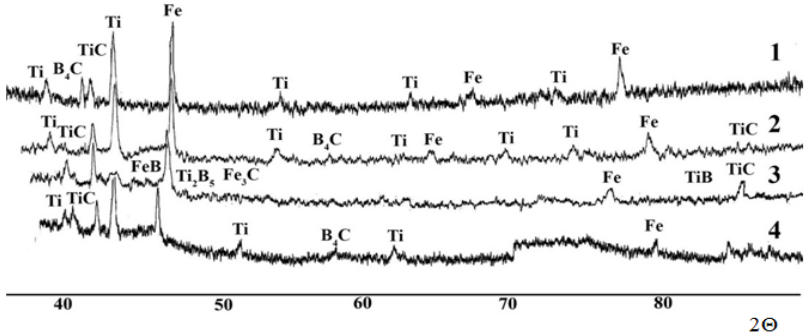


75%Fe-20%Ti-5%B_4C



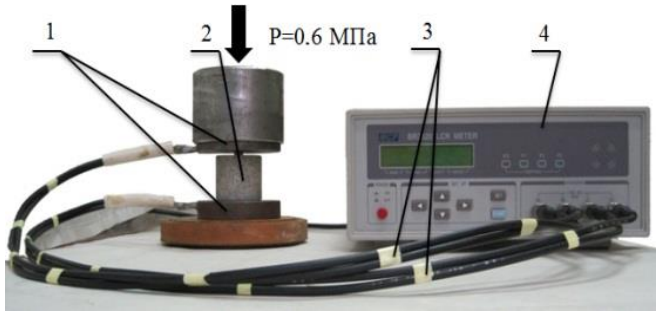




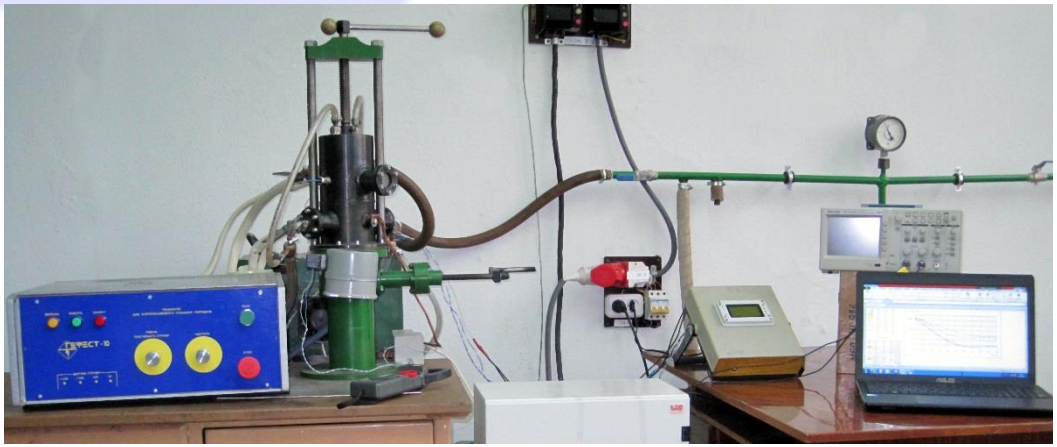


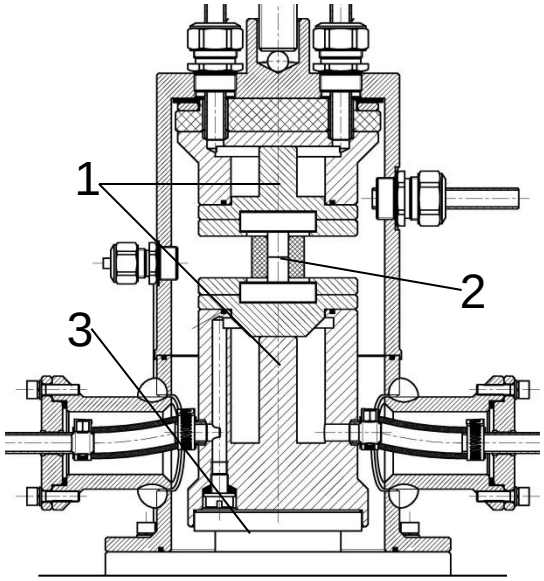
1 – вихідна суміш; 2 – *di/dt*=13 ГА/с ($j_к$=0,6 кА/мм^2); 3 – *di/dt*=19 ГА/с($j_к$=0,8 кА/мм^2); 4 – *di/dt*=24 ГА/с ($j_к$=0,4 кА/мм^2)

Опір шихти та параметри консолідації на установці «ГЕФЕСТ-10»



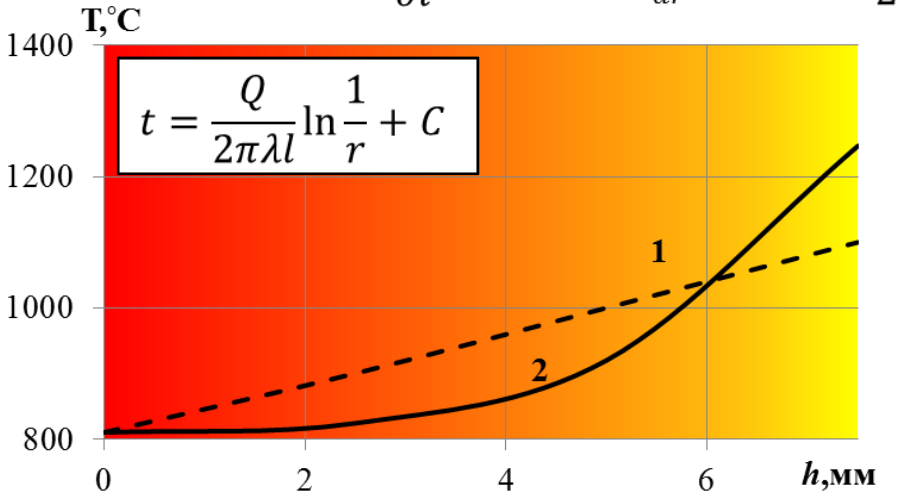
1 – пуансон-контакти; 2 – діелектрична комірка; 3 – комутаційні кабелі; 4 – прилад МСР “BR2820” LCR METER





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

$$q = -\lambda \cdot grad\ t \qquad grad\ t = l_0 \frac{\partial t}{\partial l}; \quad q = -\lambda \cdot \frac{dt}{dr}; \quad dt = -\frac{Q}{2\pi\lambda l} \cdot \frac{dr}{r}$$

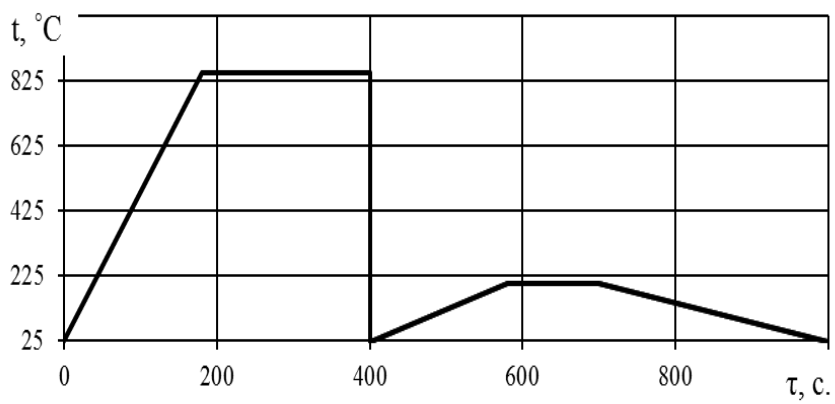


Тиск Р, МПа	Температура Т, °С	Час витримки τ, с	dT/dτ, С/с
від 50 до 60	від 800 до 820	120	1,65

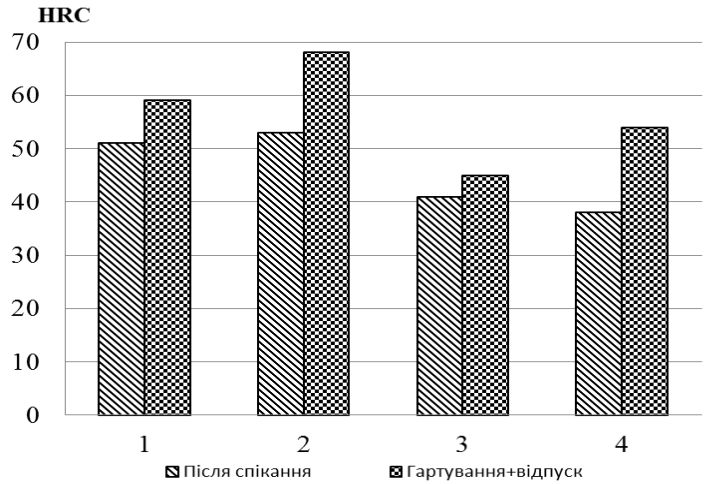
Консолідовані зразки та їх властивості

№ з/п.	Склад матеріалу	Параметри ВЕР			Властивості матеріалу		
		$j_к$	$W_{питΣ}$	di/dt	$ρ_{зр}$	$ρ_{теор.}$	П
		кА/мм^2	МДж/кг	ГА/с	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%

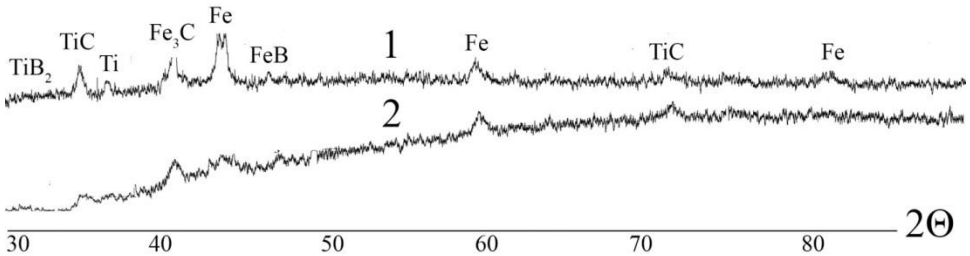
Схема ТО отриманих зразків

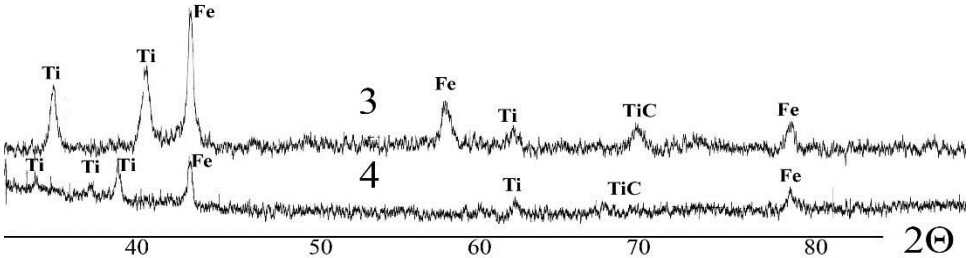


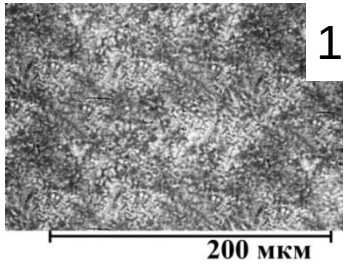
Твердість отриманих зразків

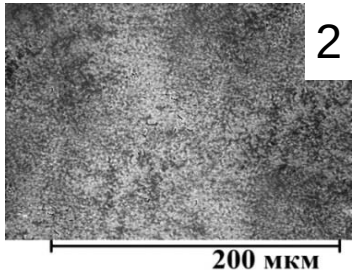


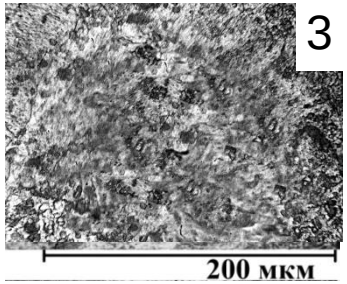
Структури та фазовий склад зразків після ІПС

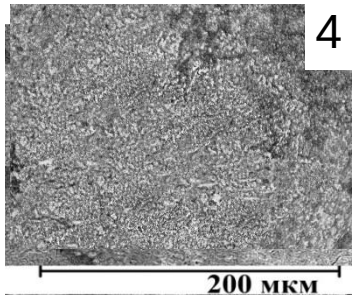








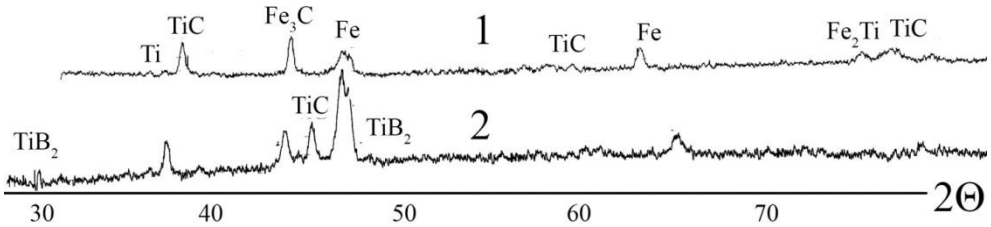


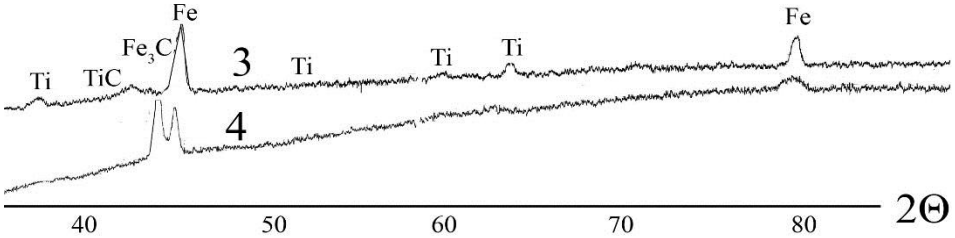


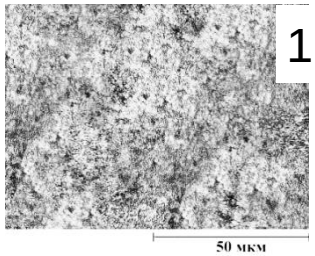
Структури та фазовий склад зразків після ІПС+ТО

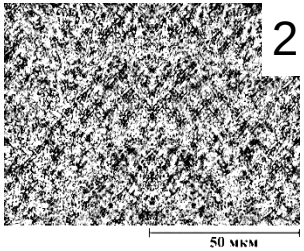
Hv (<u>після гартування</u> зразки №1,2*): світло*-сіра фаза – **16,48 ГПа**; темно-сіра – **9,27 ГПа** (мартенсит)

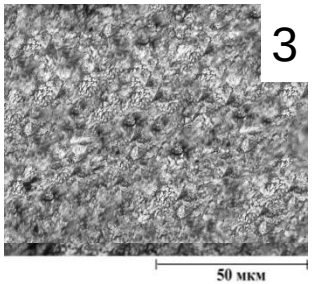
Hv (<u>після гартування</u> зразки №3,4*): світло*-сіра фаза – **12,83 ГПа**; темно-сіра – **2,86 ГПа**

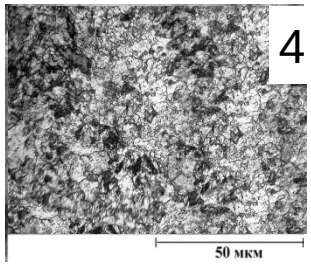






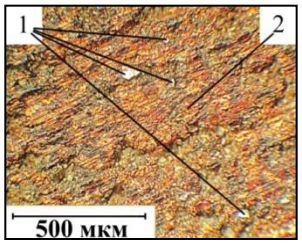




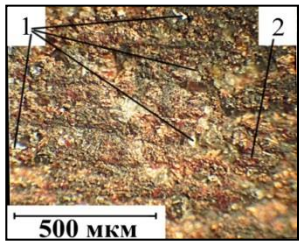


Міцність та зносостійкість отриманих матеріалів

№ з/п.	Склад матеріалу	Параметри ВЕР		
		$j_к$	$W_{пит\Sigma}$	di/dt
		кА/мм²	МДж/кг	ГА/с
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

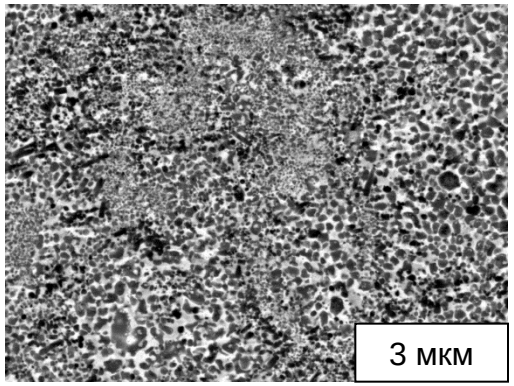


Круг АС63/80 До випробувань

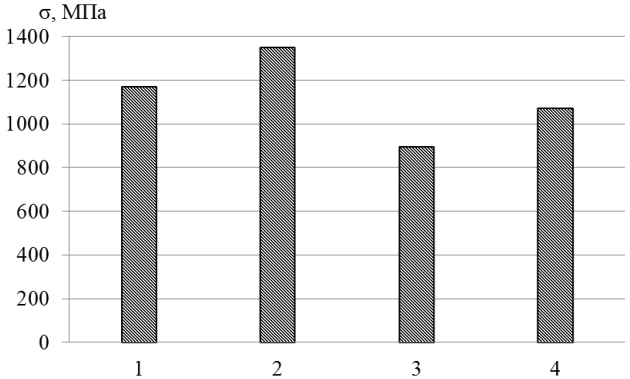


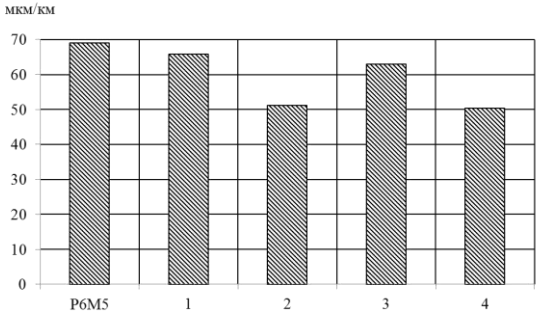
Круг АС63/80 Після випробувань

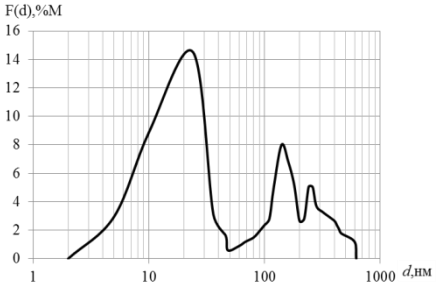
1 – частинки алмазу; 2 – органічне зв'язуюче



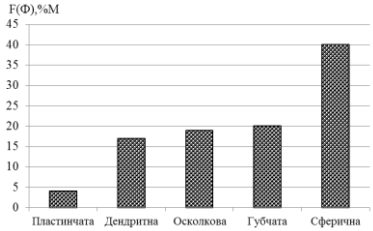
Структура матеріалу Fe-Ti-B-C





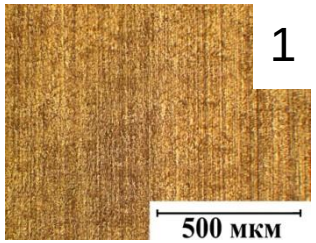


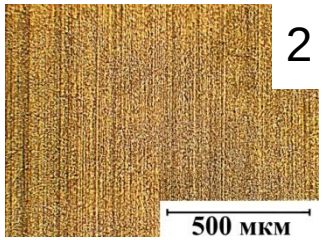
а

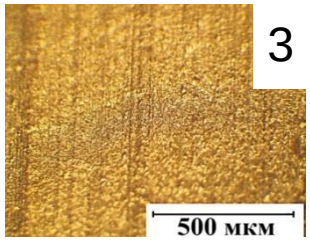


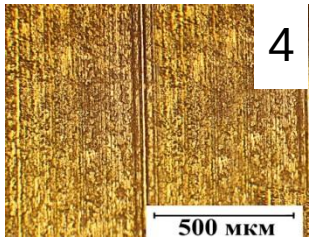
б

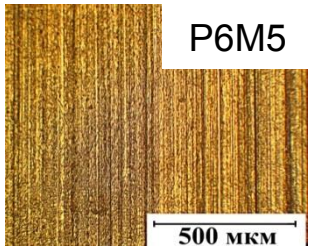
Морфологія зміцнюючих фаз в матеріалі Fe-Ti-B-C,
а – розподіл за розміром, б – за фактором форми



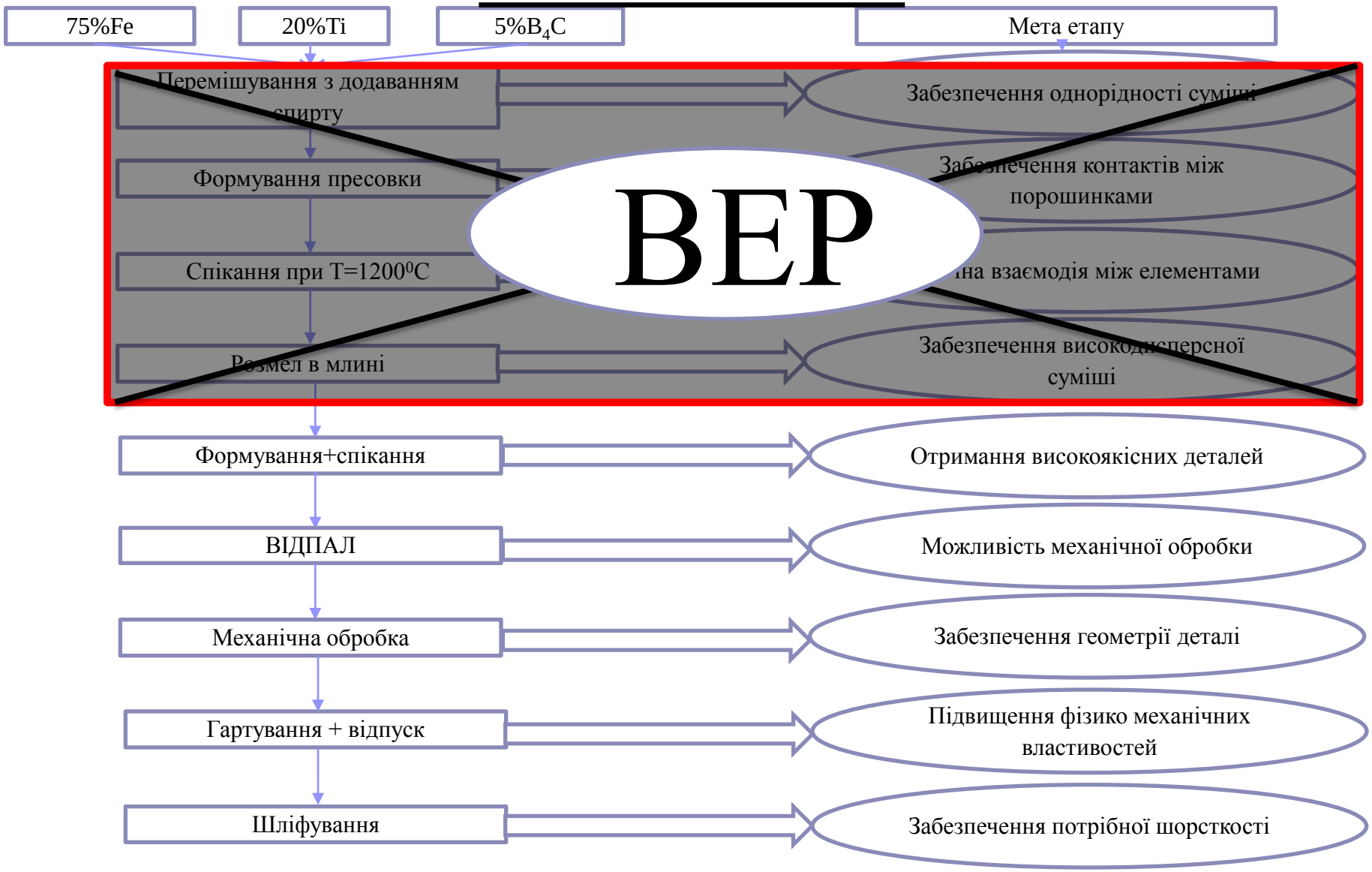








Принципова схема отримання карбідосталей системи Fe-Ti-B-C



Властивості матеріалів та схеми їх отримання

Склад карбідосталей	Метод консолідації	Твердість, HRC	Міцність на вигин, МПа
70Х17Н2-30Cr_3C_2	Спікання в печі	40-45	600-960
70Х17Н2-30Cr_3C_2	ГШ	56-67	800-1400
Fe-Ti-B-C (ВЕР)	ІПС	60-68	1100-1350
Fe-Ti-B-C (ВЕР)	Спікання в печі	48-54	650-900
75Fe-20Ti-5B_4C (шихта отримана реакційним спіканням)	ГШ	62-68	1050-1300

Матриці для виготовлення ріжучого інструменту

75%Fe+20%Ti+5%B_4C

↓

ВЕР ($W_{пит\Sigma}$=25 МДж/кг, di/dt≥16ГА/с

↓

Центрифугування + сушка (70°С)

↓

Формування+ІПС

↓

ТО (Гартування+відпуск)

↓

Шліфування виробу

75%Fe+25%Ti

↓

ВЕР ($W_{пит\Sigma}$=25 МДж/кг, di/dt≥13ГА/с

↓

Центрифугування + сушка (70°С)

↓

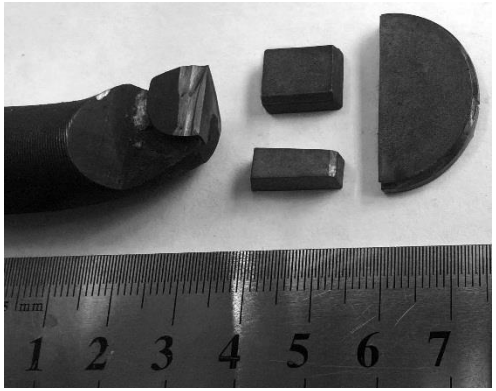
Формування+ІПС

↓

ТО (Гартування+відпуск)

↓

Шліфування виробу



Пластини виготовлені з шихти системи Fe – Ti – C

Основні науково-технічні результати циклу наукових праць:

1. Теоретично встановлено необхідні умови для диспергування порошків та синтезу твердих фаз при ВЕР обробці сумішей елементарних порошків системи Fe–Ti–C–(B) в гасі. Показано, що найбільш ефективні режими диспергування порошків та синтезу карбідної (боридної) складової, 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 температуру від $2\cdot10^4$ до $5\cdot10^4$ К при густині струму в каналі розряду ($j_к$) від 0,6 до 0,8 кА/мм^2. При цьому робоча частота має обиратись згідно встановлених закономірностей седиментації частинок порошку залежно від хімічного складу оброблюваного порошку, його дисперсності та типу робочої рідини.
2. Експериментально встановлені закономірності зв'язку параметрів ВЕР обробки сумішей 75%Fe + 25%Ti ($W_{пит\Sigma}$=25 МДж/кг, *di/dt*≥13ГА/с, $j_к$≥0,7 кА/мм^2) та 75%Fe + 20%Ti + 5%B_4C ($W_{пит\Sigma}$=25 МДж/кг, *di/dt*≥16ГА/с, $j_к$≥0,8 кА/мм^2) зі зміною дисперсності від 80 мкм до 3 мкм та фазовим складом отриманої шихти (синтезуються тверді фази карбідів $TiC_{0,92}$, боридів заліза, титану, а також інтерметалідів розміром від 10 до 600 нм).
3. Обґрунтовано механізм високовольтного електророзрядного синтезу карбідних фаз при ВЕР обробці у вуглеводневій рідині, що включає її деструкцію 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. Кількість вуглецю розраховується за вмістом карбідоутворюючого елементу та забезпечується інтегральною енергією обробки.
4. На основі встановлених закономірностей зв'язку зміни дисперсності та фазового складу сумішей порошків (75 % Fe + 25 % Ti, 75 % Fe + 20 % Ti + 5 % B_4C) з параметрами ВЕР обробки в гасі та подальшою консолідацією методом ІПС отримано ММК з високою стійкістю до абразивного зношування, твердістю та міцністю. Карбідосталі системи Fe–Ti–C на основі загартованої вуглецевої сталі мають твердість від 45 до 56 HRC, міцність на вигин від 850 до 1050 МПа, зносостійкість при абразивному терті на 18-20% вищу від швидкорізальної сталі Р6М5. Карбідосталі системи Fe–Ti–B–C мають твердість від 60 до 68 HRC, міцність на вигин від 1100 до 1350 МПа, стійкість до абразивного тертя на 15-25 % вищу, ніж у швидкорізальної сталі Р6М5.
5. ММК системи Fe–Ti–C (з вмістом TiC не менше 60 %) був використаний в якості вставок для фрезувальної голівки при промислових випробовуваннях в Експеиментальному виробництві ІІПТ НАН України. За результатами випробувань стійкість представленого композиту була на рівні твердого сплаву ВК6 що дозволяє знизити вартість деталі на 35-50 %.
6. Зносостійкий ММК системи Fe–Ti–B–C з твердістю 68 HRC був використаний для виготовлення вставок пробійника листового металу (замість матеріалу Р6М5), що збільшило ресурс інструменту на 35%. Матеріал системи Fe–Ti–C використаний для виготовлення направляючих роликів каретки сопла машини термічного різання листового металу «КРИСТАЛ» (замість матеріалу Х18Н9Т), що дозволило вдвічі збільшити термін експлуатації даного вузла.

Науковий рівень представленої роботи підтверджується отриманими схвальними відгуками низки провідних українських і закордонних вчених у галузі матеріалознавства, а саме:

- CEO (виконавчий директор) компанії General Technologies Corp., д.т.н., професор **Александров І. С.** (США);
- Перший заступник директора Державної наукової установи «Інститут порошкової металургії», к.т.н. **Савіч В. В.** (Білорусь)
- Керівник центру нанотехнологій та мікроелектроніки Жешівського університету, д.т.н., професор **Є. Шерегій** (Польща)
- Генеральний секретар науково-технічної спілки механічної інженерії, д.т.н. **Р. Георгієв** (Болгарія)
- Президент та CEO (виконавчий директор) компанії GeniCore, к.т.н. **М. Росінскі** (Польща)
- Зав. відділом Інституту надтвердтих матеріалів НАН України, Член-кор. НАН України, академік всесвітньої академії кераміки, д.т.н., професор **Пріхна Т. О.**
- Зав. відділом Інституту проблем матеріалознавства ім.І.М. Францевича НАН України, член-кор. НАН України, д.т.н., професор **Штерн М. Б**.
- Зав. відділом Інституту геотехнічної механіки НАН України, лауреат Державної премії України у галузі науки і техніки, д.т.н., професор **Софійський К. К.**
- Завідувач кафедри матеріалознавства і технології металів Національного університету кораблебудування, заслужений працівник народної освіти України, д.т.н., професор **Дубовий О. М.**
- Завідувач кафедри експлуатації суднових енергетичних установок та загальноінженерної підготовки Херсонської морської академії, д.т.н., професор **Букетов А. В.**
- В. о. зав. лаб. Інституту металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України д. ф.-м. н. **Рудь О. Д.**
- Професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій НУ «Львівська політехніка», д.т.н., професор **Прохоренко С. В**.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор Інституту
електрозварювання
ім. Є.О. Патона
НАН України
академік В.Ф.
Хорунов
«28» жовтня 2017 р.

АКТ
про впровадження результатів наукової роботи Зайченка А.Д.
«Удосконалення способів електрокорундової обробки шихти та іскрово-плазмового спікання для отримання високоміцнісних карбідів»

Результати дисертаційної роботи Зайченка А.Д. «Удосконалення процесів електрокорундової обробки шихти та іскрово-плазмового спікання для отримання високоміцнісних карбідів» мають практичне значення для відновлення виробництва деталей, які працюють у умовах підвищених навантажень та агресивного навантаження.

Основні результати дослідження були використані в якості базових при розробці нових ефективних технологічних процесів одержання виробів із високоміцнісних високотемпературних матеріалів на основі карбідів. Технологічні процеси синтезу високодисперсних порошків карбідів кремнію системи Fe-Ti-C (B) з використанням високовольтного електричного розряду в рідині та іскрово-плазмове спікання забезпечують високі фізико-механічні та експлуатаційні властивості виробів, включно з високою зносостійкістю.

Розроблені авторами нові матеріали та технологічні процеси пройшли постановочно-промислову апробацію, наприклад, система Fe-Ti-C-B була використана для відновлення великих зношених лопатевих механізмів, що дозволило збільшити ресурс експлуатації до 25% і перевищити в середньому 2000 год. Контактні системи Fe-Ti-C з високою стійкістю були запропоновані (патенти України №102344) для заміщення вольфрамовмісних рельєфних дисків, які раніше імпортувались, що дозволило зайняти ресурс нового виробу. «КРИСТАЛ», що раніше зайняв збільшити ресурс нового виробу.

Головний технолог — Мельниченко С. В.
Заст. директора — Пронь Ю. О.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України
Борисова О.П.
«28» жовтня 2017 р.

АКТ
про впровадження результатів наукової роботи Зайченка А.Д.
«Удосконалення способів електрокорундової обробки шихти та іскрово-плазмового спікання для отримання високоміцнісних карбідів»

Результати дисертаційної роботи Зайченка А.Д. «Удосконалення процесів електрокорундової обробки шихти та іскрово-плазмового спікання для отримання високоміцнісних карбідів» мають практичне значення для відновлення виробництва деталей, які працюють у умовах підвищених навантажень та агресивного навантаження.

Основні результати дослідження були використані в якості базових при розробці нових ефективних технологічних процесів одержання виробів із високоміцнісних високотемпературних матеріалів на основі карбідів. Технологічні процеси синтезу високодисперсних порошків карбідів кремнію системи Fe-Ti-C (B) з використанням високовольтного електричного розряду в рідині та іскрово-плазмове спікання забезпечують високі фізико-механічні та експлуатаційні властивості виробів, включно з високою зносостійкістю.

Розроблені авторами нові матеріали та технологічні процеси пройшли постановочно-промислову апробацію, наприклад, система Fe-Ti-C-B була використана для відновлення великих зношених лопатевих механізмів, що дозволило збільшити ресурс експлуатації до 25% і перевищити в середньому 2000 год. Контактні системи Fe-Ti-C з високою стійкістю були запропоновані (патенти України №102344) для заміщення вольфрамовмісних рельєфних дисків, які раніше імпортувались, що дозволило зайняти ресурс нового виробу. «КРИСТАЛ», що раніше зайняв збільшити ресурс нового виробу.

Головний інженер — Г. Хоменко

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона Національного університету кораблебудування імені адм. Макарова
доктор технічних наук, професор
Г.В. Пилипов
«28» жовтня 2017 року

АКТ
про впровадження результатів наукової роботи «Створення металоматричних композитів інструментального призначення з підвищеними функціональними властивостями» керівника: д.т.н. А. Д. Зайченка, С. В. Пупкіна, А. С. Торопова

Основні наукові-практичні результати наукової роботи «Створення металоматричних композитів інструментального призначення з підвищеними функціональними властивостями» використовуються для підготовки нормативних документів за спеціальністю "Технічні та електрофізичні методи впливу" на кафедрі Імпульсних процесів і технології інституту імпульсних електротехнологій НУК, що підтверджується актом про впровадження результатів наукової роботи «Створення металоматричних композитів інструментального призначення з підвищеними функціональними властивостями», виконаних д.т.н., професором Стороженко О.М.

Професор кафедри Імпульсних процесів і технологій, доктор техн. наук, професор — О. М. Стороженко
Завідувач кафедри Імпульсних процесів і технологій, доктор техн. наук, професор — О. І. Коваленко

УКРАЇНА
ПАТЕНТ
НА ВИНАХІД
№ 97890
СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ КАРБІДІВ МЕТАЛІВ ПЕРЕХІДНОЇ ГРУПИ
Видано відповідно до Закону України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі».
Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи 26.03.2012.
Голова Державної служби інтелектуальної власності України — М.В. Паславський

УКРАЇНА
ПАТЕНТ
НА ВИНАХІД
№ 101575
ПРИСТРІЙ ДЛЯ ІСКРОПЛАЗМОВОГО СПІКАННЯ ПОРОШКІВ
Видано відповідно до Закону України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі».
Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи 10.04.2013.
Голова Державної служби інтелектуальної власності України — М.В. Паславський

УКРАЇНА
ПАТЕНТ
НА ВИНАХІД
№ 98520
СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ТОНКОДИСПЕРСНИХ МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ
Видано відповідно до Закону України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі».
Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи 25.05.2012.
Голова Державної служби інтелектуальної власності України — М.В. Паславський

УКРАЇНА
ПАТЕНТ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ
№ 102344
СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ТОНКОДИСПЕРСНИХ ПОРОШКІВ
Видано відповідно до Закону України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі».
Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 26.10.2015.
Голова Державної служби інтелектуальної власності України — А.Г. Жарінов

УКРАЇНА UKRAINE
ПАТЕНТ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ
№ 58797
СПОСІБ ОТРИМАННЯ КАРБІДІВ МЕТАЛІВ ПЕРЕХІДНОЇ ГРУПИ
Видано відповідно до Закону України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі».
Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 26.04.2011.
Голова Державної служби інтелектуальної власності — М.В. Паславський

УКРАЇНА
ПАТЕНТ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ
№ 97319
СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ МЕТАЛОМАТРИЧНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ
Видано відповідно до Закону України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі».
Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.03.2015.
Голова Державної служби інтелектуальної власності України — А.Г. Жарінов

УКРАЇНА
ПАТЕНТ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ
№ 95795
СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ КАРБІДІВ МЕТАЛІВ ПЕРЕХІДНОЇ ГРУПИ
Видано відповідно до Закону України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі».
Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 12.01.2012.
Голова Державної служби інтелектуальної власності України — А.Г. Жарінов

SCIENTIFIC TECHNICAL UNION OF MECHANICAL ENGINEERING
NATIONAL SCIENTIFIC ORGANIZATION OF SCIENTISTS IN BULGARIA
1000 Sofia, str. "G.S. Rakovsky" 108, tel.: (+359 2) 987 72 30,
fax: (+359 2) 988 22 46, e-mail: nto-bg@mech-ing.com; http://: www.mech-ing.com

REVIEW

of Series of scientific papers nominated for President of Ukraine Award for young scientists «Creation of metal-matrix composites of instrumental purpose with increased functional properties» of PhD Zaichenko A.D., Lyplan Ye. Y., Torpakov A.S.

Obtainment of wear-resistant material is an urgent task for modern industry. Heterogeneous structure, which contains viscous-plastic matrix with homogeneously distributed hard inclusions, must be created to ensure high wear-resistance. Structure of consolidated material is evenly dependent on initial powder blend properties and sintering process. Mechanical grinding methods are currently the most common methods of blend preparation. But they have serious drawbacks – contamination of powder by instrumental metal, long duration of treatment and high energy expenses.

Therefore, problem of creation of prospective pulse technologies of obtainment of wear-resistant metal-matrix composites with the use of hydrocarbon fluid and high voltage electric discharges for activation and dispersion of initial powder blend with its subsequent spark plasma sintering, considered in authors work, is urgent both in scientific and applied fields.

Research of processes of powders electric discharge treatment in kerosene and spark plasma sintering allowed authors to develop efficient technological scheme and certain products made of highly wear-resistant metal-matrix composites based on iron.

New materials and technological processes, developed by authors, have undergone research-industrial tests at Experimental production of Institute of Pulse Processes and Technologies of NAS of Ukraine and at "ZAVOD KRYSTAL" Ltd. In my opinion, work is performed at high level and its authors are worth of President of Ukraine Award for young scientists.

Dr. Eng. Raycho Georgiev,
Secretary General of the Scientific-technical union of mechanical engineering,
Sofia, Bulgaria

ВІДГУК

на Серію наукових праць на здобуття премії Президента України для молодих вчених «Створення металоматричних композитів інструментального призначення з підвищеними функціональними властивостями» автора Зайченка А.Д., Пупкіна С.В., Торопова А.С.

Заслужений працівник народної освіти України,
завідувач кафедри матеріалознавства
і технології металів
Національного університету кораблебудування
д.т.н., професор — О.М. Дубовий
Підпис Дубового О.М. засвідчую
Начальник відділу кадрів — Л.М. Андрєєв

GTC General Technologies Corp.

REVIEW
«The Creation of Metal-Matrix Composites for Instruments to Increase Their Functional Properties»
Zaichenko A.D., Ph.D., Lyplan Ye.V., Torpakov A.S.

A Series of Scientific Papers Nominated for The President of Ukraine's Award for Young Scientists

The nominated series of scientific papers consists of 55 works, performed during the period from 2010 to 2016. 20 of them are articles in peer-reviewed scientific journals (7 – in international scientific journals), 3 Ukrainian Design Patents, 4 Ukrainian Utility Patents, 28 abstracts of international scientific conferences. The total number of citations of authors' papers is 11, citations of papers that belong to reviewed Series – 7 (according to Google Scholar database). The Authors H-index is 2, h-index of papers that belong to reviewed Series is 2.

The series' theoretical and experimental studies, conducted by the authors, demonstrated the main regularities of powders dispersion and synthesis of solid phases during high voltage electric discharge (HVED) treatment of Fe-Ti-C-(B) system powders in kerosene. The authors determined the impact of HVED treatment on the peculiarities of structure formation and main physical and mechanical properties (hardness, wear-resistance) of metal matrix composites obtained by spark plasma sintering (SPS).

The practical value of the obtained results were confirmed by industrial testing performed at "Zavod Kristal" Ltd. and at the Experimental Production of IPPT NASU, and by their incorporation into the curriculum of the course "Advanced Powder Technologies" at Academic Department of Pulsed Processes and Technologies of the Adm. Makarov National Shipbuilding University.

The authors' novel and innovative proposal for the production of tools with the usage of HVED for powder blend preparation and its subsequent SPS is more efficient than current conventional production methods and has a broad range of applications for further industrial implementation.

Significant economic benefits are achieved in as the usage of obtained Fe–Ti–C–(B) system metal matrix composites for tools production reduces their prime cost by 35-50 % and increases their service life by 50 %.

Consequently, the reviewed nominated "Series of Scientific Papers" achieves a high scientific level and has significant practical value, and its authors are worthy of the President of Ukraine's Award for Young Scientists.

CEO
Prof. Igor S. Alexandrov, Dr. Sci.

P.O. Box 1196, New York, NY 10028-1190 USA +1 (917) 873-3324

GeniCore

Marcin Rosiński, Ph.D., Eng., MBA
President and CEO of GeniCore Sp. z o.o.
Kordiana Zajonca 10/10B,
00-728 Warszawa Mokotów, Poland
Phone/Fax: +48 (22) 692 04 27
e-mail: Marcin.Rosinski@geniconsulting.com
www.http://www.geniconsulting.com

Warsaw, February 21, 2017

REVIEW on Series of scientific papers nominated for President of Ukraine Award for young scientists «Creation of metal-matrix composites of instrumental purpose with increased functional properties» of PhD Zaichenko A.D., Lyplan Ye. Y., Torpakov A.S.

TO WHOM IT MAY CONCERN

Dear Sir/Madam,

Powder metallurgy holds a special place among different methods of materials treatment as it allows not only production of products of different shapes and purposes, but also creation of entirely new materials that virtually cannot be created by other methods. Therefore, problem of creation of new prospective technologies of obtainment of wear resistant metal matrix composites, considered in authors works, is actual both in scientific and applied aspects and is directed on solution of scientific and technical task – obtainment of composite metal matrix materials with high wear resistance.

Series of scientific papers consists of 55 works, which were performed during the period from 2010 to 2016 years. 20 of them are articles in peer-reviewed scientific journals (7 of them – in international scientific journals), 3 patents of Ukraine for inventions, 4 patents of Ukraine on useful model, and 28 abstracts of international scientific conferences. Total number of citations of authors papers is 11, citations of papers that belong to reviewed Series – 7 (according to Google Scholar database). Authors h-index is 2, h-index of papers that belong to reviewed Series is 2.

Practical value of obtained results is confirmed by industrial testing, performed at "Zavod Kristal" Ltd. (production of punches and inserts for milling heads) and at Experimental production of IPPT NASU (production of cutters)

In my opinion, work is performed at high scientific level, have scientific novelty and practical value, and its authors deserve President of Ukraine Award for young scientists.

Yours Sincerely
Marcin Rosiński
President and CEO of GeniCore Sp. z o.o.