

об'єктів від яких ці данні отриманні та вибором адекватних методів для їх оцінювання для забезпечення персоналізованого підходу та забезпечення превентивної допомоги та профілактики порушення функціонального стану.

Список посилань

1. <https://hub.kyivstar.ua/articles/iot-u-medyczyni-vid-teoriyi-do-realnyh-kejsiv>.
2. Іванець, О. Б., Храшевський, Р., Свеженець, В. Особливості використання ChatGPT для задач обробки біомедичних даних. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2025, №1. С.45–56.
3. Zampatti S, Peconi C, Megalizzi D, Calvino G, Trastulli G, Cascella R, Strafella C, Caltagirone C, Giardina E. Innovations in Medicine: Exploring ChatGPT's Impact on Rare Disorder Management. Genes (Basel). 2024 Mar 28;15(4):421. doi: 10.3390/genes15040421. PMID: 38674356; PMCID: PMC11050022.

УДК 519.876.5:621.791.793

Голуб Д.М., канд. техн. наук, доцент
denys.m.holub@gmail.com

Жаріков С.В., канд. техн. наук, доцент

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, zh2017@ukr.net

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРОШКОВОГО ДРОТУ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ

Широка номенклатура оброблюваних при штампуванні матеріалів вимагає, для зростання стійкості штампового інструменту, створення матеріалів і технологій які підвищать його надійність. Перспективним для виконання такої задачі є використання економно-легованого складу сплаву для заданих умов експлуатації, виходячи з оптимального структурного та фазового складу сплаву, що зношується.

Одним із найбільш технологічних способів отримання біметалічного штампового інструменту, що піддається інтенсивному зношуванню, є наплавлення робочого шару на основу з конструкційної сталі зносостійкими композиційними сплавами з металевою матрицею, зміцненою карбідами або інтерметалідами, які мають високі комплексні експлуатаційні та фізико-механічні властивості.

Використання для наплавлення порошкових матеріалів дозволяє отримувати вироби з унікальним поєднанням експлуатаційних характеристик, які знайшли широке застосування в різних галузях промисловості, зокрема в зварювальному і металургійному виробництвах. Виробництво виробів з порошкових матеріалів із застосуванням безперервних технологій, таких як прокатка і волочіння, мають суттєві переваги і характеризуються високою ефективністю. Недостатньо вирішеними залишаються питання раціонального вибору технологічних режимів підвищення стійкості інструменту з використанням порошкових матеріалів, матеріалу оболонки, збереження її геометричної форми та цілісності при спільній деформації з порошковим осердям.

Якісні службові показники наплавленого робочого шару інструмента визначаються багатьма факторами, пов'язаними в тому числі з якісними характеристиками порошкового дроту, які зумовлюються на стадії його виготовлення.

Технологія виготовлення порошкового дроту суттєво впливає на його зварювально-технологічні властивості, а, отже, на хімічний склад наплавленого металу і його експлуатаційні властивості. Особливості технології виготовлення порошкового дроту обумовлені насамперед його конструкцією і найчастіше раціонально використовувати при виготовленні процес волочіння.

У науково-технічній літературі все ще недостатньо відомостей про узагальнені методи розрахунку технологічних параметрів процесу волочіння порошкових електродних дротів

для зварювання і наплавлення, необхідних для автоматизованого проектування технології їх виготовлення. У зв'язку з цим проведення комплексних теоретичних і експериментальних досліджень, спрямованих на максимальне уточнення вихідних даних, розвиток методів прогнозування, розрахунку, оптимізації процесів, математичних моделей і алгоритмів, технологічних прийомів, технічних і організаційних заходів, які розвивають відомі досягнення в галузі виробництва порошкових електродів, є актуальним завданням, яке має важливе наукове і практичне значення для підприємств промислового комплексу України.

Волочіння забезпечує високу продуктивність процесу і точність виготовлення порошкових дротів, дозволяє виготовляти конструкції оболонки різної складності, в широких межах варіювати кількість переходів. Зазначені переваги призводять до зниження собівартості виробництва таких порошкових дротів. Однак при волочінні не завжди можна добитися необхідного ущільнення осердя в оболонці. Особливо це характерно при вмісті в осерді твердих частинок і частинок великих розмірів, в порівнянні з частками інших компонентів, часток з розвиненою поверхнею.

Підчас досліджень використані методи чисельного моделювання напружено-деформованого стану при виготовленні порошкового дроту шляхом волочіння на основі чисельних аналітичних та скінченно-елементних моделей, що враховують сумісне деформування порошкового осердя з металевою оболонкою, методи теорії планування експерименту та математичної статистики для прогнозування механічних властивостей наплавленого металу на основі наявних експериментальних даних.

Для визначення напружено-деформованого стану в осередку деформації при волочінні необхідний опис механічних і фізичних властивостей порошкового матеріалу. Такі феноменологічні моделі механіки порошків описані в моделі СМ, моделі Друкер-Прагера, CAP-моделі і моделі Cam-Clay [1-5], які широко використовуються для опису властивостей порошків при пластичній деформації. Введення таких моделей полегшує використання методів скінченних елементів.

Аналіз методик автоматизованого проектування процесу виробництва порошкового дроту показав, що при визначенні технологічних режимів не враховується наявність і деформація металевої оболонки та розподіл щільності по перерізу заготовки, які регламентуються стандартами.

Для аналізу впливу вихідних параметрів на якість порошкового дроту та механічні властивості наплавленого металу, відповідно діючим стандартам, та раціональні технологічні режими досліджень була розроблена скінченно-елементна модель даного процесу та об'єктно-орієнтоване програмне забезпечення.

В ході досліджень було розроблено алгоритм автоматизованого проектування технології підвищення стійкості штампового інструмента та уточнено для процесу виготовлення порошкового дроту шляхом волочіння механізм формування показників якості та забезпечення стабільності процесу в залежності від величини обтиснення дроту та натягіння оболонки, що дозволило знизити кількість переходів за рахунок максимальних разових обтиснень.

На підставі отриманих результатів дослідження були сформульовані практичні рекомендації та науково-обґрунтовані технічні рішення щодо вибору матеріалу і товщини оболонки, складу осердя, призначення кількості переходів і режимів обтиснень, призначення рівня натягіння для реалізації процесів волочіння порошкового дроту, спрямовані на підвищення стійкості інструмента.

В ході досліджень набув також подальшого розвитку науково-прикладний напрям виготовлення комплекснолегованих матеріалів для наплавлення у металевій оболонці, що забезпечує отримання регламентованих експлуатаційних властивостей у наплавленому металі на основі інтерметалідного зміцнення (при складі шихти в % мас.: Со – 15; Мо – 8-

10; FeMo – 10-12; Ni – 3-5; Cr – 1,5-3; FeNb – 1,5-4; FeTi – 0,8; Al+Mg – 0,8-1,1; Na₂SiF₆ – 0,8-1,1; Fe_{пор} – інше).

Список посилань

1. Es-Saheb MH, Albedah A, Benyahia F (2011) Diametral compression test: validation using finite element analysis. *Int J Adv Manuf Technol* 57 (5-8): 501-509. doi: 10.1007/s00170-011-3328-0
2. Hrairi M, Chtourou H, Gakwaya A, Guillot M (2011) Modeling the powder compaction process using the finite element method and inverse optimization. *Int J Adv Manuf Technol* 56 (5-8): 631-647. doi: 10.1007/s00170-011-3211-z
3. Keshavarz Sh, Khoei AR, Molaeinia Z (2013) Genetic algorithm-based numerical optimization of powder compaction process with temperature-dependent cap plasticity model. *Int J Adv Manuf Technol* 64 (5-8): 1057-1072. doi: 10.1007/s00170-012-4053-z
4. Tseng H-C, Hung C, Huang C-C (2010) An analysis of the formability of aluminum/copper clad metals with different thicknesses by the finite element method and experiment. *Int J Adv Manuf Technol* 48 (9-12): 1029-1036. doi: 10.1007/s00170-009-2446-4
5. Wang X, Hua L, Han X, Wang X, Wang D, Liu Y (2014) Numerical simulation and experimental study on geometry variations and process control method of vertical hot ring rolling. *Int J Adv Manuf Technol* 73 (1-4): 389-398. doi: 10.1007/s00170-014-5770-2

УДК 621.3.049.75

Тарасенко Я.В., докт. техн. наук, доцент, провідний науковий співробітник
Колосов І.М., молодший науковий співробітник
Кондратюк К.П., науковий співробітник
Орлов С.В., канд. техн. наук, с.н.с., провідний науковий співробітник
Заєць І.І., науковий співробітник

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, yaroslav.tarasenko93@gmail.com

ТЕХНОЛОГІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ ПРИ ПЛАНУВАННІ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ

Забезпечення якості радіоелектронних приладів сучасного виробництва, довготривалості його використання є актуальною задачею в сучасних умовах. Друковані плати застосовуються в більшості новітніх зразків цифрових пристроїв, тому їх надійність є важливим параметром. Процеси забезпечення якості характеризуються значним рівнем комплексності. У якості основного елемента таких процесів виступають лабораторні випробування як такі, що дозволяють відтворити реальне використання друкованої плати у контрольованих умовах та дослідити потенційний вплив зовнішніх факторів на друковану плату та спрогнозувати надійність пристрою за темпоральною характеристикою.

Важливим етапом лабораторних випробувань є прогнозування процесів вимірювання різних характеристик друкованої плати за рахунок використання найбільш ефективних методів та програмних засобів. Аналіз методів та засобів, які доцільно використовувати на етапі лабораторних випробувань друкованих плат вимагає особливої уваги.

У роботі [1] розглядаються особливості застосування Agile методологія прогнозування у процесі випробувань з урахуванням етапів життєвого циклу аграрної техніки. При цьому пропонується застосування мережевих технологій та засобів телекомунікації. Такий підхід виправданий і для планування лабораторних випробувань друкованих плат, оскільки він надає можливість врахування життєвого циклу цифрового пристрою, що необхідно для прогнозування надійності друкованої плати під дією впливу зовнішніх факторів. Важливим при цьому є можливість врахування ситуативних факторів при плануванні лабораторних випробувань за рахунок ітеративного підходу Agile методології. Прогнозування завдяки врахуванню варіативних можливостей радіоелектронних компонентів друкованих плат при