

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

А. І. Івлієв, Ю. О. Казимиренко

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з дисципліни "Особливості
виробництва порошкових матеріалів та виробів"

У двох частинах

Частина 1

Рекомендовано Методичною радою НУК

Миколаїв 2006

УДК 621.762 (076)

Івлів А.І., Казмиренко Ю.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Особливості виробництва порошкових матеріалів та виробів": У 2 ч. – Миколаїв: НУК, 2006. – 32 с.

Кафедра матеріалознавства і технології металів

Подано загальні відомості та рекомендації до виконання лабораторних робіт, пов'язаних із ознайомленням з технологіями виробництва у порошковій металургії. Лабораторні роботи містять практичні завдання, що надають навички з виробництва як вихідних порошкових матеріалів, так і виробів з них.

Призначено для студентів спеціальності 8.090103 "Композиційні та порошкові матеріали, покриття".

Рецензент Г.В. Волков, доцент

© Видавництво НУК, 2006

Навчальне видання

ІВЛІВ Анатолій Іванович КАЗИМИРЕНКО Юлія Олексіївна

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з дисципліни "Особливості виробництва
порошкових матеріалів та виробів"

В двох частинах

Частина 1

(українською мовою)

Редактор *М.П. Фоміна*

Комп'ютерна правка та верстка *О.М. Черевата*

Коректор *М.О. Паненко*

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції

ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

Підписано до друку 28.12.06. Папір офсетний. Формат 60×84/16.

Друк офсетний. Гарнітура "Таймс". Ум. друк. арк. 1,9. Обл.-вид. арк. 2,0.

Тираж 100 прим. Вид. № 13. Зам. № 347. Ціна договірна.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування,

54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5

Лабораторна робота № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОШКІВ

Мета роботи – ознайомитись з методами контролю таких технологічних властивостей порошоків, як гранулометричний склад, текучість, кут природного нахилу, насипна щільність.

Загальні теоретичні відомості

Гранулометричний склад. У залежності від методу виробництва порошоків їх розміри можуть коливатися в широкому діапазоні: від долей до сотень або тисяч мікронів. У зв'язку з цим порошки підрозділяються на ультратонкі (до 0,5 мкм), дуже тонкі (0,5...10 мкм); тонкі (10...40 мкм); середньої тонкості (40...150 мкм) та грубі (150...1000 мкм).

Дисперсність – характеристика розміру частинок у дисперсних системах, міра якої полягає у відношенні їх загальної поверхні до сумарного об'єму або маси. Порошки з однорідними за розміром частинками називають монодисперсними, а ті, частинки, яких відрізняються за розміром – полідисперсними. Їх розмір є важливою технологічною характеристикою порошоків. Співвідношення кількості порошоків різного розміру (фракцій), яке визначено у відсотках, називається *гранулометричним складом*. Дані про гранулометричний склад обов'язково входять до розділу стандартів на порошки.

Гранулометричний склад разом із іншими властивостями порошоків впливає на їх насипну щільність, тиск пресування, усадочні процеси та механічні властивості готових виробів. При використанні дрібних порошоків необхідно прикладати більший тиск, а отримані заготовки характеризуються підвищеною міцністю й спікаються при більш низьких температурах.

Існує декілька методів визначення гранулометричного складу порошоків – ситовий аналіз, мікроскопічний метод, седиментація та інші. Найбільш розповсюдженим є ситовий аналіз, що полягає у просіюванні проби порошку через набір сит, зважуванні окремих фракцій та розрахунок їх вмісту у відсотках згідно з ДСТУ 2640–94 (ГОСТ 18318–94).

Текучість порошку – це його здатність текти за визначених умов, а саме заповнювати порожнину матриці, що формує; протікати через комбінований отвір. Визначається швидкістю витікання навішення порошку через комбінований отвір. Якість отриманих виробів у багатьох випадках залежить від здатності порошків витікати з бункерів, дозаторів, живильників та рівномірно заповнювати порожнину прес-форми. Текучість порошку має велике значення для таких видів пресування, як автоматичне, де продуктивність пресу безпосередньо залежить від швидкості заповнення порошком порожнини прес-форми. Низька текучість призводить до неоднорідної щільності виробів.

Текучість порошку залежить від багатьох факторів: від розміру та форми частинок, від стану їх поверхні і коефіцієнту тертя. Наявність на поверхні порошкових частинок адсорбованих плівок вологи, вміст великої кількості дрібних фракцій – все це призводить до погіршення текучості, що визначається за допомогою спеціальних приладів. У цьому випадку порція порошку засипається у конусну лійку з кутом 60° . Діаметр вихідного отвору складає 1...7 мм та обирається у залежності від властивостей порошку.

Стандарт ДСТУ 3795–98 (ГОСТ 20899–98) встановлює метод визначення текучості металевих порошків, у тому числі порошків твердих сплавів, за допомогою каліброваної лійки (рис. 1.1).

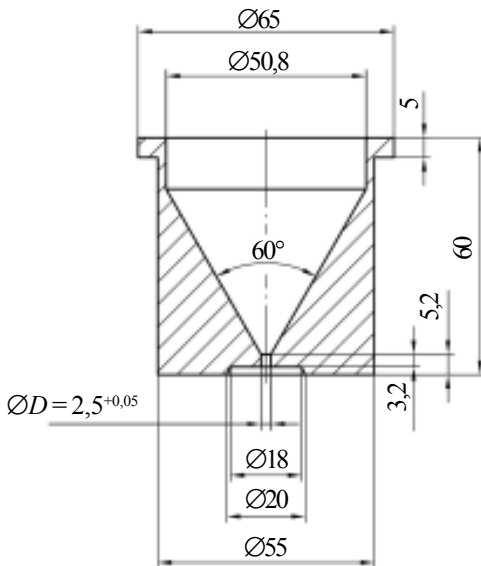


Рис. 1.1. Прилад для визначення текучості порошку – калібрована лійка

визначення текучості металевих порошків, у тому числі порошків твердих сплавів, за допомогою каліброваної лійки (рис. 1.1).

Метод поширюється тільки на порошки, що вільно протікають під час випробування через установлений отвір. Допускається його використання для визначення текучості металевих порошків та їх сумішей, які містять неметалеві компоненти.

Текучість порошків визначають шляхом вимірювання часу, необхідного для витікання 50 грамів порошку через отвір каліброваної лійки стандартних розмірів.

Кут природного нахилу – це кут внутрішнього тертя між частками, що характеризує сипучість порошку. Більш сипучий порошок при витіканні на горизонтальну площадку створює конус малої висоти з великим діаметром основи, а менш сипучий – створює конус більшої висоти з меншим діаметром основи. Тобто з підвищенням текучості кут природного нахилу зменшується. На його величину впливають як форма й розміри часток, так і стан поверхні й насипна щільність матеріалу.

Для виконання цього виду дослідження необхідно підготувати пробу порошку, маса якого складає не менше 200 г. Через лійку він має витікати на горизонтальну площадку та утворювати конус. Площадка при цьому не повинна рухатися. За допомогою транспортиру міряють кут нахилу конусної поверхні порошку.

Насипна щільність порошку являє собою масу одиниці об'єму вільно насипаного порошку. Ця технологічна характеристика залежить від особливостей пакування часток та визначається головним чином розміром, формою часток та їх розподілом за розмірами. З урахуванням величини насипної щільності здійснюють конструювання прес-форм, обирають способи та режими пресування, особливо у тих випадках, коли дозування шихти здійснюється об'ємним методом. Чим вище насипна щільність, тим нижче насипна пористість. Також постійна насипна щільність формовки впливає на розміри та форму використовованого обладнання.

Визначення насипної щільності за ДСТУ 2495–94 (ГОСТ 19440–94) регламентується як визначення маси порошку, що у вільно насипаному стані повністю заповнює ємність відомого об'єму. Вільно насипаний стан одержується під час заповнення ємності та зняття надлишку матеріалу за допомогою лійки, розміщеної над нею.

Для визначення насипної щільності необхідно підготувати лійку та ємність з об'ємом $(25 \pm 0,05)$ см³ та внутрішнім діаметром (30 ± 1) мм. Об'єм навішення для випробування має бути не менше 100 см³ для забезпечення проведення випробувань на трьох досліджуваних порціях. Випробування здійснюють таким чином: лійку з вихідним отвором діаметром 2,5 мм закривають сухим пальцем та заповнюють порошком. Потім відкривають її вихідний отвір і пропускають через нього порошок до повного заповнення ємності та до початку пересипання з неї порошку. Одноразовим рухом немагнітної лінійки вирівнюють в ємності поверхню порошку, не натискаючи на нього. Слідкують, щоб не було вібрації ємності. Лінійка під час вирівнювання поверхні порошку повинна бути повернута ребром до верхнього краю ємності. Після ви-

рівнювання поверхні порошку слід злегка постукати по ній, щоб порошок осів і не розсипався протягом переміщення. Потім необхідно очистити зовнішню поверхню ємності від прилиплих частинок. Масу порошку визначають за допомогою терезів точністю до 0,05 г. Вимірювання виконують на трьох досліджуваних порціях. При цьому насипну щільність (ρ), г/см³, обчислюють за формулою

$$\rho = m / V,$$

де m – маса досліджуваного порошку в ємності, г; V – місткість ємності, см³.

Масу досліджуваного порошку у грамах обчислюють за формулою

$$m = m_1 - m_2,$$

де m_1 – маса ємності з порошком, г; m_2 – маса ємності, г.

Обладнання, прилади і матеріали

Для виконання роботи використовують терези з гирями, набір сит, установку для просіювання, ємності з регламентованим об'ємом, калібровану лійку за ДСТУ 3795–98, секундомір, транспортер, порошки різних матеріалів.

Порядок виконання роботи

1. За вказівками викладача підготувати порошок для виконання лабораторної роботи: просушити вибрану пробу порошку у сушильній шафі при температурі (110±5) °С до сталої маси, а потім охолодити її в ексікаторі.
2. Дослідити гранулометричний склад порошку.
3. Дослідити текучість порошку.
4. Дослідити кут природного нахилу порошку.
5. Дослідити насипну щільність порошку.
6. Оформити аналіз отриманих результатів як висновки.

Порядок оформлення звіту

1. Коротко сформулювати мету роботи.
2. Навести відомості про такі технологічні властивості порошоків, як гранулометричний склад, текучість, кут природного схилу, насипна щільність та методи їх дослідження.
3. Записати порядок проведення роботи.
4. Отримані протягом лабораторної роботи експериментальні дані занести у табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Результати дослідження технологічних властивостей порошків

| Порошок | Гранулометричний склад | Кут природного схилу, град | Текучість, с | Насипна щільність, г/см ³ |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|--------------------------------------|
| | | | | |

5. Оформити аналіз отриманих через експеримент даних про технологічні властивості порошків, що були використані у роботі, як висновки.

Контрольні питання та завдання

1. Назвіть основні властивості порошків.
2. Що являє собою поняття "гранулометричний склад порошку"?
3. Що таке текучість порошку? Як вона впливає на технологію отримання та властивості порошкових матеріалів?
4. Дайте визначення таким властивостям, як кут природного нахилу порошків та насипна щільність.
5. Охарактеризуйте методи визначення розглянутих у роботі властивостей порошків.

Лабораторна робота № 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ПОРОШКІВ МЕТОДОМ ЗДРІБНЕННЯ У МЛИНАХ

Мета роботи – дослідити процеси отримання металевих порошків методом здрібнення (розмелу) у млинах.

Загальні теоретичні відомості

Механічне здрібнення твердих тіл засноване на використанні енергії руху розмелених тіл. Ця енергія створює механічні напруження, які піддаються розмелу, що обумовлює створення мікро-, а потім і макротріщин, тобто руйнування частинок порошку. При самоздрібненні руйнування частинок здійснюється через їх співударі та удари порошку по стінках агрегату, а при використанні розмелених тіл – безпосередньо їх впливом на об'єкт розмелу.

Для розмелу твердих матеріалів використовують млини різних типів: обертові (барабанні та планетарні), вібраційні, атриторні, вихрові, струминні та інші.

Барабанні млини – це простіші апарати для здрібнення, які широко використовують у порошковій металургії як розмелювальне обладнання,

так і обладнання для виготовлення сумішей. Вони являють собою барабан, всередині якого знаходяться різні здрібнювані тіла: кулі, стрижні, пластини. На рис. 2.1 наведено фотознімок лабораторного барабанного млина.

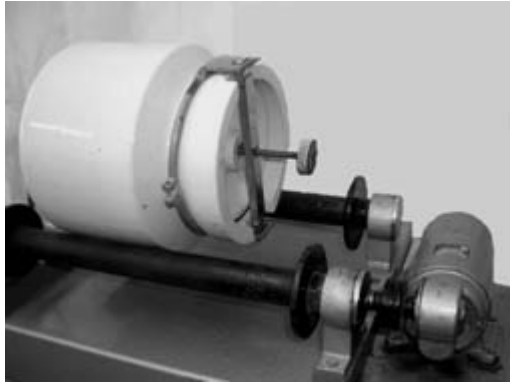


Рис. 2.1. Барабанний млин

У залежності від швидкості обертання у барабанному млині існують різні режими руху куль (рис. 2.2).

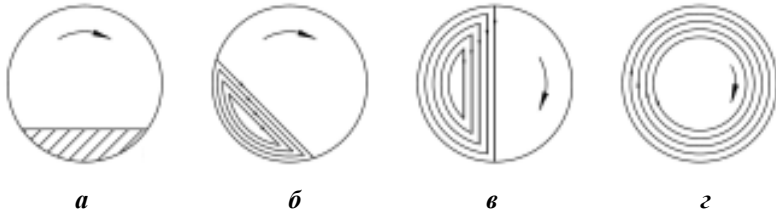


Рис. 2.2. Схема режимів руху в барабані млина:

a – режим ковзання; *б* – режим перекату; *в* – режим вільного падіння;
г – режим руху шарів при критичному числі обертань барабана

Як правило, при розмелі крихких матеріалів додержуються режиму вільного падіння. Необхідна частота обертання барабана в цьому випадку

$$n_{\text{роб}} = (0,6 \dots 0,8)n_{\text{кр}}, \text{ об / хв}, \quad (2.1)$$

де $n_{\text{кр}} = \frac{42,4}{\sqrt{D_{\text{вн}}}}$ – критичне число обертань барабана, об / хв; $D_{\text{вн}}$ –

внутрішній діаметр корпусу барабана, см.

Розмір куль визначається модулем пружності подрібнюваних матеріалів, які підлягають, та крупнистих вихідних кусків. Шари малого розміру не будуть дрібнити навіть крихкі матеріали, а дуже великі виявлять слабку стиральну дію на розмелюваний матеріал. Середній діаметр куль розраховують за емпіричною формулою:

$$D_{ш} = 4,8(\lg d_p)\sqrt{d_g}, \quad (2.2)$$

де d_g – вихідний діаметр подрібнюваних частинок, що, мм; d_p – розмір часток після розмелу.

Величина завантаження матеріалу за масою визначається зі співвідношення маси куль до маси завантаження, що обрано на підґрунті виробничих даних. Зазвичай воно складає 2,5...3,0, а для інтенсивного розмелу може досягти 5...10. Коефіцієнт заповнення барабана не повинен перевищувати 0,4...0,5, оскільки при більших його значеннях кулі зіштовхуються одна з одною, витрачаючи енергію.

Планетарні млини – більш виробничі ніж барабанні млини. У планетарних млинах використовують ємності невеликих розмірів, закріплені у тисках, розташованих по периферії диска, що повертається навколо вертикальної осі. Крім цього, за допомогою відповідної системи передач кожна ємність також повертається навколо власної вертикальної осі у напрямку, протилежному напрямку повертання диска.

Під час руху ємності розмелені кулі розташовуються у сегменті, форма і положення якого не змінюються з часом. При обертанні ємності навколо її стінки утворюється рухливий масив куль. Кожна з яких також повертається по колу, центром якої є вісь ємності. При визначенні швидкості обертання кулі перекочуються у сегменті й повертаються навколо центрів. Це викликає здрібнення шляхом стирання. При цьому поряд зі стиранням матеріалу, здійснюється стирання стінок ємності і куль. Отже, здійснюється натирання цих матеріалів у розмелений порошок. Крім цього, в процесі здрібнення матеріал розігрівається і частково окислюється. З метою попередження окислення розмел здійснюють у середовищі етилового спирту.

Вібраційні млини. Одним із найбільш ефективних методів здрібнювання твердих тіл є збільшення швидкості руху розмелених тіл, що робить процес отримання порошоків інтенсивнішим. При цьому збільшується частота зіткнень робочих органів із частинками, відповідно знижується тривалість перебування матеріалу у млинах, тобто зростає продуктивність процесу. Скорочення тривалості циклу здрібнювання призво-

дить до зменшення окислювання матеріалу, який здрібноється, та забруднення його продуктами зносу робочих органів пристрою. Число зіткнень у вібраційних млинах на один-два порядки більше, ніж у барабанних млинах.

Основною перевагою вібраційних млинів є поєднання простоти конструкції та досить високих граничних параметрів процесу здрібновання. Коливання передаються розмеленим кулям і частинкам матеріалу, в результаті чого всередині корпусу здійснюються коливальні рухи. При цьому відбуваються стирально-ударні руйнування частинок.

Аттристорами називають апарати, в яких здрібновання матеріалу здійснюється за допомогою куль, що приводяться в обертання мішалкою, в результаті чого рухається вся маса куль, які перебувають у робочій камері, інші приводяться у рух шляхом передачі імпульсів від кулі до кулі. Швидкості в масі куль розподілені нерівномірно як за радіусом, так і за висотою. Це і є основою високої ефективності здрібновання в аттристорах.

Аттристори відносяться до найбільш енергонапружених розмелених агрегатів і, крім процесів здрібновання, використовуються для одержання порошків сплавів і дисперснозміцнених матеріалів методом механічного легування. Аттристори можуть мати як вертикальне, так і горизонтальне компонування.

Вихрові млини дозволяють більш успішно, ніж кульові, розмелювати тверді й пластичні матеріали, тому що руйнування частинок відбувається як за рахунок ударної, так і стиральної дії при зіткненні частинок однієї з одною і зі стінками робочої камери.

У вихрових млинах зустрічаються високошвидкісні потоки часток. У робочій камері діє безперервна циркуляція повітря або інертного газу, що подається у млин для запобігання окислюванню й самозайманню порошку. Протягом експлуатації внутрішні частини млина значно розігріваються. У зв'язку з пиррофорністю й вибухонебезпечністю більшості металевих порошків вихровий розмел проводиться переважно в захисній атмосфері. Газовий потік безупинно видаляє розмелений порошок.

Обладнання, прилади та матеріали

Для виконання роботи використовуються млин шаровий, терези технічні, мікроскоп, комп'ютер, порошки різної дисперсності.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити особливості процесу розмелу в шаровому млині. Для цього за (2.1) розрахувати критичне число обертань барабана; діаметр шарів

із урахуванням вихідного розміру частинок та необхідної дисперсності порошку (ці величини задаються викладачем); необхідний діаметр шарів.

2. Провести дослідження властивостей порошкових матеріалів, отриманих методом механічного здрібнювання.

3. З використанням методики комп'ютерної металографії дослідити зміну розмірів і форми часток у результаті механічного здрібнювання.

4. Порівняти результати досліджень.

Порядок оформлення звіту

1. Коротко сформулювати мету роботи.

2. Описати конструкцію та принцип дії основних видів млинів.

3. Записати порядок проведення роботи.

4. Виконати та навести розрахунки критичного числа обертань барабана й середній діаметр шарів.

5. Оформити аналіз отриманих результатів як висновки.

Контрольні питання та завдання

1. Назвіть основні причини процесу механічного здрібнювання твердих тіл.

2. Охарактеризуйте основні типи млинів для отримання порошку.

3. Поясніть конструкцію та принцип дії млинів шарового типу.

4. Поясніть конструкцію та принцип дії млинів планетарного типу.

5. Назвіть основні режими руху шарів у млинах під час обертання.

6. Поясніть, від чого залежить критична швидкість обертання барабана.

Лабораторна робота № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОГО ОТРИМАННЯ ПОРОШКУ МІДІ

Мета роботи – вивчити особливості процесу отримання металевих порошоків методом електролізу на прикладі порошку міді; дослідити вплив щільності катодного струму на властивості отриманих осадів міді та вихід металу за струмом.

Загальні теоретичні відомості

Електролітичний спосіб отримання металевих порошоків знайшов широке розповсюдження у промисловості. За його допомогою можна отримати порошки майже всіх металів. Важливою перевагою електролі-

тичного отримання порошків є висока технічна чистота продукту, пресуємість та спікаємість. Крім цього, через варіювання складу електроліту та режимів електролізу можна отримати порошки з широким діапазоном властивостей. Наприклад, насипна маса електролітичного порошку міді в залежності від умов його отримання може змінюватися від 0,4 до 4,0 г / см³. Електроліз також дозволяє отримувати леговані порошки. Однак, основним недоліком електролітичного методу є висока вартість порошків.

В основі процесу отримання електролітичних порошків лежить розкладання водних розчинів або розплавлення солей металів при пропусканні через них постійного електричного струму. Сутність процесу електролізу полягає в наступному: у розчинах під дією розчинника молекули електроліту дисоціюють зі створенням протилежно заряджених часток-іонів. При пропусканні постійного електричного струму через розчин електроліту на катоді здійснюється розряд іонів металу зі створенням осаду металу. Іони водню, присутні у кислих розчинах електролітів, можуть відновлюватися на катоді зі створенням молекулярного водню. У цьому випадку на цей процес витрачається лише доля від загальної кількості електрики, що отримала назву *виходу за струмом*.

На аноді, матеріал якого найбільше відповідає металу, що міститься в електроліті у вигляді іонів, створюються іони металу та тим самим частково або повністю відновлюється зниження їх концентрації у розчині. Перенос іонів до катоду здійснюється через дифузію, конвекцію та міграцію, що залежать від багатьох факторів. Серед них увагу приділено *швидкості* дифузії, яка є результатом теплового руху часток та залежить від температури електроліту, в'язкості розчину, розмірів іонів; *конвекції*, що є результатом механічного перемішування електроліту, неоднорідності складу і температури; *міграції*, яка являє собою рух іонів під дією електричного поля.

Електроосадження металу на катоді може здійснюватися зі створенням щільних, рихлих або порошкоподібних осадів, що визначається умовами електролізу. На структуру катодного осаду впливають концентрація іонів в електроліті, щільність струму, температура, кислотність електроліту, а також домішки в ньому.

Стисло розглянемо вплив цих факторів.

Концентрація іонів металу в електроліті. Для отримання щільних осадів необхідно забезпечити таку концентрацію даного металу, щоб швидкість виділення атомів на катоді та ріст кристалів були сумірними. У межах значень концентрації іонів металу, які забезпечують утворення

рихлих осадів, підвищення цього параметру збільшує середній діаметр порошку, а при зниженні на катоді утворюється водень, виділення пазирчиків якого додатково сприяє розрихленню осаду.

Щільність струму. При постійній концентрації електроліту з підвищенням щільності струму, а також поряд із розрядом металевих іонів здійснюється розряд іонів водню, що сприяє осадженню порохнявого порошкоподібного осаду. Збільшення щільності струму в межах умов електролізу, що робить інтенсивнішим утворення порошкового осаду, призводить до зменшення розміру частинок отриманого порошку. Чим вище щільність струму, тим більше утворюється центрів кристалізації на одиницю площі катоду, отже зменшується розмір частинок порошку.

Температура. З підвищенням температури збільшується рухливість іонів металу, що, в свою чергу, сприяє підвищенню їх концентрації на поверхні катоду, і тим самим створює умови, які позитивно впливають на утворення щільного осаду. У зв'язку з цим температуру електроліту необхідно підтримувати на рівні 40...60 °С.

Кислотність електроліту. Підвищення кислотності електроліту сприяє збільшенню концентрації іонів водню в ньому та виділенню його на катоді. Останнє призводить до розрихлення осаду та зниження виходу металу за струмом.

Домішки в електроліті, як правило, носять штучний характер. До них можна віднести поверхнево-активні речовини, колоїди, перекис водню, розчинений кисень та інші. Поверхнево-активні речовини та колоїди утворюють адсорбовані плівки на поверхні кристалів, які осаджуються, і перешкоджають їх росту, що сприяє отриманню порошкоподібного осаду. Так само впливають окисники через утворення окисних плівок на поверхні частинок.

У залежності від умов електролізу, природи матеріалу, який осаджується, та електроліту можна отримати три типи катодних осадів, для виробництва металевих порошоків:

- 1) тверді крихкі осади у вигляді щільних шарів, чешуйок або гіллястих кристалів, що далі можуть бути перероблені на порошок;
- 2) губчасті м'які осади – скупчення окремих дрібних кристалів;
- 3) порохняві (чорні) осади, які являють собою високодисперсні порошки, отримані у готовому вигляді саме в результаті електролізу.

Деякі крихкі, але компактні електролітичні відкладення металів, що легко підлягають розмелу, отримують при значних концентраціях іонів водню в електроліті, низькому вмісті іонів металу та високих щільностях струму. За таких умов легко отримують крихкі осади нікелю, кобальту,

заліза та хрому. Для видалення водню із часток металу порошок підлягає операції відпалу.

Губчасті катодні осадки отримують при низьких значеннях щільності струму. Зазвичай осад спочатку утворюється в окремих точках катоду, а потім поступово зростає по всій поверхні.

Обладнання, прилади та матеріали

Для виконання роботи використовуються живильник постійного струму, амперметр, вольтметр, ванна для електролізу, мідні аноди, титановий катод, сушильна шафа, терези аналітичні, термометр, електричний ключ, провідники, лійка, стакан, фільтрувальний папір, металевий шпатель, скляна паличка. Для проведення експериментальної частини необхідно мати електроліт складу 50 г / л CuSO_4 + 150 г / л H_2SO_4 , етиловий спирт.

Порядок виконання роботи

1. Зібрати електричну схему обладнання для здійснення електролізу (рис. 3.1).

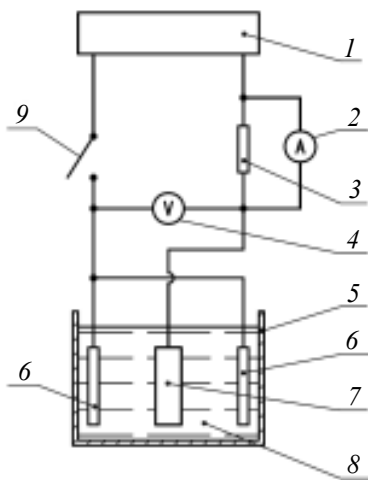


Рис. 3.1. Схема обладнання для електролізу:

1 – живильник постійного струму; 2 – амперметр; 3 – шунт; 4 – вольтметр; 5 – електролізер; 6 – анод; 7 – катод; 8 – електроліт; 9 – ключ

2. Заповнити електролізер електролітом до рівня 15...20 мм нижче за верхній рівень ванни (виконується тільки за відсутності катоду).

3. Занурити на підвісі титановий катод в електроліт (у центральній частині електролізера) до рівня, який відповідає 10 см² зануреної поверхні електроду.

4. За присутності лаборанта включити живильник струму, замкнути електричний ланцюг обладнання за допомогою ключа 9 та встановити за амперметром 2 силу струму в ланцюзі, яка відповідає щільності струму на катоді 10 А / дм². Навантаження у ванні має відповідати 2...3 В.

5. Протягом 30 хв здійснювати процес електролізу. При цьому необхідно підтримувати силу струму в ланцюзі постійною та контролювати

температуру електроліту. Необхідно також кожні 10–15 хв обережно, не торкаючись при цьому осаду на катоді, перемішувати розчин скляною паличкою для вирівнювання концентрації розчину в об'ємі ванни.

6. По закінченні часу електролізу виключити обладнання, висунути катод та ретельно за допомогою шпателя очистити з його поверхні порошок міді, промити його декілька разів водою, потім етиловим спиртом, отфільтрувати та сумісно з фільтром просушити у сушильній шафі протягом 10–15 хв при температурі 100–110 °С. Зважити масу отриманого порошку на аналітичних терезах.

7. Провести аналогічні експерименти при значеннях щільності струму на катоді 25, 40 А / дм².

Порядок оформлення звіту

1. Коротко сформулювати мету роботи.
2. Записати сутність процесу електролізу. Навести дані про вплив факторів на утворення та структуру катодного осаду.
3. Записати порядок проведення роботи.
4. Визначити вихід порошку для кожного експерименту. Отримані дані занести у табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Режими отримання і характеристики електролітичного порошку міді

| Параметри електролізу | Експериментальні дані | |
|-------------------------------------|-----------------------|--|
| Щільність струму, А/дм ² | | |
| Тривалість електролізу, год | | |
| Напруження, В | | |
| Температура електролізу, °С | | |
| Вид осаду | | |
| Практичний вихід, г | | |
| Теоретичний вихід, г | | |

5. За допомогою методики комп'ютерної металографії дослідити особливості дисперсності та форми отриманих часток порошку.

6. Оформити аналіз особливостей електролітичного отримання порошку міді як висновки.

Контрольні питання та завдання

1. Назвіть переваги та недоліки електролітичного методу отримання порошків.

2. Поясніть, у чому полягає суть електролітичного методу отримання металевих порошків.

3. Опишіть вплив параметрів електролізу на форму та гранулометричний склад металевих порошків, отриманих електролітичним методом.

4. Поясніть, як впливає щільність струму і концентрація електроліту на вид осаду.

5. Назвіть типові види осадів, які утворюються за допомогою електролізу.

6. Поясніть та обґрунтуйте, як змінюється склад електроліту в процесі електролізу.

Лабораторна робота № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СПОСОБІВ ВИРОБНИЦТВА ПОРОШКУ НА ЙОГО ДИСПЕРСНІСТЬ ТА ФОРМУ ЧАСТИНОК

Мета роботи – дослідити вплив способів виробництва порошку на його дисперсність та форму частинок за допомогою методів комп'ютерної металографії.

Загальні теоретичні відомості

У залежності від хімічної природи матеріалу та способу отримання частинки порошку можуть мати різну форму – сферичну (карбонільні), краплеподібну та частково сферичну (розпилені порошки), губчасту (відновлені), тарілчасту (при розмелі на віхрових млинах), дендритну (електролітичні), осколочну (при розмелі в кулевих та вібромлинах), волокнисту та пелюстковидну (отримані при сплюсненні).

У табл. 4.1 наведено основні види отримання порошків та характерні для цих методів форми частинок зі значеннями фактору форми.

Таблиця 4.1. Характеристики порошків різного походження

| Метод отримання порошку | Форма часток порошку | Фактор форми порошку |
|--|----------------------|----------------------|
| Розпилення, карбонільний процес | Сферична | 0,9...1,0 |
| | Округла | 0,6...0,9 |
| Здрібнення у віхрових млинах або бігунах | Кутова | 0,4...0,6 |
| | Пластинчаста | 0,3...0,6 |
| Відновлення | Губчаста | 0,2...0,5 |
| Електроліз | Дендритна | 0,2...0,3 |

Відомо, що форма частинок суттєво впливає на насипну щільність та пресуємість порошків, а також на щільність, міцність та однорідність як пресовок так і виробів. Наприклад, найменшою насипною щільністю та найбільшою міцністю характеризуються пресовки з порошків із дендритною формою частинок. Порошки сферичної форми навпаки мають максимальну насипну щільність, але погано пресуються. Для отримання з них пресовок достатньої міцності необхідне використання підвищених значень тиску. Порошки з чешуйчастою формою погано піддаються пресуванню, а отримані з них заготовки схильні до розшарування. Волокнисті порошки взагалі використовуються як армуючі (зміцнюючі) компоненти при створенні нових композиційних матеріалів.

В табл. 4.2 наведені характеристики деяких металевих порошків дисперсністю 63...800 мкм, отриманих різними методами.

Таблиця 4.2. Характеристики металевих порошків, отриманих різними методами

| Матеріал порошку | Метод отримання | Фактор форми |
|--|---|---|
| Олов'янисто-фосфориста бронза: БрОФ-10-1 БрОФ-10-1 | Розпилення повітрям у воду Розпилення водою у воду | 0,90...0,96 0,65...0,67 |
| Титановий сплав ВТ-9 | Розпилення обертанням використаного електрода | 0,97...0,99 |
| Корозійностійка сталь: X18H10 X18H10 X18H15 | Розпилення повітрям на повітрі Розпилення водою у воду Гідридно-кальцієве відновлення | 0,76...0,82 0,53...0,62 0,62...0,65 |
| Мідь ПМС | Електроліз | 0,22...0,27 |
| Титан ПТЕ | Електроліз | 0,31...0,40 |

Обладнання, прилади та матеріали

Для виконання роботи використовують порошки різних матеріалів, мікроскоп, комп'ютер, веб-камеру, стандартні програми, програмний комплекс "МЕГРАН", призначений для виконання металографічного аналізу.

Порядок виконання роботи

1. За вказівками викладача підготувати на предметному склі мікроскопа дослідні зразки порошків, отриманих різними методами, наприклад, порошки карбонільного, електролітичного, розпиленого нікелю.

2. Виконати дослідження форми та розмірів частинок порошків кож-

ного з підготовлених зразків за допомогою металографічного аналізу з використанням мікроскопу.

3. Виконати дослідження форми і розмірів часток кожного з підготовлених зразків за допомогою комп'ютерної металографії.

4. Порівняти та проаналізувати отримані результати.

5. Отримані дані навести у вигляді гістограм розподілу порошків за розміром та фактором форми, а потім для порівняння звести у таблицю.

Порядок оформлення звіту

1. Коротко сформулювати мету роботи.

2. Навести дані з різних методів отримання порошків та їх вплив на дисперсність та форму часток.

3. Записати порядок проведення роботи.

4. Сфотографувати частинки порошків, які досліджуються у роботі, за допомогою методів комп'ютерної металографії дати їх детальну характеристику.

5. Заповнити табл. 4.3.

Таблиця 4.3. Результати дослідження отриманих порошків

| Вид порошку | Спосіб отримання | Дисперсність, мкм | Фактор форми |
|-------------|------------------|-------------------|--------------|
| | | | |

5. Оформити аналіз впливу способу отримання порошків на їх форму та дисперсність як висновки.

Контрольні питання та завдання

1. Назвіть і охарактеризуйте основні способи отримання порошків.

2. Проаналізуйте, як впливає спосіб отримання на форму частинок та їх дисперсність.

3. Наведіть приклади порошків, отриманих за допомогою одних і тих же методів. Назвіть області їх застосування.

4. Поясніть, як впливає технологія отримання порошків на особливості виготовлення з них матеріалів.

5. Обґрунтуйте вибір того чи іншого з методів отримання порошків.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СТАТИЧНОГО ПРЕСУВАННЯ ПОРОШКІВ

Мета роботи – дослідити та проаналізувати особливості технології статичного пресування при виготовленні порошкових виробів.

Загальні теоретичні відомості

Під пресуванням порошків мають на увазі операцію, в результаті якої під дією прикладеного зусилля з сипучого порошку отримують відносно міцне тіло-пресовку, яка є близькою за формою й розмірами до готового виробу з урахуванням їх зміни при спіканні й подальшій обробці. Технологічна операція пресування порошкових матеріалів складається з приготування суміші порошків завданого хімічного та гранулометричного складу, дозування й засипання порошкової шихти у прес-форму, пресування, виштовхування брикетів і контролю якості.

Підготовка порошків до пресування є відповідальним етапом при виготовленні порошкових виробів, тому що від якості шихти безпосередньо залежать їх властивості. У зв'язку з цим головною умовою виготовлення шихти є забезпечення рівномірного розподілу різних частинок по об'єму суміші.

Підготовка порошкових компонентів полягає в очищенні їх від різного роду домішок, механічній обробці (наприклад, додатковому здрібнюванню), розподілі порошків на фракції, грануляції, термічній обробці, змішуванні.

Для одержання заготовок і виробів заданих форм та розмірів порошкова шихта піддається пресуванню у прес-формах (рис. 5.1).

Процес статичного пресування здійснюється таким чином: порошок засипається в порожнину матриці, за допомогою пресу через пуансон до порошку прикладається певний тиск. Після його зняття брикет виймається з порожнини матриці. Ця операція здійснюється за допомогою або одного з пуансонів, або з використанням спеціального виштовхувача.

Порошок під тиском пуансонів поводить дещо подібно до рідини – прагне розтікатися в сторони, що обумовлює виникнення тиску на стінки прес-форми. Це явище називають *бічним тиском*. Однак, на відміну від рідини, де має місце рівномірний розподіл тиску у всіх напрямках, у порошок спостерігається значна нерівномірність його розподілу по висоті. В результаті тертя часток одної об іншу, заклинювання та інших фак-

торів, що ускладнюють переміщення частинок, на бічні стінки прес-форми передається тиск значно менший, ніж у напрямку пресування.

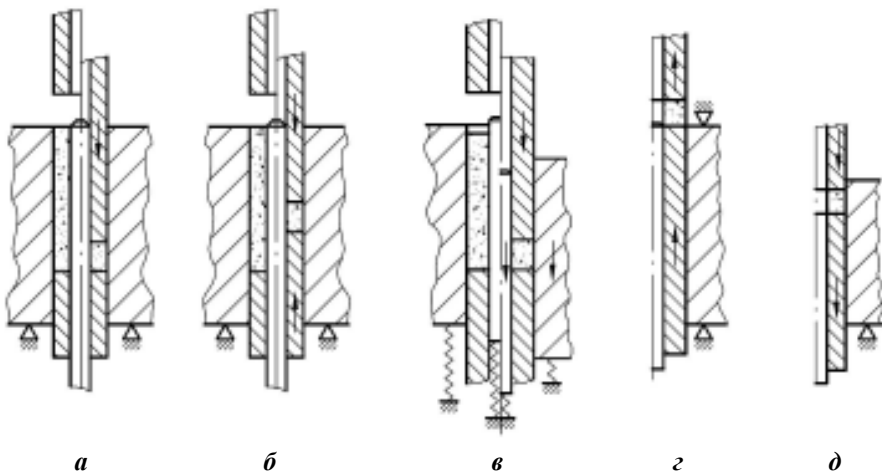


Рис. 5.1. Схеми пресування виробів:

a – однобічне; *б* – двобічне (матриця та стрижень нерухливі); *в* – двобічне (нижній пуансон нерухливий, матриця та стрижень на пружині переміщуються вниз за рахунок тертя); *г* – виштовхування (нижній пуансон рухається вгору, матриця та стрижень нерухливі); *д* – виштовхування (матриця та стрижень прямують вниз, нижній пуансон нерухливий)

У процесі пресування між зовнішнім шаром порошку і стінками прес-форми виникають сили тертя, величина яких зростає зі збільшенням тиску пресування. Наявність тертя порошку по стінках прес-форми призводить до появи значного перепаду тиску по висоті брикету. Найбільша величина тиску спостерігається безпосередньо поблизу торця пуансонів, а його значення поступово знижується при віддаленні. Нерівномірність розподілу тиску призводить до появи ділянок із різною щільністю порошку в різних місцях брикету. Сили тертя виникають також між поверхнями пуансона і брикету, що пресується.

У стані насипання між частинками утворюються порожнечі, що зумовлює виникнення *арочного ефекту*. Після додавання тиску саме вони в першу чергу заповнюються порошком, і частки переміщуються одна відносно інших.

Після досягнення щільного укладання подальше ущільнення може здійснюватися переважно за рахунок деформації порошку, концентрація якої спочатку локалізується в контактних ділянках, потім поступово поширюється вглиб брикету.

Витрати тиску на зовнішнє тертя за відсутністю змащення досягають 60–90 %. Це зумовлює нерівномірний розподіл щільності по висоті брикету та змушує використовувати пластифікатор. У загальному випадку витрати зусилля пресування на зовнішнє тертя повинні залежати від коефіцієнта тертя в парі "матеріал пресувального брикету – матеріал прес-форми", схильності до схоплювання у цій парі, якості обробки стінок прес-форми, наявності змащення, висоти шару порошку, діаметра прес-форми.

Також при пресуванні певне значення має переміщення частинок одна відносно одної, що відрізняється від зовнішнього тертя та називається *внутрішнім тертям*, коефіцієнт якого у кілька разів вищий за коефіцієнт зовнішнього, що обумовлено недосконалістю поверхні порошкових частинок. Усі ці причини призводять до нерівномірного розподілу щільності у спресованих брикетах. У зв'язку з впливом зовнішнього і внутрішнього тертя осьовий тиск у брикеті зменшується за висотою.

У процесі пресування частинки порошку піддаються пружній та пластичній деформаціям, у результаті чого в брикеті накопичуються значні напруги, за допомогою яких він прагне розширитися після зняття тиску. В напрямку, перпендикулярному до прикладення тиску, цьому перешкоджають стінки прес-форми. У напрямку пресування може виникати часткове розширення, однак сили тертя між зовнішньою поверхнею брикету та стінкою прес-форми перешкоджають повному розширенню та зняттю пружних напружень. Спресований брикет після зняття тиску міцно утримується в порожнині прес-форми. В результаті цього для видалення брикету з прес-форми потрібно прикласти певний тиск, який називається *тиском випресовування*, або *виштовхування*.

Пружні напруження, які накопичилися у брикеті в процесі пресування, після звільнення брикету з прес-форми призводять до його розширення як у напрямку прикладання тиску, так і в перпендикулярному до нього.

Відносна зміна лінійних розмірів виробів внаслідок пружної післядії визначається за формулою

$$\delta_l = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100 = \frac{(l_1 - l_0)}{l_0} \cdot 100,$$

де δ_l – величина пружної післядії, %; Δl – абсолютне розширення тіла за довжиною (або діаметром), мм; l_0 – довжина (або діаметр) до зняття зовнішніх сил пресування, коли брикет перебуває в прес-формі, мм; l_1 – довжина (або діаметр) брикету після виштовхування з прес-форми, мм.

Величина пружної післядії залежить від умов пресування, складу та характеристик порошкової суміші. Зі збільшенням дисперсності частинок пружна післядія зростає.

Фактори, що збільшують міцність пресовок (розвинена поверхня часток, мінімальний вміст домішок у металі частинок та інші), зменшують ефект пружної післядії, а протилежні фактори (висока твердість і підвищена крихкість матеріалу порошоків) збільшують його.

Величина пружної післядії має велике значення при проектуванні прес-форм для врахування можливої зміни розмірів брикету після випресовування з них.

При виготовленні деталей складної конфігурації, для отримання однорідної щільності, пресування здійснюють у прес-формах, які забезпечують рівномірне стискання порошку в різних перерізах заготовки, що забезпечується через використання самостійно рухаючихся пуансонів. У деяких випадках для отримання виробів складної конфігурації з точними формами спочатку пресують заготовку, яку попередньо підлягають спіканню, а потім надають їй форму готового виробу через повторне допресовування та кінцеве спікання. Також часто використовують гаряче штампування, динамічне гаряче пресування та механічну обробку.

Обладнання, прилади та матеріали

Для виконання роботи використовуються обладнання для пресування порошоків, прес-форма, терези з гирями, мікромметр, штангенциркуль, а також металеві порошки різної дисперсності, пластифікатори.

Порядок виконання роботи

1. За вказівками викладача підготувати задані навішення порошоків, які відрізняються один від одного дисперсністю, формою часток та пластичністю.

2. За вказівками викладача підготувати відповідні навішення пластифікатору.

3. Виконати змішування компонентів порошкової суміші.

4. Заповнити сумішню прес-форму.

5. Виконати ущільнення порошоків через прикладення статичного навантаження.

6. Зафіксувати відстань між пуансонами по завершенні процесу ущільнення, не знімаючи при цьому статичного навантаження.

7. Виштовхнути порошковий брикет, визначити його розміри.

8. Визначити щільність отриманих брикетів.

9. Визначити величину пружної післядії.

10. Повторити процес статичного пресування для всіх дослідних навішень.

Порядок оформлення звіту

1. Коротко сформулювати мету роботи.
2. Наведіть дані про особливості технології статичного пресування.
3. Записати порядок проведення роботи.
4. Отримані протягом лабораторної роботи експериментальні дані занести у табл. 5.1. Повторити результати для кожного навішення порошку.

Таблиця 5.1. Результати ущільнення порошкових матеріалів при статичному пресуванні

| Вид та кількість пластифікатору, % | Тиск пресування, МПа | Відстань між пуансонами, мм | Розмір брикету, мм | | Щільність брикетів, кг/м ³ | Величина пружної післядії, % |
|------------------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------|---|---------------------------------------|------------------------------|
| | | | d | l | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

5. Зробіть висновки, у яких визначте фактори, що впливають на величину пружної післядії та поясніть вплив дисперсності та складу порошку на процес статичного пресування.

Контрольні питання та завдання

1. Охарактеризуйте процес підготовки порошоків до пресування.
2. Поясніть особливості технології однобічного статичного пресування.
3. Поясніть механізм тертя порошоків по стінках матриці та бокового тиску, що є характерним для статичного пресування.
4. Поясніть, з чим пов'язаний процес пружної післядії та як він впливає на якість порошкового виробу.
5. Охарактеризуйте особливості пресування заготовок складної конфігурації.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ВИДІВ ДЕФЕКТІВ ПРИ ПРЕСУВАННІ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета роботи – дослідити основні види дефектів, які спостерігаються при пресуванні порошкових матеріалів. Ознайомитись із основними методами їх попередження.

Загальні теоретичні відомості

Пресування є важливою технологічною операцією, умови виконання якої визначають фізико-хімічні та механічні властивості готових виробів, їх експлуатаційне призначення. Існуючі методи пресування повинні забезпечувати достатню міцність пресовки, яка необхідна для проведення наступних операцій.

Дефекти, що виникають при виготовленні порошкових виробів можуть бути пов'язаними з порушеннями вимог пресування, незадовільною якістю вихідних порошоків, пошкодженнями прес-форми. Найбільш небезпечними та розповсюдженими видами дефектів при пресуванні порошоків є розшарування спресованих брикетів, поперечні або діагональні тріщини, опадання граней пресовки, відколи, відхилення по щільності в різних перетинах порошкових брикетів, невідповідність заданим значенням щільності та розмірів заготовок.

Причинами *розшарування* спресованих брикетів можуть бути завищений тиск пресування, низька пластичність порошку, відсутність на матриці прес-форми конусів для виштовхування брикетів.

Поперечні та діагональні тріщини призводять до порушення цілісності та відповідної міцності пресовки. Їх поява обумовлена тим, що при виштовхуванні порошкового тіла здійснюються два протилежних процеси: розширення як вихідного брикету, так і стиснутої перед цим матриці. В результаті деформацій по границях їх дії виникають тріщини, причинами появи яких також можуть стати порушення технологічних факторів та помилки при конструюванні прес-форм і виробів із порошкових матеріалів.

Тріщини, відколи, осипання граней також можуть бути викликані відсутністю у виштовхувальному кінці каналу матриці розширюючого конуса. При виштовхуванні заготовок з такої прес-форми під дією сил пружного розширення здійснюється різке збільшення їх діаметра та створюються дефекти у вигляді тріщин, розшарування та відколів. Поява тріщин також обумовлена руйнуванням частинок порошку при пресуванні пружним розвантаженням контактних частинок.

Відколи можуть також створюватися через наявність дефектів або механічних пошкоджень прес-форми. Зношення матриці призводить до виникнення численності рисок на поверхні пресовок, а недостатньо якісна обробка (шліфування) робочої поверхні пуансонів – до відколів на їх торцях, особливо на кромках.

Відхилення по щільності в різних перетинах порошкових брикетів виникають при змінах насипної щільності порошків, їх поганій текучості, порушеннях режимів пресування.

Невідповідність заданим щільності та розмірам заготовок можлива в результаті неточного дозування порошку (наприклад, підвищеного навішення) або порушення режимів пресування: заниження або завищення величини тиску, неправильного зняття навантаження. Особливо цей вид дефекту характерний для статичного пресування порошкових тіл.

Серед загальних факторів, які є причиною створення дефектів (переважно тріщин), найбільше значення мають такі з них:

умови пресування, що сприяють зменшенню міцності брикетів (гладкі плоскі частинки, їх окислювання та наклеп);

високі значення тиску пресування (особливо у випадку непластичних матеріалів), тому що пружні сили, які викликають розтріскування, збільшуються пропорційно тиску, а міцність брикетів збільшується не так швидко; у результаті при деякому навантаженні руйнівні пружні сили перевершують міцність брикетів і з'являються тріщини;

нерівномірний розподіл по об'єму брикету домішок або компонентів складної порошкової суміші, викликаний поганою якістю змішування або використанням при пресуванні хімічно неоднорідного матеріалу;

нерівномірне зняття тиску при видаленні брикету з прес-форми, викликане її неправильною конструкцією або перекосом у процесі пресування й при знятті навантаження;

занадто повільне виштовхування й особливо зупинки під час цього; для прискорення процесу рекомендується застосовувати рознімні матриці, які забезпечують швидке звільнення брикету від стискувальних горизонтальних зусиль і його одночасне всебічне розширення;

наявність у брикетах тонких стінок або різких переходів по перерізу.

При появі дефектів необхідно встановити їх причини й вжити заходів щодо їх усунення або запобігання шляхом підбора відповідних тисків пресування, зміни розмірів прес-форми, варіювання технологічних властивостей порошку.

Для виявлення причин дефектів пресують декілька контрольних зразків еталонного порошку. Коли отримані зразки задовольняють розмірам, то причиною появи браку є неякісна суміш. З метою контролю щільності пресовки зважують, а за отриманими даними визначають щільність та пористість. Однак брак, викликаний порушенням режимів пресування, не завжди може бути виявлений на неспечених заготовках. Інколи його поява спостерігається при отриманні вже готових виробів. Деякі дефекти можуть бути виправлені механічною обробкою, однак більшість з них не піддаються виправленню.

Браковані за тими чи іншими ознаками вироби можуть бути повернуті у виробництво після відповідного здрібнювання. Іноді такий порошок невеликими порціями підмішують до вихідного матеріалу. Однак при цьому може відбуватися деяке зниження механічних властивостей спечених виробів.

Обладнання, прилади та матеріали

Для виконання роботи використовуються мікроскоп, зразки порошкових брикетів, які мають характерні дефекти при пресуванні, альбом фотографій.

Порядок виконання роботи

1. За допомогою візуального огляду та мікроскопу дослідити зразки порошкових матеріалів та брикетів із характерними дефектами, отриманими на стадії пресування. Проаналізувати причини їх виникнення.
2. Отримані дані занести до табл. 6.1.

Таблиця 6.1. Результати дослідження основних видів бракувань при пресуванні порошкових заготовок

| Матеріал | Вид дефекту | Причини виникнення | Заходи з виправлення або профілактики |
|----------|-------------|--------------------|---------------------------------------|
| | | | |

3. Визначити геометричні розміри, масу та щільність зразків, які мають дефекти при пресуванні.

Порядок оформлення звіту

1. Коротко сформулювати мету роботи.
2. Записати відомості про появу дефектів порошкових заготовок при пресуванні.
3. Записати порядок проведення роботи.
4. Заповнити табл. 6.1.

5. Оформити аналіз виникнення дефектів при пресуванні порошкових виробів та методів їх запобігання як висновки.

Контрольні питання та завдання

1. Охарактеризуйте основні види дефектів, які можливі при пресуванні порошків. Назвіть загальні причини їх появи.

2. Проаналізуйте причини появи розшарування, поперечних та діагональних тріщин у порошкових брикетах.

3. Поясніть, з чим пов'язані виникнення тріщин, відколів, осипання граней.

4. Охарактеризуйте відхилення по щільності в різних перетинах порошкових брикетів та невідповідність щільності та розмірів заготовок.

5. Наведіть основні заходи з контролю попередження та виправлення дефектів при пресуванні порошкових заготовок.

Лабораторна робота № 7

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ВИДІВ ДЕФЕКТІВ ПРИ СПІКАННІ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета роботи – дослідити основні види дефектів, які спостерігаються при спіканні порошкових матеріалів. Ознайомитись із додатковим спіканням як з одним зі способів виправлення дефектів.

Загальні теоретичні відомості

Спікання є важливою операцією технологічної схеми виробництва методом порошкової металургії. Бракування та дефекти можливі при порушеннях режимів нагрівання та охолодження заготовок, а саме при недостатній температурі спікання, нерівномірності температурного поля робочого простору печі, підвищеній швидкості нагрівання. Причина бракування також може полягати у помилках, здійснених на попередніх стадіях, наприклад, при виготовленні сумішей, формуванні, пресуванні або при отриманні самих порошків. Тому для запобігання бракуванню повинен бути виконаний аналіз причин можливих дефектів та здійснені заходи з його попередження.

На якість виробу домінуюче впливають, як правило, дефекти, пов'язані з недосконалістю технології виготовлення конкретних деталей. Такими видами дефектів можуть бути дірчастість, недопикання, перепал, кірка, порушення форми та необхідних геометричних розмірів (рис. 7.1)

та інші. Їх причинами є нерівномірність температурного поля простору печі; підвищення швидкості нагрівання; різке остигання брикету; нерівномірний розподіл частинок порошку в брикеті, а також помилки, допущені під час пресування; дефекти або пошкодження прес-форми; механічні удари.

На рис. 7.1 наведено фотографії з основними дефектами, що можливі під час спікання порошкових матеріалів.



a



б



в



z

Рис. 7.1. Можливі дефекти, що виникають під час спікання порошкових матеріалів:

a – недопикання; *б* – витікання рідкої фази; *в* – викривлення геометричної форми; *z* – сегрігація

Нижче наведено основні види дефектів.

Сховане розшарування – наявність тріщин у вигляді порушення суцільності.

Недопикання – порушення вимог щільності та міцності спеченого виробу при зниженні заданих температури або часу ізотермічної витримки. Виправляється повторним спіканням (рис. 7.1,*a*).

Витікання рідкої фази спостерігається під час рідкофазного спікання порошкових матеріалів. Полягає у виділенні рідкої фази на поверхні під час нагрівання порошкової формовки через недостатню змочуваність рідкою фазою більш тугоплавкого компонента. Дефект не виправляється (рис. 7.1,б).

Порушення геометричної форми та розмірів виробу спостерігається внаслідок значної різниці величини усадки в крупногабаритних брикетах через нерівномірність прогрівання або підвищення швидкості підйому температури (рис. 7.1,в).

Сегрегація спостерігається під час спікання сумішей порошкових матеріалів. Виникає через значну різницю щільності компонентів, недостатнє їх перемішування, а також при тривалому зберіганні порошкової суміші (рис. 7.1,г).

Наявність ділянок із різною щільністю виробу виникає в результаті порушення технології пресування та спікання.

Перепал – порушення нормальної структури виробу при перевищенні заданої температури спікання. Дефект не виправляється.

Кірка полягає в утворенні на поверхні кіркоподібної структури, яка відрізняється від заданої. Виникає через розклад органічних зв'язуючих та масел, що додаються у шихту для поліпшення пресованості порошку. Дефект не виправляється.

Здимання – створення пузирів на поверхні спеченого виробу. Причини цього виду дефекту полягають в інтенсивному газовиділенні під час рідкофазного спікання, а також у місцевому перегріванні порошкової формовки в печі, що викликає розплавлення будь-якого компонента під час твердофазного спікання. Дефект не виправляється.

Дифузійна пористість виникає під час спікання порошкової формовки, яка складається з матеріалів, що мають різні коефіцієнти взаємної дифузії. Дефект не виправляється.

Зневуглецювання – зменшення вмісту вуглецю в поверхневих шарах заготовок при їх нагріванні через підвищення вмісту H_2O і CO_2 в гарячій зоні печі. Для виправлення цього виду дефекту піддони для спікання закривають металевими або графітовими кришками, а також використовують захисні засипки, які містять вуглець. Слабо зневуглецьовані заготовки можна виправити під час спікання у вуглецевій засипці при мінімальному струмі водню.

Окислення полягає у наявності на поверхні спеченого виробу інших кольорів, окалини або корозії. Цей дефект, як правило, пов'язаний із порушенням складу газового середовища при спіканні. У більшості випадків

його можна виправити в результаті повторного нагрівання у відновленому середовищі. Однак, у матеріалах, які містять метали з високою сподібненістю до кисню, це бракування не виправляється.

Всі ці види дефектів можна виявити за допомогою візуальних методів контролю або через мікроструктурні дослідження. Для виправлення деяких з них, наприклад, недопикання, використовують технологічну операцію додаткового спікання порошкової заготовки. Однак, механічні властивості отриманого виробу будуть зниженими, порівняно з властивостями матеріалу, отриманого без порушення технологічного режиму.

До профілактичних заходів попередження бракування при спіканні відносяться точне дотримання технології виготовлення порошкових виробів, забезпечення заданої температури в робочому просторі печі, вимірювання швидкості підйому температури до номінального режиму печі, використання захисних засипок та відповідних газових середовищ.

Використання захисних засипок є одним із прийомів захисту порошкового тіла від впливу атмосфери спікання, у тому числі всередині печі. При цьому заготовки складають у короб або піддон та засипають кварцовим піском. У ролі захисних засипок можуть бути використані також оксид алюмінію, графітова крупка, азбестова мука. Температура плавлення засипки повинна бути вищою за температуру спікання. Матеріал засипки не повинен реагувати з матеріалом порошкового тіла. Також використовують комбіновані засипки: оксид алюмінію з домішкою графітової крупки, хрому, кремнію, ферохрому. Використання захисних засипок сприяє рівномірному прогріванню виробів, які спікаються, що є важливим фактором при нагріванні, попереджують також прилипання заготовок одної до одної.

Обладнання, прилади та матеріали

Для виконання роботи використовуються дослідні зразки порошкових матеріалів із дефектами, штангенциркуль, терези з гирями, фотоальбом із фотографіями зразків та виробів, мікроскоп, печі для спікання.

Порядок виконання роботи

1. За допомогою візуального огляду та мікроскопу дослідити пробні зразки порошкових матеріалів, які мають дефекти. Проаналізувати причини їх виникнення. Отримані дані занести у табл. 7.1.

Таблиця 7.1. Результати дослідження основних видів бракувань при спіканні

| Матеріал | Вид дефекту | Причини виникнення | Заходи з виправлення або профілактики |
|----------|-------------|--------------------|---------------------------------------|
| | | | |

2. Визначити геометричні розміри, масу та щільність зразків, які мають дефекти внаслідок недопикання.

3. Помістити пробні зразки в піч для додаткового спікання за режимами, вказаними викладачем.

4. По закінченні процесу додаткового спікання провести повторні вимірювання розмірів та щільності зразків. Визначити об'ємну або лінійну усадку пробних зразків.

5. Експериментальні дані занести у табл. 7.2.

Таблиця 7.2. Результати експериментальних досліджень виправлення дефектів методом повторного спікання порошкових виробів

| Зразки з дефектом недопикання | | | Зразок після повторного спікання | | | |
|-------------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------|
| m , г | V_0 , см ³ | ρ , г/см ³ | m , г | V_1 , см ³ | ρ , г/см ³ | $\Delta V/V$, % |
| | | | | | | |

Порядок оформлення звіту

1. Коротко сформулювати мету роботи.
2. Записати характеристику основних видів бракувань порошкових виробів при спіканні. Навести дані про основні методи їх виправлення.
3. Записати порядок проведення роботи.
4. Заповнити табл. 7.1.
5. Заповнити табл. 7.2.
6. Оформити аналіз впливу технологічної операції додаткового спікання як одного з методів виправлення дефектів при отриманні виробів із порошків як висновки.

Контрольні питання та завдання

1. Назвіть основні види дефектів, що спостерігаються при спіканні порошкових матеріалів.
2. Назвіть основні причини дефектів та можливі технологічні операції їх виправлення.
3. Охарактеризуйте види дефектів при спіканні порошкових матеріалів, які не підлягають виправленню.
4. Охарактеризуйте профілактичні заходи з запобігання дефектів при спіканні порошкових матеріалів.
5. Опишіть технологічну операцію додаткового спікання, як один із методів виправлення дефектів порошкових виробів.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. *Ермаков С.С., Вязников Н.Ф.* Порошковые стали и изделия. – Л.: Машиностроение, 1990. – 320 с.

2. *Либенсон Г.А.* Основы порошковой металлургии. – М.: Металлургия, 1987. – 208 с.

3. Порошковая металлургия и напыленные покрытия / Под ред. *Б.С. Митина*. – М.: Металлургия, 1987. – 792 с.

4. Прогрессивные технологические процессы штампованных деталей из порошков и оборудование / Под ред. *А.М. Дмитриева, А.Г. Овчинникова*. – М.: Машиностроение, 1991. – 320 с.

5. *Степанчук А.Н., Билык И.И., Бойко П.А.* Технология порошковой металлургии. – К.: Высшая школа, 1989. – 415 с.