

Зносостійкі композити TiN–20% (мас.) Si₃N₄ ТА TiN–20% (мас.) TiB₂, отримані мікрохвильовим спіканням / О. Б. Згалат-Лозинський, К. С. Апурбба, І. І. Єгоров, В. Т. Варченко, К. С. Суреш // Порошкова металургія. – 2020. – № 11-12. – С. 3-14.

Проведено комплексне дослідження з мікрохвильового спікання композиційних матеріалів TiN–20% (мас.) TiB₂ та TiN–20% (мас.) Si₃N₄. Показано, що в мікрохвильовій печі при постійній потужності мікрохвильового випромінювання 900 Вт можна ефективно ущільнити композит TiN–20% (мас.) TiB₂ до залишкової поруватості 9% при температурі 1370 °С, а композит TiN–20% (мас.) Si₃N₄ ¾ до поруватості 6% при 1407 °С. Порівняльний аналіз консолідації цих композиційних матеріалів традиційним спіканням в печі опору до температури 1550 °С зі швидкістю 50 °С/хв виявив залишкову поруватість композитів більш ніж 25%. В структурі консолідованих мікрохвильовим спіканням зразків виявлено області щільного матеріалу, переважно сферичної форми (D ~ 5 мкм), що формуються з фаз нітриду титану та дибориду титану. Таке зональне обособлення ущільнення з утворенням сферичних агломератів TiN та TiB₂ пов'язане з неоднорідністю розподілу електромагнітного поля у робочому об'ємі мультимодової НВЧ-печі, внаслідок чого в об'ємі оброблюваного матеріалу виникають локально перегріті області. Виявлено, що структурні особливості композитів TiN–20% (мас.) TiB₂ та TiN–20% (мас.) Si₃N₄ впливають на їх механічні та трибологічні властивості. Так, виміряна твердість композита TiN–20% (мас.) TiB₂ склала 19,5 ± ± 1,1 ГПа, а композита TiN–20% (мас.) Si₃N₄ ¾ 19,8 ± 0,8 ГПа. Проведені тести на зносостійкість композитів в парі з твердим сплавом ВК6 показали відносно високі трибологічні властивості: лінійний знос ¾ 12,5 мкм/км (TiN–20% (мас.) Si₃N₄) та 11,3 мкм/км (TiN–20% (мас.) TiB₂), коефіцієнт тертя ¾ 0,43 і 0,26 відповідно. Порівняльний аналіз особливостей консолідації композитів TiN–20% (мас.) TiB₂ та TiN–20% (мас.) Si₃N₄ методами мікрохвильового та традиційного спікання дозволив зробити висновок, що підвищення швидкості нагрівання при мікрохвильовому спіканні в діапазоні температур 600–1500 °С до 50 °С/хв і вище, а також використання гібридного НВЧ-нагрівання дозволить отримати однорідну дрібнозеренну структуру, яка позитивно позначиться на механічних та трибологічних властивостях.

Формування інтерметаліду TiNi при спіканні суміші порошків TiH₂–Ni та його надпружна поведінка / І. І. Іванова, Ю. М. Подрезов, В. М. Клименко, Н. А. Крилова, М. В. Карпець, Н. М. Марченко // Порошкова металургія. – 2020. – № 11-12. – С. 15-26.

Досліджено процеси фазоутворення та консолідації в порошкових сумішах TiH₂–Ni для утворення інтерметаліду TiNi. Застосування гідриду титану як прекурсору за оптимальних умов спікання (900–1000 °С) дозволило отримати матеріал з оптимальною пористістю та уникнути утворення рідкої фази при спіканні. Встановлено, що процеси фазоутворення при спіканні сумішею TiH₂–Ni відбуваються зі значною швидкістю. При температурах спікання 900–1000 °С утворюється 70–82% TiNi. Додатковою фазою, яка утворюється в матеріалі при всіх умовах спікання, є інтерметалід Ti₂Ni. Стійкість цієї фази пояснюється її спорідненістю до кисню з утворенням складних стабільних оксидів. Процес окиснення прискорюється завдяки високій дисперсності суміші та активності титану, утвореного при розкладі його гідриду. Причому взаємодія з киснем починається раніше, ніж з нікелем. Зразки на основі суміші з максимальною дисперсністю мають гіршу гомогенність, ніж зразки, отримані із менш дисперсної суміші. Суттєво вища дисперсність порошку гідриду забезпечує високу швидкість взаємодії титану з нікелем та швидке поглинання кисню. Встановлено, що за таких умов спікання пористість матеріалу складає 12–15%, тобто є оптимальною для медичного застосування. Дослідження механічної поведінки сплавів на основі TiNi виявило аномально низьке значення модуля пружності — 40 ГПа. Експерименти з циклічного навантаження–розвантаження показали, що на початковій ділянці діаграми навантаження пружна деформація складає 1,1%, зворотна деформація перетворення — 0,7%. Після деформації на 4% модуль пружності зменшується до E ~ 32,7 ГПа, сумарна пружна складова деформацій збільшується до ε_р ~ 2,6%, демпфуюча здатність сягає Q–1 = 0,036. Механічні характеристики отриманих матеріалів наближені до властивостей кісток людини. Результати експериментів свідчать про те, що отримані спечені матеріали на основі нікеліду титану за структурою та механічними властивостями є перспективними для створення імплантів кісток людини.

Спечені наноструктурні біокомпозити на основі алюмінію та графену для медичного застосування / Дапенг Дуан , Баофенг Лі, Паруль Кумар Шарма, Монідіпа Праманік, Шаші Б. Сінгх, Суніл Кумар Прадхан // Порошкова металургія. – 2020. – № 11-12. – С. 27-37.

Відомо, що графен міцніший за сталь. Він характеризується надзвичайно високими значеннями модуля Юнга (до 1 ТПа), міцності (~125 ГПа) і теплопровідності (~ 5000 Вт/м · К). Тому в даній роботі його використано для отримання нано-біо композиційних матеріалів алюміній–графен із застосуванням методів порошкової металургії, зокрема високоенергетичного кульового розмелювання з подальшим вакуумним спіканням. Виготовлені вироби зі спечених композиційних матеріалів оцінювались за допомогою сучасних методів аналізу мікроструктури, таких як скануюча

електронна мікроскопія з польовою емісією (FE-SEM), енергетично-дисперсійна спектроскопія (EDS), просвічувальна електронна мікроскопія (TEM) та спектроскопія КРС. За результатами досліджень встановлено однорідний розподіл компонентів в структурі матеріалу, на даних ділянках сканування. Відносна густина композиту після спікання становить $\approx 97,5\%$. Дані щодо електропровідності алюмінієво-графенових наноструктурних біокомпозиційних матеріалів дають підстави для застосування їх у інженерії кісткової тканини.

Особливості руйнування спеченої низьколегованої сталі, отриманої інжекційним литтям з порошків / С. В. Завадюк, П. І. Лобода, Т. О. Соловійова, І. Ю. Троснікова, О. П. Карасевська // Порошкова металургія. – 2020. – № 11-12. – С. 38-49.

Під час виготовлення спечених сталей за технологією інжекційного лиття порошку важко уникнути типових мікроструктурних дефектів, таких як пори та їх агломерація, гетерогенність фазової структури, границі між різними фазами. Такі неоднорідності завжди призводять до утворення, росту та поширення тріщини під час механічних навантажень спечених матеріалів. Траєкторія руху тріщини та протидія зламу пов'язані з комплексною неоднорідною структурою, яка включає в себе ферит, цементит, мартенсит, пори та слабкі поверхні розподілу. Встановлено, що зі збільшенням часу витримки при спіканні відбувається стрімкий ріст зерна металу, що призводить до крихкого руйнування зразків. Подальша термообробка дозволяє значно зменшити розмір зерен та змінити характер руйнування на в'язкий. Метод багатоциклічного спікання низьколегованої сталі з матеріалу "Catamold 8740" дозволяє значно підвищити ударну в'язкість зразків з надрізом (з 7,55 до 13,95 Дж/см²). Підвищення щільності зразків та зменшення кількості концентраторів напружень позитивно впливає на властивість матеріалу протидіяти ударним навантаженням. Так, зі збільшенням щільності заготовок після шостого циклу спікання на 2,5% ударна в'язкість зростає в 1,8 разів. Встановлено, що зі збільшенням числа циклів спікання розмір ямок в'язкого руйнування помітно зростає, у той же час приріст ударної в'язкості та щільності спеченого матеріалу поступово зменшується. Сумарна тривалість спікання призводить до значного росту розміру зерен (що, у свою чергу, гальмує заліковування пор) та збільшення щільності зразків. Рентгеноструктурним і спектральним аналізом виявлено додаткові фази після спікання та термообробки. Із підвищенням температури спікання та при застосуванні термічної обробки більш чітко проявляються додаткові карбідні і оксидні дрібнокристалічні фази. Присутність у спеченій сталі сторонніх крихких включень, поряд із залишковою пористістю, зумовлюють зниження динамічних характеристик матеріалу.

Окисаційні властивості багатокомпонентних сплавів Ta-W-Ti-Al, виготовлених іскро-плазмовим спіканням / Бай Джунджан, Чен Уаїхонг, Лі Лу, Лі Джіесін, Ченг Уаїювей // Порошкова металургія. – 2020. – № 11-12. – С. 50-60.

Багатокомпонентні сплави Ta-W-Ti-Al виготовлено методом іскро-плазмового спікання — інноваційної технології в металургії, в основі якої лежить активація розряду та термопластична деформація. Характеристики окиснення спечених сплавів досліджено в повітряному середовищі при температурах 1000 та 1200 °С. Мікроструктуру та фазовий склад сплавів та оксидів вивчено за допомогою різних аналітичних методів, таких як дифракція рентгенівських променів (XRD), сканувальна електронна мікроскопія (SEM), електронно-дисперсійна спектроскопія (EDS) та електронна мікроскопія зворотного розсіювання (BSE). Відносна густина спечених зразків становила 98%. Відносна густина усіх зразків з великим вмістом Ti перевищувала 100%, що свідчить про суттєвий вплив додавання титану на осадження в рідкій фазі. У сплавах Ta-W-Al виявлено новоутворені інтерметалічні сполуки, а на межах зерен у зразках з високим вмістом Ti помічені фази, збагачені титаном та киснем. Додавання Ti і Al ефективно покращило стійкість до окиснення отриманих сплавів. Після окиснення при температурі 1000 °С утворювався захисний шар, що свідчить про те, що кінетика окиснення сплавів підпорядковуються псевдопараболічним законам. При температурі окиснення 1200 °С відбувалася реакція між Al₂O₃ і Ta₂O₅ з утворенням AlTaO₄, який має менший захисний ефект. Приріст маси в сплавах після окиснення при 1200 °С протягом 4 год був приблизно в 7 разів вищий у порівнянні з окисненням при 1000 °С.

Вплив тиску пресування та температури спікання на властивості високопористого чистого алюмінію, виготовленого з додаванням борної кислоти (H₃BO₃) / Несе О. Корпе, Н. Башак Дюргер, Ділек Дур, Ібрагім Целікюрек // Порошкова металургія. – 2020. – № 11-12. – С. 61-72.

Високопористий чистий алюмінієвий матеріал із чарунковою структурою виготовлено методом порошкової металургії із додаванням порошків борної кислоти як пороутворювача. Борну кислоту застосовували як новітній пороутворюючий агент. Були успішно виготовлені алюмінієві порошки з високою пористістю (~50%). Проведено експерименти з метою дослідження впливу таких параметрів, як тиск пресування та температура спікання, на кінцеві властивості зразків. Квазістатичну стисливу поведінку високопористих матеріалів досліджували за умов їх деформації зі швидкістю 10–3 с⁻¹. Результати дослідження показують, що найкращі стисливі властивості високопористих станів мають зразки, виготовлені холодним пресуванням при 630 МПа та спіканням при 620 °С протягом 3 год. За результатами дослідження напружено-деформованого стану

матеріалів встановлено існування плато з майже постійним тиском та високим ступенем деформації, що становить близько 70%. Густина таких високопористих станів становила приблизно 1,0 г/см³, а середній розмір чарунки становив приблизно 0,6 мм. На відміну від традиційних методів, використання порошків борної кислоти (H₃BO₃) дозволяє отримати матеріали з кращими механічними властивостями, такими як статична міцність на стиск та швидкість поглинання енергії, що становлять 18 МПа та 12 МДж/м³ відповідно.

Композиційна кераміка для термобар'єрних покриттів на основі ZrO₂, комплексно легованого оксидами рідкісноземельних елементів ітрієвої підгрупи / О. В. Дуднік, С. М. Лакиза, І. М. Гречанюк, В. П. Редько, А. О. Макудера, М. С. Глабай, І. О. Марек, О. К. Рубан, М. І. Гречанюк // Порошкова металургія. – 2020. – № 11-12. – С. 73-84.

Досліджено можливості використання складно-композиційної кераміки на основі діоксиду ZrO₂, комплексно легованого сумішшю рідкісноземельних елементів (РЗЕ) ітрієвої підгрупи, для нанесення термобар'єрних покриттів (ТБП). Для дослідження обрано важкий концентрат (ВК) оксидів рідкісноземельних елементів ітрієвої підгрупи складу, % (мас.): 13,3 Y₂O₃, 1,22 Tb₄O₇; 33,2 Dy₂O₃; 8,9 Ho₂O₃; 21,8 Er₂O₃; 1,86 Tm₂O₃; 12,5 Yb₂O₃; 0,57 Lu₂O₃; сумарний вміст інших оксидів — 6,65 (у тому числі 3,2 Al₂O₃); порошки Y₂O₃ та M-ZrO₂. Мішені для нанесення керамічних шарів ТБП $\frac{3}{4}$ стандартного та складно-композиційного $\frac{3}{4}$ методом електронно-променевого напилення виготовлено з керамічних сумішей, % (мас.): M-ZrO₂-7 Y₂O₃ та 90 M-ZrO₂-10 ВК. Проведено порівняння властивостей складно-композиційного шару та стандартного керамічного шару на основі ZrO₂, стабілізованого оксидом ітрію, у термобар'єрних покриттях, нанесених методом електронно-променевого напилення за один технологічний цикл. Двошарові термобар'єрні покриття метал/кераміка на модельні лопатки, отримані методом спрямованої кристалізації зі сплаву ЖС-26ВІ, осаджено на промисловій електронно-променевої установці УЕ-174 (НВП ЕЛТЕХМАШ, м. Вінниця). Керамічний шар ТБП складу M-ZrO₂-7 Y₂O₃ позначено як ІСЦ, а складу 90 M-ZrO₂-10 ВК — як ВКСЦ. Для формування внутрішнього жаростійкого шару використано сплав МЗП-6 (нікель-хром-алюміній-ітрій). За означених умов утворились шорсткуваті щільні глянсові покриття, що відрізняються за кольором: ІСЦ — світло-сірий; ВКСЦ — темно-сірий. Товщина покриттів на спинці складає 90–95 мкм, у кориті — 90 мкм. Фазовий склад обох покриттів представлений F-ZrO₂. У покриттях сформувалися мікроструктури, що вміщують перистоподібні утворення. У шарі ІСЦ є два типи щільних утворень: у формі стовпчиків та розгалужені, а шар ВКСЦ має нерегулярну мікроструктуру, що містить широкі перистоподібні утворення, зрощені між собою. Встановлено формування ламінарної мікроструктури керамічних шарів, що обумовлено технологічними особливостями методу електронно-променевого напилення. Мікротвердість шару ІСЦ становить: на спинці — 3884 МПа, в кориті — 6052 МПа. Мікротвердість шару ВКСЦ суттєво нижче: на спинці — 1381 МПа, а в кориті — 1679 МПа. Складно-композиційне покриття витримало 161 термозміну, а стандартне покриття $\frac{3}{4}$ 138 термозмін. Попередні дослідження показали перспективність стабілізації ZrO₂ концентратами оксидів РЗЕ ітрієвої підгрупи для мікроструктурного проектування керамічного шару ТБП.

Юркова, О. І. Формування високоентропійного покриття AlNiCoFeCrTi холодним газодинамічним напиленням / О. І. Юркова, Д. В. Гущик, А. В. Мініцький // Порошкова металургія. – 2020. – № 11-12. – С. 85-102.

Досліджено особливості формування методом холодного газодинамічного напилення (ХГН) покриттів із порошкового високоентропійного сплаву AlNiCoFeCrTi, отриманого короткочасним механічним легуванням в планетарному млині еквіатомної суміші елементарних компонентів з наступним відпадом при температурі 1200 °С та розмелом утворених під час відпалу агломератів. Методами рентгеноструктурного і мікроструктурного аналізів досліджено фазові та структурні перетворення на різних етапах отримання порошкового сплаву AlNiCoFeCrTi та після його напилення на сталеву підкладку. Встановлено, що під час механічного легування порошкової суміші формується метастабільний твердий розчин з ОЦК структурою, який знаходиться в наноструктурному стані. Після відпалу фазовий склад сплаву змінюється — він представлений упорядкованим ОЦК твердим розчином (В2 фазою), інтерметалідною s-фазою (FeCr) та карбідом титану TiC. Після розмелу в планетарному млині протягом 1 год агломератів, що утворилися в процесі відпалу, впорядкована В2 фаза перетворюється на невпорядкований ОЦК твердий розчин, що знаходиться в наноструктурному стані. Карбід TiC та s-фаза залишаються у складі сплаву, але частинки s-фази значно подрібнюються та частково розчиняються в ОЦК твердому розчині. Показано, що після напилення фазовий склад та наноструктурний стан вихідного порошкового сплаву залишаються незмінними і ХГН-покриття складається з ОЦК твердого розчину, інтерметалідної s-фази та включень карбиду TiC. Середня товщина покриття становить 405 мкм, а його мікротвердість HV = 10,0 ± 0,3 ГПа. Висока твердість покриття забезпечується ефектами зміцнення: твердорозчинного і наноструктурного, включеннями інтерметалідної та карбідної фаз, а також деформаційного зміцнення під час напилення під впливом інтенсивної пластичної деформації з надзвичайно високою швидкістю (~105–107 с⁻¹) при низькій температурі. Покриття має хорошу адгезію з підкладкою та незначну пористість (<1%).

Семенова, О. Л. Діаграма стану системи Co–Ni–Zr в області Zr–ZrCo–ZrNi II. Поверхня ліквідуса діаграми стану системи. Взаємодія сплавів з воднем / О. Л. Семенова, В. М. Петюх, О. С. Фомічов, Т. В. Хомко // Порошкова металургія. – 2020. – № 11-12. – С. 103-112.

За результатами дослідження литих сплавів системи Zr–ZrCo–ZrNi методами мікроструктурного, рентгенівського фазового, диференційного термічного та локального рентгеноспектрального аналізів вперше побудовано проекцію поверхні ліквідуса системи Zr–ZrCo–ZrNi на концентраційний трикутник. Встановлено, що вона складається з чотирьох поверхонь первинної кристалізації фаз: твердого розчину на основі β -Zr та фаз на основі сполук ZrCo (d), ZrNi (d2) і θ фази (неперервних твердих розчинів між ізоструктурними сполуками Zr₂Co і Zr₂Ni типу AlCu₂). При кристалізації сплавів має місце одна нонваріантна чотирифазна рівновага перехідного типу за участю рідкої фази L + d D d₂ + θ , при 1025 °С. Будова квазібінарних перерізів системи ZrCo–ZrNi та Zr₂Co–Zr₂Ni, що демонструють зниження температур солідуса та ліквідуса сплавів зі збільшенням вмісту нікелю зумовлює тип нонваріантної рівноваги. Дослідження литих сплавів підтвердило, що фаза на основі сполуки Zr₃Co (h) утворюється за перитектоїдною реакцією. Представлено схему реакцій, що мають місце в сплавах Zr–ZrCo–ZrNi в інтервалі температур від кристалізації сплавів до перетворень в твердому стані, пов'язаних з утворенням h-фази за перитектоїдною реакцією і з мартенситним перетворенням b D α цирконію. Із залученням відомостей про рівноваги в обмежуваних подвійних системах Zr–Co та Zr–Ni та даних щодо рівноваг на поверхні солідуса і при 900 та 800 °С потрійної системи Zr–ZrCo–ZrNi побудовано два політермічні перетини. Отримані дані про взаємодію окремих сплавів системи з воднем. Значна швидкість поглинання та виділення водню з гідридів досягається при температурах, вищих за кімнатну.

Температурно-концентраційна залежність термодинамічних функцій змішування розплавів Co–Cr–Cu–Fe–Ni / П. Г. Агравал, Л. О. Древаль, М. А. Турчанін, Г. О. Водоп'янова // Порошкова металургія. – 2020. – № 11-12. – С. 113-126.

В рамках методу CALPHAD розроблено термодинамічно базу даних для розрахунку термодинамічних властивостей рідких сплавів системи Co–Cr–Cu–Fe–Ni та її чотирикомпонентних підсистем. Термодинамічні функції змішування розплавів розраховано при температурах 1873 та 1500 К. Встановлено, що розраховані надлишкові інтегральні функції змішування мають додатні значення в більшій частині концентраційного простору чотирикомпонентних систем з міддю та системи Co–Cr–Cu–Fe–Ni. Внесок ідеальної складової в енергію Гіббса змішування чотири- та п'яти-компонентних розплавів системи Co–Cr–Cu–Fe–Ni є домінуючим. Надлишкова енергія Гіббса змішування еквіатомних рідких сплавів чотирикомпонентних систем з міддю та системи Co–Cr–Cu–Fe–Ni за абсолютними значеннями є меншою, ніж ідеальна складова енергії Гіббса змішування. Із зниженням температури збільшуються відхилення від ідеальності надлишкової енергії Гіббса змішування та зменшуються абсолютні значення ідеальної енергії Гіббса змішування, що призводить до зменшення термодинамічної стабільності рідкої фази. Розраховані температури розшарування для чотири- та п'ятикомпонентного еквіатомних розплавів системи Co–Cr–Cu–Fe–Ni варіюються між 1370 та 1770 К. Найвищі температури розшарування спостерігаються в розплавах, що містять одночасно мідь і хром.

Мікростворення, твердість і модуль Юнга полікомпонентних твердих розчинів з ОЦК кристалічною ґраткою / О. В. Соболь, В. Ф. Горбань, М. О. Крапівка, Т. Г. Рогуль, С. О. Фірстов // Порошкова металургія. – 2020. – № 11-12. – С. 127-135.

Методами рентгеноструктурного аналізу із застосуванням розробок НТУ "Харківський політехнічний інститут" досліджено фазовий склад, мікронапруження II роду, розміри областей когерентного розсіяння (ОКР) полікомпонентних (середньо- та високоентропійних) твердих розчинів з ОЦК кристалічною ґраткою й усередненою електронною концентрацією Csd від 4,6 до 5,47 ел./ат. Проаналізовано вплив означених характеристик на твердість і модуль пружності сплавів. Сплави виплавляли у вакуумно-дуговій печі МФІ-9 із компонентів чистотою не менше 99,5% (мас.), злитки переплавляли 6 разів. Твердість і модуль пружності сплавів визначали з кривих наноіндентування, отриманих на установці "Мікрон-гамма" при навантаженні від 0,98 до 2,94 Н алмазною пірамідою Берковича в режимі автоматичного навантаження і розвантаження. Показано, що невелика зміна кількісного елементного складу зразків призводить до помітної зміни параметра кристалічної ґратки, мікронапружень II роду, розміру областей когерентного розсіяння, мікротвердості та модуля пружності. Максимально високі значення мікронапружень II роду і мінімальні розміри областей когерентного розсіяння спостерігаються для сплавів, що мають велику усереднену відносну невідповідність розмірів атомів елементів, які входять до складу сплавів. Підвищення електронної концентрації в сплавах призводить до збільшення їх твердості та модуля пружності, а також до зниження параметра кристалічної ґратки. Збільшення мікронапружень II роду також супроводжується зростанням твердості і модуля пружності сплавів. Показано, що мікротвердість сплавів Н істотно перевищує розраховану за правилом суміші Нсм і визначається твердорозчинним

зміцненням (величина $\Delta H = H - H_{см}$ знаходиться в інтервалі 2,9–6,4 ГПа). Встановлено, що прецизійно обчислені за шириною рентгенівських ліній мікронапруження II роду можуть розглядатися як міра спотворення кристалічної ґратки твердого розчину і бути використаними для оцінки рівня твердорозчинного зміцнення. Запропоновано співвідношення між рівнем твердорозчинного зміцнення, модулем пружності і величиною мікроспотворень кристалічної ґратки (мікронапружень II роду).

Вплив наповнювача, що містить добавки мікро- і ультрадисперсних порошоків алмазів, на властивості алмазних трубчастих свердел при обробці деяких неметалічних матеріалів // Порошкова металургія. – 2020. – № 11-12. – С. 136-145.

Подано результати порівняльних лабораторних випробувань алмазних трубчастих свердел при свердлінні віконного скла, граніту і абразивного каменю на основі карбіду кремнію SiC. Випробування проводили в холодній проточній воді. Зв'язкою інструмента була олов'яниста бронза з наповнювачем $\frac{3}{4}$ мікро- і ультрадисперсними порошками алмазів марок АСМ 40/28, АСМ 10/7, АСМ 1/0 і порошком молібдену. Вивчено залежність твердості спеціально виготовлених зразків зв'язки від їх складу. Встановлено, що з підвищенням концентрації АСМ 1/0 до 5% (мас.) у наповнювачі твердість зразків зв'язки зростала на третину і досягала максимуму $\sim 96,5$ HRB. Подальше збільшення концентрації АСМ 1/0 призводило до деякого зниження твердості зразків. Використання більших за розміром алмазних порошоків вимагало більшої їх концентрації, яка забезпечувала високі значення твердості. Добавки порошку АСМ 10/7 у кількості 10% (мас.) чи 40–60% (мас.) до наповнювача АСМ 40/28 підвищували твердість зв'язки до такого ж максимуму. Введення у зв'язку наповнювача в кількостях, що забезпечували максимальну її твердість, дозволило значно підвищити ефективність роботи алмазних трубчастих свердел. Так, знос свердел після обробки скла знизився в 2–6 разів, а швидкість свердління збільшилася в 3–4 рази. Знос свердел після обробки граніту знизився в 50–84 рази, а швидкість свердління, відповідно, збільшилася в 2,7–6 разів. Після обробки абразивного каменю на основі карбіду кремнію знос алмазних трубчастих свердел знизився в 1,4–2,9 разів. При цьому швидкість свердління підвищилася в 1,5–2,5 рази. Вплив добавок до наповнювача зв'язки інструмента залежав від вибору марки порошоків алмазів, а також від їх концентрації. Оптимальним варіантом стало введення ультрадисперсного порошку алмазу марки АСМ 1/0 у кількості 5–9% (мас.). Введення в наповнювач порошоків АСМ 10/7 і, особливо, АСМ 40/28, по-перше, вимагало більшої їх концентрації (10–40% (мас.)), по-друге, було не таким ефективним: знос алмазного інструмента був вищим, а швидкість свердління $\frac{3}{4}$ нижча.