

СТВОРЕННЯ НОВИХ БІМЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ З НИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПЛАЗМОВО-ДУГОВОГО ТА ТЕРМОМЕХАНІЧНОГО ВПЛИВУ НА ЛОКАЛЬНІ ПОВЕРХНІ

З кожним роком внаслідок розвитку авіабудування, машинобудування, хімічної промисловості, металургії кількість технологічних процесів, які використовують біметалічні та багатошарові матеріали зростає.

В рамках означеної проблеми була проведена розробка наукових основ енергозберігаючих технологій створення нових біметалевих матеріалів й методів нанесення і формування зносостійких, жароміцних або жаростійких шарів на поверхні виробів, заснованих на використанні процесу високошвидкісної взаємодії дискретних часток порошкового матеріалу з поверхнею виробів. Досліджено взаємодію різнорідних матеріалів і структурних перетворень в з'єднаннях та розроблена технологія і обладнання для отримання біметалічних матеріалів зварюванням в твердій фазі тертям з перемішуванням.

Для вирішення поставленого завдання використовували багатоканальний газодинамічний прискорювач порошоків для нанесення покриттів. Цей пристрій забезпечує високу швидкість нанесення порошкового матеріалу (> 1000 м/с) без його перегріву. Високошвидкісний потік робочого газу в МКДУ виникає при детонаційному згорянні газової суміші, що складається з пропану, бутану, кисню і повітря в системі спеціальним чином спрофільованих камер згорання.

Сконструйовано і виготовлено макет багатоканальної детонаційної установки для нанесення покриттів і імпульсний пристрій живлення порошком, що працює в діапазоні частот 20...50 Гц.

Дослідження зразків, напилених карбідами вольфраму, показали, що видимі межі між покриттями і підкладкою відсутні, покриття формуються без суттєвого нагріву деталі, що дозволяє наносити їх на тонкостінні вироби, виготовлені з матеріалів з низькою температурою плавлення.

В роботі проведені дослідження структури і властивостей цілого ряду нових композиційних покриттів (N–Cr–Si; WC–Co–Cr; Cr_3C_2 –NiCr;

Cr_3C_2 –TaC–NiCr; Al_2O_3 –Ti; Al_2O_3 –Al; ZrSiO₄ та ін.), нанесених на різні матеріали підкладок (сталь, мідь, алюміній, титан). При цьому використані технологічні параметри, що включають різні режими детонаційного напилення зі зміною: частоти детонації, швидкості переміщення сопла, кількості проходів, співвідношення довжина/діаметр стовбура гармати, витрат газу (співвідношення кисню до пального газу) та ін.

В результаті проведеної роботи були отримані експериментальні дані про характер структурно-фазового перетворення і їх параметрів в матеріалі покриттів, напилених на різних режимах детонаційного напилення.

Встановлено, що високий рівень механічних властивостей і тріщиностійкість нових покриттів забезпечуються за рахунок оптимального структурно-фазового складу: дрібнозернистої зеренної і субзеренної структури при рівномірному розподілі зміцнюючих фаз і щільності дислокацій. При цьому, підвищенню тріщиностійкості покриттів сприяє відсутність протяжних структурних зон дислокаційних скупчень — концентраторів локальних внутрішніх напружень.

За допомогою аналітичної оцінки встановлено конкретний внесок структурних параметрів у підвищення основних властивостей, а саме — міцності і тріщиностійкості досліджуваних покриттів. Найбільший внесок в зміцнення матеріалу покриттів вносять: дисперсні частинки фазових виділень, формування субструктури в матриці при рівномірному розподілі щільності дислокацій.

За результатами проведеної роботи надано рекомендації щодо оптимізації технологічних параметрів детонаційного напилення покриттів, а також сформульовані завдання для подальшої розрахунково-аналітичної оцінки експлуатаційних характеристик таких покриттів.

Потенційна область застосування розробленого пристрою і технології в першу чергу, пари тертя для виробів нафтогазової галузі, хімічної і

нафтохімічної промисловості, гірничодобувної, автомобільної галузей; деталі двигунів, гідравлічні приводи рульових механізмів (авіаційна промисловість); запірні арматури (кульова, шиберна, клинова), паперорізальні ножі (поліграфія та целюлозно-паперова промисловість) і т. д.

Розроблено також технологію та підібрано дослідне обладнання для зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП) однорідних і різнорідних металів. Вивчено вплив геометрії інструменту та параметрів зварювання на формування зони з'єднання і розподіл в ній температури. Процес ЗТП, що проводиться без розплавлення основного металу за рахунок пластичної деформації металу, нагрітого до температури рекристалізації, дозволяє отримати високоякісне з'єднання. Провідну роль відіграє механічне перемішування компонентів в пластичному стані. Роль дифузійних процесів є незначною. Внаслідок проходження процесів перекристалізації в зонах пластичного перемішування металів відбувається подрібнення зерна і створюється щільна мікроструктура шва, порівняна з основним металом.

З застосуванням комплексної методики досліджували структуру та властивості з'єднань однорідних металів, отриманих ЗТП. При ЗТП мідних пластин різної товщини внапуск отримані якісні з'єднання без дефектів, пор і тріщин. В процесі деформації і перемішування металу в твердій фазі створюється більш щільна, ніж основний метал мікроструктура зони з'єднання. В результаті ЗТП магнієвих пластин сплаву МА2 отримано якісне стикове з'єднання без тріщин і дефектів. У процесі перемішування металу зникла пористість основного металу, змінилися конфігурація і розмір неметалевих включень. Вони подрібнилися, стали округлими і рівномірно розподіленими. Величина зерна в зоні ядра і в прилеглий до неї зоні ЗТВ за рахунок деформації сплаву зменшилася в 2...3 рази.

На зварюваність різнорідних металів впливає металургійна сумісність, яка визначається взаємною розчинністю металів, що з'єднуються як в рідкому, так і в твердому стані, а також утворенням крихких хімічних сполук — інтерметалідів. Тому в процесі роботи досліджували особливості структури і властивостей сполук різнорідних металів, що мають різну розчинність компонентів в твердому стані, отриманих методом ЗТП. Були до-

сліджені системи: Ni–Cu, компоненти якої мають необмежену розчинність; Cu–Fe — з обмеженою розчинністю; Al–Fe, в якій відсутня розчинність металів в твердому стані. При ЗТП Cu–Ni спостерігається взаємопроникнення металів на глибину до 3 мм. Внаслідок проходження процесів перекристалізації в смугах механічного перемішування металів в пластичному стані відбувається подрібнення структури. Ділянки нікелю, які безпосередньо контактують з міддю, мають меншу мікротвердість внаслідок проходження дифузійних процесів. У зоні з'єднання міді з вуглецевою сталлю Ст3 утворюється бездефектна зона механічного перемішування металів, що утворюється проникненням клиноподібних часток сталі в мідь на глибину до 1 мм, а також великої кількості сталевих включень різної форми. Мікротвердість цієї механічної суміші в 1,5 рази вище мікротвердості сталі. При ЗТП нержавіючої сталі Х18Н10 з міддю спостерігається перекристалізація структури з утворенням рівновісних зерен в зоні перемішування. Глибина взаємного проникнення металів до 2 мм. Мікротвердість зони перемішування практично збігається з мікротвердістю основного металу. У з'єднаннях нержавіючої сталі з міддю є пори і тріщини, величина яких зменшується зі збільшенням швидкості зварювання з 10 до 20 мм/хв. В результаті ЗТП заліза з алюмінієм, утворюється зона з'єднання значного об'єму з проникненням алюмінію в залізо на глибину до 2,5 мм. При цьому відбувається взаємодія металів з подальшим утворенням інтерметалідів Fe_2Al_7 , $FeAl_2$. Найбільш тверді ділянки зони з'єднання переважно складаються з алюмінідів заліза в алюмінієвій матриці. В системі Fe–Al, де немає взаємної розчинності в твердому стані, дифузійні процеси проходять на глибину до 25 мкм, рівну товщині скупчень інтерметалідних часток, що утворюються при зварюванні.

Метод ЗТП дозволяє накладати паралельні шви на будь-якій відстані один від одного. Це забезпечує приварювання пластин між собою по типу наплавлення при мінімальному нагріві і викривленні деталей. При правильно підібраних режимах ЗТП такі механічні характеристики металу з'єднання, як статична міцність при розтягуванні і вигині, відносне подовження, ударна в'язкість, втомна міцність, знаходяться на рівні відповідних показників основного металу або близькі до них.