

The study took into consideration the vibration of the bearing surfaces of the bolt head and the nut in mutually perpendicular directions (in planes perpendicular to the axis of the threaded rod). This vibration is the result of moving masses of working bodies of technological material and the influence of the phenomenon of dissipation. Vibration is a forced, and exists due to the balance of the energy supplied to the oscillating system and the energy spent on friction.

Based on the analysis of vibration bearing surface of the bolt head and nut introduced the concept of "synchronous" and "asynchronous" connection. Numerical analysis of vibration threaded connections agricultural machinery allows to judge about the functioning capacity of the threaded connection of the cross compelled by force and relative angular vibration of the bearing surfaces of the bolt head and nut.

Studies relevant for use in simulation modeling of this process, which will predict the resource threaded connections, plan preventive actions and to achieve maximum compliance with the required parameters of threaded connections, the working conditions of the machine.

Key words: *threaded fasteners, vibration, kinematics, agricultural machinery*

УДК 621:664: 669.01(075)

ПЕРСПЕКТИВНІ МЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ОТРИМАННЯ

Є. Г. Афтандіянц, доктор технічних наук

ORCID iD-0000-0001-5864-9855

Національний університет біоресурсів и

природокористування України

e-mail: aftyev@hotmail.com

Анотація. *Актуальність проведення досліджень з вивченням закономірностей формування дисперсійнозміцнених структур монометалевих, біметалевих і композиційних матеріалів визначається необхідністю управління фізико-хімічними і теплофізичними процесами формування матеріалів, що працюють в умовах екстремальних навантажень і абразивного зношування. Метою дослідження є оптимізація складу, структури та технології виробництва таких перспективних матеріалів, як дисперсійнозміцнені азотом и ванадием сталі, біметали та композити для забезпечення високої та стабільної якості*

© Є. Г. Афтандіянц, 2018

отриманих виробів. Розглянути процеси формування структури та властивостей дисперсійнозміцнених структур монометалевих, біметалевих і композиційних матеріалів і встановлені аналітичні закономірності процесів. На основі аналізу отриманих закономірностей виконана оптимізація технологій виробництва дисперсійнозміцнених азотом і ванадієм сталей, виготовлення біметалевих і композиційних виливків. Комплексна оптимізація хімічного складу, режимів розкислення і термічної обробки низько- і середньолегованих литих конструкційних сталей з нітрідванадієвим зміцненням забезпечує додаткове підвищення міцності на 200–250 МПа зі збереженням рівня пластичності, прогартованості в 2,5–3,3 рази; характеристик холодостійкості в 1,5–3 рази, теплостійкості в 1,4–1,8 рази, стійкості до зворотної відпускної крихкості в 1,3–2,8 рази, зносостійкості в 1,4–2,3 рази, втомної міцності на 30–70%. Удосконалення технології виготовлення біметалевих виливків дозволило в 2,5–6,0 разів збільшити зносостійкість і в 6–8 разів підвищити термін роботи виробів з них, в порівнянні з високомарганцевистою сталлю 110Г13Л, а витрати дефіцитних і коштовних металів і сплавів (мідь, нікель, титан, хром, марганець) скоротити в 1,7–2,0 рази. Розробка та застосування нової технології виготовлення дисперснєзміцнених композиційних виливків забезпечила збільшення зносостійкості композиційних виробів в 2,5–2,9, при цьому термін роботи дробильно-розмельного обладнання з композиційними виливками збільшується в 3,0–3,6 разів при первинному та в 3,6–3,9 разів при вторинному подрібненні матеріалів, в порівнянні з високомарганцевистою сталлю Гатфільда. У випадку подрібнення клінкеру збільшення складає від 2,1 до 3,3 разів в порівнянні з біметалевими виливками.

Ключові слова: *сталь, структура, властивості, азот, ванадій, біметал, основа, робочий шар, перехідна зона, матриця, армуючі частинки*

Постановка проблеми. Експлуатаційні властивості металевих матеріалів визначаються поєднанням значень таких їх характеристик, як міцність, пластичність, втомна міцність, холодостійкість, в'язкість руйнування, зносостійкість і ряду інших. Найменш сприятливе поєднання зазначених властивостей в вуглецевої сталі, так як підвищення міцності в міру збільшення вмісту вуглецю супроводжується закономірним зниженням пластичності, в'язкості руйнування при кімнатній і від'ємній температурах і ряду інших характеристик. Проблема підвищення зносостійкості матеріалів, збільшення технічного ресурсу деталей машин і обладнання, що працюють в умовах екстремальних навантажень і активних видів

зношування, скорочення незворотних втрат металу, зниження витрат високолегованих дорогих сплавів є однією з найбільш актуальних на сьогоднішній день.

Аналіз останніх досліджень. Потрібне поєднання значень тих або інших характеристик експлуатаційних властивостей досягається шляхом оптимізації процесів легування, модифікування і формування спеціальних структур матеріалів і технологій їх виготовлення.

При легуванні і модифікуванні використовують елементи, які забезпечують зменшення структурної неоднорідності, підвищення міцності твердого розчину і ступеня дисперсійного зміцнення металевих матеріалів.

З таких механізмів зміцнення, як вплив елементів на міцність твердого розчину, щільність дислокацій, зернограничного і дисперсійного зміцнення найбільш ефективно зміцнення виділенням вторинної фази. У разі сталі воно визначається відстанями між центрами частинок, їх розміром, так як модулі пружності карбідів і нітридів значно вище, ніж у фериту.

Для підвищення міцності одним із головних завдань легування і модифікування, є забезпечення дисперсного і рівномірного виділення вторинної фази при термічній обробці. У сталях з карбідним зміцненням диспергування будови структури досягається в основному за рахунок підвищення легуючими елементами стійкості аустеніту до переохолодження, зниження активності і дифузійної рухливості вуглецю, зміни ними виду і кристалографічних параметрів карбідної фази.

Дисперсійне зміцнення є ефективним способом впливу на процес формування первинної і вторинної структури, а також властивості конструкційних сталей і найбільш технологічно реалізується шляхом модифікування металевих матеріалів азотом і ванадієм.

В умовах дефіциту в країні хрому, молібдену, ванадію, нікелю і інших елементів біметалеві матеріали в конструкціях машин є практично єдиним рішенням при створенні виробів з комплексом диференційованих і спеціальних властивостей.

Біметалеві матеріали або біметали складаються з двох різних металів або сплавів. Біметали застосовують, в основному, як корозійностійкі, антифрикційні та термостійкі матеріали. Особливою групою біметалів є зносостійкі біметалеві матеріали, що складаються з основи (вуглецеві або низьколеговані сталі) і робочого шару (леговані та високолеговані чавуни і сталі) і застосовуються, в основному, як робочі органи дробильно - розмельного устаткування.

Зносостійкі біметалеві виливки поєднують високу твердість і зносостійкість робочих поверхонь та ударну в'язкість і пластичність матеріалу основи. В біметалевих виливках повинен бути надійний

дифузійний зв'язок між сплавами основи та робочого шару, а також високі міцні характеристики перехідної дифузійної зони, які повинні перевищувати відповідні показники матеріалу робочого шару біметалевих виливків.

Зносостійкі біметалеві матеріали отримують механічним з'єднанням (наприклад, типу «ластівків хвіст»), пластичною деформацією шарів металу, наплавленням або заливкою розплаву на тверду основу.

При механічному з'єднанні металів в зоні їх контакту завжди є плівка оксидів і повітряний зазор, що погіршує механічну міцність і відведення тепла.

З чисельних методів отримання біметалевих виливків найбільш поширеними є одночасна або послідовна заливка рідких сплавів у ливарну форму з перегородкою; що відокремлюється, послідовна заливка у форму рідких сплавів; заморожування металу з розплаву на тверду заготовку; заливка рідкого металу на тверду заготовку, що попередньо розташована в ливарній формі [1].

Заливка рідкого металу на тверду заготовку, що попередньо розташована в ливарній формі, є найбільш технологічним процесом отримання біметалевих виливків. Однак закономірності формування структури та властивостей біметалевих виливків та оптимізація на їх основі процесу виготовлення біметалів досліджені недостатньо.

Біметалеві виливки завдяки оптимальному поєднанню фізико-механічних, технологічних і експлуатаційних характеристик знайшли широко застосування в сільськогосподарському, нафтохімічному та енергетичному машинобудуванні, цементної промисловості та будівельній індустрії. Однак, в ряді випадків їх використання не є доцільним внаслідок інтенсивного зношування.

Перспективним напрямом вирішення проблеми є застосування композиційних матеріалів на основі залізобетонних сплавів, що дозволить істотно підвищити ресурс робочих органів обладнання, забезпечити ефективне використання та значну економію високолегованих сплавів.

Композиційні матеріали за структурою (геометрія та розташування компонентів) розподіляються на дисперснозміцнені, волокнисті та шаруваті композити (рис. 1).

Дисперснозміцнені композиційні матеріали (рис. 1, а) армуються частинками (нуль - мірними компонентами), які мають довжину, висоту та товщину одного порядку та розташовані в матриці. В якості армуючих частинок використовують метали, оксиди, бориди, карбіди, сіліциди, нітриди та інтерметаліди). Частинки зміцнюють матрицю, перешкоджаючи розвитку дислокаційного ковзання, при навантаженні

та перерозподілу навантаження між матрицею та наповнювачем, сприймаючи частку прикладеного навантаження.

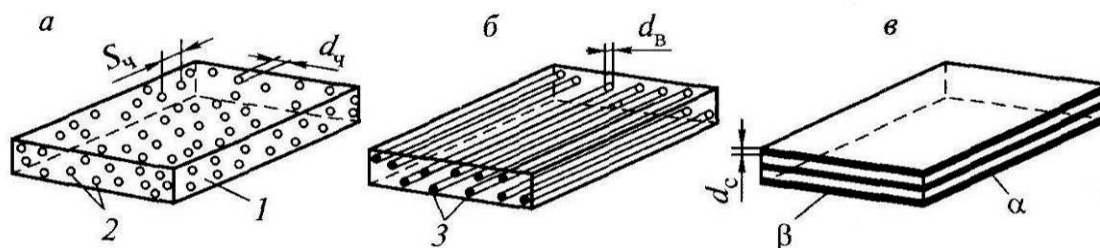


Рис. 1. Схематичне зображення структур композиційних матеріалів [2]: а – дисперснозміцненні; б – волокнисті; в – шаруваті (d_c – товщина шару в β - α композиті). 1 – матриця; 2 – армуючі частинки діаметром $d_{\text{ч}}$ з відстанню $S_{\text{ч}}$; 3 – армуючі волокна діаметром $d_{\text{в}}$.

Волокнисті композиційні матеріали складаються з матриці та армуючих волокон у вигляді сталевих дроту, металевих (W, Be, Ta, Ti), неметалевих (вуглець і бор), керамічних (Al_2O_3 , SiC, TiC), мінеральних (скло, кварц, базальт, азбест) та органічних (поліетилен, поліефір, поліамід) волокон (рис. 1, б).

Шаруваті композити являють собою основні та інтерметалідні шари товщиною від 100 до 1000 мкм (рис. 1, в). В якості основних шарів використовують різноманітні метали, які, здатні при нагріванні, за рахунок дифузії, утворювати інтерметалідні прошарки (Ti-Fe, Mg-Al, Cu-Al, Nb-Fe та ін.) заданої товщини.

Зносостійкість композиційних матеріалів визначається властивостями наповнювача і матриці, а також характером їх взаємодії та залежить від розміру і ступеня розчинення наповнювача в матриці, наявності та складу продуктів їх хімічної взаємодії і мікронапруг на межі розділу наповнювач-матриця [3]. Найбільшу зносостійкість в умовах знакозмінних ударних навантажень мають дисперснозміцнені композиційні матеріали.

Відомо багато методів твердофазного та рідкофазного отримання композиційних виробів [2, 4]. Результати експериментів показують, що найбільш технологічним є метод відповідно до якого рідкий метал заливається в ливарну форму, де розташовані армуючі частинки [4].

Аналіз твердості абразивних частинок і структурних складових залізовуглецевих сплавів показав, що тільки карбіди вольфраму (WC) та титану (TiC) мають твердість, що суттєво (в 2–4 рази) перевищує твердість такого абразивного середовища як пісок.

Наведений аналіз показує, що дисперснозміцнені азотом і ванадием стали, біметали і композити є перспективними матеріалами

застосування яких дозволить вирішити проблему підвищення якості та терміну служби машинобудівної продукції. Однак для вирішення цієї проблеми необхідно оптимізувати їх склад, структуру і технологію отримання.

Мета досліджень. Оптимізація складу, структури та технології виробництва таких перспективних матеріалів, як дисперсійнозміцнені азотом і ванадієм сталі, біметали та композити.

Результати досліджень. Аналіз результатів експериментів виконаних при розробці дисперсійнозміцнених азотом і ванадієм сталей показують, що комплексна оптимізація вмісту в сталі азоту, ванадію та інших нітридоутворюючих елементів, а також температури аустенітізуючого нагріву, забезпечує підвищення міцності і службових властивостей без зниження характеристик пластичності і ударної в'язкості.

Кінцеве розкислення сталі практично завжди проводиться алюмінієм. Однак відомо, що вільна енергія утворення нітридів алюмінію менше, ніж нітридів ванадію, тому необхідною умовою ефективного впливу азоту та ванадію на структуру і властивості розкисленої алюмінієм сталі повинна бути більш висока температура утворення нітридів ванадію, ніж нітридів алюмінію.

Розрахунки показують, що така умова реалізується при вмісті масової частки алюмінію в сталі менше 0,03% і ванадію – 0,10% [5]. При цьому підвищення температури нагріву від 920 до 1000 °С при поліпшенні призводить до збільшення міцності на 85–100 МПа без зниження пластичності і ударної в'язкості сталі.

При зниженні вмісту алюмінію необхідно додаткове розкислення сталі елементами, які мають схильність до кисню, порівнянне з алюмінієм, а вільну енергію утворення нітридів більш високу. Таким вимогам найбільш повно відповідають рідкоземельні метали (РЗМ-Сe, La, Pr і інші метали лантаноїдної групи), оскільки при їх введенні в сталі в першу чергу утворюються продукти розкислення, потім окисульфіді, сульфіді і в останню чергу нітриди.

Аналіз виділення нітридів лантану, церію, ванадію і алюмінію в залізі показує, що виділення нітридів лантану і церію відбувається в разі перевищення добутку концентрацій церію і азоту в твердому розчині в 1,7–3,7 рази в порівнянні з ванадієм і в 7,8–18,4 рази в порівнянні з алюмінієм. Термодинамічні умови утворення нітридів ванадію реалізуються в сталі, що містить масову частку ванадію від 0,05 до 0,15% і азоту від 0,005 до 0,03% при вмісті церію до 0,06%.

Дослідження впливу температури аустенітизуючого нагріву на механічні властивості сталей 50Л, 50АФЛ, 50ЧЛ, 50ЧАФЛ, показало, що при нормалізації сталей від 860 до 950 °С в разі низького залишкового вмісту алюмінію або кінцевого розкислення РЗМ

досягається підвищення межі текучості добавками азоту і ванадію на 175–250 МПа, тобто на 30–45%, без зниження пластичних властивостей і ударної в'язкості. У разі реалізації термодинамічних умов переважного виділення нітридів ванадію істотне підвищення рівня властивостей сталі відзначається при нагріванні на 100–150 °С нижче температури повного розчинення нітридів ванадію.

Оптимізація процесу виробництва [6] конструкційних сталей з N і V дозволила розробити сталь 30ХАФЛ для ходової частини гусеничних машин. Виробництво гусениць і катків гусеничних машин зі сталі 30ХАФЛ замість сталей 110М13Л і 45ФЛ забезпечує підвищення їх абразивної зносостійкості відповідно в 1,9 і 2,4 рази. Застосування сталей з карбо-нітридним зміцненням дозволяє знизити брак лиття по тріщинах в 1,5–2,0 рази.

При виготовленні біметалевих виливків шляхом заливання рідкого металу на тверду заготовку, що попередньо розташована в ливарній формі, утворюється міцна та суцільна перехідна зона з дифузійним з'єднанням основи і робочого шару (рис. 2).

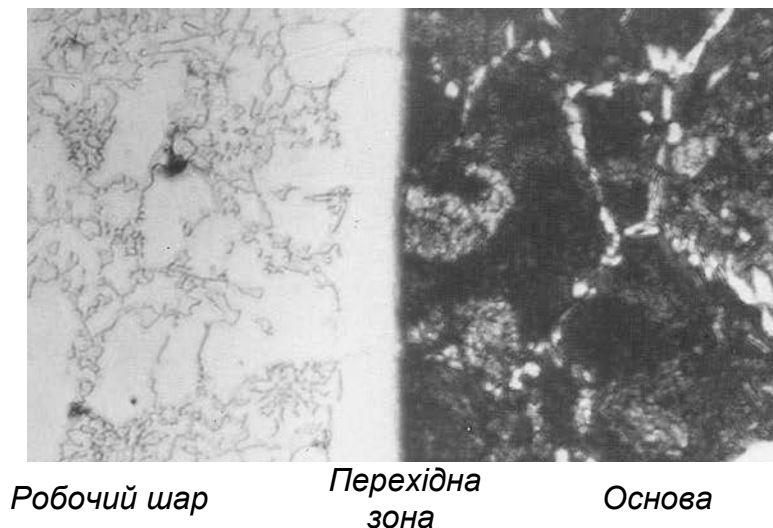


Рис. 2. Мікроструктура робочого шару (високохромистого чавуну), перехідної (дифузійної) зони та основи (низьколегованої сталі) біметалевого виливка [7], $\times 200$.

Дифузійне з'єднання відбувається, в процесі виготовлення біметалевих виливків, при контакті із затверділою, після заливки, основою з робочим шаром і охолодження біметалевого виливка після заливки (рис. 3). Для отримання високоякісного дифузійного з'єднання розплав сталі за допомогою ківшу через ливникову систему заливають в ливарну форму, де в процесі твердіння і охолодження формується сталева основа біметалевого робочого органу дробарки [8]. Після заливки сталі на відкриту поверхню основи, через надлив, подається флюс, який взаємодіє з домішками (неметалеві включення,

шкідливі домішки, газу), що знаходяться на поверхні та переводить їх у сполуки, щільність яких нижча за щільність розплаву чавуну.

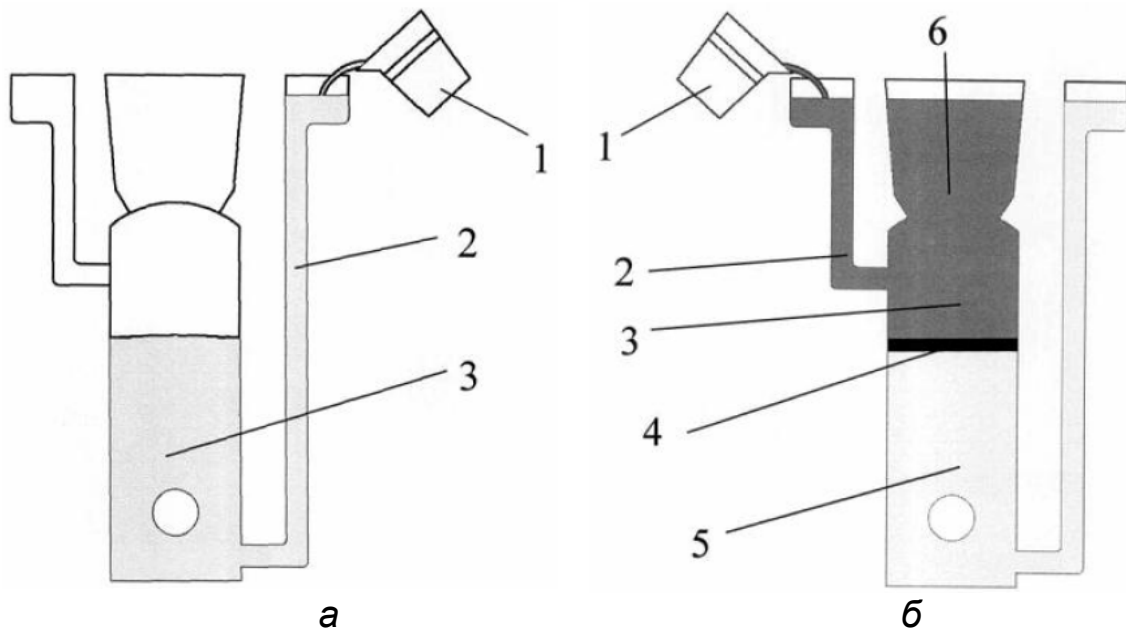


Рис. 3. Схема виготовлення біметалевих виливків [8, 9].

Одночасно з виплавою сталі в іншій індукційній печі виплавляється зносостійкий легований чавун визначеного хімічного складу, який за допомогою ковша через ливникову систему заливається, в ливарну форму на затверділу основу.

При цьому відбувається спливання сполук утворених флюсом у зону надливу, взаємна дифузія, на поверхні контакту, атомів чавуну і сталі в процесі твердіння і охолодження робочого шару та формування дифузійного перехідного шару, який міцно з'єднує робочий шар і основу у високоякісний біметалевий виріб (рис. 4).

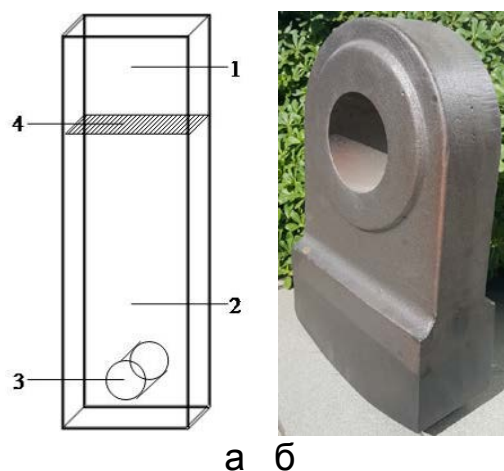


Рис. 4. Схема (а) та біметалевий молоток (б) дробарки: 1 – робочий шар; 2 – основа; 3 – отвір; 4 – дифузійна перехідна зона.

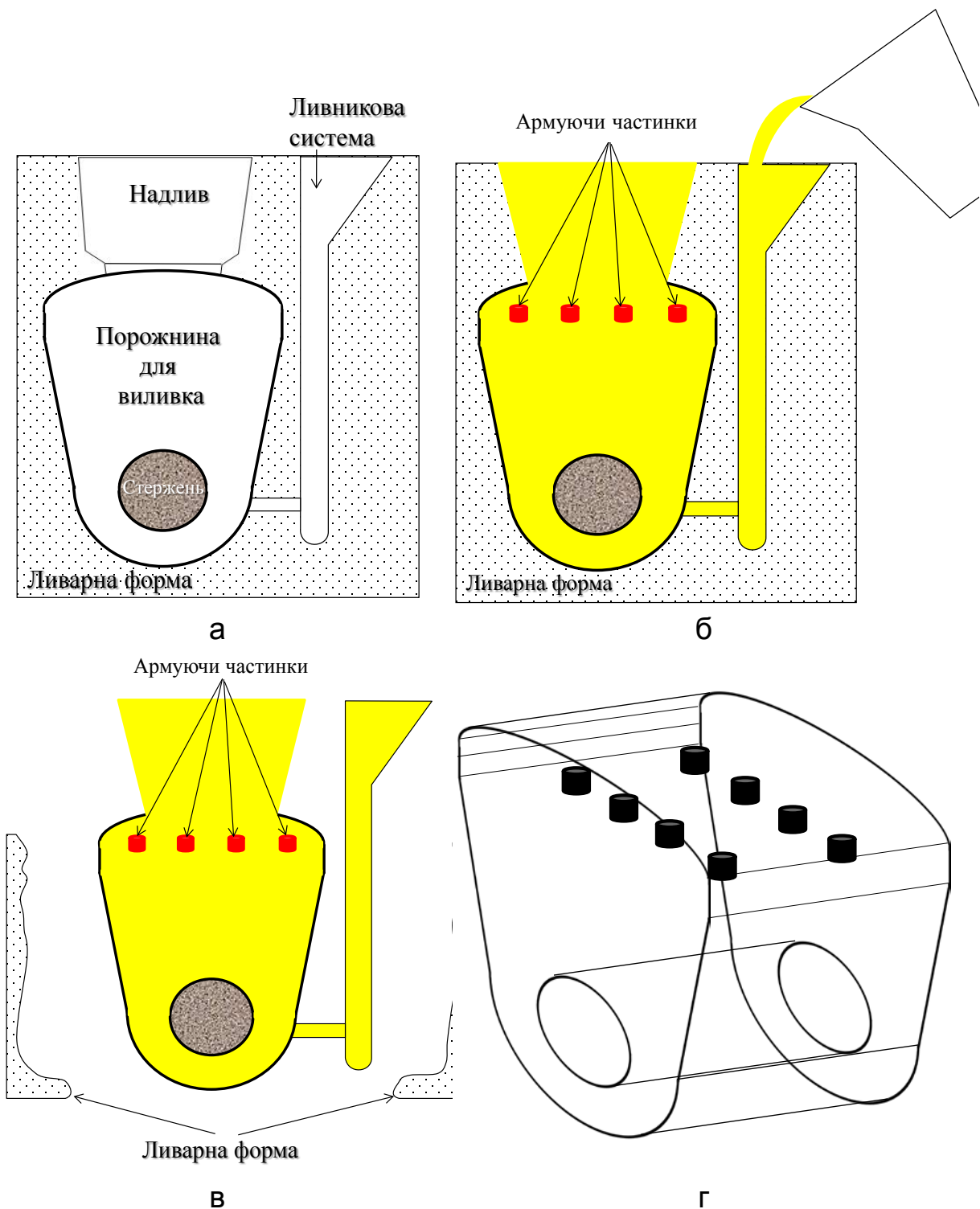


Рис. 5. Технологія виготовлення дисперсезміцнених композиційних виробів шляхом лиття: а – зібрана ливарна форма; б – заливання матричним розплавом ливарної форми з армуючими частинками; в – витяг композиційних виливків з ливарної форми після затвердіння та охолодження; г – композиційна виливка після очистки, обрубки та відрізки ливникової системи.

Зносостійкість виробів з біметалевих виливків підвищується в 2,5–6,0 разів, термін роботи – в 6–8 разів, в порівнянні з високомарганцевистою сталлю 110Г13Л, а витрати дефіцитних і коштовних металів і сплавів (мідь, нікель, титан, хром, марганець) скорочуються в 1,7–2,0 рази.

При виготовленні композиційних виробів шляхом заливання рідкого металу в ливарну форму, де розташовані армуючі частинки у якості матриці найбільш корисно використовувати середньо вуглецеві ливарні сталі, що мають оптимальне співвідношення міцності, пластичності та вартості.

Процес виготовлення дисперсезміцнених композиційних виробів шляхом лиття відбувається у наступній послідовності технологічних операцій [4]: виготовлення та збирання ливарної форми (рис. 5, а); встановлення в ливарну форму армуючих частинок, виплавка матричного сплаву і заливка ливарної форми розплавом (рис. 5, б); охолодження залитих композиційних виливків і їх витяг з ливарної форми (рис. 5, в); проведення фінішних операцій (обрубка, відрізка, зачистка) і отримання готового композиційного виливка (рис. 5, г).

Композиційні виливки дробильно-розмельного обладнання показані на рис. 6.



Рис. 6. Композиційні виливки дробильно-розмельного обладнання.

Зносостійкість композиційних виливків збільшується в 2,5–2,9, а вартість виготовлення – на 70% в порівнянні з біметалевими виливками. Термін роботи дробильно-розмельного обладнання з композиційними виливками збільшується в 3,0–3,6 разів при первинному подрібненні та в 3,6–3,9 разів при вторинному подрібненні матеріалів, в порівнянні з високомарганцевистою сталлю Гатфільда. У випадку подрібнення клінкеру збільшення складає від 2,1 до 3,3 разів в порівнянні з біметалевими виливками.

Висновки

1. Комплексна оптимізація хімічного складу, режимів розкислення і термічної обробки низько- і середньолегованих литих конструкційних сталей з нітрідванадієвим зміцненням забезпечує додаткове підвищення міцності на 200–250 МПа зі збереженням рівня пластичності, прогартованості в 2,5–3,3 рази; характеристик холодостійкості в 1,5–3 рази, теплостійкості в 1,4–1,8 рази, стійкості до зворотної відпускної крихкості в 1,3–2,8 рази, зносостійкості в 1,4–2,3 рази, втомної міцності на 30–70%.

2. Удосконалення технології виготовлення біметалевих виливків дозволило в 2,5–6,0 разів збільшити зносостійкість і в 6–8 разів підвищити термін роботи виробів з них, в порівнянні з високомарганцевистою сталлю 110Г13Л, а витрати дефіцитних і коштовних металів і сплавів (мідь, нікель, титан, хром, марганець) скоротити 1,7–2,0 рази.

3. Розробка та застосування нової технології виготовлення дисперсезміцнених композиційних виливків забезпечила збільшення зносостійкості композиційних виробів в 2,5–2,9, при цьому термін роботи дробильно-розмельного обладнання з композиційними виливками збільшується в 3,0–3,6 разів при первинному та в 3,6–3,9 разів при вторинному подрібненні матеріалів, в порівнянні з високомарганцевистою сталлю Гатфільда. У випадку подрібнення клінкеру збільшення складає від 2,1 до 3,3 разів в порівнянні з біметалевими виливками.

Список літератури

1. Костенко Г. Д. Основы процессов получения биметаллических отливок. Киев. Знание. 1990. С. 19.
2. Афтанділянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Матеріалознавство: підручник. Херсон. Видавець Грінь Д.С. 2013. 612 с.
3. Быстров В. А. Теоретическое обоснование выбора твердой составляющей композиционных материалов. Известия вузов. Черная металлургия. 2001. №8. С. 53–57.
4. Афтанділянц В. Є., Афтанділянц Є. Г. Патент України на корисну модель 103054. Спосіб виготовлення композиційного матеріалу. МПК C22C 32/00. Заявл. 24.07.2015. Опубл. 25.11.2015. Бюл. № 22.
5. Афтанділянц Є. Г. Закономерности выделения вторичных фаз в зависимости от физико-химического взаимодействия ингредиентов. Процессы литья. 1999. № 3. С. 37–44.
6. Афтанділянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Патент України на винахід 76908. Спосіб виробництва сталевих виробів, що містять азот і ванадій. МПК C21C7/06. Заявл. 14.03.2005. Опубл. 15.09.2006. Бюл. № 9.
7. Aftandilyants Y. Manufacturing technology of bimetallic castings by high durability. Proceeding of international conference. Innovations Market for R&D. Hannover (Germany). 2007. P. 1–35.
8. Афтанділянц В. Є., Афтанділянц Є. Г. Патент України на корисну модель 87521. Спосіб виготовлення литих біметалевих виробів. МПК B22D 19/00. Заявл. 29.08.2013. Опубл. 10.02.2014. Бюл. № 3.

9. Aftandilyants Y. Bimetallic materials and technology. Proceeding of First France Ukraine Workshop on Structural Materials. Ministère de l'Industrie. Paris (France). 2007. P. 1–14.

References

1. Kostenko, G. D. (1990). Process basics of obtaining bimetallic castings. Kiev. Znanie. 19.
2. Aftandilyants, Y. H., Zazymko, O. V., Lopat'ko, K. G. (2013). Material Science: Textbook. Kherson. 612.
3. Bystrov, V. A. (2001). Theoretical substantiation of the choice of a solid constituent of composite materials. Ferrous metallurgy. № 8. 53-57.
4. Method of manufacturing composite material. (2015). Patent of Ukraine for useful model. MPK C22C 32/00 [Tekst]. Aftandilyants V. Y., Aftandilyants Y. G. № 103054; 24.07.2015; publ. 25.11.2015, Bul. № 22.
5. Aftandilyants, Y. G. (1999). Regularities in the separation of secondary phases depending on the physico-chemical interaction of the ingredients. Molding processes, 3, 37-44.
6. Method for producing steel products containing nitrogen and vanadium. (2006). Patent of Ukraine. MPK C21C7/06 [Tekst]. Aftandilyants Y. G., Zazymko O. V., Lopat'ko K. G. № 76908; 14.03.2005; publ. 15.09.2006, Bul. № 9.
7. Y. Aftandilyants. (2007). Manufacturing technology of bimetallic castings by high durability. Proceeding of international conference. Innovations Market for R&D. Hannover (Germany). 1–35.
8. Method of making cast bimetallic products. (2013). Patent of Ukraine for useful model. MPK B22D 19/00 [Tekst]. Aftandilyants V. Y., Aftandilyants Y. G. № 87521; 29.08.2013; publ. 10.02.2014, Bul. № 3.
9. Aftandilyants, Y. (2007). Bimetallic materials and technology. Proceeding of First France Ukraine Workshop on Structural Materials. Ministère de l'Industrie. Paris (France). 1-14.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

Е. Г. Афтандиянц

Аннотация. Актуальность проведения исследований с изучением закономерностей формирования дисперсионноупрочненных структур монометаллических, биметаллических и композиционных материалов определяется необходимостью управления физико-химическими и теплофизическими процессами формирования материалов, работающих в условиях экстремальных нагрузок и абразивного износа. Целью исследования является оптимизация состава, структуры и технологии производства таких перспективных материалов, как дисперсионноупрочненные азотом и ванадием стали, биметаллы и композиты для обеспечения высокого и стабильного качества полученных изделий. Рассмотрены процессы формирования структуры и свойств дисперсионноупрочненных структур монометаллических, биметаллических и композиционных материалов и установлены

аналитические закономерности процессов. Комплексная оптимизация химического состава, режимов раскисления и термической обработки низко- и среднелегированных литых конструкционных сталей с нитридванадиевым упрочнением, легированных марганцем, кремнием и хромом, обеспечивает дополнительное повышение прочностных свойств на 200–250 МПа с сохранением уровня пластичности, прокаливаемости в 2,5–3,3 раза; характеристик хладостойкости в 1,5–3 раза, теплостойкости в 1,4–1,8 раза, стойкости к обратимой отпускной хрупкости в 1,3–2,8 раза, износостойкости в 1,4–2,3 раза, усталостной прочности на 30–70%. Совершенствование технологии изготовления биметаллических отливок позволило в 2,5–6,0 раз увеличить износостойкость и в 6–8 раз повысить срок работы изделий из них, по сравнению с высокомарганцевистой сталью 110Г13Л, а расходы дефицитных и дорогостоящих металлов и сплавов (медь, никель, титан, хром, марганец) сократить в 1,7–2,0 раза. Разработка и применение новой технологии изготовления дисперсионноупрочненных композиционных отливок обеспечила увеличение износостойкости композиционных изделий в 2,5–2,9 раза, при этом срок работы дробильно-размольного оборудования с композиционными отливки увеличивается в 3,0–3,6 раз при первичном и в 3,6–3,9 раз при вторичном измельчении материалов, по сравнению с высокомарганцевистой сталью Гатфильда. В случае измельчения клинкера увеличение составляет от 2,1 до 3,3 раз по сравнению с биметаллическими отливками.

Ключевые слова: сталь, структура, свойства, азот, ванадий, биметалл, основа, рабочий слой, переходная зона, композит, матрица, армирующие частицы

PERSPECTIVE METAL MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR THEIR OBTAINING

Ye. G. Aftandilyants

Abstract. The urgency of conducting studies with the study of the regularities of the formation of dispersion-strengthened structures of monometallic, bimetallic and composite materials is determined by the need to manage the physicochemical and thermophysical processes of forming materials operating under extreme loads and abrasive wear. The purpose of the study is to optimize the composition, structure and technology of production of such promising materials as dispersion-strengthened by nitrogen and vanadium of steel, bimetals and composites to ensure high and stable quality of the products obtained. The processes of formation of structure and properties of dispersion-strengthened structures of monometallic, bimetallic and composite materials are

considered, and analytical regularities of processes are established. Complex optimization of the chemical composition, deoxidation and heat treatment regimes of low- and medium-alloyed cast structural steels with nitride-vanadium hardening doped with manganese, silicon and chromium provides an additional increase in strength properties on 200–250 MPa while maintaining the plasticity level, hardenability in 2.5–3.3 times; characteristics of cold resistance in 1.5–3 times, heat resistance in 1.4–1.8 times, resistance to reversible temper brittleness in 1.3–2.8 times, wear resistance in 1.4–2.3 times, fatigue strength on 30–70%. The improvement of the technology for the production of bimetallic castings has made it possible to increase the wear resistance in 2.5 to 6.0 times, and to increase the useful life of products from them in 6–8 times compared with the high-magnetic steel 110G13L, and the costs of scarce and expensive metals and alloys (copper, nickel, titanium, chromium, manganese) reduced in 1.7–2.0 times. The development and application of new technology for the manufacture of dispersion-hardened composite castings provided wear resistance increasing of composite products in 2.5–2.9 times, while the working life of crushing and grinding equipment with composite castings increases in 3.0–3.6 times for primary and in 3.6–3.9 times for secondary grinding of materials, in comparison with the high-magnetic steel Gatfield. In the case of clinker grinding, the increasing is from 2.1 to 3.3 times for compared to bimetallic castings.

Key words: *steel, structure, properties, nitrogen, vanadium, bimetal, base, working layer, transition zone, composite, matrix, reinforcing particles*

УДК 631.315:629.783:525

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ МІСЦЕВИЗНАЧЕНОЇ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

**Л. В. Аніскевич, доктор технічних наук
ORCID iD-0000-0001-5864-9855**

**Національний університет біоресурсів і
природокористування України,
e-mail: l-anisk@meta.ua**

Анотація. Проведено аналіз моделі функціонування машини для місцевизначеної сівби зернових культур, який дозволив

© Л. В. Аніскевич, 2018