

development and implementation. Different environmental conditions and lifestyles in different Member States require flexibility in the national application of Eurocodes.

The structure of the Eurocodes, the stages and features of their implementation in the European Community are described. The advantages of Eurocodes for their introduction into the national regulatory framework are revealed. The main provisions on the harmonization of national construction standards with Eurocodes and their implementation in the construction industry of Ukraine are highlighted.

In order to bring the domestic construction industry to a new level, Eurocodes should become a standard for it.

State norms, which will be adapted to European ones, will allow the introduction of the latest technologies and approaches, which will ensure the compliance of buildings and structures with modern world trends.

It will also allow European investors to be attracted to our market, because their standards will serve as a certain guarantee for them that all regulatory provisions will be observed during construction design, and the construction object will be implemented in accordance with current European standards.

construction, Eurocodes, European standards

Одержано (Received) 23.10.2023

Прорецензовано (Reviewed) 28.11.2023

Прийнято до друку (Approved) 27.12.2023

УДК 624.97

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).2.91-97](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).2.91-97)

Ю.В. Дзядикевич, проф., д-р техн. наук, **П.В. Попович**, проф., д-р техн. наук, **А.О. Вітровий**, доц., канд. техн. наук, **Р.І. Розум**, доц., канд. техн. наук, **О.В. Чорна**, доц., канд. екон. наук, **О.П. Захарчук**, доц., канд. техн. наук., **Н.А. Галиш**, ст. викл., канд. екон. наук, **З.М. Цідило**, ст. викл., **К.П. Шок**, ст. викл.

Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, Україна

e-mail: prorovich@ukr.net

Сумісність компонентів матеріалів в цивільній інженерії

В роботі висвітлено проблематику сумісності компонентів при створенні тугоплавких та міцних композитних матеріалів в цивільній інженерії. Проаналізовано праці провідних вітчизняних та зарубіжних вчених з даної проблематики. Виділено основні чинники, які впливають на сумісність компонентів при термодинамічних твердофазних процесах створення композитних матеріалів. Дано рекомендації щодо вибору металевої основи і зміцнючого оксиду із врахуванням споріднення до кисню металу основи і елемента, що утворює оксид. Досліджено твердофазну взаємодію і розчинність матеріалів при високих температурах. Наведено способи одержання композиційних матеріалів із використанням несумісних компонентів.

сумісність компонентів, композитні тугоплавкі матеріали, цивільна інженерія

Постановка проблеми. Сумісність компонентів – це властивість, яка визначається рівноважними і кінетичними характеристиками системи. Розрізняють термодинамічну та кінетичну сумісність [1]. Під термодинамічною сумісністю розуміють стан стабільної рівноваги між покриттям і основою. Кінетична сумісність - це стан метастабільної рівноваги, яка зумовлена такими чинниками, зокрема: швидкістю дифузії, енергією активації, швидкістю розчинення та ростом утворених фаз. Необхідно зазначити, що відомо дуже невелику кількість захисних покриттів і композицій, які мають термодинамічну сумісність. Водночас присутність термодинамічної несумісності зовсім не виключає можливості використання таких компонентів у покритті, оскільки регулюючи технологічними параметрами процесу формування

© Ю.В. Дзядикевич, П.В. Попович, А.О. Вітровий, Р.І. Розум, О.В. Чорна, О.П. Захарчук, Н.А. Галиш, З.М. Цідило, К.П. Шок, 2023

захисного шару, можна досягнути кінетичної сумісності. У випадку термодинамічної несумісності необхідним є знання не тільки діаграм стану систем, але і кінетики реакцій між компонентами системи. Наявність кінетичної сумісності значно розширює можливості використання на практиці термодинамічно несумісних між собою компонентів високотемпературних матеріалів. З огляду на це, дослідження процесу формування високотемпературних матеріалів із урахуванням термодинамічної та кінетичної несумісності є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі розробки високотемпературних матеріалів, компоненти яких мають кінетичну сумісність, присвячені праці багатьох вітчизняних вчених, зокрема: А. Л. Борісової [1], М. С. Цирліна [2], Ю. В. Дзядикевича [3, 4], Л. О. Сосновського [5], В. А. Мечника [6], Рідван Яманоглу [7], Г. Л. Жунковського [8], О. В. Чудівич, О. І. Бикова, А. В. Самелюка [9], О. М. Григор'єва, А. В. Веделя [10].

А. Л. Борісова у своїй монографії [1], приводить данні про кінетику взаємодії температури, тиску, структурних особливостей, ступені компактності матеріалу та зовнішнього середовища. Вказані області практичного застосування твердофазних реакцій, описані методи бар'єрного захисту. А. Л. Борісова зазначає, що розв'язання проблеми сумісності основи з армуючими компонентами в багатьох випадках визначає перспективи розробки та практичного застосування такого виду конструкційних матеріалів як композиційні. В роботі [1] запропоновано механізм взаємодії речовин у твердій фазі та зазначено, що механізм взаємодії твердих речовин є більш складним, ніж рідин і газів. Процес твердофазної взаємодії не можна описати тільки одним кінетичним рівнянням. Автор [1] показала, що для твердофазних реакцій особливими є виникнення границі розділу між реагентами.

М. С. Цирлін, разом із співавторами, у своїй монографії [2], особливу увагу приділили захисту тугоплавких матеріалів від високотемпературної газової корозії. Використовуючи різні методи нанесення покриття, вони запропонували сформувати на металевій поверхні виробу шар покриття, який містить комплекс тугоплавких сполук.

Дослідження сумісності боридного покриття з тугоплавкими металами, яке було проведено за участю авторів [3,4], показало, що на молібдені і вольфрамі в температурному інтервалі 1400-1600°C у вакуумі ($p=1,10^{-4}$ мм рт.ст.) спостерігається поступовий перехід моноборидних фаз (α -MoB і α -WB) у нижчий борид Me_2B , який має стовбчасту - голчасту структуру. Мікротвердість цих фаз добре узгоджується із величинами мікротвердості для компактних матеріалів.

Дослідження взаємодії боридного покриття з металевою основою, яке було проведено Л. О. Сосновським [5], показало, що фази Mo_2B і W_2B ростуть за параболічним законом. Це не значно перевищує значення n для процесів, обмежуючою ланкою, яких є дифузія. Довготривала експлуатація боридного покриття на металах приводить до зміни його механічних властивостей.

Розвиток високотемпературної техніки веде за собою підвищення робочих температур конструкцій із тугоплавких матеріалів, які захищені від окислення силіцидними покриттями. В зв'язку з тим, Сосновським Л. О. разом із співавторами [5], була вивчена сумісність жаростійких силіцидних шарів із металевою основою, яка показала, що при відпалі у вакуумі в інтервалі 1400-1600°C, відбувається перетворення вищих силіцидів у нижчі. Товщина шару силіцидних фаз на молібдені росте із підвищенням температури і тривалості процесу. Підчас дослідження кінетичних закономірностей процесу взаємодії покриття з основою було встановлено, що в подальшому інтервалі дисиліцидна фаза M_0Si_2 росте практично по лінійному закону. Одержані результати дозволяють зробити висновок, що вищий силіцид молібдену

сумісний із металевою основою до 1400°C і може бути використаний для захисту від окислення конструкцій із молібденових сплавів, які експлуатуються в температурному режимі 1400°C. Порівнюючи характер взаємодії боридних і силіцидних покриттів з тугоплавкими металами, необхідно відзначити більш високу стабільність боридних фаз.

В. А. Мечником разом із співавторами [6], було досліджено особливості структури, твердість, модуль пружності та стійкість до спрацювання композиційних матеріалів системи Fe–Cu–Ni–Sn із різним вмістом CrB₂. Збільшення вмісту CrB₂ до 8% у складі композита супроводжується одночасним зростанням твердості та модуля пружності, що свідчить про сумісність компонентів, які входять у склад системи.

Рідван Яманоглу та інші [7], вважають, що застосування магнію для розробки матеріалів із найменшою щільністю є проблематичним через недостатню міцність у порівнянні з іншими матеріалами. Для дослідження сумісності компонентів Mg₁₇Al₁₂ додавали до чистого магнію для створення композитної структури частинки Mg та Mg₁₇Al₁₂. Мікротвердість і стійкість до спрацювання композитів значно підвищується зі збільшенням вмісту частинок Mg₁₇Al₁₂. Густина композита зростає з 1,72 до 1,92 г/см³ при додаванні зміцнювача, міцність збільшується у 2,4 рази, а стійкість до спрацювання – удвічі.

Г. Л. Жунковський і Т. М. Євтушок [8] дослідили взаємодію дибориду титану з хромом в інтервалі температур 1200–1950°C у вакуумі. Встановлено, що до 1580 ± 20 °C при витримці 2 год на границі контакту проходить твердофазна реакція з утворенням на стороні хрому прошарку Cr₂B товщиною 40 мкм. Вище 1580°C процес взаємодії протікає за механізмом контактного плавлення, характерного для евтектичних систем. На підставі проведених досліджень розроблено технологію активованого спікання дибориду титану, що дозволило підвищити його міцність на згин в 1,5–2 рази.

Авторами [9] досліджено взаємодію дибориду титану з залізом і його сплавом X18H10T в інтервалі температур 1200–1850°C. Встановлено, що твердофазна взаємодія на границі контакту відсутня. Утворена рідка фаза змочує поверхню дибориду титану з крайовим кутом змочування ≈40°. Підвищення температури до 1450°C не змінює значення крайового кута, і крапля по поверхні не розтікається. Отримані дані свідчать про те, що залізо в контакті з диборидом титану може працювати до температури 1400°C, а його сплав X18H10T — до 1300°C. Сплави заліза є перспективними для використання їх як основи для композиційних матеріалів.

Вивчаючи сумісність компонентів високотемпературних матеріалів вчені [10] встановили, що згідно з даними SEM, боридний шар мав гладку і щільну поверхню. У сплавах Ni–Mg дифузія атомів бору від поверхні до основи прискорювалася зі збільшенням температури та часу обробки. Як наслідок, товщина шару бориду збільшилася.

Отже, аналізуючи результати робіт, присвячених проблемі розробки високотемпературних матеріалів, які застосовуються в цивільній інженерії, можна зробити висновок, що актуальною проблемою є термодинамічна та кінетична сумісність компонентів, яка визначається рівноважними і кінетичними характеристиками системи [1].

Постановка завдання. Вивчення закономірностей процесу сумісності компонентів під час розробки та експлуатації високотемпературних матеріалів в цивільній інженерії.

Виклад основного матеріалу дослідження. Одним із параметрів процесу розробки високотемпературних матеріалів є температура початку взаємодії компонентів. Температурою початку реакції взаємодії в твердофазних процесах вважають температуру, при якій ізобарно-ізотермічний потенціал дорівнює нулю [1].

Температурою початку взаємодії є така температура, при якій ізобарно-ізотермічний потенціал залежить також від тиску навколишнього газового середовища. Важливою характеристикою процесу взаємодії у високотемпературних матеріалах є температура початку взаємодії компонентів. Температурою початку реакції вважають таку температуру, при якій можна виявити продукти хімічної реакції. Застосування поняття «температура початку реакції» є дуже доцільним, оскільки дає змогу порівняти відносну реакційну здатність різних речовин в однакових умовах. Процес взаємодії складається із двох стадій, у яких перша відображає мікроскопічні зміни в зоні контакту, а друга сприяє зміні властивостей системи.

Можна зробити висновок, що умовна температура початку хімічної реакції може розглядатися як характеристична величина поруч із ефективною енергією активації.

Щодо реакції твердофазного процесу, то можна розглядати два випадки застосування тиску. У першому випадку може змінюватися кінетика реакції, а у другому, відповідно до принципу Ле-Шательє, можуть бути зміщені також рівноважні реакції. Вплив тиску залежно від механізму і умов проходження реакції може бути неоднозначним. Попереднє ущільнення на кінетику твердофазної взаємодії в порошковій суміші добре прослідковується при дослідженні нітриду кремнію і титану [1]. Необхідно зазначити, що активатором процесу твердофазної взаємодії може бути пластична деформація під тиском. Застосування тиску і глибокого вакууму дозволяє зварювати в холодному стані такі матеріали, як мідь, срібло, алюміній титан і свинець і інші пластичні матеріали.

Більшість тугоплавких матеріалів по адгезійній взаємодії у вакуумі і середовищі гелія відрізняються незначно. Це пояснюється тим, що ті сполуки не взаємодіють із залишковими газами. Вплив середовища на твердофазні реакції не обмежуються стадією адгезійної взаємодії. Зниження тиску зовнішнього середовища суттєво зміщує рівновагу реакцій, які супроводжуються дисоціативним випаровуванням реагентів або відбувається утворення газоподібних продуктів. Оскільки при взаємодії неметалічних тугоплавких сполук із металами велику роль відіграють газофазні процеси. Зменшення тиску в реакційному просторі і наявність масообміну з навколишнім середовищем зміщують рівновагу реакцій таким чином, що відбувається зміна фазового складу продуктів реакції, так, як при пониженні температури [1].

Ішим видом сполук із областю гомогенності є тверді розчини, утворення яких можна передбачати по діаграмі стану для тугоплавких матеріалів. Утворення в системі твердих розчинів також приводить до зміни термодинамічних характеристик систем. Кількісна оцінка такого впливу в даний час не завжди можлива. Таким чином, при строгому розв'язку основних задач термодинамічного дослідження твердофазних процесів необхідно прийняти до уваги:

- 1) вплив температури на термодинамічні функції;
- 2) фазові перетворення компонентів у дослідженому температурному інтервалі;
- 3) вплив тиску на процеси, які супроводжується при значній зміні об'єму, фаз, особливо, якщо процес проходить під тиском, що суттєво відрізняються від атмосферного;
- 4) наявність масообміну з навколишнім середовищем;
- 5) вплив на термодинамічні функції і зміну складу в області гомогенності.

Необхідно зазначити, що термодинамічно розглядаються тільки рівноважні умови, водночас як на практиці результати взаємодії залежать не стільки від параметрів досліджень і кінцевого стану, скільки від неметалевих обмежень.

Головною проблемою, що виникає на шляху створення композиційних матеріалів для роботи в області високих температур (вище 1000°C) є проблема сумісності компонентів. Багато матеріалів, які армовані волокнами або зміцнені

дисперсними включеннями, втрачають стійкість при експлуатації в області високих температур внаслідок дифузії та хімічної взаємодії на границі волокно – основа. Це приводить до руйнування волокна та зміни складу основи і різкого погіршення механічних властивостей композиції. В зв'язку з тим, основні труднощі в технології композитів зв'язані з руйнуванням матеріалів під час хімічної взаємодії. Суттєвий вплив на розвиток дифузії в композиційних матеріалах впливають дислокації, границі розділу основа-волокно, надлишкові неврівноважені дефекти, які виникають під впливом термічних напружень.

З метою забезпечення високих експлуатаційних показників до композиції додають волокна, які повинні мати такі властивості: високу температуру плавлення, низьку густину, високу міцність в усій області робочих температур, мінімальну розчинність в основі, високу хімічну стійкість, відсутність фазових перетворень у зоні робочих температур, а також бути нетоксичними в умовах виготовлення та експлуатації [3]. Комплекс таких властивостей мають волокна бора, карбіду кремнію, графіту, карбіду бора, нитковидні кристали оксиду алюмінію оксиду берилію, карбіду кремнію, карбіду бора, а також вольфрамовий, молібденовий і сталевий тонкий дріт, який застосовується як зміцнювач у композиційних матеріалах. Металевою основою найбільш часто є алюміній, нікель, залізо, хром, титан і сплави на їх основі. При виборі зміцнюючих фаз, які сумісні з металевою основою використовують термодинамічний підхід. Зокрема, як дисперсне включення застосовують, з метою підвищення стабільності композиції, металеву основу із меншим спорідненням до кисню, а тугоплавкі оксиди – з великим спорідненням до кисню.

В літературі містяться загальні практичні рекомендації щодо вибору металевої основи і зміцнюючого оксиду із врахуванням споріднення до кисню металу основи і елемента, що утворює оксид. Наприклад, рекомендується використовувати оксиди, ізобарний потенціал утворення яких при температурі $T=1270\text{K}$ перевищує 250kJ/mol атомів кисню і навіть перевищує 400kJ/mol атомів кисню. Відповідно до термодинамічних розрахунків оксиди рідкоземельних металів мають великі значення ізобарно-ізотермічного потенціалу взаємодії з нікелем і малу розчинність в нікелевій основі. Приймаючи до уваги, що сумісність з основою оксиди рідкоземельних металів є перспективними зміцнювачами для нікеля [1].

Другий підхід щодо вибору сумісних складових композиційних матеріалів охоплює дослідження твердофазної взаємодії і розчинності матеріалів при високих температурах. Для створення сумісної системи зміцнювач-основа необхідно знайти компромісний розв'язок по відношенню до двох протилежних задач:

1) утворення міцного зв'язку на поверхні розділу для ефективної передачі навантаження і підтримування суцільності при термічних циклах;

2) необхідність запобігати руйнуванню композита при високих робочих температурах.

Таким чином, перша задача передбачає збудження хімічної реакції, а друга навпаки перешкоджає протіканню хімічної реакції. Отже, в ідеальному випадку зміцнювач і основа повинні хімічно взаємодіяти лише до такого ступеня, який необхідний для утворення зв'язку при високих температурах, ніж ті при яких передбачається використання матеріалу. Хімічна взаємодія при робочих температурах допустима, якщо швидкість реакції на стільки мала, що практично не зменшує довговічність матеріалу [4].

Одним із способів одержання композиційних матеріалів із використанням несумісних компонентів (наприклад, нитковидних кристалів Si_3N_4 алюмінієм або міддю) - тимчасова взаємодія кристалів із розплавленим металом. Одержання структурно стабільних композиційних матеріалів може бути досягнуто внаслідок

зменшення градієнта хімічного потенціалу і зниження дифузії, який визначають ріст товщини реакційної зони, шляхом очищення від домішок зміцнюючих волокон або кристалів легуванням основи або шляхом нанесення бар'єрного шару на волокно або дріт. Матеріал дифузійного бар'єру повинен задовольняти таким вимогам:

- 1) сумісний із зміцнюючою основою;
- 2) мати близькі коефіцієнти термічного розширення і кристалографічні розміри ґраток із зміцнюючою фазою і основою;
- 3) міцно зчіплюватися із зміцнюючою фазою і основою і не приводити до різкого зниження міцності.

В процесі розробки високотемпературних матеріалів особливе значення має вивчення взаємодії на границі розділу фаз. Хімічні реакції, які проходять в системі покриття – основа, визначають з одного боку технологічні параметри процесу одержання покриття, які характеризуються достатньо міцним щепленням з основою та довговічністю захисної дії.

Висновки. Результати проведених дослідів свідчать про те, що найбільш міцне щеплення покриття з основою досягається при утворенні між ними проміжного шару, який формується внаслідок дифузійної або хімічної взаємодії. Необхідно зазначити, що хімічна взаємодія ефективна лише в тому випадку, якщо нові продукти реакції нагромаджуються в перехідному шарі і мають властивості, які погоджуються із властивостями покриття і основи, а також мають високу міцність. Погодження властивостей покриття і основи може бути досягнуто шляхом підбору режиму нанесення покриття, застосуванням активаторів або сповільнювачів реакції, створення проміжних шарів із подібними властивостями.

Список літератури

1. Афанасьєва О.В. Матеріалознавство та конструкційні матеріали: навч. посіб. Харків: ХНУРЕ, 2016. 188 с.
2. Кицькай Л.І. Формування багатшарового покриття на ніобії і танталі для захисту їх від окислення : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.16.01. Київ, 2020. 16 с.
3. Погребова І.С., Янцевич К.В. Вплив високотемпературного окислення на корозійну стійкість хромосиліційованої сталі 45 І. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2021. Вип. 6. С. 92-97.
4. Юрій Дзядикевич, Олена Захарчук, Павло Попович, Руслан Розум, Мукола Буряк, Віктор Шевчук. Використання боридних і силіцидних покриттів у ДВЗ: технологічний аспект. *Збірник наукових праць Центральноукраїнський науковий вісник «Технічні науки»*. 2023. Вип. 7(38), ч.І. С. 151-159.
5. Калініна Н.Є. Структура, властивості та використання конструкційних наноматеріалів / Калініна Н.Є., Никифорчин Г.М., Калінін О.В. та ін. – Львів : Простір-М, 2017. 302 с.
6. Савуляк В.І., Шиліна О. П., Шенфельд В. Й. Матеріалознавство: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2019. 34 с.
7. William D. Callister Jr., David G. Rethwisch. *Materials Science and Engineering*. John Wiley & Sons; 9th Edition SI Version, 2014. 936 p.
8. William D. Callister Jr., David G. Rethwisch. *Callister's Materials Science and Engineering*. Wiley; 10th edition, 2020. 944 p.
9. Adrian P. Sutton FRS. *Concepts of Materials Science*. OUP Oxford, 2021. 160 p.
10. Жунківський Г.Л., Григорьев О.М., Ведель Д.В. Взаємодія дибориду титану з залізом та нержавіючою сталлю X18H10T. *Порошкова металургія*. 2021. Вип. 07/08. С.95-104.

References

1. Afanas'ieva, O.V. (2016). *Materialoznavstvo ta konstruktivni materialy [Materials science and construction materials]*. Kharkiv: KhNURE [in Ukrainian].
2. Kytskaj, L.I. (2020). *Formuvannia bahatosharovoho pokryttia na niobii i tantali dlia zakhystu ikh vid okyslennia [Formation of a multilayer coating on niobium and tantalum to protect them from oxidation]*. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].

3. Pohrebova, I.S. & Yantsevych, K.V. (2021). Vplyv vysokotemperaturnoho okyslennia na korozijnju stijkist' khromosylitsijovanoi stali 45 I [The influence of high-temperature oxidation on the corrosion resistance of chromosilicized steel 45 I]. *Visnyk KrNU imeni Mykhajla Ostrohrads'koho – Bulletin of Mykhailo Ostrogradsky KrNU*, 6, 92-97 [in Ukrainian].
4. Dziadykevych, Yu., Zakharchuk, O., Popovych, P., Rozum, R., Buriak, Mukola & Shevchuk, V. (2023). Vykorystannia borydnykh i sylitsydneykh pokryttiv u DVZ: tekhnolohichnyj aspekt [Use of boride and silicide coatings in internal combustion engines: technological aspect]. *Zbirnyk naukovykh prats' Tsentral'noukrains'kyj naukovyj visnyk «Tekhnichni nauky» – Collection of scientific works Central Ukrainian Scientific Bulletin "Technical Sciences"*, 7(38), I, 151-159 [in Ukrainian].
5. Kalinina, N.Ye., Nykyforchyn, H.M., Kalinin, O.V. et al. (2017). *Struktura, vlastyvoli ta vykorystannia konstruksijnykh nanomaterialiv [Structure, properties and use of structural nanomaterials]*. L'viv : Prostir-M [in Ukrainian].
6. Savuliak, V.I., Shylina, O. P. & Shenfel'd, V. J. (2019). *Materialoznavstvo [Materials science]* Vinnytsia: VNTU [in Ukrainian].
7. William D. Callister Jr. & David G. Rethwisch (2014). *Materials Science and Engineering*. John Wiley & Sons; 9th Edition SI Version. 936 p. [in English].
8. William D. Callister Jr. & David G. Rethwisch. (2020). *Callister's Materials Science and Engineering*. Wiley; 10th edition. 944 p. [in English].
9. Adrian P. Sutton FRS.(2021). *Concepts of Materials Science*. OUP Oxford, 160 p. [in English].
10. Zhunkivs'kyj, H.L., Hryhor'iev, O.M. & Vedel', D.V. (2021). Vzaiemodiia dyborydu tytanu z zalizom ta nerzhaviiuchoiu stalliu Kh18N10T [Interaction of titanium diboride with iron and stainless steel X18H10T]. *Poroshkova metalurhiia – Powder metallurgy*, 07/08, 95-104 [in Ukrainian].

Yuriy Dziadykevich, Prof., DSc, **Pavlo Popovych**, Prof., DSc, **Andriy Vitroviy**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Ruslan Rozum**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Olha Chorna**, Assoc. Prof., Ph.D econ. sci., **Olena Zakharchuk**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Nataliya Halysh**, Ph.D econ. sci., Senior Lecturer, **Zoriana Tsydylo**, Senior Lecturer, **Kateryna Shok**, Senior Lecturer

Western Ukrainian National University, Ternopil, Ukraine

Compatibility of material components in civil engineering

The work highlights the problem of thermodynamic and kinetic compatibility of components in the creation of fire-resistant and strong composite materials in civil construction. The works of leading domestic and foreign scientists on this problem are analyzed. The kinetics of the interaction of temperature, pressure, structural features, the degree of compactness of the material and the external environment are considered. Areas of practical application of solid-phase reactions are indicated. Attention is paid to the protection of refractory materials from high-temperature gas corrosion. The compatibility of the boride coating with refractory metals was investigated. The interaction of titanium diboride with iron and its alloy was studied. It has been proven that iron alloys are promising for their use as a basis for composite materials. The laws of the compatibility process of components during the development and operation of high-temperature materials in civil engineering were studied. The main factors influencing the compatibility of components during thermodynamic solid-phase processes of creating composite materials are highlighted. Recommendations are given for the selection of the metal base and strengthening oxide, taking into account the affinity of the base metal and the oxide former for oxygen. The solid-phase interaction and solubility of materials at high temperatures were studied. Methods of obtaining composite materials using incompatible components are given.

The results of the conducted experiments indicate that the strongest grafting of the coating with the base is achieved when an intermediate layer is formed between them, which is formed as a result of diffusion or chemical interaction. It should be noted that the chemical interaction is effective only if the new reaction products are accumulated in the transition layer and have properties that agree with the properties of the coating and the base, and also have high strength. Matching the properties of the coating and the base can be achieved by selecting the coating application mode, using activators or reaction retarders, and creating intermediate layers with similar properties.

compatibility of components, composite refractory materials, civil engineering

Одержано (Received) 26.10.2023

Прорецензовано (Reviewed) 29.11.2023

Прийнято до друку (Approved) 27.12.2023