

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ТИЖДЕНЬ НАУКИ-2020.
Інженерно-фізичний факультет

Збірник тез доповідей щорічної
науково-практичної конференції серед студентів,
викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів

13–17 квітня 2020 року

Електронне видання комбінованого
використовування на DVD-ROM

м. Запоріжжя

УДК 621
Т39

*Рекомендовано до видання Вченою радою
Національного університету «Запорізька
політехніка»*

(Протокол №4/20 від 02.03.2020 р.)

Упорядник Хохлова Л.О.

Редакційна колегія:

Наумик В. В., д-р техн. наук, професор (відпов. ред.)

Прушківський В. Г., д-р екон. наук, професор

Кузькін О.Ф., канд. техн. наук, доцент

Глушко В.І., канд. техн. наук, доцент

Климов О.В., канд. техн. наук, доцент

Антонов М.Л., канд. техн. наук, доцент

Савченко В.О., канд. техн. наук, доцент

Кабак В.С., канд. техн. наук, доцент

Касьян М.М., канд. техн. наук, доцент

Корольков В.В., канд. екон. наук, доцент

Дедков М.В., канд. іст. наук, доцент

Васильєва О.О., канд. фіз.-мат. наук, доцент

Пущина І.В., канд. пед. наук, доцент

Філей Ю.В., канд. юр. наук, доцент

Гайворонська Т.О., канд. філос. наук, доцент

Сажнев В. М., канд. техн. наук, доцент

Висоцька Н. І., начальник патентно-інформаційного відділу

Тези доповідей друкуються методом прямого відтворення тексту, представленою авторами, які несуть відповідальність за його форму і зміст.

Т39 Тижень науки-2020. Інженерно-фізичний факультет. Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 13–17 квітня 2020 р. [Електронний ресурс] / Редкол. :В. В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – Назва з тит. екрана. ISBN 978-617-529-260-0.

Зібрані тези доповідей, заслуханих на щорічній науково-практичній конференції серед студентів, викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів. Збірка відображає широкий спектр тематики наукових досліджень, які проводяться на Інженерно-фізичному факультеті Національного університету «Запорізька політехніка». Збірка розрахована на широкий загал дослідників та науковців.

ISBN 978-617-529-260-0.

© Національний університет
«Запорізька політехніка», 2020

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»	6
Іванісова В.О Глотка О.А Евтектичні карбіди в економнолегованих швидкорізальних сталях.....	6
Кульпіна О.В Глотка О.А Дослідження причин руйнування поковки зі сталі 12x18n10t	8
Вініченко В.С., Джуган О.А., Капелюха С.С. Дослідження можливості одержання вольфрамоторієвих волокон нанорозмірного діапазону	9
Гордієнко М.Р., Тімченко П.Ф., Ткач Д.В. Дослідження впливу інтенсивної пластичної деформації на експлуатаційні властивості титану вт1-0.....	11
Дашкевич Д.В., Ткач Д.В., Можливості підвищення експлуатаційних властивостей лопаток гтд із титанових сплавів іонно-плазмовим азотуванням	13
Тімченко П.Ф., Грабовський В.Я. Підвищення комплексу властивостей штампового сплаву хн35вбтю.....	15
Джуган О.А., Ольшанецький В.Ю. Отримання легованих титанових порошків високої якості для адитивних технологій	17
Gennadii Snizhnoi, Vadim Ol'shanetskii, Valentin Snizhnoi. Thermodynamic aspects of formation martensite phases at deformation of austenitic steels	19
Пишняк О.В., Климов О.В. Підвищення коефіцієнту корисної дії гтд застосуванням ущільнювальних покриттів	21
СЕКЦІЯ «МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИЛИВКІВ, МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ»	23
Кузовов О.Ф., Крилова Л.О. Вдосконалення технології живлення 2-тонного ковальського зливка.....	23
Сажнев В.М., Чижов Д.В. Вплив вуглецю та марганцю на зносостійкість високомарганцевої сталі.....	24

Іванов В.Г., Сотник В.В. Зниження пригару при виробництві чавунних виливків у вогких піщано-глиняних формах	26
Сергієнко О.С., Войновська О.С., Травянко Є.О. Технологічний процес виготовлення моделей за природними об'єктами	27
Кудін В.В., Матвейшин М.В. Модифікування алюмінієвого сплаву, отриманого переплавом брикетів з вторинної сировини	29
Кудін В.В., Бабайлова В.А. Комплексне модифікування сірого чавуну	31
СЕКЦІЯ «ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЇ»	33
Савонов Ю.М., Камель Г.І., Овчинников О.О., Білозуб Л.В. Спосіб виготовлення біметалічного листа: «прокатний титановий лист-просічно-витяжний титановий лист-скловолокно».....	33
Савонов Ю.М., Камель Г.І., Филоненко М.Р., Білозуб Л.В. Обґрунтування вибору матеріалів для виготовлення деталей конічних трибосистем промислового транспорту.....	35
Куликовський Р.А., Камель Г.І., Овчинников О.О., Білозуб Л.В. Розробка процесу автоматичного зварювання кілець з титанового сплаву от4-1 закритою стислою дугою ..	37
Дуников О.С., Куликовський Р.А., Камель Г.І., Кідун Р.А. Розробка наплавочних матеріалів для ремонту дефектів лиття жароміцних сплавів	38
Акритова Т.О., Кучин О.Є., Коба А.Ю., Гусак В.Ю., Анрущенко М. І. Вплив кількості кобальту в твердих сплавах на інтенсивність абразивного зношування	40
Шумикін С.О., Кононенко А. В. Програмне забезпечення розрахунку температурного поля в металі при дуговому зварюванні стикового з'єднання пластин	43
Бережний С. П., Урекін Д. В. Технологія паяння берилієвої бронзи	44

Фетісов Р.Ю., Бережний С.П. Використання інокуляторів у вигляді стружки при виготовленні литого інструменту	45
Нетребко В.В. Особливості розробки зносостійких високохромистих чавунів для виробів, що експлуатуються у абразивному середовищі.....	47
Попов С.М., Казачков А. С. Аналіз характеру контактної взаємодії поверхонь тертя ножів прес-ножиць.....	48
Попов С.М., Суле Р. Аналіз контактної взаємодії в умовах експлуатації ножа Грейдера та розробка технології зміцнення.....	50
Попов С.М., Саєнко Б.О. Аналіз характеру контактної взаємодії в умовах поверхонь тертя деталь – підшипник кочення, та розробка алгоритму зміцнення.....	52
Гуляєва Л.В., Татарчук Т.В. Впровадження методу фахової ситуації в освітній процес підготовки майбутніх інженерів ..	53
Попов С.М., Котов М.М. Дослідження спрацьовування лопатки аеротурбіни та розробка оптимальної технології зміцнення.....	56
Попов С. М., Кононенко А. В. Аналіз напрямків підвищення експлуатаційної стійкості зубців ківшей екскаватора зі сталі 110Г13Л.....	57

СЕКЦІЯ «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

УДК 67.019

Іванісова В.О.¹

Глотка О.А.²

¹студентка групи ІФз -219м НУ «Запорізька політехніка»

²канд. техн. наук, доцент кафедри ФМ НУ «Запорізька політехніка»

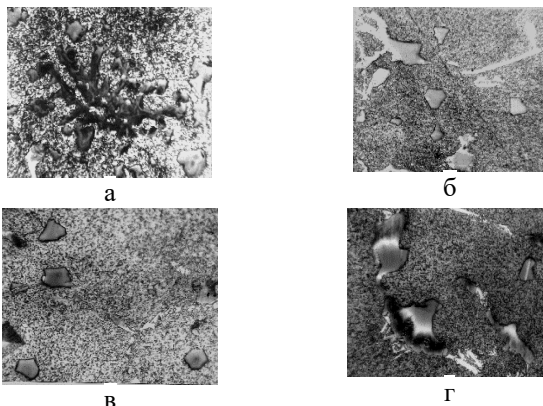
ЕВТЕКТИЧНІ КАРБІДИ В ЕКОНОМНОЛЕГОВАНИХ ШВИДКОРІЗАЛЬНИХ СТАЛЯХ

Швидкорізальні сталі є одними з основних інструментальних матеріалів. З них виготовляють до 60% різального інструменту. Принципова відмінність швидкорізальних сталей від вуглецевих і легованих інструментальних - теплостійкість. Швидкорізальні сталі зберігають високу твердість при нагріванні до температур понад 600°C. Одним із важливих факторів забезпечуються утворенням в структурі складних карбідів M_6C , $M_{23}C_6$, MC .

В даній роботі розглянуто сталь РЗАМЗФ2, яка додатково легована ніобієм в кількості 1,26-1,28% та титаном 0,2% за першим варіантом 1,55% за другим варіантом. Попередньо зразки піддавали відпалу при 850°C, 2 години, далі гартуванню 1210°C та триразовому відпуску при 560°C.

В литій сталі типу РЗАМЗФ2 кристалізуються карбіди типу M_6C , MC і M_2C які можуть утворювати евтектичні колонії. Додаткове легування ніобієм (склад №1) не призводить до зміни типу карбідів в литому стані. Однак в структурі відсутні карбіди типу M_6C , які замінені карбідами на основі титану і ніобію. Також карбід типу VC став додатково легованих титаном і ніобієм.

Введення титану (склад №2) викликає збільшення його кількості в карбідах MC , а також долегування карбідів в яких спостерігалось його відсутність. Додаткове легування Ti призводить до зародження карбіду типу M_6C і зникнення M_2C і MC (NbC). Зафіксовані евтектичні карбіди M_6C , формуванню яких, як слід припустити, сприяє комплексне легування титаном і ніобієм, що також призводить до появи складнолегованоготитано-ніобієвого карбіду MC ($(TiNb)C$). Таким чином, підвищення легування сталі призводить до збільшення елементів в карбідах, і як наслідок і до можливості підвищення властивостей сталі. Після термічної обробки природа карбідної фази змінюється. Так, в сталі складу №1, розпадаються карбіди M_2C і утворюються карбіди типу M_6C , однак при цьому первинні карбіди типу MC залишаються незмінними.



а – карбід TiC; б – карбидNbC; в – карбид (TiNb)C;
г – карбид (VNb)C

Рисунок 1 - Типова морфологія карбідів в експериментальних сталях ($\times 1250$)

Морфологія карбідів при цьому є типова, карбід TiC (рис. 1, а) має форму «китайських ієрогліфів» з розвинуеною поверхнею. Карбід NbC (рис. 1, б) має типову форму шестигранників, які розташовані рівномірно по площі шліфа. Також спостерігається пир'ясті відгалуження від шестигранників, які класифікуються як карбід M_2C , така будова пояснюється умовами кристалізації з рідинно-твердого стану. У в складі №2 після ТО, має місце розпад карбіду M_2C . Поряд з TiC, морфологія якого схожа зі складом №1, утворюється «складний» карбід типу (TiNb)C (рис. 1, в). Форма його істотно відрізняється від TiC, вона набуває обрисів трьох-, п'яти-, а іноді і шестигранників. Кількість ніобію в ньому знаходиться на максимальному рівні з відносно великою кількістю титану, що може привести до істотного збільшення експлуатаційних властивостей матеріалу. Карбід NbC відсутній в складі №2, при цьому після ТО утворюється «складний» карбід типу (VNb)C. Його будова є не типовою для даного матеріалу, воно полягає в утворенні «комплексно легованого» карбіду на підкладці (TiNb) C (рис. 1, г). Як видно на (рис. 1, г) від багатогранника карбіду (TiNb) C відходять відгалуження (VNb)C, що може пояснюватися подібною кристалічної ґраткою цих карбідів.

УДК67.019

Кульпіна О.В.¹

Глотка О.А.²

¹ студентка групи ІФз-219м НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доцент кафедри ФМ НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН РУЙНУВАННЯ ПОКОВКИ ЗІ СТАЛІ 12Х18Н10Т

Сталь 12Х18Н10Т широко використовується в промисловості так як характеризується високою корозійною стійкістю в різного роду агресивних середовищах (азотні, оцтові, лужні, фосфорні та сольові розчини). Також сталь при належній термічній обробці (гартування 1050-1100°С) набуває достатньо високих механічних характеристик, особливо ударної в'язкості та пластичності: σ_b - 550-650 МПа, $\sigma_{0,2}$ - 225-315 МПа, КСЧ - 215-372кДж / см², δ_5 - 46-74%. Основними легувальними елементами є Сг та Ні.

Високий вміст Сг (від 17 до 19%) забезпечує здатність металу до пасивації і обумовлює сильні антикорозійні характеристики сталі. Додавання нікелю (від 9 до 11%) переводить сталь в аустенітний клас. Це властивість має виключне значення, дозволяючи поєднувати технологічність нержавіючої сталі з розширеним комплексом експлуатаційних характеристик. Вміст Ні і Сг надає специфічний вплив на стабільність аустеніту при охолодженні з температури обробки (1050-1100°С) на твердий розчин. Для того щоб сталь мала повністю аустенітну структуру при температурі, що перевищує 900°С, достатньо присутності 0,1% вуглецю. Це обумовлено сильним аустенітоутворювальним впливом нікелю.

Додавання до складу сильноокарбідуютьовального елемента – титану дозволяє усунути схильність сталі до міжкристалічної корозії. Вступаючи в реакцію з вуглецем, він утворює тугоплавкий карбід ТіС. Кремній, вміст якого в 12Х18Н10Т не більше 0,8% має дегазуючі властивості. Додавання елемента збільшує міцність матеріалу і межа плинності, проте трохи знижує пластичність, що ускладнює холодну прокатку. Введенням марганцю викликається уповільнення швидкості росту зерна, що сприяє отриманню дрібнозернистої структури.

Поківки із козійно-стійких сталей згідно ГОСТ 25054-81 мають задовольняти таким вимогам: на поверхні поковок не повинно бути механічних пошкоджень і дефектів, що знижують міцність, працездатність і погіршують зовнішній вигляд, на необроблюваних поверхнях поковок поверхневі дефекти, крім окремих вм'ятин від окалини і вибоїн, повинні бути видалені погою вирубкою і зачисткою, глибина якої не повинна виводити

розміри поковок за граничні відхилення за кресленням. Проте поковка, що досліджується має дефект на зачищеній ділянці обточеної поверхні проби уявляє собою залишок розкованого забруднення. Як відомо, найбільш поширеними дефектами, що приводять до браку поковок, є: дефекти вихідного матеріалу; дефекти, що виникають при різанні вихідного матеріалу на заготовки; дефекти від нагрівання і пластичної деформації. Аналіз електронних зображень свідчить про те, що дефект супроводжується наявністю укрупнених частинок карбіду титану TiC, та можлива наявність неметалевих включень. Нерівномірний розподіл карбідів титану в поковці може знижувати пластичність та ударну в'язкість сталі. Неметалеві включення в сталі 12X18H10T можуть впливати на її корозійностійкість за рахунок того, що в процесі кристалізації і подальшого охолодження сталі в зоні навколо них формується структурна неоднорідність, яка характеризується підвищеним рівнем запасеної поверхневої і пружної енергії. В результаті атоми на поверхні розділу металу з неметалевими частками мають значно вищий енергетичний стан в порівнянні з іншими ділянками сталі і, тому, схильні до прискороного корозійного впливу середовища. Наявність такого роду дефектів може бути наслідком порушення режиму виплавки, також виявлено, що наявність в шихті стружки перевищувала норму встановлену ТИ 143-С-12, а саме її кількість складає 63,2%, а повинна 15%. Отже, порушення режиму виплавки та перевищення кількості стружки в шихті при завалці призводить, що утворення неметалевих вкраплень та укрупнення карбідної фази, що призводить до погіршення властивостей сталі.

УДК 669.27.:539.42

Вініченко В.С.¹, Джуган О.А.², Капелюха С.С.³

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викладач НУ «Запорізька політехніка»

³ студент гр. ІФ-219м НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ОДЕРЖАННЯ ВОЛЬФРАМОТОРІЄВИХ ВОЛОКОН НАНОРАЗМІРНОГО ДІАПАЗОНУ

Можливості вдосконалювання двигунів багато в чому залежать від прогресу в створенні конструкційних матеріалів. Тому підвищення зазначених властивостей таких матеріалів є одним з перспективних напрямків сучасного матеріалознавства.

У багатьох роботах, показані потенційні можливості композиційних матеріалів. Питомі характеристики цих матеріалів істотно перевищують показники традиційних сплавів. Завдяки цьому впровадження в розробку композиційних матеріалів дозволяє підвищити ефективність роботи конструкцій. Однією з проблем, що виникають, є розробка матеріалів та технологій отримання армувальних волокон.

Найбільш поширеними у високотемпературних композиційних матеріалах є волокна з вольфрамових сплавів. Зокрема, керамічні композиційні матеріали армують волокнами з вольфраму. Вони відрізняються високими значеннями міцності й модуля пружності (який близький до модуля пружності кераміки) у широкому температурному інтервалі, випускаються промисловістю в достатніх кількостях і не коштовні відносно інших типів волокон. Тому, незважаючи на високу густину, вольфрамові сплави дотепер привертають увагу фахівців як конструкційний матеріал перспективний для зміцнювальних волокон високотемпературних композитів.

Проте, незважаючи на велику кількість наукових розробок, волокна з вольфрамових сплавів, які випускає промисловість, не мають достатньої міцності у поперечному напрямку, тобто вони схильні до розшарування. Очевидно, що армування композита дротом, що схильний до розшарування знижує міцність композиційного матеріалу у напрямку перпендикулярному до осі волокон і обмежує можливості його використання. Наприклад, деталі двигунів реактивної тяги, типу оболонки, навантажені не тільки в окружному напрямку, але й уздовж утворюючої. Використання при виготовленні деталей дроту з низькою поперечною міцністю, буде негативно впливати на їх властивості у напрямках, що не збігаються з орієнтацією армування. Оскільки руйнування композита при навантаженні під кутом, відносно зміцнювальних волокон, може відбуватися з їх розшаруванням. При цьому зі збільшенням об'ємної частки волокон, що вигідно з погляду підвищення властивостей композита в напрямку армування, буде знижуватися його питома міцність у напрямках, що не співпадають з орієнтацією волокон. Дотепер виконано багато науково-дослідних робіт спрямованих на зменшення схильності до розшарування вольфрамових волокон, але повністю проблема не вирішена.

По-перше, у даній роботі досліджували можливість підвищити міцність композиційного матеріалу в напрямку перпендикулярному до напрямку його армування шляхом розшарування дротів на окремі кристаліти, які потім передбачалось використати для армування композиційного матеріалу. Тобто, оскільки важко домогтися міцної сполуки кристалітів між собою в дроті вирішили вивчити можливість роз'єднати їх між собою, а потім з'єднати

матрицею в композиційний матеріал і таким чином усунути вище згаданий недолік.

По-друге, оскільки механічні властивості матеріалів, такі як міцність на розрив та на згин, зростають при зменшенні діаметра волокон і навіть наближаються до теоретичної границі міцності, при досягненні двома їх характеристичними розмірами нанорівня. Оскільки при деформаційному переробленні вольфрамового дроту, розмір кристалітів у дроті можна цілеспрямовано регулювати зміною параметрів вказаного процесу, вирішили дослідити можливість отримання кристалітів з вказаними розмірами.

Відомо, що вольфрам зміцнений частинками двоокису торію (ThO_2) більш схильний до розшарування у порівнянні із чистим вольфрамом, цьому сприяють вказані частинки, бо по суті вони являють собою неметалічні включення. Це позитивно впливає на досягнення зазначеної мети, а саме, розшарувати вольфрамовий дріт і одержати нанорозмірні кристаліти у вигляді волокон. З огляду на це, у даній роботі, для дослідження використали дроти з вольфрамоторієвого сплаву ВТ15. Розшарування цих дротів на окремі кристаліти здійснювали травленням їх у плавиковій кислоті. Зменшували середній діаметр кристалітів оптимізацією технології деформаційного перероблення.

З метою визначення механічних властивостей, отриманих у такий спосіб волокон, виготовляли композиційний матеріал з мідною матрицею. Мідна матриця використовувалась через те, що вона утворює термодинамічно стабільну систему з вольфрамовими волокнами. Це дозволяє зменшити проблеми взаємодії волокон з матрицею. З отриманого композиційного матеріалу виготовляли зразки для випробування на розрив. Властивості волокон оцінювали за правилом суміші.

Таким чином, в роботі показана можливість одержання волокон нанорозмірного діапазону з вольфрамоторієвих сплавів.

УДК 669.295:620.18

Гордієнко М.Р.¹, Тімченко П.Ф.², Ткач Д.В.³

¹ студент гр. ІФ-218м НУ «Запорізька політехніка»

² студент гр. ІФ-219м НУ «Запорізька політехніка»

³ канд. техн. наук, доцент кафедри ФМ НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІНТЕНСИВНОЇ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТИТАНУ ВТ1-0

Широке застосування титанових сплавів в медицині пов'язано з тим, що в порівнянні з іншими металевими матеріалами вони мають комплекс

властивостей, які зумовлюють їх успішне використання в медицині: висока біоінертність, корозійна стійкість, більш низькі в порівнянні зі сталлю модуль пружності і питома вага. Корозійні процеси, що вивчаються в аспекті застосування металів в медицині, за своєю природою є електрохімічними. До них можна віднести корозію у водних розчинах і атмосферну корозію під впливом плівок вологи на поверхні металів і сплавів. Головним чином, висока корозійна стійкість титану в агресивних середовищах пов'язана з формуванням в кисневмісних середовищах захисної оксидної плівки. При цьому значення рівноважного електродного потенціалу для чистого титану лежить в області від'ємних значень (-1,63 В), що відносить його до термодинамічно спроможних до реакції матеріалів. Але, можливість пасивації поверхні титану і титанових сплавів забезпечила їм високу корозійну стійкість.

Найбільш широке застосування в медицині отримали технічно чистий нелегований титан з різним вмістом кисню (BT1-0, BT1-00), а також сплав титану, додатково легований ванадієм і алюмінієм Ti-6Al-4V (BT6). Менш вживаними є сплави з додаванням заліза і ніобію: Ti-5Al-2,5Fe і Ti-6Al-7Nb. Нелегований титан має нижчу міцність, ніж його сплави, тому його застосування при виробництві різного роду ендопротезів значно обмежується.

До перспективних напрямків підвищення експлуатаційних властивостей виробів з титану BT1-0 є формування нано- або субмікрористалічної (СМК) структури, яка дозволяє значно покращити низку фізико-механічних властивостей матеріалу за рахунок утворення значної кількості зеренсубмікро- та нанокристалічного розміру з великокутовимрозорієнтуванням поверхонь поділу. Для отримання такої структури використовують різні методи інтенсивної пластичної деформації (ПД), зокрема гвинтову екструзію. ПД проводять в умовах високих прикладених напружень при достатньо низьких температурах, нижчих за 0,3...0,4Тпл (Тпл – температура плавлення).

Метод гвинтової екструзії полягає в кількаразовому пропусканні призматичної заготовки через матрицю з гвинтовим каналом. Отримувана таким чином заготовка не змінює своєї вихідної форми, а їх розміри залежать від устаткування. Особливості геометрії каналу приводять до того, що при пропусканні через нього форма заготовки не змінюється, що дозволяє здійснювати її багаторазове пресування з метою накопичування пластичних деформацій. Це дозволяє отримати матеріал з сукупністю властивостей, які неможливо сформувані під час традиційної деформації.

В роботі було досліджено технічно-чистий титан BT1-0 у вихідному стані та підданий багаторазовій гвинтовій екструзії. Досліджували механічні властивості та корозійну стійкість зазначеного матеріалу. Було встановлено,

що найбільш рівномірний розподіл властивостей та високі значення границі плинності (600 МПа) і границі міцності (630 МПа) забезпечуються після 5 циклів гвинтової екструзії, що пов'язано із формуванням, на даному етапі деформації, найбільш однорідної ультрадрібнозернистої структури. Високий рівень умовної границі плинності є позитивним показником для використання титану VT1-0 в умовах пружного навантаження, наприклад, при виготовленні медичних імплантатів. Значне підвищення механічних властивостей технічно чистого титану дозволяє замінити ним леговані титанові сплави, з яких виготовляють ендопротези тазостегнового суглобу, що знизить негативний вплив легувальних елементів на здоров'я людини.

Не менш важливим було дослідження корозійної стійкості титану VT1-0 та впливу кислотного та лужного середовищ на нього, щоб в подальшому прогнозувати можливість його використання у ендопротезуванні. Встановлено, що корозійна стійкість титану VT1-0 після декількох циклів ПД методом гвинтової екструзії знаходиться майже на тому ж рівні що і зразки отримані литвом. На підставі цього можна припустити, що імплантати з технічно чистого титану VT1-0 не лише матимуть потрібний рівень механічних властивостей, якими повинен володіти ендопротез, а й буде задовольняти вимогам щодо корозійної стійкості протягом всього часу використання штучного суглобу.

Таким чином, виходячи з отриманих результатів можна запропонувати застосування технічно чистого титану типу VT1-0 після гвинтової екструзії для виготовлення ендопротезів тазостегнового суглобу.

УДК 669.14:621.785

Дашкевич Д.В.¹, Ткач Д.В.²,

¹студент гр. ІФ-219м НУ «Запорізька політехніка»

²канд. техн. наук, доцент кафедри ФМ НУ «Запорізька політехніка»

МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛОПАТОК ГТД ІЗ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ ІОННО- ПЛАЗМОВИМ АЗОТУВАННЯМ

До надійності сучасних газотурбінних двигунів (ГТД) в процесі експлуатації пред'являються високі вимоги. Основними вузлами, що визначають характеристики ГТД є компресори та турбіни. У свою чергу, на газодинамічні характеристики двигунів і надійність їх роботи принципово впливають конструктивні і технологічні особливості робочих лопаток. У процесі експлуатації робочі лопатки ГТД піддаються:

- статичним навантаженням, а саме: розтягуванню від відцентрових сил мас самої лопатки; згину від дії на лопатку газу при русі по міжлопаточним

каналам; згину від відцентрових сил мас лопатки внаслідок того, що центр ваги перерізу лопатки не лежить на одному радіусі; кручення від відцентрових сил мас лопатки; кручення від газових сил діючих на лопатку;

- вібраційним навантаженням згину та кручення;
- температурним навантаженням;
- корозійному та ерозійному впливу газів.

Тому лопатки газотурбінних двигунів потребують зміцнення та підвищення експлуатаційних характеристик, що можливо виконати наступними методами: поверхнєве пластичне зміцнення, термопластичне зміцнення, ультразвукове зміцнення, азотування, іонно-плазмове азотування тощо. Із перерахованих методів найефективнішим методом буде поліпшення функціональних властивостей різних сплавів модифікуванням їх поверхні іонно-плазмовою обробкою, нанесенням зміцнювальних покриттів або створенням модифікованих шарів в поверхні іонним азотуванням або іонною імплантацією. У результаті такої обробки можливо підвищити такі характеристики як зносостійкість, втомну витривалість, теплостійкість, корозійну стійкість.

Основною перевагою методу іонно-плазмового азотування є стабільна якість обробки з мінімальним відхиленням властивостей від деталі до деталі і від садки до садки. У порівнянні з широко використовуваними способами зміцнювальної хіміко-термічної обробки авіаційних деталей, такими, як цементация, нітроцементация, ціанування і газове азотування в печах, метод іонно-плазмового азотування (ІПА) має наступні основні переваги: більш висока поверхнева твердість азотованих деталей; відсутність деформації деталей після обробки; підвищення границі витривалості і збільшення зносостійкості оброблених деталей; більш низька температура обробки, завдяки чому, у виробі не відбувається структурних перетворень; можливість обробки глухих і наскрізних отворів; збереження твердості азотованого шару після нагрівання до 600 - 650°C; можливість отримання шарів заданого складу; можливість обробки виробів необмежених розмірів і форм; відсутність забруднення навколишнього середовища; підвищення культури виробництва; зниження собівартості обробки в кілька разів.

Отже, в даній роботі, для підвищення експлуатаційних властивостей лопаток компресору з титанового сплаву ВТ8 запропоновано застосовувати іонно-плазмове азотування.

Установки для нанесення покриттів на зазначені вироби працюють в розрідженій атмосфері при тиску 0,5-10 мбар. В камеру, що діє за принципом катодно-анодної системи, подається іонізована газова суміш. Між оброблюваною заготовкою та стінками вакуумної камери утворюється тліючий імпульсний розряд. Створене під його впливом активне середовище, що складається з заряджених іонів, атомів і молекул, формує на поверхні

виробу азотований шар. Варіюючи склад насичуючого газу, тиск, температуру і час витримки, можна отримувати шари заданої структури і фазового складу, забезпечуючи строго регламентовані властивості виробів.

Оптимізація властивостей поверхні забезпечується за рахунок необхідного поєднання нітридного і дифузійного шарів, які формуються на поверхні основного матеріалу. Залежно від хімічного складу нітридний шар може складатись з δ-(TiN) або ε-(Ti₂N). Запропонована технологія дозволяє створити поверхневу градієнтну мікроструктуру і істотно збільшити ряд експлуатаційних властивостей виробу.

Таким чином, завдяки іонно-плазмовому азотуванню можливо значно підвищити зносостійкість, корозійну стійкість та інші експлуатаційні властивості лопаток ГТД.

УДК669.14.018.44

Тімченко П.Ф.¹

Грабовський В.Я.²

¹студент групи ІФ -219м НУ «Запорізька політехніка»

²канд. техн. наук, доцент кафедри ФМ НУ «Запорізька політехніка»

ПІДВИЩЕННЯ КОМПЛЕКСУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШТАМПОВОГО СПЛАВУ ХН35В6ТЮ

Для виготовлення інструментів гарячого пресування металів зазвичай використовують теплостійкі серійні штампові сталі мартенситного класу. Однак принциповим недоліком навіть найбільш теплостійких сталей такого класу є суттєва втрата міцності і, відповідно, працездатності при нагріванні в процесі експлуатації до температур вище 700 °С. Це обумовлено наявністю в таких сталях поліморфного перетворення. Перспективним є використання для пресових інструментів, що розігріваються вище 700-750 °С, сталей та сплавів на основі ГЦК кристалічній ґратці з дисперсійним твердінням. Зокрема, існує успішна практика використання сплавів такого класу, що зміцнюються за рахунок частинок γ' фази типу Ni₃ (Al,Ti). Одним з них є сплав на залізонікелевій основі марки ХН35В6ТЮ (ЕК39), який був спеціально розроблений як замітник теплостійких серійних штампових сталей мартенситного класу. Нікель забезпечує сплаву ГЦК кристалічну ґратку, а утворення при старінні γ' фази забезпечується легуванням сплаву 0,8-1,4% Al та 1,8-2,4% Ti. Рекомендована термічна обробка сплаву полягає в гартуванні 1150 °С, 2 години, масло та старінні 780 °С, 10 годин. Це забезпечує сплаву твердість 29 HRC, а при температурі 750 °С значення σ_{0,2} 647 МПа; σ_в 752 МПа; δ 6,3%; ψ 10,3%. Тобто за високотемпературною

(вище 700 °С) міцністю сплав значно переважає найбільш теплостійкі серійні штампові сталі мартенситного класу. Негативною особливістю сплаву є суттєве зниження (провал) ударної в'язкості з підвищенням температури випробувань від кімнатної до 750 °С (зі 120 до 38 Дж/см²). Оскільки сплав призначено для виготовлення пресового інструменту, що розігрівається саме до такої та вище температур, то вказане зниження ударної в'язкості зменшує стійкість проти утворення тріщин, а отже і працездатність, інструменту, що експлуатується в умовах перемінного температурно-силового навантаження.

З метою підвищення ударної в'язкості в роботі виконано пошук режимів сходинкового старіння сплаву ХН35В6ТЮ, що порівняно зі звичайним (одинарним) повинно збільшити ударну в'язкість без зменшення твердості та міцності сплаву. Зміна температур при сходинковому старінні відбувалась в послідовності низькотемпературне + високотемпературне. Пошук оптимального режиму сходинкового старіння виконували за методикою математичного планування експерименту з використанням дрібної репліки 2⁴⁺¹. Факторами, що варіювались, були: температура і час витримки на першій щабельці та температура і час на другій щабельці сходинкового старіння. Визначали такі характеристики, як твердість при кімнатній температурі та ударну в'язкість при температурі випробувань 750 °С. Для дослідів, що забезпечують найкраще сполучення вказаних характеристик визначали повний комплекс властивостей при випробуванні на розтяг при високих температурах. Аналіз та обробка експериментальних даних дозволили отримати наступні результати. Найвища ударна в'язкість 1200 кДж/м², що втричі більше порівняно з одинарним старінням, при збереженні твердості на тому ж рівні, досягається після старіння за режимом: 700 °С, 20 годин +750 °С, 2 години. Однак характеристики високотемпературної міцності при цьому дещо знизились. Середній розмір частинок γ' - фази складав близько 12 нм проти 20 нм у випадку одинарного старіння. Для вибору більш оптимального режиму ступеневого старіння (при зростанні ударної в'язкості без зниження міцності) аналізували значення функцій відгуку (рівнянь регресії) при більш детальній зміні факторів з виходом за межі заданих інтервалів варіювання. Розрахункові точки субоптимуму перевіряли експериментально. Згідно отриманих результатів найбільша твердість 33HRC, що на 4 одиниці HRC більше, ніж в разі одинарного старіння досягається після сходинкового старіння за режимом: 725 °С, 10 годин +775 °С, 6 годин. Водночас майже в 1,5 рази (від 380 до 550 кДж/м²) зростає ударна в'язкість. Важливо, що границя високотемпературної міцності при цьому дещо зросла (на 25 МПа). При дослідженні мікроструктури встановлено, що середні розміри частинок γ' - фази після одинарного та сходинкового старіння практично не відрізнялись.

Однак у випадку сходиноквого старіння частинки більш рівномірно розподілені в усьому об'ємі зерна, а розкид їх за розмірами значно менший. Ці структурні особливості і обумовлюють отриманий ефект покращення комплексу властивостей. Такий режим сходиноквого старіння дозволяє забезпечити кращу працездатність пресових інструментів із дослідженого сплаву.

УДК 621.762.02: 669.295

Джуган О.А.¹, Ольшанецький В.Ю.²

¹ старш. викладач кафедри ФМ НУ «Запорізька політехніка»

² д-р техн. наук, професор кафедри ФМ НУ «Запорізька політехніка»

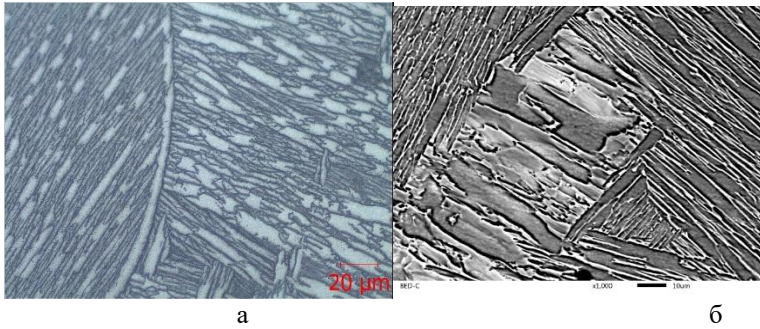
ОТРИМАННЯ ЛЕГОВАНИХ ТИТАНОВИХ ПОРОШКІВ ВИСОКОЇ ЯКОСТІ ДЛЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Переважає більшість сучасних установок для вирощування виробів методами 3D друку як сировину використовує лише порошкові матеріали зі сферичною формою частинок [1-3]. До цього, якщо в ряді машин такий вибір обумовлений виключно конструктивними особливостями (способом транспортування та технологією подачі порошку в зону друку), то така технологічна характеристика порошку як текучість є основною. Інша частина 3D принтерів, що використовують насипну технологію формування шарів, без суттєвих проблем могла б використовувати порошки з іншою морфологією частинок (несферичної форми).

Саме тому бажаним (більш дешевим) альтернативним матеріалом для виготовлення виробів методами адитивних технологій є порошкові матеріали з несферичною формою частинок [2,3]. Оскільки використання адитивних технологій при виготовленні виробів, на даний час, є досить коштовним, їх застосування може бути доцільним лише у високотехнологічних та високоточних галузях промисловості (наприклад в авіаційному та ракетному двигунобудуванні). Тому має певний сенс розглядати високолеговані сплави, що володіють необхідним комплексом властивостей для використання у вищезгаданих областях виробництва деталей методами 3D друку. В даній роботі саме розглянуто такі складнолеговані титанові порошки, отримані зі сплаву марки VT20 (з $\alpha+\beta$ структурою), за відомою технологією гідрування – дегідрування (НДН). Головною відмінністю запропонованих порошкових матеріалів є вихідний стан заготовок з яких виготовляють порошки.

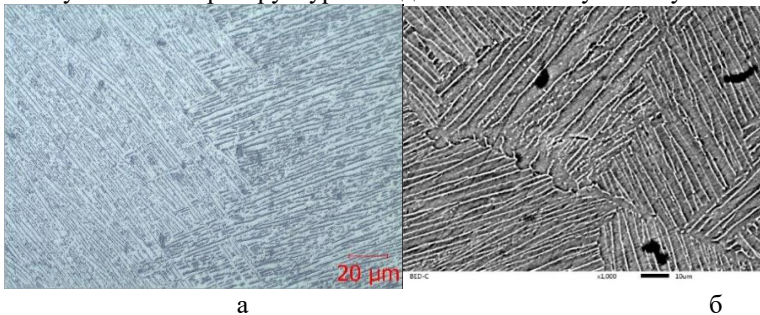
Отже, в роботі розглянуто два варіанти порошкових матеріалів отриманих з заготовок з вихідною литою (рис. 1а, 1б) та деформованою (рис. 2а, 2б) структурами.

На наведених зображеннях показано, що розмір структурних складових (товщина пластин α та β фази) у вихідних заготовках з литою структурою (рис. 1а, 1б) складає в середньому близько 50мкм. Натомість у заготовках з вихідною деформованою структурою (рис. 2а, 2б) розмір структурних складових коливається в межах від 5-10мкм. до 15-20мкм.



а – зображення отримано в оптичному мікроскопі; б – зображення отримано у растровому електронному мікроскопі

Рисунок 1 – Мікроструктура вихідних заготовок у литому стані



а – зображення отримано в оптичному мікроскопі; б – зображення отримано у растровому електронному мікроскопі

Рисунок 2 – Мікроструктура вихідних заготовок у деформованому стані

Оскільки для 3D друку використовують порошкові матеріали переважно розміром 10-40мкм., цільовою фракцією при отриманні порошків були частинки з розміром не більше 40мкм. Спираючись на все вище сказане, можна зробити висновок, що розмір структурних складових заготовки з литою структурою суттєво перевищує необхідні розміри частинок порошку. Натомість в заготовках з деформованою структурою товщина пластин α та β

фаз значно менше бажаного розміру. Це означає, що використання вихідних заготовок з деформованою структурою при виготовленні порошкових матеріалів для адитивних технологій забезпечить отримання порошків необхідних розмірів та якості. З гомогенною структурою та рівномірним розподілом легувальних елементів.

УДК 669.1:537.621.4

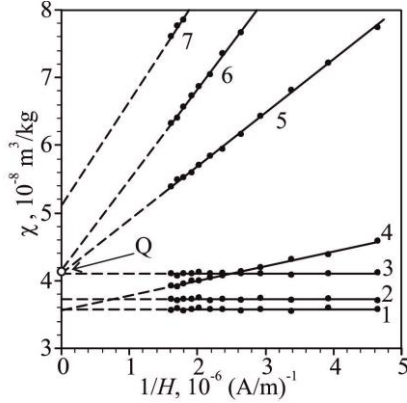
Gennadii Snizhnoi¹, Vadim Ol'shanetskii¹, Valentin Snizhnoi²

¹ Doctor of Technical Science, professor NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

² PhD (phys. and mathem.), assistant professor ZNU

THERMODYNAMIC ASPECTS OF FORMATION MARTENSITE PHASES AT DEFORMATION OF AUSTENITIC STEELS

In austenitic steels during deformation is possible to the formation of two types of martensitic phases (ϵ and α'). Austenitic steel X10CrNi1613 before uniaxial compressive plastic deformation were completely austenized, and the initial value of the paramagnetic susceptibility χ was $3.58 \cdot 10^{-8}$ m³/kg (Fig. 1, line 1). Further deformation (lines 2 and 3) led to an increase the paramagnetic susceptibility χ to value $4.11 \cdot 10^{-8}$ m³/kg. With further increase deformation of austenite appears slope of the lines $\chi(1/H)$ (lines 4...7). This indicates the occurrence of ferromagnetic α' -martensite. The value χ in this case depends on the total quantity of phases present in the steel (austenite and martensite). Since the line 5 coincides with the start point of the highest horizontal line that allows you to find the starting point of reference for the ever-increasing number of α' -phase (with increasing deformation).



Deformation: 1 – 0; 2 – 8.9; 3 – 22.7; 4 – 29.3; 5 – 44.2; 6 – 50.5; 7 – 54.7 %.

Figure 1 – Dependence of $\chi(1/H)$ for various values of deformation by uniaxial compression samples steel X10CrNi1613.

Fe-Cr-Ni system is a phase mixture of austenite and α' -martensite, then because of the coincidence of lines at the point Q (see Fig. 1) have the expression:

$$\frac{\chi_{\alpha'+\gamma}}{\chi_{\gamma}} = \frac{\chi_{\alpha'} + \chi_{\gamma}}{\chi_{\gamma}} = 1, \quad (1)$$

Martensitic phase is absent at $\chi_{\alpha'} = 0$. This result also follows from thermodynamics. The point Q there is a phase equilibrium between the martensite and austenite and their partial chemical potentials equal. The point Q corresponds to the equality $dG_{\alpha'} = dG_{\gamma}$. The α' -phases can be found from the relations:

$$\begin{aligned} dG &= dG_{\alpha'} + dG_{\gamma} = 0, & (2) \\ (-M_{\alpha'} + M_{\gamma})dH \Big|_{T,P=const} &= 0 \Rightarrow \\ -[\chi_{\gamma} + (\chi_{\alpha'} + \chi_{\gamma})] \cdot dH &= 0 \quad \text{and} \quad \chi_{\alpha'} \cdot dH = 0. & (3) \end{aligned}$$

In this case $\chi_{\alpha'} = 0$ indicating the absence of α' -martensite. Considering the coincidence of the numerical values corresponding to the Q point (Fig. 1), the ratio proposed below makes it possible to detect small amounts of martensite, which is formed when pressure change.

$$\chi' = \frac{\chi_{\Sigma}}{\chi_{\alpha'}} = \frac{V_{\alpha'} \cdot J_{\alpha'} + V_{\gamma} \cdot J_{\gamma}}{V_{\alpha'} \cdot J_{\alpha'}} = 1 + \frac{V_{\gamma}}{V_{\alpha'}} \cdot \frac{J_{\gamma}}{J_{\alpha'}}, \quad (4)$$

where $J_{\alpha'(\gamma)}$ and $V_{\alpha'(\gamma)}$ – the specific phases of the magnetization and the volume of the alloy phases, respectively.

Let $\frac{J_{\gamma}}{J_{\alpha'}} = m$ and $V_{\alpha} \ll V$, then from (4) obtain the relation

$$\frac{V_{\alpha'}}{V - V_{\alpha'}} = \frac{m}{\chi' - 1} \cong \frac{V_{\gamma}}{V}, \quad (5)$$

It follows from (4) that as $\chi_{\alpha'}$ increases, value χ' decreases

$\frac{J_{\gamma}}{J_{\alpha'}} \cdot \frac{1}{\chi' - 1} = \frac{V_{\alpha}}{V - V_{\alpha'}} \cong \frac{V_{\alpha'}}{V_{\gamma}}$. Then, on the basis $\chi' > 1$ and $V_{\gamma} \gg V_{\alpha'}$, with

decreasing value $(\chi' - 1) < 1$ increases $\frac{V_{\alpha'}}{V - V_{\alpha'}}$, and provided small quantity V_{γ} s of α -phase approaches the total phase volume.

УДК 669.62-03

Пишняк О.В.¹

Климов О.В.²

аспірант НУ «Запорізька політехніка»¹

канд. техн. наук, доцент НУ «Запорізька політехніка»²

ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ КОРИСНОЇ ДІЇ ГТД ЗАСТОСУВАННЯМ УЩІЛЬНЮВАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ

Зменшення втрат палива та підвищення коефіцієнта корисної дії є можливим за рахунок усунення витoku робочого газу крізь зазори деталей турбіни та компресора, шляхом його ущільнення відповідними ущільнювальними матеріалами. Такі матеріали повинні бути розташовані по всій внутрішній поверхні тракту (каналу) охолодження, щоб забезпечити контроль та мінімізацію втрат між компонентами турбіни. У випадку контакту деталей турбіни вони мають чинити мінімальний вплив на торці лопаток, що може бути викликане внаслідок знакозмінних навантажень, значного вібраційного впливу під час маневрування.

В газотурбінних двигунах (ГТД) використовують наступні види ущільнень:стираємі ущільнювачі деталей компресора;стираєміущільнювачі турбіни; щітчні або стираємі ущільнювачі між ступенями; лабіринтні ущільнення;манжетні ущільнювачі високого тиску.

Стираємі ущільнювальні матеріали схильні до зношення(стирання) під час контактної взаємодіїз деталями статору. Їх використовують в корпусах компресорів ГТД для зменшення зазорів яких не вдалося досягти механічним шляхом. Найбільш ефективними стираєміми матеріалами вважаються матеріали на основі дискретних металевих волокон товщиною 15 мкм отриманих шляхом осадження з рідини на вуглецеві ниті Co,Cu та інших елементів з подальшим пресуванням та спіканням з отриманою вихідною пористістю 60-80%. Але використання цих матеріалів при підвищених температурах вимагає додаткового введення составів волокон легованих Al та Cr, що сприяють підвищенню стійкості до високотемпературного окислення.

Ущільнювальні покриття турбін відрізняються підвищеними вимогами, основними з яких є: ерозійна стійкість, жаростійкість, висока приприцьовуваність, щоб у випадку врізання торців лопаток мінімізувати їх пошкодження. Цим вимогам задовольняють пористі матеріали на основі тонких дискретних металевих волокон отриманих шляхом пресування і подальшим спіканням. Також широко використовують металеві стільникові конструкції,які працюють до температури 1100 °С. Але мають недолік - внаслідок важких умов експлуатації їх комірки вигорають та зминаються.

Таким чином, використання раціонального ущільнювального стираємого покриття в турбіні та компресорі ГТДдозволить: підвищити строк служби високовартісних лопатокта вузлів в декілька разів, завдяки задовільній припрацьовуваності ущільнювального матеріалу;зменшення його маси за рахунок зниження густини. Висока стираємість матеріалів дозволить значно мінімізувати радіальні зазори, тим самим збільшити економію пального за рахунок підвищення коефіцієнту корисної турбіни та компресора та усуненню вірогідності виходу з ладу усього силового агрегату ГТД. Очевидним, є що в умовах зростання робочих температур двигунів постає питання заміни або вдосконалення даних матеріалів. Крім того, можна запропонувати використання багат шарових покриттів для зменшення градієнтів фізико-механічних властивостей покриттів.

СЕКЦІЯ «МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИЛИВКІВ, МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ»

УДК 621.74

Кузовов О.Ф.¹, Крилова Л.О.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ "Запорізька політехніка"

² студ. гр. ІФ-519м НУ "Запорізька політехніка"

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЖИВЛЕННЯ 2-ТОННОГО КОВАЛЬСЬКОГО ЗЛИВКА

За діючою технологією на одному з вітчизняних заводів ковальські зливки масою 2 т із сталі 25 виготовляють у виливницях з надставкою із розташуванням двох виливків на піддоні, сифонною заливкою через центрову. Надставку футерують рідкоскляною формувальною сумішшю з подальшою тепловою сушкою. У задачі дослідження входило перевірити розміри надлива за діючою технологією, розрахувати розміри нового надлива і виконати конструкторський проект нової надставки, що має бути футерованою ригелями. Крім того треба було розробити конструкцію ригеля, уніфікованого з іншими зливками. Використання ригеля значно зменшує трудомісткість футерування надставки, ліквідує теплову сушку, значно покращує санітарно-гігієнічні умови праці. Але найголовніше для ригеля – це його мала теплопровідність, що дає можливість збільшити коефіцієнт корисної дії надлива, зменшити його розміри і, таким чином, заощаджувати витрати рідкого металу.

Геометричні розрахунки об'ємів металевої ливарної форми: виливниця – 230, донна частина – 10, надлив – 62 дм³. Сумарний об'єм 302 дм³. Маса рідкого металу на надлив складає $(62/302) \cdot 100\% = 20,5\%$ від маси зливка. Це значно вище ніж за літературними даними (15-18% [1]).

Розрахунок коефіцієнта корисної дії виконаний за формулою:

$$(V_{\text{вилл}} + V_{\text{надл}}) \cdot k = \eta \cdot V_{\text{надл}}, \quad (1)$$

де $V_{\text{вилл}}$ – об'єм виливка ($V_{\text{вилл}} = 240 \text{ дм}^3$); $V_{\text{надл}}$ – об'єм надлива ($V_{\text{надл}} = 62 \text{ дм}^3$); k – коефіцієнт сумарної об'ємної усадки сталі у рідкому стані і при кристалізації ($k = 0,045$); η – ККД надлива.

За розрахунком $\eta = 0,22$. Літературні дані комбінованої форми – металева виливниця і піщаний надлив – відсутні. За існуючим досвідом можна констатувати, що таке значення буде притаманним для даного випадку.

Для розрахунку нового надлива з використанням ригеля приймаємо значення ККД як для піщаної форми і ізотермічного надлива – $\eta = 0,28$ (звичайно $\eta = 0,22-0,28$).

За розрахунком за вищевказаною формулою $V_{\text{надл}} = 46 \text{ дм}^3$, що заощаджує $(62-46) \cdot 7 = 102 \text{ кг}$ рідкого металу. Маса рідкого металу на надлив – 18,7 %, що практично близько до норми.

Виходячи із отриманого розрахункового об'єму надлива, визначені його геометричні параметри: циліндр діаметром 330 і висотою 410 мм. Під ці параметри розроблені конструкції надставки і ригеля товщиною 40 мм.

Впроваджена у виробництво ця технологія повністю підтвердила правильність розрахунків, не викликала проблем з якістю зливка. Заощаджено 102 кг металу на кожний зливоч, скасована теплова сушка надставок, покращені санітарно-гігієнічні умови праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Власов Н.Н. Разливка черных металлов [Текст] / Н.Н. Власов, В.В. Король, В.С. Радя. – М.:Металлургия, 1987. – 272 с.

УДК 621.74

Сажнев В.М.¹, Чижов Д.В.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ "Запорізька політехніка"

² студ. гр. ІФ-119м НУ "Запорізька політехніка"

ВПЛИВ ВУГЛЕЦЮ ТА МАРГАНЦЮ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ВИСОКОМАРГАНЦЕВОЇ СТАЛІ

Особливістю експлуатації деталей гірничо-збагачувального обладнання, які виготовляються з високомарганцевої сталі, є безпосереднє зіткнення їх з гірськими породами або рудою, що приводить до руйнування поверхневого шару металу, тобто зношування. Формування процесу зношування в першу чергу залежить від властивостей як абразивного матеріалу, так і матеріалу, що зношується, а також від швидкості ковзання частинок абразиву та виду зношування, які визначаються умовами експлуатації.

Значну частину номенклатури змінних деталей гірничо-збагачувального обладнання складають деталі подрібнювальних машин з ударно-абразивним видом зношування, таких як барабанні млини різних типів: кульові, стержневі, самоздрібнювання та ін. Вивчення впливу основних хімічних елементів високомарганцевої сталі на зносостійкість у кульовому млині і були присвячені представлені дослідження.

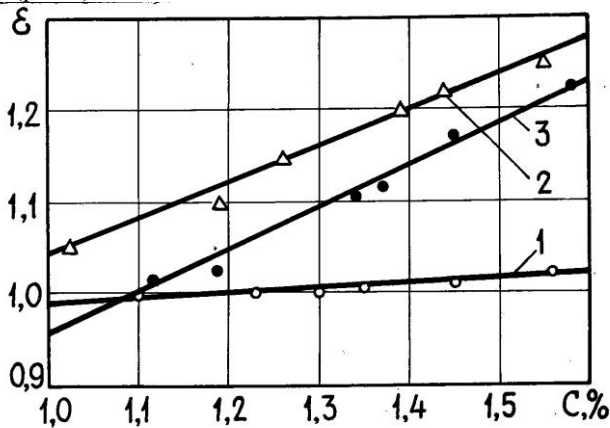
Досліджували вплив зростаючих від 0,9 % до 1,6% концентрацій вуглецю на зносостійкість сталей з 8% (Г8Л), 10% (Г10Л), 13% (Г13Л) концентрацій марганцю. Вміст всіх інших компонентів хімічного складу сталей підтримувався на їх середніх значеннях згідно з держстандартом для сталі 110Г13Л.

Дослідні плавки проводили в індукційній тигельній печі ICT-0,06 з основною футеровкою. Заливали литі зразки для механічних випробувань. Термічна обробка – гартування у воді з 1050°C.

Випробування в кульовому млині проводили на протязі 100 годин при подрібненні гранітного щебеню фракцією 20-40 мм. Діаметр барабана млина 700 мм, довжина 680 мм, частота обертання барабана 34 об/хв. Маса кульового завантаження складала 120 кг, щебеню завантажувалося 40 кг, води 20 л. Заміна щебеню і води проводилася через кожні 5 годин роботи. Для випробувань використовували зразки (по 3 шт. на кожний варіант) розмірами 20x9x9 мм, виготовлених з половинок зразків для випробувань на ударну в'язкість. Еталонні зразки із сталі Г10Г13Л (13,1 % Mn, 1,3 % C) досліджувались разом з дослідними.

Відносна зносостійкість визначалася за відношенням втрати мас еталонного та дослідного зразків.

Дослідження у кульовому млині показали, що відносна зносостійкість (ϵ) дослідних сталей із зростанням концентрації вуглецю зростала, при цьому підвищення зносостійкості сталей Г10Л та Г8Л було більш інтенсивним, ніж у сталі Г13Л (рис.1)



1 – Г13Л; 2 – Г10Л; 3 – Г8Л

Рисунок 1 – зносостійкість високомарганцевих сталей при випробуваннях у кульовому млині.

Більш висока зносостійкість сталей із зниженою концентрацією марганцю при випробуваннях у кульовому млині може бути пов'язана з їх більшою здатністю до зміцнення в таких умовах механічної дії на поверхневий шар. Відомо [1], що загальний ефект зміцнення складеться із зміцнення від пластичної деформації твердого розчину, від фазових

перетворень при розпаді твердого розчину, від зміцнення нової фази. При цьому ступінь впливу кожного фактору визначається умовами експлуатації та хімічним складом сталі. Сталі із зниженою концентрацією марганцю мають меншу стабільність аустеніту та здатні більшою мірою змінювати свої властивості при навантаженнях внаслідок перетворень, що виникають під дією пластичної деформації [2].

Проведеними дослідженнями встановлено, що для деталей, які працюють при низьких ударних навантаженнях, доцільно використання аустенітної зносостійкої сталі 110Г13Л з концентрацією марганцю на нижньому рівні її марочного складу, а вуглецю – на верхньому. Це дозволить підвищити ресурс роботи деталей при зниженні витрат марганцевих феросплавів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Богачов Н.М. Структура и свойства высокомарганцевых сплавов [Текст] / Н.М.Богачов, В.Ф.Еголаев – М.: Металургия, 1973. – 296 с.
2. Упрочнение и стойкость нестабильных марганцевых сталей при контактно – ударном воздействии / Филипов М.А., Зильберштейн В.А., Коршунов Л.Г., Луговых В.Е. – В кн: Термическая обработка и физика металлов. Свердловск, 1976, Вып.2, с. 28 – 32.

УДК 621.74

Іванов В.Г.¹, Сотник В.В.²

¹ д-р. техн. наук, зав. каф. МІТЛВ НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. ІФ-119м НУ «Запорізька політехніка»

ЗНИЖЕННЯ ПРИГАРУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЧАВУННИХ ВИЛИВКІВ У ВОГКИХ ПІЩАНО-ГЛИНЯНИХ ФОРМАХ

Використання у складі вогких піщано-глиняних формувальних сумішах вуглецевих добавок знижує пригар та покращує зовнішній вигляд чавунних виливків. Цей ефект пов'язують з утворенням у порожнині форми при контакті з рідким металом «блискучого» вуглецю, що зменшує адгезію та взаємодію. Найчастіше у якості такої добавки використовують молоте вугілля. Причому, найбільш ефективним буде те вугілля, у якого буде високий вихід летких та, особливо, «блискучого» вуглецю.

Досліджували вугілля українського походження (Донецької, Дніпропетровської та Львівської областей) на можливість використання у складі формувальних сумішей при виробництві чавунних виливків у вогких піщано-глиняних формах. Оцінювали дослідне газове вугілля за показниками виходу «блискучого» вуглецю, втрат при прожарюванні формувальної суміші. Додатково оцінювали величину пригару на чавунних циліндричних зразках, що

відливали у піщано-бентонітові форми з додаванням 5 % дослідного вугілля, фракцією 0,2...1,0 мм. Формувальна суміш складалася з 90 % кварцового піску марки 2К₂О₃02 та 10 % бентонітової глини марки ППТ₁. Кількість води була у межах 3, 2...3,5 %.

Для визначення кількості «блискучого» вуглецю використовували методику MERKBLATT P-85, що прийнята у Німеччині та Польщі. Для цього була виготовлена спеціальна кварцова колба, яку монтували у лабораторній термічній печі.

Встановлено, що зразки вугілля українських покладів не зовсім задовольняють необхідним вимогам. Значення виходу «блискучого» вуглецю не перевищувало 3...5 %, а витрати при прожарюванні формувальної суміші з додаванням вугілля складало більше 7%. Чавунні зразки, що були відлиті у піщано-бентонітові форми з додаванням вугілля, відрізнялися значимим пригаром. Тому для забезпечення високих антипригарних властивостей вугілля необхідно піддавати суттєвому доопрацюванню: модифікувати компонентами, що підвищують вихід «блискучого» вуглецю, поверхневу міцність та інші необхідні показники.

УДК 673

Сергієнко О.С.¹, Войновська О.С.², Травянко Є.О.³

¹ канд. техн. наук, доц. НУ "Запорізька політехніка"

² студ. гр. ІФ-518м НУ "Запорізька політехніка"

³ студ. гр. ІФ-519м НУ "Запорізька політехніка"

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ ЗА ПРИРОДНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

За результатами експериментальних досліджень можливостей виготовлення моделей для лиття за моделями, що витоплюються, які є копіями природних об'єктів, розроблено технологічний процес для одиничного та дрібносерійного виробництва художніх та ювелірних виробів, що складається з наступних операцій:

Підготовка природних об'єктів. Запропоновану технологію рекомендовано для виготовлення копій квітів, що мають потовщені пелюстки, конусоподібну форму, мушель, шишок.

Потовщення стінок природних моделей. Рослинні моделі занурити у розплав та швидко вилучити із струшуванням залишків. Процес повторити 2-3 рази до досягнення бажаної товщини стінок моделей.

Нанесення на моделі розподільчого шару. Нанести тонкий шар олії чи іншого мастила на моделі за допомогою м'якого пензля.

Підготовка альгілату та виготовлення прес-форми. Альгілатний порошок змішати з водою у пропорції 1:3 у силіконовій формі. Проводити інтенсивне перемішування суміші протягом 45 секунд до зміни кольору. Занурити моделі на відповідну глибину для формоутворення. Залишити модель у альгілатній масі на одну хвилину для завершення процесу полімеризації.

Вилучення природної моделі. Вилучити готову альгілатну прес-форму з силіконової форми. Вилучити природну модель з прес-форми у площині, що має менший опір утвореному відбитку. Якщо природна модель не зазнає порушень та шар парафіну не пошкоджений, її можливо використати повторно.

Відстоювання форми. Залишити прес-форми з альгілату на повітрі протягом 2-4 годин вниз відбитком для випаровування зайвої вологи та запобігання концентрації води та залишків розподільчого складу у тонких перерізах.

Виготовлення моделей. Форми, що відстоялися, залити розтопленим модельним складом. Залиті форми витримувати не менше 20 с, після чого залишок рідкої модельної маси з форми можливо вилити.

Вилучення моделей. Залиті форми залишити для повного охолодження. Вилучити готову модель з форми у оптимальній площині для обраної моделі, для запобігання порушення її цілісності.

Фінішні операції. Провести візуальний огляд на наявність дефектів, таких як недоливи, тріщини, заливи, порушення рельєфу. Якісні моделі використовувати у подальшому виробництві виливків за технологією лиття за витоплюваними моделями. Моделі, що не підлягають виправленню, направити на переплавлення.

Оскільки використання природних об'єктів у первісному стані залежить від пори року запропонована технологічна схема дозволяє виготовлення моделей протягом усього року з виготовленням форм багаторазового використання та копій майстер-моделей природного походження.

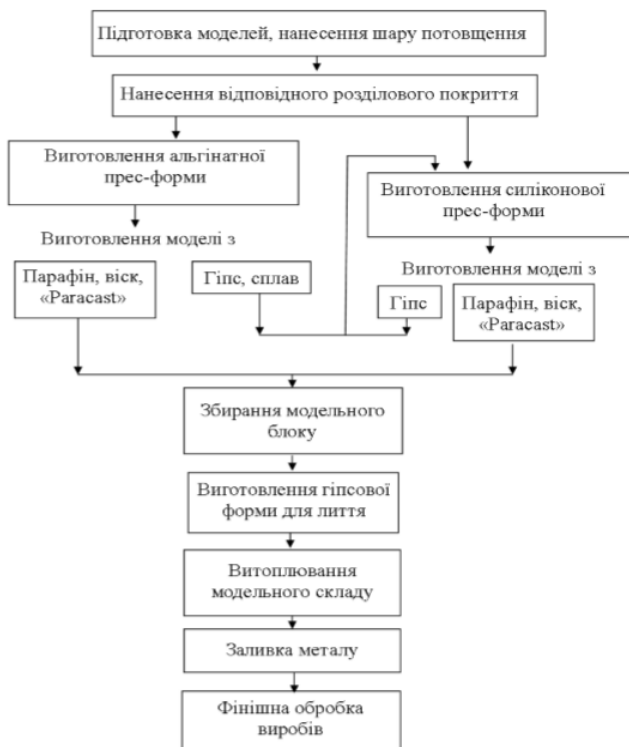


Рисунок 1 – Схема технологічного процесу виготовлення моделей за природними об'єктами

УДК 621.74

Кудін В.В.¹, Матвейшин М.В.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. ІФ-519м НУ «Запорізька політехніка»

МОДИФІКУВАННЯ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ, ОТРИМАНОГО ПЕРЕПЛАВОМ БРИКЕТІВ З ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ

Одним з найважливіших етапів в ланцюгу виробництва виливків з алюмінієвих сплавів є металургійний переplав на основі рециклінгових технологій. В зв'язку з цим необхідність максимально можливого вилучення алюмінієвих сплавів з відходів (ломів, стружки, шлаків і т.п.) набуває

актуальну значимість, як з точки зору наукових досліджень, так і з позицій вітчизняної економіки.

В зв'язку зі збільшенням частки відходів на підприємствах та з метою оптимізації хімічного складу, мікроструктурного стану та рівня механічних властивостей сплаву типу АК7ч (АЛ9), проведені три дослідні плавки по переплаву брикетів стружки з вторинної сировини (вага кожної плавки становила 50 кг) з введенням різних модифікаторів.

Плавка №1 з введенням 2,0% марганцю в якості модифікатора.

Плавка №2 з введенням 0,05% сірки + 1,0% потрійного модифікатора (17,6-26,3%NaF + 57,9-63,7%NaCl + 9,2-14,8%KCl).

Плавка №3 з введенням 0,3% сірки + 1,0% марганцю.

Перед випробуванням механічних властивостей стандартні зразки, відлиті в піщані форми, пройшли термічну обробку по режиму Т5:

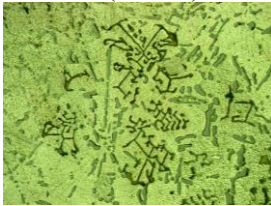
- гартування $T = 535 \pm 5^{\circ}\text{C}$, $\tau = 5$ годин, охолодження в воді;

- старіння $T = 150 \pm 5^{\circ}\text{C}$, $\tau = 3$ години, охолодження на повітрі.

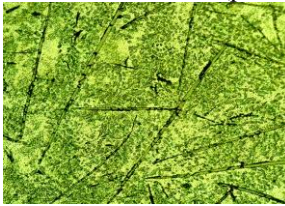
Рівномірність розподілу хімічних елементів визначалася в трьох різних зонах макротемплетів (з боків, та в центрі), виготовлених в поперечному перерізі стандартних зразків. Вміст елементів в досліджуваних зонах всіх плавок знаходиться приблизно на одному рівні, тобто ліквация по хімічному складу відсутня.

Механічні властивості зразків зі сплаву, отриманого переплавом брикетів стружки сплаву АК7ч (АЛ9) із застосуванням різних модифікаторів, відповідають вимогам стандартів. Метал щільний, бал загальної газової пористості відповідає 1-му балу шкали пористості ДСТУ 2839-94.

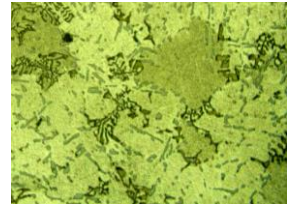
Мікроструктура зразків представляє собою Al-твердий розчин + евтектика (Si – Al) + інтерметалідні з'єднання (рис. 1).



плавка № 1



плавка № 2



плавка № 3

Рисунок 1 – Мікроструктура зразків дослідних плавок, $\times 500$.

При дослідженні під оптичним мікроскопом встановлено, що мікроструктура матеріалу зразків плавки №1 і №3 аналогічна, характеризується наявністю компактних виділень α -фази типу $(\text{FeMn})_3\text{Si}_2\text{Al}_{15}$. Відомо, що введення сірки при співвідношенні $\text{Fe}:\text{Mn}=2:1$ сприяє зміні типу зв'язку в α - $(\text{FeMn})_3\text{Si}_2\text{Al}_{15}$ -фазі з ковалентної на металеву

не спрямовану, що призводить до більшої компактності кристалічних утворень.

В мікроструктурі зразка плавки №2 евтектичний кремній більш дрібніший в порівнянні з виділенням його в мікроструктурі зразків плавок №1 і №3, що свідчить про модифікуючий вплив потрійного флюсу ($\text{NaF} + \text{NaCl} + \text{KCl}$). При цьому β -фаза типу FeSiAl5 має форму тонких ниткоподібних кристалів, а не грубих голкоподібні пластин, що знижують механічні властивості сплаву, тому що на вістрі її голчастих кристалів легко зароджуються тріщини.

Ймовірно, шкідливий вплив β -фази типу (FeSiAl5) в мікроструктурі зразків плавки №2 зведено до мінімуму за рахунок оптимального поєднання дрібнодисперсного евтектичного кремнію та ниткоподібних кристалів β -(FeSiAl5)-фази.

Мікроаналіз, виконаний на растровому електронному мікроскопі JSM 6360LA з системою РСМА показав, що до складу β -фази входять Al, Si, Fe, Mn; до складу α -фази – Al, Si, Fe, Mn, Cr, Cu. В межах чутливості методу вимірювання сірку в складі матеріалу зразків плавок №2 і №3 не знайдено.

Найкращі показники механічних властивостей, макро- і мікроструктури спостерігалися в зразках плавки №2, з модифікуванням 0,05% S + 1,0% потрійного модифікатора ($\text{NaF} + \text{NaCl} + \text{KCl}$). Проведені дослідження показали можливість використання у виробництві виливків з алюмінієвих сплавів вторинної сировини у вигляді брикетованої стружки з додатковим модифікуванням.

УДК 621.74

Кудін В.В.¹, Бабайлова В.А.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. ІФз-519м НУ «Запорізька політехніка»

КОМПЛЕКСНЕ МОДИФІКУВАННЯ СІРОГО ЧАВУНУ

Модифікування є одним з найбільш простих і дешевих способів управління первинною структурою ливарних сплавів. Особливо актуально це для сірого чавуну та дозволяє усунути відбїл в тонкостінних виливках.

Представляло інтерес дослідити сумісний вплив хімічних та поверхнево-активних добавок (графітизуючого модифікатор з добавкою вісмуту) на структуру та величину відбілу в сірому чавуні. Дослідження проводили при модифікуванні в ковші сірого чавуну наступного складу (3,4% C; 2,1% Si; 0,8% Mn; 0,18% Cr; 0,17% Cu; 0,07% P; 0,08% S) по трьом варіантам: 1 - без модифікування; 2 - 0,3% графітизуючого модифікатора

«Hibasal» (Індія); 3 - 0,3% графітізуючого модифікатора «Hibasal» + 0,05% поверхнево-активного елементу вісмуту.

Розплав заливали в форми з холоднотвердіючої суміші (ХТС) з наскрізним циліндричним зразком діаметром 40 мм. (для дослідження мікроструктури) та клиноподібні проби (для визначення відбілу). Форми встановлювали на чавунну плиту-холодильник.

В першому зразку без добавок модифікатора спостерігалася структура ледебуриту, з добавкою модифікатора «Hibasal» - структура цементит + графітна евтектика, а в комплексно-модифікованому зразку на цій ділянці кількість цементиту не перевищувала 5%.

Встановлено, що комплексне модифікування більш ефективно знижує величину відбілу і ширину зони половинчастого чавуну в порівнянні з модифікованими хімічно-активними добавками. Додавання 0,05% вісмуту до модифікатора знижує величину відбілу з 7 мм до 4 мм.

Експерименти показали, що комплексне модифікування чавуну з високим вуглецевим еквівалентом більш ефективно, ніж чавуну з низьким вмістом вуглецю і кремнію. Це можна пояснити тим, що, чим менше вуглецевий еквівалент чавуну, тим ближче до температури утворення ледебуриту протікає евтектичне перетворення в чавуні. Введення поверхнево-активних добавок уповільнює зростання евтектичних колоній, сприяючи переохолодженню розплаву і зародженню ледебуриту. У зв'язку з цим важливим фактором стає величина добавки вісмуту, яка повинна зменшуватися для чавунів з низьким вуглецевим еквівалентом.

СЕКЦІЯ «ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЇ»

УДК 671.791.927.5

Савонов Ю.М.¹, Камель Г.І.², Овчинников О.О.³, Білозуб Л.В.⁴

¹ к.т.н., доцент Запорізька політехніка

² д-р.техн, наук, проф. ЗАК ім. Івченко

³ студент Гр. АКТ 17-2 ЗАК ім. Івченко

⁴ інженер ЗАК ім. Івченко

СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ БІМЕТАЛІЧНОГО ЛИСТА: «ПРОКАТНИЙ ТИТАНОВИЙ ЛИСТ-ПРОСІЧНО-ВИТЯЖНИЙ ТИТАНОВИЙ ЛИСТ- СКЛОВОЛОКНО»

Сучасні тенденції розвитку промислового виробництва характеризуються підвищеними вимогами до якості та експлуатаційних властивостей. Розвиток техніки викликає необхідність створення матеріалів, що володіють комплексом властивостей, які забезпечують високу міцність, корозійну стійкість, теплопровідність, жароміцність, зносостійкість і ін. Тому широке застосування знайшли шаруваті металеві композиції. Такі матеріали можуть бути виготовлені за допомогою з'єднання різнорідних металів в монолітну композицію, що зберігає надійний зв'язок складових.

В основу роботи була поставлена задача розробити спосіб виготовлення зносостійкого біметалічного листа титан – титанова просічка – склоластик.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі виготовлення біметалічного листа: титан – титанова просічка – склопластик передбачені операції нанесення електродуговим наплавленням покриття на прокатний лист. Титан має низьку теплопровідність, в чотири рази меншу ніж у сталі. Тому для того, щоб отримати велику якість зварювальних шарів між прокатним титановим листом та просічно-витяжним титановим листом та зменшити короблення виробу необхідно використовувати примусове охолодження. В якості покриття використовують просічно-витяжний титановий лист, який укладають на прокатний титановий лист, закріплюючи його по краям та приварюють аргоно-дуговим способом. Залишковий об'єм вічок заповнюють склопластиком, що представляє собою композиційний матеріал, який складається зі скловолокнистого наповнювача та зв'язуючої речовини.

Основою є прокатний титановий лист, на якому закріплюють зварюванням просічно-витяжний лист і напилюють склопластик.

Просічно-витяжний лист являє собою лист з вирізаними на ній осередками. Оброблюємих матеріал пробивається за допомогою ножів, а потім витягується.

Для створення матеріалу потрібно менше сировини, ірму лист ПВЛ практично на 80% легше цільного полотна аналогічних розмірів. Відповідно, нижче ціна одного листа. При цьому не знижуються міцнісні характеристики, відзначається надзвичайна надійність, довговічність і міцність.

На рис приведена форма просічно-втяжного листа.



а – загальний вигляд; б - шестикутна форма вічка ТС Е45/16х4х3/1000х2000.
Рисунок - просічно-втяжний титановий лист

Склопластик-це композитний матеріал, що складається зі скляних волокон і спеціальних сполучних смол. Має дуже низьку теплопровідність. Відрізняється унікальними експлуатаційними характеристиками, завдяки яким цей матеріал здатний витримувати сильний тиск, стійкість в агресивному хімічному середовищі і забезпечувати високу міцність будь-якої конструкції.

Процес нанесення: скловолно розділяється за допомогою рублячого пістоleta на короткі волокна, потім змішується зі смолою і каталізатором і напильється на потрібну форму.

Для отримання біметалічного листа: прокатний лист – просічно-втяжний лист з мінімальними деформаціями необхідно використовувати:

1. дирчасту конструкцію стільникових елементів, які рівномірно розподілені по поверхні прокатного листа і інтенсивно відбирають тепло при зварюванні;

2. дугове приварювання просічно-втяжного титанового листа при використанні примусового охолодження дозволяю зменшити деформації і утворення дефектів в зварних шарах.

3. заповнення вічок просічно-втяжного листа скловолном дозволяє підвищити корозійну витривалість та зносостійкість виробу при експлуатації.

УДК 671.791.927.5

Савонов Ю.М.¹

Камель Г.І.²

Филоненко М.Р.³

Білозуб Л.В.⁴

¹ к.т.н., доцент НУ «Запорізька політехніка»

² д-р.техн. наук, проф. ЗАК ім. Івченко

³ студент Гр. ГМ 17-1 ЗАК ім. Івченко

⁴ інженер ЗАК ім. Івченко

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ КОНІЧНИХ ТРИБОСИСТЕМ ПРОМИСЛОВОГО ТРАНСПОРТУ

Наплавлення зносостійкими матеріалами конічної поверхні ротора при ремонті є найбільш універсальним, економічно вигідним і широко використовуваним способом для відновлення і виготовлення роторів живильників конічних трибосистем (ПВД). Аналіз механізму зносу конічної поверхні ротора показав, що основним видом зносу, який визначає ресурс роботи ПВД є гідроабразивний знос при малих кутах атаки ($\alpha = 100 \dots 140$).

Процес відновлення може виконуватися з використанням:

- 1) ручного дугового наплавлення покритими електродами;
- 2) автоматичного зварювання під шаром флюсу (зварювальний дріт СВ-08Х25Н13 і керамічний флюс на базі плавленого флюсу АН-20);
- 3) комбінованого способу ремонту (наплавка підстав і середньої перемички ротора, облицювання ротора накладками і зносостійка наплавка крайок накладок).

Наплавлення і облицювання поверхні ротора є ефективним способом боротьби зі зносом. Маса сплаву, що наноситься в процесі наплавлення, зазвичай невелика і складає 2-5 % маси ротора, що визначає високу економічну ефективність відновлення.

Наплавні матеріали може бути як подібні матеріалу самої деталі, так і інші, з більш високими фізико-хімічними характеристиками. Розвиток цього методу зміцнення зводиться до наплавлення більш зносостійких матеріалів, ніж основний матеріал деталі.

В якості наплавочного матеріалу використовуються зварювальні дроти СВ-06Х19Н9Т, СВ-07Х25Н13; композитні зварювальні дроти з монель-металу і порошкові, такі як СНГН-50 з додаванням карбїду бору і карбїду кремнію. Зносостійкість металу, що наплавлюється істотно залежить від типу і кількості карбїдної фази в сплавах. Карбїди сприяють також збереженню стійкості структури сплаву при експлуатації, ускладненою підвищеною температурою лугу (180 С).

Як матеріал для облицювання конічної поверхні ротора використовувалися листи холоднокатаної сталі типу 12Х18Н10Т товщиною 10, 16 і 20 мм завширшки 700 мм і довжиною 2000 мм, що отримані відповідно до ГОСТ

А10ГОСТ19903 – 74

Б – 10ГОСТ19904 – 90

12Х18Н10ТГОСТ7550 – 77 і лист 40Х13ГОСТ5582 – 75

де А і Б - відповідно висока і нормальна точність прокатки листа.

Можуть бути використані листи гарячо катаного виробництва.

12Х18Н10Т товщиною 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16 мм;

ХН38ВТ (ЕК 703) товщиною 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16 мм;

ХН60ВТ (ЕМ 868, ВЖ-98) товщиною 5, 7, 9, 14 мм.

Дані матеріали добре піддаються плазмовому різанню, згибаннюзварюванню і механічній обробці. Для підвищення зносостійкості накладок використовується спосіб наплавлення кромки по місцях максимального зносу. Для цієї мети використовувалося плазмове наплавлення зерноподібними порошками. Найбільш зносостійкими властивостями володіє склад порошків на базі СНГН-50 з добавкою до 30 % карбиду бору. Цей матеріал вибираємо для наплавлення кромки накладок.

Склад флюсу для наплавлення ротора вибираємо таким чином, щоб отримати:

- 1) стабільне плавлення електрода;
- 2) вільне видалення флюсу;
- 3) мінімальний і рівномірний провар;
- 4) задовільне формування валиків;
- 5) хорошу відокремлюваність шлакової кірки.

Одним з основних факторів, що визначають вибір флюсу є хімічний склад наплавленого металу. Наплавлення дроту СВ-07Х25Н13 та композитного дроту (МОНЕЛЬ) рекомендується виконувати із застосуванням флюсів АН-26 і АН-20. Вони при цьому забезпечують хороше формування валиків, малу схильність до утворення пір і задовільне відділення шлакової кірки. Флюс АН-26 містить певну кількість СаF₂, що знижує його окислювальну здатність. Тому для наплавлення основних і середніх перемичок ротора дротом зі сталі СВ-08Х25Н13 та композитного дроту (МОНЕЛЬ) вибираємо флюс АН-26.

УДК 621.791.753.5.037-52:669.295.5-477

Куликовський Р.А.¹

Камель Г.І.²

Овчинников О.О.³

Білозуб Л.В.⁴

¹ к.т.н., доцент НУ «Запорізька політехніка»

² д-р. техн, наук, проф. ЗАК ім. Івченко

³ студент гр. ГМ 17-1 ЗАК ім. Івченко

⁴ інженер ЗАК ім. Івченко

РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ АВТОМАТИЧНОГО ЗВАРЮВАННЯ КІЛЕЦЬ З ТИТАНОВОГО СПЛАВУ ОТ4-1 ЗАКРИТОЮ СТИСЛОЮ ДУГОЮ

В останні роки з листових титанових сплавів товщиною 6, 8 та 10 мм почали виготовляти кільцеві заготовки замість використання поковок з титану. Це значно знизило трудомісткість та вартість їх виготовлення.

Технологічний процес виготовлення кілець з титанових сплавів складається з наступних технологічних операцій:

- 1) різання титанового листа гільйотинними ножицями;
- 2) згинання порізаних заготовок на згинальному пресі;
- 3) зварювання окремих кілець заготовки з прихопленням ручним

аргоно-дугового пальником.

За зміну виготовляється 50...60 кілець.

Досліджували можливість підвищення продуктивності виготовлення кільцевих титанових заготовок, за рахунок використання пакетів з 5...7 й більше кілець із застосуванням автоматичного зварювання закритою стислою дугою.

При складанні кілець на стапелі в пакет, через непаралельність торців (в залежності від товщини на довжині 1000...1200 мм становить 1,5...2 мм), між ними та між торцями самого кільця утворюється зазор до 2...3 мм. Зазор також утворюється при різанні листа на гільйотинних ножицях і подальшої згинанні на згинальному пресі. Збільшення зазору відбувається також за рахунок скосу кромки, який досягає 14°. Підвищення якості підготовки заготовок та зменшення допусків на різання, в умовах серійного виробництва, наразі є неможливим.

При зварюванні закритою стислою дугою пакета з 5...7 кілець в місцях підвищених зазорів утворюються дефекти у вигляді зайвого проплавлення, для усунення якого введена додаткова операція - прихоплення, яка виконується на окремому автоматі із застосуванням аргонодугового зварювання із зовнішньої й внутрішньої сторін пакета при товщині листа 6, 8 і 10 мм.

Для листа товщиною 5 мм і менше внутрішні прихоплення не обов'язкові. Точки прихоплень, в залежності від товщини, виконуються силою струму 200...250 А.

Зварювання закритою стислою дугою двох-чотирьох пакетів одночасно проводиться на автоматі АРК-22-2 за два проходи без присадкового матеріалу. Перший прохід забезпечує проплав, другий - необхідний для загладжування і усунення підрізів від першого проходу.

Величина проплавлення є стабільною по місцях прихоплень і по місцях зварюваних торців деталей.

Розроблений технологічний процес автоматичного зварювання кілець з листа титанового сплаву ОТ4-1 закритою стислою дугою дозволив отримати наступні переваги перед базовою технологією:

- надійний захист шва при зменшеній кількості аргону;
- кількість отриманих кілець з титанового сплаву зросло з 50...60 штук в зміну, до 500 штук в зміну;
- високу стабільність процесу формування шва;
- поліпшення умов праці зварника.

Впровадження автоматичного зварювання закритою стислою дугою дозволило поліпшити якість виготовлених деталей. Знижено витрати аргону на 15%. Значно скорочено застосування дорогого присадкового матеріалу. Усунуто поверхневі тріщини при формуванні заготовок на пресі.

УДК 621.15:621.716: 621.791.7.012

Дуников О.С.¹

Куликовський Р.А.²

Камель Г.І.³

Кідун Р.А.⁴

¹ інженер, ЗАК ім. Івченка

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

³ д-р техн. наук, проф. ЗАК ім. Івченка

⁴ студент ІФ-316 НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРОБКА НАПЛАВОЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РЕМОНТУ ДЕФЕКТІВ ЛИТТЯ ЖАРОМІЦНИХ СПЛАВІВ

При виготовленні лопаток газотурбінних двигунів (ГТД) з жароміцних сплавів типу ЖСЗДК-ВИ способом лиття за виплавлюваними моделями, можуть виникати дефекти у вигляді пір, шлакових включень, тріщин, які можна усувати підваркою.

На цей час питання створення жароміцного наплавочного металу на нікелевій основі розроблено недостатньо. Наразі відомо лише кілька

композицій покриттів електродів: НИАТ-6АМ, ВИ-ИМ-1, ЦТ-28. Вміст алюмінію в останньому становить всього 0,7...0,9 %. Жароміцність цих електродних матеріалів значно нижче, ніж широко застосований в авіаційній промисловості жароміцний сплав ЖСЗДК-ВИ, який містить до 4,0...4,8% Al та до 2,5...3,0% Ti.

Відомо, що сплави типу ЖСЗДК-ВИ важко зварювати внаслідок низької пластичності та схильності до тріщин у зварному шві й пришовній зоні. Але підварка окремих невеликих ливарних дефектів на досить масивних стінках виливків з подібних сплавів цілком можлива. Підварка здійснюється на малих токах при короткочасній тривалості процесу (заварка електрозаклепками).

Сплави типу ЖСЗДК-ВИ - багатокомпонентна система легування. При зменшенні вмісту в наплавленні хрому, молібдену, титану, кобальту зникають жароміцність та жаростійкість. Отже, наплавлений шар повинен містити всі ці елементи в певному співвідношенні близькому до основного металу

Головною проблемою є вибір безокисного з'єднувача, який забезпечив би перехід в шов легко окислювальних елементів - алюмінію та титану. Рідке скло, яке зазвичай застосовується в якості з'єднувача, не може бути використано, через те, що кремній з покриття переходить в основний метал. Це є неприпустимим, тому що наявність в наплавленому металі більше 0,4% Si призводить до різкого зниження його жароміцності.

Було розроблено два склади електродних покриттів. В першому в якості з'єднувача був використаний алюмінат натрію (Na_2AlO_2 за ТУ 6-09-109 - 73). Для компенсації найбільш легко вигоряючих елементів (алюмінію і титану) до складу покриття був введений порошок ВКНА з підвищеним (до 23%) вмістом алюмінію (виготовлений за ТУ 14-127-37 - 73). У якості з'єднувача другого покриття використовувався колоїдний розчин фтористого кальцію (CaF_2), який застосовується в ливарному виробництві при литті фасонних титанових сплавів. Для збільшення міцності обмазки до складу покриття вводили декстрин. Щільність з'єднувача 1,2...1,4 г/см³.

Інші компоненти обох складів електродних покриттів були задіяні згідно рекомендацій роботи [1].

Перше електродне покриття забезпечувало хімічний склад наплавленого металу, відповідний сплаву ЖСЗДК-ВИ. Однак ці електродні матеріали мали ряд недоліків: 1) підвищена гігроскопічність; 2) низькі технологічні властивості; 3) нестабільне горіння дуги та 4) слабка міцність з'єднання обмазки зі стрижнем.

Хімічний і спектральний аналіз металу, наплавленого електродами з другим складом покриття, показав, що хімічний склад наплавлень відповідає сплаву ЖСЗДК-ВИ. Випробування міцності покриттів показало, що

електроди мають хороші технологічні характеристики: 1) задовільна стійкість дуги; 2) помірне розбризкування; 3) задовільне відокремлювання шлакової кірки; 4) невисока гігроскопічність електродів.

Таким чином, для подальших виробничих випробувань використовували електродні матеріали, із з'єднувачем з колоїдного розчину фтористого кальцію (CaF_2).

Випробування проводили на дефектних заготовках лопаток ГТД зі сплаву ЖСЗДК-ВИ, в яких були виявлені пори, шлакові включення та ін. Дефектні місця попередньо обробляли абразивним інструментом.

В якості стрижня для електродів використовували литі прутки зі сплаву ЖСЗДК-ВИ діаметром 2 мм та довжиною 110...120 мм, які відливаються по виплавлюваних моделях.

Виправлення дефектних місць здійснювали на постійному струмі зворотної полярності короткою дугою силою 60 А.

Виправлені місця секторних лопаток зачищали і піддавали контролю методом кольорової дефектоскопії. Пори і тріщини в місцях підварок секторів не були виявлені.

УДК 669.018.25: 546.73

Акритова Т.О.¹, Кучин О.Є.², Коба А.Ю.³, Гусак В.Ю.³, Анрущенко М. І.⁴

¹ аспірант НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. ІФ-319сп НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. ІФ-416 НУ «Запорізька політехніка»

⁴ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ВПЛИВ КІЛЬКОСТІ КОБАЛЬТУ В ТВЕРДИХ СПЛАВАХ НА ІНТЕНСИВНІТЬ АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ

Обґрунтований вибір матеріалів для деталей, які піддаються абразивному зношуванню можливий тільки на основі знань відносно параметрів процесу поверхневого руйнування. Одним із основних параметрів, який впливає на зносостійкість, є мікротвердість зерен абразивної маси. Тому дослідження впливу мікротвердості зерен на інтенсивність зношування матеріалів є актуальним.

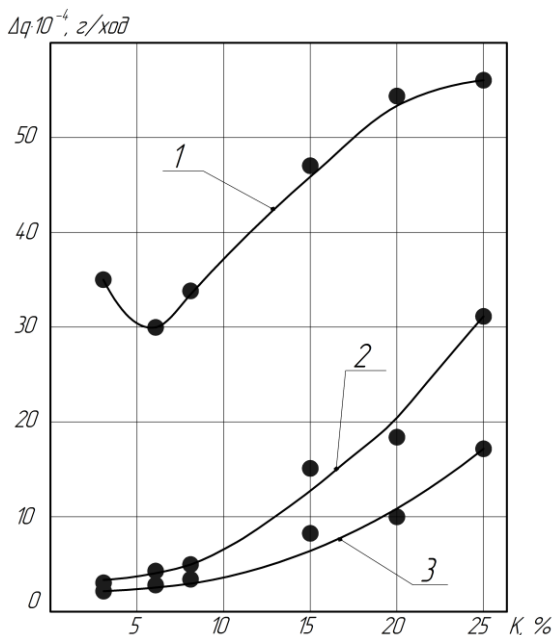
У даній роботі вивчали вплив кількості кобальту в твердих сплавах на основі карбідів вольфраму на інтенсивність зношування. Досліджувались сплави промислового випуску, в яких кількість кобальту змінювалась від 3 до 25%. В якості абразивів використовувались високотверді матеріали: електрокорунд білий, (мікротвердість 24 ГПа), корунд спечений (мікротвердість 22 ГПа) і карборунд (мікротвердість 31 ГПа). Ці абразиви

широко використовуються для виготовлення вогнетривких виробів, абразивного інструменту та інше [1]. Випробування на інтенсивність зношування проводилися на лабораторному стенді, розробленому в Національному університеті «Запорізька політехніка» [2]. Цей показник оцінювали за втратою маси зразка в грамах на хід.

Встановлено, що при зношуванні зразків електрокорундом спеченим найменша інтенсивність поверхневого руйнування ($\Delta q = 2,5 \times 10^{-4}$ г/хід) спостерігається при вмісті в славі 3% кобальту. При збільшенні вмісту цього елемента до 25% інтенсивність зношування зростає в 7,3 разів.

При зношуванні зразків електрокорундом білим найменша інтенсивність зношування спостерігається також при вмісті в славі 3% кобальту ($\Delta q = 2,5 \times 10^{-4}$ г/хід). При збільшенні вмісту цього елемента до 25% інтенсивність зношування зростає в 8,4 рази.

При зношуванні карборундом інтенсивність зношування при вмісті кобальту 3% становить $35,5 \times 10^{-4}$ г/хід, що в 9,5 разів вище, ніж при зношуванні електрокорундом. Однак, при збільшенні вмісту цього елемента до 6%, даний показник знижується до 30,0. Мабуть, в даному випадку, вмісту кобальту на рівні 3% недостатньо для забезпечення міцного зв'язку карбідів з кобальтовою основою, що призводить до виривання (викришування) карбідів із поверхні тертя не реалізувавши своїх можливостей. При подальшому зростанні кількості кобальтової зв'язки до 25% інтенсивність зношування підвищується до рівня 57×10^{-4} г/хід, що в 1,6 разів вище, ніж при вмісті кобальту 3%, і в 1,8 разів перевищує рівень інтенсивності поверхневого руйнування при зношуванні електрокорундом.



1 – карборунд; 2 – електрокорунд білий; 3 – корунд спечений

Рисунок 1– Зміна питомого зносу в залежності від вмісту кобальту

Таким чином ефективність використання твердих сплавів типу ВК при порівняно невисоких концентраціях кобальту (3...10 %) при зношуванні електрокорундами, значно вище, чим при зношування карборундом (до 10 разів).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин: учебное пособие / под ред. В. С. Попова. Запорожье : ОАО «Мотор Сич», 2000. 394 с.

2. Андрущенко М. І., Куликовський Р. А., Акритова Т. О., Капустян О. Є., Бриков М. М., Осіпов М. Ю. Дослідження та розробка стандартних і спеціальних випробувань матеріалів на опір безударному абразивному зношуванню. Перспективні технології та прилади : міжвузівський збірник. Луцьк: Луцький НТУ, червень 2019. С. 12–23.

УДК 621.791

Шумикін С.О.¹

Кононенко А. В.²

¹ к.т.н, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. ІФ-317 НУ «Запорізька політехніка»

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В МЕТАЛІ ПРИ ДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ СТИКОВОГО З'ЄДНАННЯ ПЛАСТИН

Зварювальна дуга є місцевим концентрованим джерелом нагріву виробу до температури розплавлення та пластичного стану металу в зоні біля шва. Нерівномірний нагрів металу обумовлює місцеві пружно-пластичні деформації та як наслідок – залишкові напруження в зварних конструкціях. Величина та характер деформації залежать від циклу нагріву та охолодження, теплофізичних властивостей металу, які визначають температурні поля.

В роботі представлена програма розрахунку температурного поля граничного стану в металі при зварюванні металевих пластин. У випадку зварювання стикового з'єднання пластин з повним проплавленням, вважають, що температурні поля за товщиною пластин однакові. Дуга – лінійне розподілене за товщиною деталі джерело тепла. Для граничного усталеного теплового стану температурне поле постійне і переміщується разом із дугою.

Програма Fields написана мовою програмування C++ та працює на операційній системі Windows 7, 8 та 10 за допомогою стандартної консолі.

Алгоритм розрахунку базується на методі розрахунку, що наведений у [1] для випадку нагріву пластини рухомим лінійним джерелом тепла.

Вхідними даними для програми слугують: номер варіанту студента, величина зварювального струму, напруги на дузі та ККД виду зварювання, товщина пластини, назва марки сталі, а також такі її теплофізичні властивості як: об'ємна теплоємність, коефіцієнт поверхневої тепловіддачі, коефіцієнт теплопровідності, а також швидкість зварювання, що входить до аргументу функції Бесселя від уявного аргументу другого роду нульового порядку, що використовується для розрахунку. Програма автоматично фільтрує неправильні вхідні дані та пропонує ввести правильні.

Результати розрахунку програма формує у 2 файли: в першому записуються координати точок на пластині з опорними температурами, що кратні 100, в другому – таблиця з температурами на поверхні пластини з кроком в 0,5 сантиметра.

Таким чином, програма дозволяє розраховувати температури в металі та визначати температурні поля у деталях з низьковуглецевих сталей, легуваних аустенітних сталей, а також з алюмінію, міді, титану та їх сплавів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рыкалин, Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке [Текст] / Н.Н. Рыкалин. – М.: Машгиз, 1951. – 296 с.

УДК 621.791.03

Бережний С. П.¹

Урекін Д. В.²

¹ канд. техн. наук, доцент, НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. ІФ-317 НУ «Запорізька політехніка»

ТЕХНОЛОГІЯ ПАЯННЯ БЕРИЛІЄВОЇ БРОНЗИ

Паяння – процес отримання нероз'ємного з'єднання металевих і не металевих деталей, шляхом введення між ними розплавленого матеріалу (припою), що має більш низьку температуру плавлення. При виготовленні силових високовольтних електротехнічних контактів вимикачів використовують стрижень із берилієвої бронзи (БрБ2) із пружними властивостями із припаяної до нього срібної контактної пластини. При паянні таких виробів при використовують срібні припої. Сплав БрБ2 відрізняється від інших сплавів бронзи високою стійкістю до втомного руйнування та гарними антифрикційними та пружними властивостями, мають середні тепло та електропровідність. Сплав включає 1,8...2,1 % берилію, 0,2 ... 0,5 % нікелю та до 0,5 % домішок.

Проблема паяння деталей з берилієвої бронзи полягає у наявності на її поверхні оксиду берилію, який характеризується високою хімічною стійкістю і вільною енергією утворення. Тому найчастіше паяння берилієвої бронзи проводять у вакуумі з попереднім ретельним зачищенням поверхні механічним способом та травленням із використанням плавикової кислоти або розчинів соляної та азотної кислот. Але цей метод вимагає складного вакуумного обладнання, яке відсутнє на багатьох підприємствах. Інший метод - це паяння срібним припоєм у пічах в середовищі інертних газів. У даному випадку після травлення кислотами поверхні, що паяються, захищають шаром достатньо активних флюсів. До складу таких флюсів якого обов'язково повинні входити фтористі солі та тетрафторборат калію KBF_4 . Недоліком цього метода полягає у дуже велика токсичності такого флюсу, оскільки тетрафторборат калію розкладається при нагріванні вище 750°C із утворенням отруйного газоподібного фтористого борату BF_3 .

У роботі запропоновано та розроблено технологію без застосування вакуумних печей та тетрафторборату калію. На зачищену від оксиду BeO поверхні шабруванням і травленням плавиковою кислотою відразу наносили

шар міді, який захищав поверхню основного металу від подальшого окислення. Шар міді наносили гальванічним осадженням у кислому електроліті. Паяння контактної срібної пластини срібним припоєм ПСР МО68 проводили із застосуванням флюсу на основі солей: хлористий кальцій, фтористий кальцій та хлористий натрій із широким температурним інтервалом паяння 770-870⁰ С. Паяння проводили в печі СНОЛ-0,25 без захисної атмосфери при температурі 810⁰ С. Така температура забезпечує гарне розтікання припою та змочування поверхонь – бронзи та срібної контактної пластини. Для забезпечення необхідних механічних властивостей контактної стрижня, гартування виробу проводили одразу після паяння при температурі 740⁰ С із подальшим штучним старінням при 300⁰ С протягом 3 годин. Проведенні випробування показали достатню механічну міцність та площу контактної поверхні спаю не менше 80 %.

На підставі отриманих результатів можна зробити такі висновки:

1. Цей метод дозволяє паяти берилієву бронзу без використання вакуумної установки та захисних газів.
2. Для паяння не застосовуються токсичні флюси.
3. Недолік в тому, що потрібне нанесення попереднього захисного шару міді на поверхню берилієвої бронзи.

УДК 669.187.56

Фетісов Р.Ю.¹, Бережний С.П.²

1 студ. гр. ІФ-316 НУ «Запорізька політехніка»

2 канд. техн. наук, доцент, НУ «Запорізька політехніка»

ВИКОРИСТАННЯ ІНОКУЛЯТОРІВ У ВИГЛЯДІ СТРУЖКИ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ЛИТОГО ІНСТРУМЕНТУ

Розроблено технологію кокільного лиття яка дозволяє оптимізацію структури литого металу ріжучого інструменту – свердла перового, за рахунок введенням інокуляторів – холодильників у вигляді стружки Р18. Встановлено можливість модифікування структури литого металу за рахунок введення розігрітої стружки, з випаленими залишками мастильна-охолоджувальної рідини (МОР), у кінці переплаву без перегріву шлакової ванни при вимкненому струмі. При такій технології відбувається зменшення розміру між вісями II порядку у центральній частині зливків кокільного лиття з 0,025 мм до 0,015 мм. Встановлено, що зменшення розміру карбідної сітки центральної частини зливка та призначені режими термічної обробки забезпечили зростання стійкості та працездатності свердла перового при обробці металу із неоднорідною структурою. Через зменшення температури шлаку під час розливу металу, погіршується стан поверхні, тому було

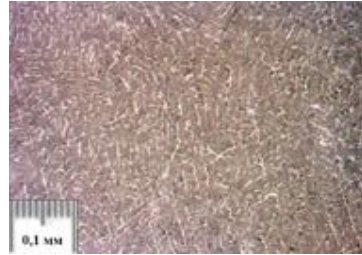
запроваджено підвищити температуру підігріву кокілю із 100 °С до 180...240 °С, що дозволяє зменшити товщину гарнісажу до 0,8...1,2 мм при задовільному стані поверхні зливка, плівка гарнісажу залишається суцільною.

Макроструктура зливоків, отриманих методом електрошлакового кокільного лиття з введенням інокуляторів – холодильників, щільна з вираженою направленою кристалізацією. Дефекти ливарного характеру (пори, шлакові включення і т.д.) відсутні. Встановлено, що на відстані 40 мм (та у центрі), у структурі зливка відсутня суцільна карбідна сітка та дрібно структура (рис. 1). Термічна обробка зливоків Р18 полягала в ізотермічному відпалі (925±25 °С). Подальша термічна обробка інструмента, включала гартування з більш високої температури (1325±25 °С). Остаточна обробка трикратним відпуском 590...600 °С, твердість підвищилась до 61...64 HRC. Промислові випробування показали, що свердла, виготовлені з відходів у вигляді стружки Р18 із використанням інокуляторів за своїми експлуатаційними та ріжучими властивостями аналогічні свердлам, виготовленим з кованого металу Р18.

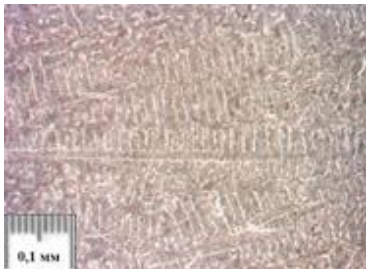
Технологія дозволила використовувати відходи у вигляді стружки, відмовитися від її попереднього очищення, відмовитись від операцію кування та підвищити працездатності інструменту, таким чином знизити собівартість виготовлення інструменту.



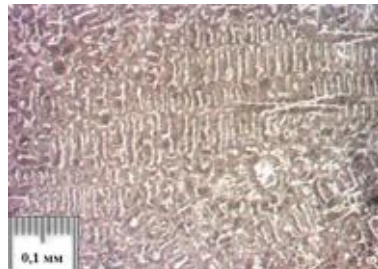
а – 3 мм



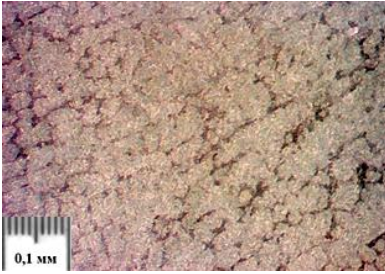
б – 10 мм



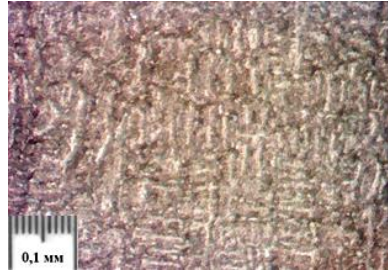
в – 15 мм



г – 30 мм



д – 40 мм



е – центр зливка

Рисунок 1 – Мікроструктура зливка на різній відстані від стінки кокілю

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Палей, М.М. Технология производства металлорежущих инструментов [Текст] / М.М. Палей; - М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.
2. Ревис, И.А. Структура и свойства литого режущего инструмента [Текст] / И.А. Ревис, Т.А. Лебедев; - Л.: Машиностроение, 1972. – 125 с.
3. Гуляев, А.П. Металловедение [Текст] / А.П. Гуляев; - М.: Машиностроение, 1981. – 541 с.
4. Медоваров Б.И. Металлургия электрошлакового процесса [Текст]/ Б.И. Медоваров; под.ред Патона Б.Е., Медовара Б. И. — К.: Наук, думка, 1986. — 248 с.

УДК 669.15

Нетребко В.В.¹

¹проф., д-р техн. наук, НУ «Запорізька політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ЗНОСОСТІЙКИХ ВИСОКОХРОМИСТИХ ЧАВУНІВ ДЛЯ ВИРОБІВ, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ У АБРАЗИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Високохромисті чавуни використовують для виробництва деталей (деталі ґрунтових, шламових та піскових насосів, флотомашин), що експлуатуються в умовах сухого абразивного та гідроабразивного зношування. Стійкість до абразивного зношування визначається твердістю матеріалу, що зростає при збільшенні кількості евтектичних карбідів. Утворення заевтектичних карбідів значних розмірів зменшує зносостійкість. Для забезпечення корозійної стійкості вміст Сг в основі повинен бути більше 12 %. Це забезпечується за утворення фериту - безперервного твердого розчину Сг в α -Fe. В аустенітній основі такий вміст хрому може бути

забезпечений легуванням чавуну нікелем, що збільшує розчинність хрому в γ -Fe.

Підвищення стійкості та терміну роботи виробів є важливою і актуальною задачею. На процес руйнування матеріалів впливають як його внутрішній стан так і навколишнє середовище. Особливість процесу руйнування виробів з високохромистих чавунів полягає в одночасній дії рідкого середовища та механічного впливу абразивних частинок. Наявність рідини викликає появу ефекту Ребіндера, що полегшує процес різання поверхні абразивними частинками та призводить до гідродинамічного розклинення, а також активізує корозійні процеси різної природи та трібокорозію. Зменшення розміру абразивних частинок до 0,5...0,7 мкм прискорює процеси зношування внаслідок зростання їх сумарної контактної поверхні.

Результати досліджень показали, що потрібно враховувати розподіл хрому у металевій основі із метою запобігання виникнення мікрогальванічних пар. Для цього, потрібно визначити вміст Cr в центрі зерен та його концентрацію у зонах біля карбідів.

Рекомендовано склади чавунів для експлуатації литих деталей в умовах сухого та вологого абразивного зношування, а також у середовищах, що містять пульпу (частинки до 0,7 мкм).

УДК621.891

Попов С.М.¹

Казачков А. С.²

¹проф. д-р філос. наук, НУ «Запорізька політехніка»

²студ.гр. ІФ- 317, НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРУ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ НОЖІВ ПРЕС-НОЖИЦЬ

В ході експлуатації різального обладнання верхній косий ніж, під дією сили понад 1000 т рухається возвратно-поступально в вертикальній площині до прямого стаціонарного нижнього ножа прес-ножиць. У якості контртіла виступає блок металооброту, який за допомогою циліндра-штовхача подається до зони різання ножів. Для покращення процесу різання використовують спеціальний прижим, сила притиску якого складає 400 т. Для виготовлення ножів прес-ножиць використовують інструментальні сталі 5ХВ2СФ, 6ХВ2С. Це призводить до швидкого зношування ножів прес-ножиць та обумовлює зниження технологічних та техніко-економічних показників обладнання, що викликає постійні витрати на заміну зношених деталей та зупинку технологічних циклів робіт.

Тож, на сьогодні проблема строку служби деталей, що працюють в умовах холодного різання є актуальною, тому що ще не до кінця вивчений процес руйнації поверхні тертя метал-метал.

Дослідження схеми контактної взаємодії деталь-контртіло-деталь [1,2] дозволив встановити, що максимально інтенсивне зношування реєструється на кромках верхніх косих та нижніх прямих ножів інструменту.

Аналіз епюри лінійного зносу показав, що перш за все, у результаті зносу вістря зазнають зміни його геометричні форми, через що безперервно змінюються умови тертя і зносу.

Під час різання головним фактором є механічний знос леза інструменту, який може виступати у формі механічного стирання або втомного зносу. З ДСТУ 2823-94 відомо, що утомне зношування відбувається у результаті значній кількості циклів повторного передеформування одних і тих самих мікрообсягів. Цей процес має прихований латентний період, внаслідок якого відбувається накопичення ушкоджень, як у поверхневих зонах, так і усередині матеріалу і як наслідок вихід з ладу інструмента.

Характерними причинами виходу з ладу є змінання і відколи ріжучих кромок

Одним з технологічних способів зміцнення робочих поверхонь ножів для різання металу є зносостійке відновлювальне наплавлення. Процеси наплавлення дозволяють не тільки виготовляти ножі, але і багато разів ремонтувати зношені інструменти при мінімальних матеріальних витратах.

Ремонт зношених робочих елементів інструменту можна здійснювати за допомогою наплавлення їх поверхонь порошковим дротом марки ПП-АН-148 за такою технологією: зачистка дефектного ділянки; попередній підігрів до 300 ° С з метою запобігання виникнення тріщин в наплавленому шарі; наплавка дефектної ділянки дротом; відпустку при 300 ° С протягом 1 години; шліфування чи електроерозійна обробка наплавленої ділянки. Технологія забезпечує отримання наплавлення(типу 80X12H4Ф3М2В2НР) з твердістю 58-60 HRC вже в першому шарі металу наплавлення. Структура наплавленого металу - мартенсит з помірною кількістю залишкового аустеніту. Структура забезпечує поєднання високої твердості з задовільною ударною в'язкістю (до 14 Дж / см²).

Таким чином, обрана схема наплавлення ножів прес-ножиць дозволяє відновити їх при мінімальних витратах на матеріали та досягти потрібних механічних властивостей наплавленого металу, виключаючи умову появи гарячих тріщин.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1.Попов С. М. «Триботехнічні та матеріалознавчі аспекти руйнування сталей і сплавів при зношуванні : Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, ВАТ «Мотор Січ», 2010. – 367с. 2.Попов, С.М. Аналіз характеру зношування

і визначення основних критеріїв працездатності скребків бетонозмішувачів [Текст] / С.М. Попов, С.О. Шумикін, І.М. Білоник, Є.Я. Губар // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2018. – №2. – С. 84 – 92.

УДК621.891

Попов С.М.¹

Суле Р.²

¹проф., д-р філос. наук, НУ «Запорізька політехніка»

²студ.гр. ІФ- 417, НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НОЖА ГРЕЙДЕРА ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ.

Актуальність проблеми: Як відомо на долю відмов, викликаних спрацьовуванням деталей машин та обладнання припадає близько 80% від загальної кількості поломок спецтехніки. Особливо інтенсивному абразивному зношуванню піддаються робочі органи землерийних машин, ножі грейдерів та бульдозерів.

Тому захист від зносу і пошук нових матеріалів для зміцнення робочих органів з кожним роком набуває все більшої актуальності.

Виходячи з цього, нагальність теми полягає в тому, що зношування ножів Грейдера перш за все пов'язано з руйнуванням поверхневого шару ножів, що суттєво знижує техніко - економічні показники роботи механізмів та обладнання. Також слід зазначити, що виникають постійні необґрунтовані матеріальні витрати на заміну зношених деталей та відбувається зупинка технологічного циклу виробництва та підвищується ризик виникнення аварійних ситуацій.

Дослідження показують, що всі процеси зношування поверхонь тертя наявні одночасно і справа науковця визначити тип привалюючого процесу руйнування поверхні тертя та зношування.

Аналіз апріорних джерел фіксує наявність проблеми при експлуатації ножів Грейдера, це пов'язано насамперед з тим, що деталь працює в умовах інтенсивного абразивного зношування. Так дослідження поверхні зношування виявили наявність глибоких подряпин і сколи. Аналіз спрацьованої поверхні ножів Грейдера показав, що зношується значна частина робочої кромки (близько 60% об'єму металу). Матеріал ножів – 35ХГСл та 65Г.

Отже можна визначити привалюючі характеристики : в ході визначення епюри зносу, було встановлено величину лінійного зносу, який складає від 0,5 до 1,5 мм, у різних ділянках також було зафіксовано сколи, зрізи,

подряпини, поверхневого шару та наявність продуктів окиснення, які мають чітко виражений напрямок стверджувати, що ножі Грейдера працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування, а також ударно абразивного зношування. Стосовно відсоткового співвідношення зносу: 80% - абразивне зношування, 12% - ударно абразивне зношування, 4% - гідро абразивне зношування, 1% - газоабразивне зношування, 3% - корозійного зношування.

Методи підвищення зносостійкості : вирішено було наносити іонно-плазмове покриття (ІПП). Основним методом нанесення таких покриттів являють хімічні осадження з газового середовища і конденсація твердої речовини в умовах іонного бомбардування в середі захисних газів. Основною перевагою це є можливість регулювання температурного процесу (близько 300- 800°C). Було вибрано основне покриття на основі Ті тобто TiN - Cr₂N. Нанесення його відбувалося шляхом устанавлення булат – ЗТ. Металографічні дослідження ножів з ІПП TiN- Cr₂N після експлуатаційних випробувань проводили за допомогою мікроскопа МІМ-8 при збільшенні х300, з подальшим фотографуванням зображення. При цьому металографічні шліфи були отримані в результаті шліфування з використанням алмазної пасти. Разом з тим для виявлення мікроструктури сталі 65Г застосовували хімічне травлення шліфів в спиртовому розчині азотної кислоти. У результаті металографічних досліджень нами було встановлено, що ІПП TiN- Cr₂N має найкращу адгезією при товщині від 2 до 4 мм. В іншому випадку фіксується порушення цілісності поверхневого шару. При товщині покриття понад 4 мм в процесі зношування може відбуватись його відшарування. Результати показали, що застосування іонно-плазмове покриття TiN- Cr₂N товщиною 4 мм дозволяє не тільки підвищити зносостійкість ножів зі сталі 65Г у 2-3 рази та зберегти його геометричну форму .

Результати рентгенівських і мікрорентгенівських досліджень показали, що підвищення зносостійкості ножів Грейдера з покриттям TiN- Cr₂N, при встановленому оптимальному значенні товщини іонно плазмове покриття 4 мм , обумовлено наявністю титану, а корозійна стійкість – хрому. Обидва елементи знаходяться в самому покритті і рівномірно розподілені по його структурі, що також сприяє зменшенню зносу ножів.

На основі цих наукових досліджень було рекомендовано технологію нанесення іонно плазмове покриття, що дозволяє нам отримувати якісні, відновлені робочі поверхні ножів, заощадивши до 80% витрат на заміну ножів в порівнянні з закупувелею нових деталей.

УДК621.891

Попов С.М.¹

Саєнко Б.О.²

¹проф.,д-р філос. наук, НУ «Запорізька політехніка»

²студ.гр. ІФ- 317, НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРУ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ В УМОВАХ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ ДЕТАЛЬ – ПІДШИПНИК КОЧЕННЯ,ТА РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ЗМІЩЕННЯ.

Актуальність проблеми: важко назвати сучасний механізм, машину чи прилад, де б не використовувалися підшипники кочення. Однак найбільшого поширення підшипники кочення дістали в сільськогосподарському машинобудуванні (630 типорозмірів), автомобілебудуванні (більше 500 типорозмірів), залізничному транспорті (110 типорозмірів),тому так важливо знайти способи підвищення його працездатності.

Виходячи з цього, нагальність теми полягає в тому, що підшипникова промисловість – одна з найбільш розвинутих в технологічному відношенні, в ній сконцентровані останні досягнення в технології металообробки та автоматизації виробництва. Випускаються різноманітні підшипники масою від 0,04 г до 130 т і діаметром внутрішнього кільця від 0,6 мм до 12 м, які можуть обертатися зі швидкістю до 300 тис. хв-1, витримувати навантаження порядку декількох тисяч кілоньютонів, працювати при температурах, близьких до абсолютного нуля, в умовах підвищеної радіації, хімічної активності та забруднення оточуючого середовища.

Аналіз апріорних джерел фіксує [1,2] що при нагромадженні втоми в матеріалі доріжки її поверхня стає шорсткуватою, підшипник починає шуміти та надмірно нагріватися. Постійне перевантаження, погано оброблені та забруднені поверхні неминуче ведуть до явищ втоми. Цього можна уникнути або істотно сповільнити, якщо підшипник буде чистим і добре змащеним. Втома металів виявляється майже завжди раптово, що обумовлює аварійні обставини. Дослідження показують, що всі процеси зношування поверхонь тертя наявні одночасно і справа науковця визначити тип привалюючого процесу руйнування поверхні тертя та зношування. Матеріал підшипнику– ШХ15СГ.

Отже можна визначити привалюючі характеристики : в ході визначення епюри зносу дізналися відсоткове співвідношення зносу: 80% - втомне зношування, 12% - абразивне зношування, 4% - молекулярно-механічне, та 4% - корозійного зношування.

Методи підвищення зносостійкості : Було вирішено використовувати сталі регламентованого прожарювання замість типової сталі, що дозволило підвищити ресурс за контактною витривалістю не менш як удвічі, також

перспективним для підшипників кочення є використання керамічних матеріалів на основі нітриду кремнію. Оригінальним технічним рішенням зі збільшення числа тіл кочення в підшипнику без зміни конструкції кілець тіл кочення є використання замість масивної конструкції сепаратора дистанційних роздільників у вигляді пластин, втулок, роликів, які називають сепаруючими елементами. Однак, як показали дослідження працездатності підшипників з сепаруючими елементами, не всяка конструкція останніх дозволяє оптимально розв'язати задачу підвищення контактної витривалості й одночасного зниження моменту тертя підшипника. Найбільш ефективним способом вирішення проблеми підвищення ресурсу підшипників кочення є використання полімерних сепараторів масивної конструкції замість металевих. Полімерний сепаратор дає можливість розмістити в підшипнику більше число тіл кочення за рахунок раціонального розподілу матеріалу конструкції, а завдяки меншій масі та підвищеній демпфуючій здатності та зниження рівня вібрації та шумності підшипника. Проаналізувавши конструктивні шляхи підвищення втомної контактної міцності деталей підшипників кочення, бачимо, що найменш розробленими є питання, що стосуються вибору конструкції полімерних сепараторів і вибору та удосконалення змащувальних матеріалів. На сьогодні ще не створено наукових основ проектування таких полімерних сепараторів, які забезпечували максимально допустиме число тіл кочення, найкращі умови змащування деталей, найнижчі віброактивність та опір обертанню.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Попов С. М. «Триботехнічні та матеріалознавчі аспекти руйнування сталей і сплавів при зношуванні : Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, ВАТ «Мотор Січ», 2010. – 367с.

2. Попов, С.М. Аналіз характеру зношування і визначення основних критеріїв працездатності скребків бетонозмішувачів [Текст] / С.М. Попов, С.О. Шумикін, І.М. Білоник, Є.Я. Губар // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2018. – №2. – С. 84 – 92.

УДК 378.14:53

Гуляєва Л.В.¹, Татарчук Т.В.²

¹ канд. пед. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. тех. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДУ ФАХОВОЇ СИТУАЦІЇ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ

Очікуваним результатом освітнього процесу у ВНЗ є фахова підготовка майбутнього інженера. У зв'язку з цим твердженням природньо виникає

наступне питання. Яким чином освітній процес з дисципліни «фізики» сприяє формуванню фахових знань, наприклад, зі спеціальності 132 «Матеріалознавство», 131 «Прикладна механіка», 136 «Металургія» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі змістовного модуля «Обладнання для виготовлення формувальних та стрижньових сумішей» з теми «Обладнання пісcomedних машин». Одним із шляхів досягнення даного очікуваного результату є впровадження в освітній процес дидактичного методу навчання - методу фахової ситуації. Метод фахової ситуації впроваджуємо в освітній процес, наприклад, під час розв'язання фізичних задач під час вивчення змістовного модуля «Кінематика» згідно фахових знань з теми «Обладнання пісcomedних машин», а саме: принципу роботи, призначення, будови, процесу роботи, застосування, наприклад, металльної головки пісcomedта. В якості приклада впровадження методу фахової ситуації сформулюємо наступну задачу.

Задача. Кут повороту радіус-вектора ротора металльної головки пісcomedта змінюється з часом згідно рівняння $\varphi = A \cdot t^2$, де $A=218,06$ рад / с². Визначити кут, на який повернеться радіус-вектор ротора металльної головки пісcomedта за тридцять шосту секунду.

Згідно визначених вище змістовних модулів з метою структуризації результатів навчання здійснюємо класифікацію навчальних цілей в когнітивній сфері в діяльнісних термінах відповідно «Методичних рекомендацій щодо розроблення стандартів вищої освіти» на прикладі сформульованої вище умови задачі.

Знання. Оперування поняттями, які характеризують рівномірний та рівнозмінний рух по колу. **Відтворення** формул періоду, частоти, кута повороту, кутової швидкості, кутового прискорення та одиниць вимірювання відповідних фізичних величин. **Розуміння.** Ілюстрація текстового запису умови задачі за допомогою рисунка, позначень, відповідних фізичних величин. **Графічна інтерпретація** визначення кута повороту радіус-вектора ротора металльної головки. **Застосування.** Розв'язання задач, що передбачають встановлення взаємозв'язку між кутом повороту радіус-вектора ротора металльної головки пісcomedта, кутовим прискоренням, кутовою швидкістю. **Визначення умов**, за яких відбувається рівномірний, рівнозмінний рух ротора металльної головки пісcomedта. **Аналіз.** Здійснення логічної операції щодо переходу від реального об'єкта до моделі цього об'єкта. **Виокремлення** з цілого (реального об'єкта – металльної головки пісcomedта) частини, елементів (кола, центра кола, радіус-вектора ротора, вала тощо). **Синтез.** Поєднання розрізнених фізичних знань (понять, термінів, одиниць вимірювання, формул, видів руху тощо) та фахових знань. **Упорядкування понять:** періоду обертання з часом досягнення робочої

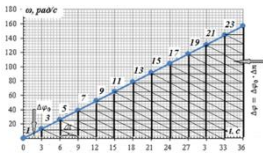
кутової швидкості; кута повороту радіус-вектора ротора металльної головки піскомета за певний час; кута повороту радіус-вектора ротора металльної головки піскомета за деякий проміжок часу. **Оцінювання** правильності отриманої відповіді шляхом варіативного розв'язання задачі аналітичним, графічним способами подано далі.

Спосіб 1. Визначення кута повороту радіус-вектора ротора металльної головки піскомета за 33 с та 36 с, а потім - за останні 3 с щодо досягнення робочої кутової швидкості ротора металльної головки піскомета.

Спосіб 2. Виведення формули для визначення кута повороту радіус-вектора ротора металльної головки піскомета за n-ий проміжок часу.

$$\Delta\varphi = A \cdot \tau^2 \cdot (2n - 1) = 451,3\text{рад} .$$

Спосіб 3. Будуємо графік залежності кутової швидкості радіус - вектора ротора металльної головки піскомета від часу (див. рис. 1). З графіка визначаємо елементарну площу (площу одного трикутника), яка чисельно дорівнює елементарному куту повороту за 3 с. Застосовуємо закон непарних чисел, згідно якого кут повороту радіус-вектора ротора металльної головки піскомета за останні 3 с відповідає дванадцятому проміжку часу і на нього припадає 23 елементарні площини ($\Delta n = 23$) за умови, що $\omega_0 = 0$, і тому цей кут за останні 3 с дорівнює



$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_0 \cdot \Delta n = 451,3\text{рад} .$$

Рисунок 1 – Закон непарних чисел

Висновок. Формулювання результатів навчання з дисципліни «фізика» в аспекті фахової підготовки майбутніх інженерів, впровадження методу фахової ситуації в освітній процес сприяє досягненню очікуємих результатів навчання, формуванню цілісної системи знань, усвідомленню значення набутих знань для фахового зростання майбутніх фахівців.

Автори щиро вдячні професору, зав. каф. «матеріалознавство» НУ «ЗП» Ольшанецькому В. Ю., доценту кафедри «фізики» НУ «ЗП» Соколову Є. П. за участь в обговоренні та наданні корисних порад під час підготовки матеріалу до конференції.

УДК621.891

Попов С.М.¹

Котов М.М.²

¹проф., д-р філос. наук

²студ.гр. ІФ-316 НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ СПРАЦЬОВУВАННЯ ЛОПАТКИ АЕРОТУРБИНИ ТА РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ

На сьогоднішній день залишається нагальною проблема пошуку оптимальних технологій зміцнення деталей що швидко руйнуються в агресивних середовищах за наявності високотемпературного градієнту, зокрема лопаток аеротурбіни, тому що вони мають значну вартість і досить інтенсивно руйнуються, а якщо під час експлуатації деталі вийдуть з ладу це може привести до аварійних ситуацій. Надійність турбіни(до 40 000 годин) та якість роботи двигуна(потужність 4000 кінських сил) у більшій мірі залежить від роботи лопаток.

В ході вивчення характеру руйнації лопатки нами було проведено порівняння фактичної товщини з початкової яка відрізнялася практично в 2 рази, крім того було зафіксовано сколи, забоїни та подряпини поверхневого робочого шару. Тому, на нашу думку, з достатньо високою вірогідністю превалюючим процесом руйнування поверхні є механізм високотемпературного ерозійного зношування. Причиною саме ерозійного чинника зносу робочих лопаток є їх ударна взаємодія з краплями дисперсної рідини. Якщо лопатка буде пошкодженою то це може привести до погіршення роботи двигуна таких як: зменшення тяги тобто потужності, більша витрата палива, тому це є вкрай актуальною проблемою на сьогоднішній день.

Аналіз робочої поверхні лопатки аеро турбіни показав, що зношується зазвичай поверхня її пера з боку вхідної і вихідної кромки а тобто більша частина поверхні не зношується.

Для підвищення зносостійкості деталей, які працюють у визначених умовах нами було вирішено застосувати наплавлення матеріалів за допомогою електродугового відновлювального наплавлення в імпульсному режимі [1,2]. Застосування імпульсного режиму дозволяє отримати дрібнозернисту структуру наплавленого металу за рахунок поліпшення умов його кристалізації і, як наслідок, більш високу його міцність, твердість і ерозійну стійкість. В результаті відновного зміцнення лопатки на поверхні її пера з боку вхідний і вихідний кромки утворюється захисно-зміцнюючий шар, який забезпечує відмінні від вихідного матеріалу лопатки властивості. Ці властивості забезпечують необхідні поліпшені фізико-механічні

властивості: підвищену мікротвердість, ерозійну стійкість, зносостійкість, корозійну стійкість і інші.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Попов С. М. «Триботехнічні та матеріалознавчі аспекти руйнування сталей і сплавів при зношуванні : Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, ВАТ «Мотор Січ», 2010. – 367с. 2. Попов, С.М. Аналіз характеру зношування і визначення основних критеріїв працездатності скребків бетонозмішувачів [Текст] / С.М. Попов, С.О. Шумикін, І.М. Білоник, Є.Я. Губар // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2018. – №2. – С. 84 – 92.

УДК 669.187.56

Попов С. М.¹,

Кононенко А. В.²

¹проф., д-р філос. наук

²студ. гр. ІФ-317 НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ НАПРЯМКІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ЗУБЦІВ КІВШЕЙ ЕКСКАВАТОРА ЗІ СТАЛІ 110Г13Л

Проведення гірничих та будівельних робіт супроводжується трудомісткими роботами, що пов'язані із руйнуванням міцних порід та важких ґрунтів. Найбільш поширений спосіб виконання таких робіт – механічний, що здійснюється з використанням екскаваторів (зокрема ними виконується до 60% обсягів земляних робіт в гідротехнічному та меліоративному будівництві). Пояснюється це тим, що екскаватори є найбільш універсальними землерийними машинами, які можуть виконувати багато видів робіт, через різноманіття видів робочого та ходового обладнання, типорозмірів та потужності. Проте складні умови, в яких працює різальний інструмент машини, сприяють його швидкому зношуванню і втраті працездатності[1,2].

Одним з найбільш навантажених вузлів екскаватора є його ківш, на якому встановлюють спеціальні пристосування – зубці. Вони забезпечують ефективне занурення в ґрунт і дозволяють працювати більш продуктивно.

Експлуатаційні підприємства несуть великі втрати у зв'язку із зносом зубців ківшів екскаватора і їх частою заміною. Більше 80% відмов машин відбувається внаслідок зносу, тому в останні роки швидко розвивається розробка методів розрахунку і прогнозування зносу деталей машин.

Через високу вартість інструменту, постійна закупівля нових деталей стає економічно не вигідною, що призводить до виникнення нагальної

проблеми розробки методів розрахунку і прогнозування зношування, відновлення і ремонтування зношених частин машини. Проте різноманітність і часом суперечливість даних, наявних у технічній літературі щодо природи і механізму зношування деталей машин, ускладнює розробку єдиних методів розрахунку на зношування.

Особливістю взаємодії зубців ківшів екскаваторів з ґрунтом є надзвичайна висока інтенсивність зношування і величина припустимого зносу. Якщо для багатьох машин граничним є знос в декілька сотих часток міліметра, то для землерийного зубця він сягає десятків і сотень міліметрів. На дрібнодисперсних ґрунтах з високою абразивністю зубець загострюється, на крупнодисперсних – затуплюється.

Зміна в результаті зносу початкової форми зубців ківшів екскаваторів (рис. 1) призводить до різкого зростання опору, що знижує продуктивність роботи. Так, при досягненні граничного зносу зубців ківшів одноковшевих екскаваторів опір копанню зростає до 230%. Швидкість абразивного зношування у випадку використання аустенітної високомарганцевої сталі 110Г13Л для зубців ківшів екскаваторів складає 0,13...12,70 мм/год.

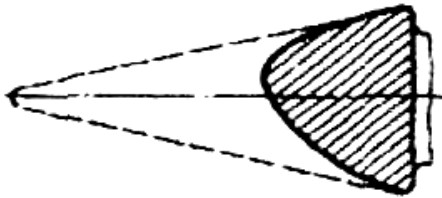


Рисунок 1 - Характер зміни форми зубця ківша

Відновлення зубців передбачає надання високої зносостійкості поверхні та в'язкості серцевині зуба. Цього можна досягти наплавленням зносостійкого шару на передній і задній гранях для збереження геометрії інструменту в процесі експлуатації (рис 2).

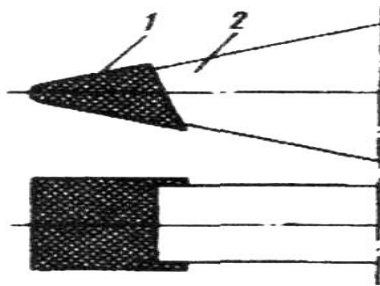


Рисунок 2 – Корончасте наплавлення зубця ківша

Вивчення та дослідження методів відновлення показали, що при порівняно незначній величині зносу (до 5 мм) доцільно використовувати багатоелектродне наплавлення, при більших величинах зносу – електрошлакове наплавлення [3] у поворотному кристалізаторі, коли наплавлення виконують в двох положеннях: в горизонтальному проводиться заливка розплавом зношеної поверхні зубця, в другому, коли верхня його грань суміщається з горизонталлю, коли зазвичай вводять легуючі елементи у вигляді шихти задля отримання підвищених механічних властивостей поверхні.

Зносостійкість наплавлених зубів трохи вища, ніж у нових, а їх вартість становить 50-70% від вартості останніх.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Попов С. М. «Триботехнічні та матеріалознавчі аспекти руйнування сталей і сплавів при зношуванні : Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, ВАТ «Мотор Січ», 2010. – 367с.

2. Попов, С.Н. Исследование комплексного влияния параметров наплавки на физико-механические свойства износостойких гетерогенных хромо-бористых сплавов [Текст] / С.Н. Попов, С.А. Шумикин // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2018. – № 2. – С. 54 – 61.

3. Билоник, И.М. Анализ способов повышения эффективности электрошлакового процесса путем изменения тепловых условий плавления расходного электрода [Текст]/ И. М. Билоник, С. Н.Попов, С. А. Шумикин, С. В. Давидченко, Д. И. Билоник// Металургія : зб. наук. праць ЗДІА – Запоріжжя, 2019. – Вип. 1 (41) – С. 20 – 26.

Наукове електронне видання
комбінованого використання
Можна використовувати в локальному та
мережному режимах

ТИЖДЕНЬ НАУКИ-2020.

Інженерно-фізичний факультет

Збірник тез доповідей щорічної
науково-практичної конференції серед студентів,
викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів 13–17
квітня 2020 року

Один електронний оптичний диск (DVD-ROM);
супровідна документація.
Тираж 100 прим. Зам. № 536

Видавець і виготовлювач
Національний університет «Запорізька політехніка»
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64 Тел.:
(061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6952 від 22.10.2019.