

**Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія**



В.В. Косинський

О.Г. Васильєв

ОБРОБКА ТИСКОМ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

**Методичні вказівки
до лабораторного практикуму**

*для студентів ЗДІА
спеціальності 7.090404 “Обробка металів тиском”
денного і заочного відділень*

Запоріжжя

2006

**Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія**

ОБРОБКА ТИСКОМ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

**Методичні вказівки
до лабораторного практикуму**

*для студентів ЗДІА
спеціальності 7.090404 “Обробка металів тиском”
денного і заочного відділень*

Рекомендовано до видання
на засіданні кафедри ОМТ,
протокол № 1 від 6.09.2005 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Правила техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт	5
Лабораторна робота №1. Ситовий аналіз порошків	8
Лабораторна робота №2. Мікроскопічний аналіз порошків	13
Лабораторна робота №3. Визначення насипної маси	20
Лабораторна робота №4. Визначення текучості порошків	23
Лабораторна робота №5. Вплив тиску пресування на ущільнення брикету ..	24
Лабораторна робота №6. Спікання однокомпонентних систем	30
Лабораторна робота №7. Виготовлення виробів із порошкових металів методом пресування	34
Лабораторна робота №8. Виготовлення виробів із порошкових матеріалів методом обробки тиском	37
Лабораторна робота №9. Виготовлення виробів із дисперснозміцнених композиційних матеріалів (інфракерметів)	42
Література	45
Додаток А Визначення щільності і пористості спечених виробів	46
Додаток Б Приготування шліфів для металографічного дослідження спечених виробів	49
Додаток В Приготування проби для визначення мікротвердості часток порошку	51

ВСТУП

При виконанні лабораторних робіт студент закріплює знання, отримані під час лекцій, знайомиться з технологічними засобами порошкової металургії.

Лабораторний практикум охоплює такі розділи курсу як "Теоретичні основи пресування виробів із металевих порошків", "Отримання і властивості металевих порошків", - "Пресування", "Спікання" з додатком методик по вивченню різноманітних властивостей порошків і виробів. Він призначений для студентів, що спеціалізуються на порошковій металургії та загальному курсі "Порошкова металургія".

В залежності від чисельності групи студенти можуть виконувати лабораторні роботи одночасно всією групою або по підгрупам. При підготовці до виконання цих робіт студент зобов'язаний ознайомитись з їх описом , а також рекомендованою літературою по темі, підготувати скорочений конспект її виконання у зошиті по "Технології виготовлення виробів із металевих порошків" (лабораторний практикум). Після перевірки викладачами підготовки студентів до виконання роботи останні допускаються до її виконання.

При виконанні роботи незрозумілі питання з'ясовуються у викладача або лаборанта. Необхідні вихідні відомості та отриманні дані заносяться у зошит до таблиці, сітка яких заготовлюється заздалегідь. Після перевірки отриманих результатів виконана робота підписується викладачем.

При оформленні її студент виконує необхідні обчислення, заповнює відповідні таблиці, будує графічні залежності. Крім того він захищає виконану лабораторну роботу на наступному занятті. При наявності двох незахищених робіт до виконання наступної він не допускається.. Під час роботи у лабораторії студент зобов'язаний обережно поводитися з приладами та обладнанням, по закінченні її прибрати робоче місце.

ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Загальні відомості

У виробництві матеріалів та виробів з металевих порошків існують операції, при виконанні яких слід керуватися певними правилами техніки безпеки. Головними показниками, які мають властивість шкідливо впливати на стан здоров'я працюючих, є: токсичні або інші шкідливі фізіологічні впливи порошків ряду металів, неметалів, та газів, які застосовуються у виробництві; вибухонебезпечність та пожежонебезпечність деяких матеріалів та газів; шкідлива дія на організм шумів та коливань, пов'язаних з роботою ряду пристроїв; необхідність використання швидкодіючих електромеханічних пристроїв, високотемпературних печей, усялякого електричного обладнання.

Умови роботи у лабораторії відрізняються від виробничих насамперед усього малими розмірами, використанням невеликої кількості порошків, користуванням обладнанням лабораторного типу.

Лабораторія обладнана сучасним технологічним та пошуковим обладнанням, витяжними шафами, миючими засобами; кожна одиниця електрообладнання заземлена, преси мають огорожуючі щитки, газові балони надійно закріплені у спеціальних стійках-тримачах і т.д. Проте студенти повинні працювати обережно, суворо дотримуючись слідуючих правил:

1. Можна виконувати лабораторні роботи, тільки прослухавши інструктаж з техніки безпеки і підписавшись у призначеному журналі.
2. Кожна лабораторна робота виконується у суворо встановлені строки з матеріалами та обладнанням, вказаними в описі даної роботи або викладачем.
3. Перш ніж почати роботу слід ознайомитися з будовою необхідного для її виконання обладнання та пристроїв та з правилами роботи на них.

4. Роботу слід виконувати у застебнутому на усі гудзики халаті, дівчата, крім того, повинні надіти на голову косинки.
5. При виконанні певних операцій за вказівкою викладача слід користуватися гумовими рукавичками, брезентовими рукавичками, захисними окулярами і т.п.
6. При визначенні дефектів у роботі обладнання і пристроїв, які можуть призвести до небезпечних наслідків, слід негайно перервати роботу і повідомити про це викладача, механіка або лаборанта.

Правила роботи з порошками

Порошки які використовуються у лабораторних умовах, як правило, мілкодисперсні, пиловидні і при неохайному використанні їх, вони легко потрапляють у дихальні шляхи й на відкриті ділянки шкіри, викликаючи подразнення. Тому, не дивлячись на те, що лабораторні роботи виконуються з невеликою кількістю порошків, необхідно керуватися такими правилами:

1. При операціях з порошковидними матеріалами (подрібнення, пересів, змішування, взяття навісок, заповнення прес-форм і т.п.) необхідно слідкувати за тим, щоб порошок не пилював і не потрапив на шкіру обличчя і рук.

2. Взяття навісок та інші операції слід виконувати спеціальними ложками, шпателями і т.п.

3. Зберігати порошки треба у зачинених скляних або металевих колбах, навіски у паперових пакетах.

4. При подрібненні, змішуванні і пересіві слідкувати за герметичністю обладнання (млинів і т.д.).

5. Коли можливо, обов'язково виконувати "мокрі" подрібнення та змішування.:

6. Розсипані порошки слід прибирати зі столу вологою ганчіркою, а з підлоги - вологою щіткою.

7. По закінченні роботи слід досконало прибрати своє робоче місце і вимити руки.

Правила роботи з електропечами

Електричні печі застосовуються для отримання порошків, їх відпалу, а також для спікання пресовок. Як правило, печі оснащені термопарами і потенціометрами для контролю і регулювання температури. В разі потреби застосування додаткової термопари (наприклад, контрольної остання вводиться через спеціальний отвір у дверцята чи муфеля кришку шахтової печі, або, якщо піч трубчаста, через один з її кінців при відкритих дверцятах безпосередньо в зону, де виконується вимір.

Завантаження човників, піддонів і тиглів у піч варто виконувати обережно, безпосередньо в робочу зону за допомогою спеціального інструмента (щипців-захоплень, сталевих прутків і т.п.).

При виконанні деяких видів робіт застосовуються захисні (відбудовні чи нейтральні) гази. Вони надходять у лабораторію в спеціальних балонах різної ємності під високим тиском (звичайно 150 атм). Балони встановлюються або в спеціальному приміщенні поза лабораторією, або безпосередньо біля печі в спеціальній стійці тримачі і з'єднуються з печами газопроводом через газовий редуктор на вихідний патрубок голівки балона, що загвинчується, і манометр (для виміру високого і низького тиску). Щоб наповнити нейтральним газом піч (правила роботи з воднем приведені нижче), необхідно спочатку спеціальним ключем відкрити вентиль балона; при цьому манометр високого тиску покаже тиск газу у балоні. Потім потрібно відкрити газовий кран перед входом у піч (якщо він є). Потім повільним обертанням вентиля редуктора по годинниковій стрілці відкрити редуктор, встановивши на другому манометрі необхідний тиск у газопроводі (звичайно 1-1,5 атм). Для відключення балону від печі варто спочатку закрити вентиль балона, перекрити газовий кран на вході до печі (якщо він є), потім закрити редуктор, обертаючи його вентиль проти годинникової стрілки. Заповнення печі газом може здійснюватися студентом тільки у присутності викладача чи механіка.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

СИТОВИЙ АНАЛІЗ ПОРОШКІВ

Мета роботи: В роботі вивчається гранулометричний склад порошків, отриманих при різних режимах чи різними методами.

Загальні відомості

Самим простим методом визначення процентного вмісту різних фракцій порошків за розмірами часток є ситовий аналіз, що проводиться за допомогою набору сит. Сита виготовляються із сіток, сплетених із бронзового чи латунного дроту. Завдяки своїй простоті і високій виробничості він широко застосовується в промисловості.

Для проведення ситового аналізу прийнята стандартна шкала сіток (сит) із квадратними осередками. Кожен номер сітки сита, згідно ГОСТу 3584-83 відповідає номінальному розміру сторони осередку у світі в міліметрах (табл.1.1). Для сіток з розмірами отворів менш 0,100 мм перед числом, що відповідає розміру отворів сітки, пишуться два нулі, а для сіток з розмірами отворів більш 0,100 мм - один нуль. Крім того, іноді до номера сітки додається буква Н чи Б, що характеризує сито по товщині дроту. Сита нормальної міцності позначаються буквою Н, сита підвищеної міцності, виготовлені з більш товстого дроту - буквою Б, наприклад 0042Н, 0105Н, 015Б. До введення ГОСТу широко вживалося позначення сит по дюймовій системі. Одиницею кругаюсті осередків сита служила кількість отворів на І лінійний дюйм (25,4 мм) - меш.

Метод ситового аналізу тільки для порошків з розмірами часток більш 40 мкм, так як саме дрібне із сит, що застосовуються, має розмір отвору величиною близько 0,040 мм.

Для проведення ситового аналізу береться набір сит з різними отворами, що підбираються у порядку зменшення отворів зверху вниз. На верхнє сито

насіпають порошок і роблять струшування. При цьому відбувається поділ порошку на фракції, кожна з яких затримується на ситах з осередками визначеного розміру. Після поділу кожна фракція порошку зважується. При загальному зважуванні в 100 г вага фракції, виражена в грамах, буде відповідати її процентному вмісту в зважуванні порції порошку.

В наслідок втрати, сумарна вага фракцій звичайно не збігається з вагою проби, взятої для аналізу, тому при визначенні процентного вмісту кожної фракції в порошок варто відносити маси окремих фракцій до їх суми, а не до ваги вихідної проби

$$A = \frac{a_1 * 100\%}{a_1 + a_2 + \dots + a_n}$$

де $a_1, a_2 \dots a_n$ - вага фракцій. Результати ситового аналізу записуються за визначеною формою. Фракція порошку що залишилася, наприклад, на ситі 0105Н, але пройшло через сито більш велике 015Н, позначається так: (- 0125Н + 0105) і читається: фракція мінус 0125Н плюс 0105Н. Взагалі, фракція, що пройшла крізь яку-небудь сітку, позначається знаком плюс (+), а не минула знаком (-). Результати ситового* аналізу представляються у виді таблиць або графіків. Більш наочну і повну характеристику зернистості порошку дає графічне зображення гранулометричного складу.

Графічне зображення результатів дисперсного аналізу визначення гранулометричного складу, виконаного ситовим аналізом, здійснюється таким чином. По осі абсцис відкладається розмір часток (певна фракція), а по осі ординат - відсотковий вміст фракції. Дані по вмісту різних фракцій можуть бути подані або у вигляді сумарних кривих, або у вигляді приватних кривих, які характеризують вміст окремих фракцій. У першому разі кожна точка кривої відповідає сумарному вмісту частинок більших (сумарна за плюсом) чи менших (сумарна за мінусом) даного розміру.

Приватні криві у порошковій металургії мають широке розповсюдження і будуються у більшості випадків на основі середнього у межах даної фракції розміру. Приватна крива подібна за своїм характером до диференціальної кривої

розподілу, яка характеризує відносний вміст окремих фракцій порошку у вигляді площин, обмежених кривою та віссю абсцис. Якщо інтервал радіусів у межах кожної фракції буде однаковим, тоді приватна та диференційна криві будуть цілком співпадати.

Таблиця 1.1 — Дротяні сита, прийняті у СНД, США та Англії

	СНД, ДСТ 3584-83			США		Англія	
	Номінальний розмір сторони комірки	Номін. діаметр дроту, мм	Приблизне число меш.	Номер СІТКИ	Розмір сторони комірки на світлі, мм	Номер сітки	Розмір сторони комірки на світлі, мм
08	0,8	0,300	20	--	--	--	--
05	0,5	0,220	30	--	--	--	--
045	0,45	0,180	40	--	--	--	--
0315	0,315	0,140	50	--	--	--	-
025	0,250	0,130	60	--	--	--	--
018	0,180	0,130	80	80	0,177	--	--
016	0,160	0,120	100	100	0,149	0,100	0,152
0125	0,125	0,090	120	115	0,125	0,120	0,124
01	0,100	0,070	140	140	0,105	0,150	0,104
0080	0,080	0,055	180	170	0,089	0,170	0,089
0071	0,071	0,055	200	200	0,074	0,200	0,076
0063	0,063	0,045	225	230	0,062	0,240	0,066
0056	0,056	0,040	275	270	0,053	0,300	0,053
0045	0,045	0,035	325	325	0,044	--	--
0040	0,040	0,030	--	400	0,037	--	--

Спрощено середній розмір частинок кожної фракції (D_{cp}) визначається як середнє арифметичне розмірів отворів плюсового та мінусового сит. Наприклад, середній розмір частинок фракції -085Н+ 042Н буде дорівнювати

$$D_{cp} = \frac{850 + 420}{2} = 630 \text{ мкм}$$

При побудові диференційної кривої розподілу по осі ординат відкладається відносна кількість частинок даної фракції у відсотках, яку приблизно можна вважати пропорційною виразу

$$F_r = \frac{n}{d_1 - d_2}$$

де n - вміст фракції, %, d_1 - найбільший розмір у даній фракції, мм (розмір отворів мінусового сита), d_2 - найбільший розмір частинок у даній фракції, мм (розмір отворів плюсового сита). Слід мати на увазі приблизність вище наданих розрахунків. Крім того, до результатів ситового аналізу додає істотні помилки форма частинок порошку. Дисковидні частинки можуть залишатися на ситі з розміром комірок більше їх поперечника, а ігловидні частки - проходять крізь сито з отворами меншими за їх довжину.

Для визначення гранулометричного складу тонких порошоків, у лабораторних дослідах грубих та середніх порошоків зі складною формою частинок застосовуються інші методи контролю: мікроскопічний, седиментаційний та ін.

Матеріали та обладнання

1. Порошки надані викладачем - 100г
2. Набір сит з розміром отворів - 63, 100, 125, 150, 180, 250, 315, 450мкм.
3. Фарфорові чашки - 2
4. Шпатель чи ложка фарфорова - 2
5. Терези технічні - 1
6. Прилад для розсіву порошоків («Ротап») - 1.

Порядок виконання роботи

100 г порошку, вказаного викладачем розташовують на верхньому ситі після зборки набору сит у порядку зменшення отворів з гори до низу. Далі проводять розсів металевих порошоків на спеціальному приладі ("Ротап") впродовж 15 хв. Після цього сита обережно розбираються, фракції порошку з них висипаються у чашки та важаться.

Зміст звіту

Отримані результати зводяться до таблиці, за отриманими даними будуються графіки гранулометричного складу: сумарні (за плюсом або мінусом) криві розподілу, приватна чи диференційна

$$[D_{cp} = f(F_r)]$$

крива розподілу. Досліди повторюються не менше 3-х разів до отримання результатів, які збігаються по кожній фракції з точністю $\pm 3\%$.

Графік гранулометричного складу для диференційної кривої розподілу будується по середньоарифметичним даним. Для наданого порошку розраховується середній розмір частинок.

В роботі вивчається гранулометричний склад порошків, отриманих при різних режимах чи різними методами. На основі побудованих кривих розподілу частинок за розмірами студент дає характеристику порошку і робить висновок про можливість застосування наданого методу, його перевагах і недоліках порівняно з іншими методами.

Контрольні запитання

1. Які переваги та недоліки ситового методу?
2. У якому діапазоні крупності порошків можна застосовувати метод ситового аналізу?
3. Як впливає форма частинок порошку на результати ситового аналізу?
4. З якого матеріалу виготовляються сита для ситового аналізу?

Література: [1], [2], [3], [4].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

МІКРОСКОПІЧНИЙ АНАЛІЗ ПОРОШКІВ

Мета роботи: Визначення розмірів і форми порошків мікроскопічним методом і порівняння з ситовим аналізом.

Загальні відомості

Мікроскопічний метод визначення зернистості застосовується для виміру частинок розмірами від 10 А до 100 мкм. Однак через трудомісткість практично його використовують тільки для аналізу порошків, які не піддаються ситовому аналізу (менш 40 мк), Мікроскопічний метод застосовується також для визначення форми частинок порошку.

Метод полягає в приготуванні препарату з досліджуваного порошку і розгляді його в оптичному чи електронному мікроскопах. Оптичний мікроскоп дозволяє вимірювати частки розміром від $\sim 0,3$ до - 100 мк, електронний - до 10 А і менше. При використанні оптичного мікроскопа підраховують кількість часток з певними розмірами, розташованими в полі сітки та з відомим розміром клітин (поділок). Для цього замість окуляра до тубуса мікроскопа встановлюється окуляр-мікрометр, тобто окуляр з нанесеною на ньому шкалою. За допомогою цієї шкали виконуються виміри окремих зерен, а потім підраховується відсотковий вміст зерен визначених розмірів. Точність методу залежить від кількості обміряних часток, якості приготованого препарату і точності виміру розмірів частинок. Важливо, щоб препарат був відібраний із проби, що цілком характеризує даний порошок.

Через низьку здатність оптичних мікроскопів, яка дозволяє, вимірювати зернистість тонких та ультратонких порошків застосовують електронні мікроскопи. Досліджуваний порошок вноситься в мікроскоп на спеціальній плівці-підкладці. Плівка-підкладка виготовляється з колодію, кварцу, закису кремнію чи вугілля звичайними для електронної мікроскопії методами.

Порошок наноситься у вигляді суспензії, або просто насипається, можна частки порошку включати до самої плівки-підкладки. Для цього готується суспензія із порошку в одновідсотковому розчині колодію в амілацетаті; крапля суспензії наноситься на поверхню води, в результаті чого утворюється плівка з включеними в неї частками. Іноді досліджуваний порошок запресовують у пластмасу, виготовляють звичайний шліф, труять його і знімають з поверхні плівку, яку потім вивчають на електронному мікроскопі.

Вимір розмірів часток проводиться у полі мікроскопа МІМ-8 або на проєкційному екрані, або на знімках мікрофотографій. Якщо досліджувані частки мають приблизно округлу чи багатогранну форму, то вони звичайно обмежуються визначенням-розміру одного виміру. У випадку ж подовженої форми частинок вимірюють, їх довжину і ширину. Приклад досліду наведено в таблиці 2.1.

Матеріали та обладнання

1. Досліджуваний порошок	- 15г
2. Мікроскоп	- 1
3. Окуляр-мікрометр	- 1
4. Об'єкт-мікрометр	- 1
5. Покривне скло	- 4
6. Скляні палички	- 2
7. Скипидар, гліцерин, штучні смоли по	- 10г
8. Шліфувальний верстат	- 1
9. Шпатель	- 1

Таблиця 2.1 - Приклад мікроскопічного дослідження порошку

Ціна поділки окуляр-мікрометра 5.1 мкм

№ полів	Положення шкали окуляр-мікрометра	Кількість частинок у полі зору з розмірами					
		0-0.5 под.	0.5-1 под.	1-2 под.	2-3 под.	3-4 под.	Усього
		0 - 2.55 мкм	2.55 - 5.1 мкм	5.1 - 10.2 мкм	10.2 - 15.3	15.3 - 20.4 мкм	
1	1	40	25	10	3	2	
	2	50	30	5	2	-	
	3	48	32	3	5	-	
	4	80	20	0	-	-	
	5	80	15	5	1	2	
2	1	35	20	5	3	1	
	2	48	28	10	2	-	
	3	70	40	15	-	-	
	4	65	35	7	-	-	

Усього частинок	466	245	60	16	5	792
% до підсумку (К)	58,7	30,9	7,5	2,4	0,5	100,0
Середній розмір зерна фракції (d_{cp})	1,27	3,84	7,65	12,7	17,8	
Середній об'єм усіх зерен фракції ($V_k/100$)	1,17	17,6	33,8	49,2	28,5	130,0
Відносний об'єм зерен фракцій, % (п вага) (ваговий процент фракції)	0,9	13,5	25,1	37,7	21,9	100,0

Порядок проведення роботи і зміст звіту

Результати мікроскопічного аналізу виражають у відсотковому співвідношенні кількості часток, або в об'ємному (ваговому) вмісті. Для наочності і для зручності порівняння дисперсності різних порошків звичайно вдаються за допомогою графіків, на яких по осі абсцис відкладається розмір часток, а по осі ординат - відсотковий вміст.

При вірному проведенні роботи мікроскопічний метод дає значно більш точні результати, ніж ситовий аналіз. Перевагою мікроскопічного методу є можливість визначення ступені конгломерування та форми зерен у порошку.

Приготування препарату. Пробу порошку відбирають таким чином; невелику кількість порошку що досліджується (близько 10 г) старанно перемішують шпателем на склі, а потім зроблять з неї борозну довжиною 8- 10 см вздовж предметного скла; цю борозну ділять у поперечному напрямку на 10-12 рівних частин. Кожну парну частину видаляють, а залишок зменшують таким же чином до тих пір, доки не залишиться 1 г матеріалу. З отриманої проби беруть мінімальну кількість порошку і переносять його на предметне скло. На скло накладають краплю гліцерину чи скипидару й обережно розподіляють зерна рівномірно по поверхні. Потім краплю накривають покривним склом. Залишок рідини вилучається за допомогою фільтрувального паперу.

Правильно приготований препарат не повинен містити конгломератів і скопичень частинок. Розподілення зерен повинно бути рівномірним по всьому полю зору. Особливо слід зазначити, що в ОДНОМУ препараті не може бути "поганих" і "добрих" місць, тому що порошок повинен бути розтертим рівномірно. Кількість частинок в полі зору повинна бути такою, щоб по всій шкалі лінійки знаходилося до 10-20 зерен крупніше ніж поділка. Якщо кількість зерен перевищує зазначену кількість, варто вилучити препарат, ретельно протерти предметне і покривне скло і взяти нову пробу порошку. Після того як якість препарату буде перевірена викладачем, можна почати підрахунок зерен.

Оптичну силу мікроскопа варто підбирати так, щоб найбільші зерна займали до 3-4 поділок шкали окуляр-мікрометра.

Примітка. Виймати і прибирати мікроскоп з футляра можна тільки у присутності лаборанта чи викладача. Перед розрахунком розміру зерен потрібно перевірити правильність наведення мікроскопа на фокус. Зерна повинно бути видно зовсім чітко, без "ореолів", що заважають виміру. Перевіряється також фокусування окуляр-мікрометра, поділки на шкалі повинні бути чітко видні, без напруження зору. Вимірюються і підраховуються тільки ті зерна, що лежать безпосередньо на поділках шкали окуляр-мікрометра. Спочатку підраховується кількість зерен розміром менше половини поділки шкали. Потім виконується підрахунок зерен розміром від половини до 1 поділки і т.д. У випадку, якщо самих дрібних зерен дуже багато (більш 30-50 на шкалу), варто підраховувати їхню кількість з частини шкали, а потім пропорційно збільшувати отримані цифри.

Після підрахунку усіх зерен шкала окуляр-мікрометра повертається на деякий кут і знову виконується підрахунок. При виконанні даної роботи роблять підрахунок часток на 3-5 полях і на одному полі при 3-5 положеннях шкали. Загальна кількість обмірюваних часток повинна бути не менш 200.

При визначенні розміру частинок порошку у відбитому світлі відбирається проба порошку наступним чином:

1. Визначається середній розмір зерен фракції по формулі

$$D_{cp} = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}$$

де d_{min} і d_{max} - граничні розміри частинок наданої функції;

2. Визначається середній обсяг одного зерна даної фракції

$$S = d_{cp}^3$$

3. Визначається обсяг усіх зерен фракції

$$V = \frac{n * d_{cp}^3}{100}$$

де n - % вміст зерен фракції.

Знаючи загальне число обмірюваних зерен усіх розмірів (фракцій) і число частинок однієї фракції, знаходять відсотковий вміст зерен даної фракції (n);

4. Визначається сумарний об'єм усіх фракцій

$$V_{\text{сум}} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

5. Розраховується відсотковий вміст кожної фракції по обсягу, що відповідає ваговим відсоткам

$$n_{\text{ваг}} = \frac{v * n * 100}{V_{\text{сум}}}$$

Результати мікроскопічного аналізу зернистості порошку зводяться в таблицю (приклад даний у табл. 2.1), по даним якої будуються графіки гранулометричного складу

$$d_{\text{cp}} = f(n_{\text{ваг}})$$

У процесі виконання роботи варто звернути увагу на форму зерен порошку.

Примітка. Ціна поділки окуляра-мікромметра визначається за методикою, приведеною вище, і готується шліф по методиці, приведеній в додатку 2. Шліф травиться, ставиться під мікроскоп і підраховуються зерна, що знаходяться в полі зору. Результати мікроскопічного аналізу зернистості перераховуються на масові відсотки вмісту кожної фракції наступним чином:

1. Визначається середній розмір зерен фракції по формулі

$$D_{\text{cp}} = \frac{d_{\text{мин}} + d_{\text{max}}}{2}$$

2. Визначається середній обсяг одного зерна даної фракції

$$S = d_{\text{cp}}^3$$

3. Визначається обсяг усіх зерен фракції

$$V = \frac{n * d_{\text{cp}}^3}{100}$$

Знаючи загальне число обмірюваних зерен усіх розмірів (фракцій) і число часток однієї фракції, знаходять відсотковий вміст зерен даної фракції (п);

4. Визначається сумарний об'єм усіх фракцій

$$V_{\text{сум}} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

5. Розраховується відсотковий вміст кожної фракції за обсягом, що відповідає ваговим відсоткам

$$n_{\text{ваг}} = \frac{v * n * 100}{V_{\text{сум}}}$$

Примітка. Ціна поділки окуляр-мікрометра визначається за допомогою так званого об'єкт-мікрометра. Він виглядає як невелика скляна пластинка з посрібленою поверхнею, на яку нанесені штрихи. Відстань між штрихами об'єкт - мііфометра (ціна поділки) вказується в паспорті об'єкт-мікрометра (звичайно дорівнює 0,01 мкм). Для визначення ціни поділки окуляр-мікрометра на столику мікроскопа зміцнюють об'єкт-мікрометр і розглядають його шкалу у мікроскоп. Пересуваючи столик мікроскопа, сполучають перші штрихи обох шкал, а потім знаходять другу пару штрихів, що збігаються.

Якщо n_1 - число поділок окуляр-мікрометра, n_2 - число поділок у межах співпадаючих, штрихів об'єкт-мікрометра, ціна поділки якого a_2 мікрон, то ціна поділки окуляр - мікрометра (a_1) визначається за формулою:

$$a_1 = \frac{a_2 \cdot n_2}{n_1}$$

З об'єкт-мікрометром потрібно поводитися дуже обережно. Не можна торкатися до його шкали руками, протирати, що-небудь класти на нього і т.д., щоб не пошкодити найтонший шар срібла. У роботі визначаються розмір частинок порошку різного походження, дається оцінка можливостей застосування наданого методу, його перевагам та недоліками.

Зміст звіту

Результати мікроскопічного аналізу зернистості порошку зводяться до таблиці (приклад даний у табл. 2), по даним якої будуються графіки гранулометричного складу

$$d_{cp} = f(n_{вар})$$

У процесі виконання роботи варто звернути увагу на форму зерен порошку.

Контрольні запитання

1. Які переваги і недоліки мікроскопічного методу? Яка точність методу?
2. Чи порівнюються результати мікроскопічного аналізу з результатами визначення гранулометричного складу ситових методів?
3. У якому діапазоні крупності порошоків можна застосовувати метод мікроскопічного аналізу?
4. Яке значення мають результати мікроскопічного аналізу для отримання готових виробів методом порошкової металургії?

Література: [1], [2], [3], [4].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 ВИЗНАЧЕННЯ НАСИПНОЇ МАСИ

Мета роботи: Вивчення методів визначення насипної маси порошоків в залежності від їх фізичних характеристик.

Загальні відомості

Насипна маса (γ_n , г/см³) є однією найважливіших характеристик порошкоподібних матеріалів і являє собою вагу одиниці об'єму вільно насипаного порошку. Величина насипної маси залежить від фізичних характеристик частинок порошку (розміру, стану поверхні, форми і гранулометричного складу) і характеризує щільність укладання часток.

Знання величини насипної маси необхідне для правильного розрахунку обсягу засипної частини матриці прес-форми і дуже важливе при об'ємному дозуванні шихти у процесі пресування. Порошки, що мають меншу насипну

масу, вимагають прес-форми із більшою порожниною і, як правило, ущільнюються гірше.

Насипна маса визначається за допомогою приладу, що називається волюмометр, або за допомогою лійки із сіткою.

Волюмометр являє собою прямокутний кожух із внутрішніми перегородками, нахиленими під кутом 30° до горизонтальної площини. Зверху на кожусі зміцнюється лійка, через яку засипається порошок, а знизу встановлюється мірна ємність, відомої ваги (p_1) і об'єму (V_1), найчастіше 15-25 см³. Кожух установлюється на металевій підставці, а мірна ємність міститься на піддоні для збору порошку, що не потрапив у мірну ємність (рис. 3.1,а)

Прилад, зображений на рис. 3.1 (б), являє собою конусну скляну лійку з кутом 60° з каліброваним нижнім отвором діаметром 1-7 мм (як правило, 4мм), яка закріплена на штативі чи спеціальній підставці. Зверху лійки закріплюється сітка 60-80 меш., а знизу встановлюється мірна ємність, ідентична наданій вище для волюмометра.

Матеріали та обладнання

1. Порошкові матеріали за вказівкою викладача 50 - 100 г
2. Волюмометр -1
3. Скляна лійка з каліброваним отвором -1
4. Штатив (підставка) для воронки - 1
5. Технічні важелі - 1
6. Шпатель -1
7. Скляна (металева) пластина -1

Порядок виконання роботи

Робота за вказівкою викладача виконується з 1-2 видами порошкових матеріалів на волюмометрі чи на другому приладі.

У обох випадках порошок сиплять зверху крізь лійку та заповнюють мірну ємність вільно падаючим порошком. Надлишок порошку в мірці вилучається

(знімається) скляною (металевою) пластиною і мірка разом з порошком зважується (P2).

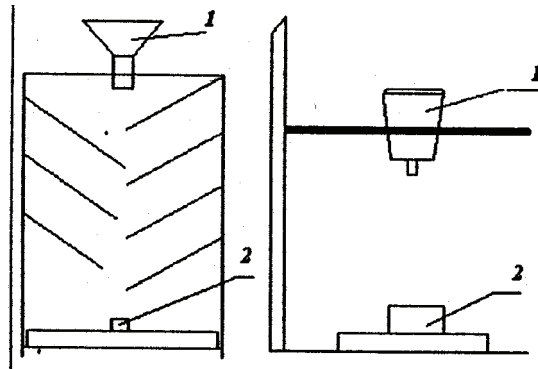


Рисунок.3.1 - Схеми приладів для визначення насипної маси (а) та текучості (б): 1 - лійка ; 2 - мірна ємність.

За формулою $\gamma_n = \frac{P2 - P1}{V1}$ г/см³ розраховують насипну масу порошку.

Визначення повторюють не менш 3 раз і знаходять середнє значення γ_n , яке приймають за дійсне.

Зміст звіту

При обговоренні результатів потрібно пояснити» як різні фактори (розмір, гранулометричний склад, форма і стан поверхні часток) впливають на величину насипної маси.

Надати характеристику порошків за такими параметрами: насипна маса; текучість.

Привести середні значення заміряних параметрів досліджуваних порошків.

Контрольні запитання

1. Що таке насипна маса порошку?
2. Як визначити насипну масу порошку?
3. Яка розрахункова формула для визначення насипної маси порошку?

Література: [1], [2], [3], [4].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕКУЧОСТІ ПОРОШКІВ

Мета роботи: Визначення технологічної характеристики порошків.

Загальні відомості

Текучість є однією з важливих технологічних характеристик порошку, що визначають його здатність з більшою чи меншою швидкістю впливати з отвору. Саме текучістю порошку визначається швидкість заповнення прес-форми, що особливо важливо при автоматичному пресуванні. Текучість порошку залежить від тих же факторів, що і його насипна маса, і визначається на приладі, майже такому ж, який приведений на мал. 3.1 (для γ_n). Єдина різниця полягає в тому, що зверху лійка не має сітки, а її вихідний отвір закривається заслінкою.

Текучість (K , г/сек) виражається відношенням зважування порошку (P), приміщеної у лійку, до часу витікання порошку (t , сек) з вихідного отвору лійки

$$K = \frac{P}{t} \text{ г/сек}$$

Матеріали та обладнання

1. Порошкові матеріали за вказівкою викладача 100- 150 г.
2. Скляна лійка з каліброваним отвором - 1
3. Штатив (підставка) для лійки - 1
4. Технічні терези - 1
5. Секундомір -1.

Порядок виконання роботи

Робота за вказівкою викладача виконується з 1-2 видами порошкових матеріалів (бажано з тими ж, для яких була чи буде визначена насипна маса).

Порція порошку (50-100 г) засипається у лійку, нижній отвір якої закритий заслінкою. Після того як помістили в лійку всю вагу порошку, заслінка відкривається і одночасно вмикається секундомір, за допомогою якого

фіксують час, за який порошок проходить скрізь отвір лійки. Знаючи вагу порошку та час його витікання, розраховують коефіцієнт текучості К.

Визначення текучості виконують тричі для кожного порошку і знаходять середнє значення К.

Зміст звіту

Дати значення текучості для порошоків і пояснити, як різні фактори (розмір, гранулометричний склад, форма і стан поверхні часток) впливають на величину насипної маси.

Дати рисунок різних форм порошоків.

Контрольні запитання

1. Що таке текучість порошку?
2. Як визначається текучість порошку?
3. Який порядок роботи при визначенні текучості порошку?
4. Для чого потрібно знати таку характеристику порошку, як текучість?

Література: [1], [2], [3], [4].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ВПЛИВ ТИСКУ ПРЕСУВАННЯ НА УЩІЛЬНЕННЯ БРИКЕТУ

Мета роботи: Вивчення впливу тиску пресування на щільність брикетів.

Загальні відомості

Щільність брикету, що пресується зростає по мірі збільшення прикладеного до нього тиску. Графіки залежності зміни відносної щільності (чи пористості) від тиску пресування

$$(\Pi)=f(P)$$

називають діаграмами пресування. Останні мають велике практичне значення при вивченні пресованості різних порошоків і при розробці технології

виготовлення тих чи інших заготовок і деталей. Залежність між величинами що розглядаються в загальному вигляді можна виразити монотонною кривою (рис.5.1) з характерними ділянками: швидким наростанням щільності на першому за рахунок більш щільного упакування часток порошку при їхньому відносному переміщенні під дією зовнішнього тиску, далі поступово уповільнюється збільшення щільності та росту і тиску пресування, завдяки деформації самих часток порошку.

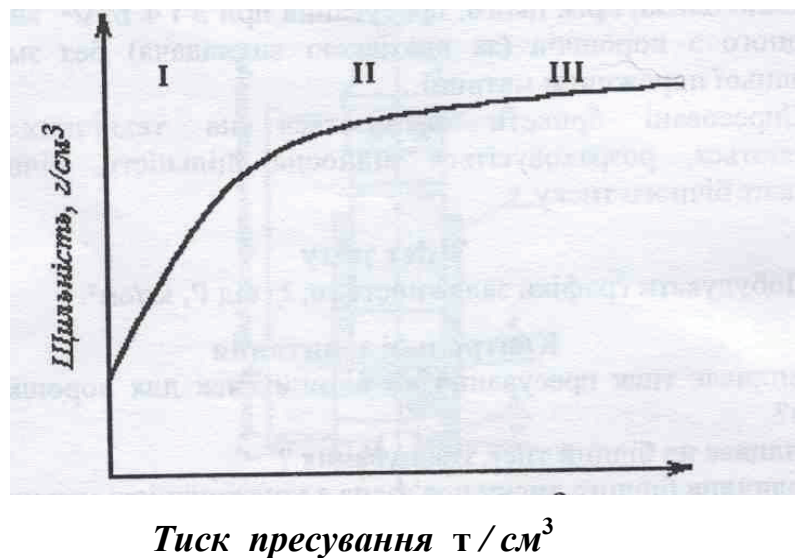


Рисунок 5.1 - Вплив тиску пресування на щільність брикету.

Вже на першій стадії процесу через тертя часток порошку одна об одну, взаємного їх зачеплення і заклинювання починається процес деформації, що, розвиваючись спочатку на виступах і шершавостях поверхні порошкових часток, поступово поширюється по їх об'єму.

В процесі пресування збільшуються площі контактних ділянок, терміновість брикету і розвивається наклеп часток, що ускладнює протікання деформації. Пресованість порошків залежить не тільки від твердості, пластичності металів до їх здатності деформуватися, але і визначається такими характеристиками, як 1) форма і розмір часток, 2) гранулометричний склад, 3) стан поверхні, 4) ступінь її окислення та і ін. Таким чином, на поведіння

порошку при пресуванні впливає сукупність великої кількості факторів, що змушує вивчати процес пресування для кожного конкретного випадку. З аналітичних залежностей, зв'язуючих щільність з тиском пресування, у найбільш простій і загальній формі відбивають експериментальні дані (принаймні, в межах реально застосованих тисків до 6-7 т/см²) рівняння М.Ю.Бальшина

$$\lg p = -m \cdot \lg \beta + \lg p_{\max}$$

чи

$$\lg p = m \cdot \lg v + \lg p_{\max}$$

де p - тиск пресування

P_{\max} - розрахунковий максимальний тиск, при якому пористість наближається до нульового значення,

β - відносний об'єм брикету при наданому тиску,

v - відносна щільність при даному тиску,

m - так званий показник спресованості, який залежить від властивостей порошку і насамперед, від тих, які визначають насипну вагу.

У цих рівняннях не враховується вплив наклепу і зовнішнього тертя, тобто вони відносяться до брикетів з малим Н:Д та із змащеними стінками прес-форми.

Графічно ці рівняння описують прямою лінією (рис.5. 2). Відрізок, що відтинається прямою на ординаті, відповідає тому розрахунковому тиску P_{\max} , при якому пористість досягає нульового значення ($\beta = 1$), і в ідеальному випадку (при відсутності втрат тиску на тертя порошку об стінки прес-форми), рівному максимальному критичному напруженню σ_k (тиску витікання металу).

Із графіка також видно, що $\operatorname{tg} \alpha$ а чисельно дорівнює "показнику пресованості" - m

Тому, що рівняння Бальшина $\lg p = -m \lg \beta + C$ виведено при допущенні відсутності зовнішнього тертя і наклепу порошку в процесі пресування, реальні залежності, побудовані у логарифмічних координатах,

можуть відхилитися від прямої лінії, як правило, опуклістю вниз внаслідок розвитку наклепу при підвищенні тиску.

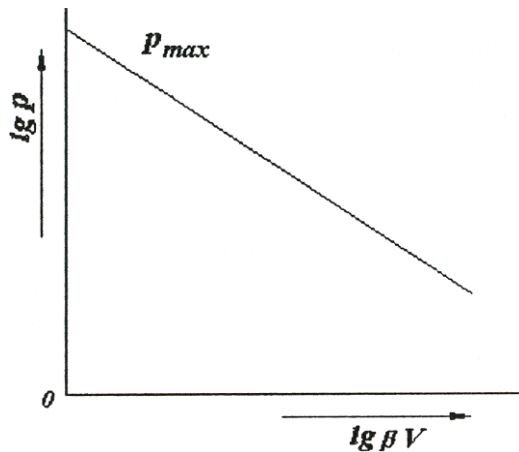


Рисунок 5.2 - Залежність відносного об'єму від тиску пресування.

З другого боку в ряді випадків деякі властивості поверхні порошку, наприклад окисленість її, можуть змушувати криві вигинатися опуклістю догори. В цьому і іншому випадках "показник спресованості" - m не залишається постійним, а критичне напруження σ_k на контактних ділянках при даному ступені ущільнення оцінюється відрізком, що відтинається на ординаті дотичної до кривої, проведеної через точку, що відповідає даному значенню відносного об'єму β (чи відносній щільності ν). Сумарний вплив різних факторів може призвести до того, що реальна залежність виявиться близькою до прямолінійної.

Таким чином, про характер спресованості порошку в кожному окремому випадку варто судити по діаграмах спресованості і по характеру кривої $\lg \beta (\lg \nu) = f (\lg p)$ з урахуванням фізичних властивостей порошку (форма і величина часток, гранулометричний склад, стан поверхні і т.д.).

Матеріали й обладнання

1. Порошки чи суміші за вказівкою викладача по 50-150 г,
2. Прес-форма діаметром 12-16 мм - 2 ,
3. Прес гідравлічний - 1 ,
4. Пристосування для змащення прес-форми - 1 ,

- | | |
|---|---------|
| 5. Стеротекс чи машинна олія | -10г, |
| 6. Лабораторні технічні терези | - 2 , |
| 7. Штангенциркуль та мікрометр | - по I, |
| 8. Шпатель | - 2 шт, |
| 9. Паперові пакетики (калька чи глянцеви́й папір)
для навішень | - 4. |

Порядок виконання роботи

Робота за вказівкою викладача виконується з 2-3 видами порошків чи сумішей за одним з наступних варіантів. Варіант 1. 2-3 види порошків з відомими характеристиками (форма і розмір зерен, гранулометричний склад, насипна вага й ін.), що відрізняються здатністю до деформування, наприклад, олово, мідь, залізо, вольфрам.

Варіант 2. 2-3 види порошків чи сумішей того самого складу, але миючих різну насипну вагу й різні фізичні властивості, наприклад, порошки, отримані різними способами.

Варіант 3. 2-3 види сумішей з різним вмістом графіту, наприклад, 0,1 і 5 вага. %.

Розраховані зважено ($H:D \leq 0,25$) відважуються на лабораторних технічних терезах. Пресування виконуються у сталевій прес-формі діаметром 12-16 мм на гідравлічному пресі при тисках 0,5; 1, 2, 4 т/см² і т.д. (до тиску, зазначеного викладачем). Перед кожним пресуванням порожнина матриці повинна бути змащена стеротексом чи машинною олією (при виконанні варіанта 3 змащувати матрицю не слід).

Після пресування брикети зважуються на лабораторних чашкових терезах і обмірюються штангенциркулем. На брикетах позначається щільність (а), відносна щільність (о), пористість (П) і відносний об'єм (Р).

Зміст звіту

Отримані результати зводяться в таблицю, за даними якої будуються наступні графіки:

1) графік залежності відносної щільності брикетів від тиску пресування $v = f(p)$

2) графік залежності пористості брикетів від тиску пресування

$$\Pi = f(p)$$

3) графіки залежності відносної щільності і відносного об'єму брикетів від тиску пресування в логарифмічних координатах

$$\lg \beta = f(\lg p)$$

На кожен графік наносяться 2-3 криві, що відповідають дослідженим складам. За графіком 3 визначаються P_{\max} у рівнянні Бальшина. У випадку, якщо $m \neq \text{const}$, варто визначити два значення показника спресованості для двох обраних тисків: мінімального і максимального.

Надати рисунок прес-форми.

При обговоренні результатів потрібно пояснити характер отриманих залежностей, розходження між складами, причини відхилення ходу кривих від прямолінійного.

Примітка. В окремих випадках рекомендується 3 студентами, які виконують один з варіантів, скласти загальний звіт і обговорити вплив на спресованість усіх вивчених факторів.

Контрольні запитання

1. Як впливають пластичні властивості порошоків на їх спресованість?
2. Як впливають форми, розмір і стан поверхні часток порошку на їх спресованість?
3. У чому полягає вплив змашування на процес пресування?

Література: [1], [2], [3], [4].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

СПІКАННЯ ОДНОКОМПОНЕНТНИХ СИСТЕМ

Мета роботи: Вивчити фізику процесів спікання брикетів після пресування.

Загальні відомості

Спікання однокомпонентних металевих систем, що відбувається цілком у твердій фазі, є одним з найбільш простих і розповсюджених на практиці порошкової металургії.

При нагріванні брикетів віддаляються адсорбовані гази і волога, мастильні і зв'язуючі речовини, відновлюються окисні плівки, якщо спікання проводиться у відбудовному середовищі, що призводить до утворення металевих контактів між дотичними частками.

При підвищенні температури атоми набувають збільшеної рухомості (в першу чергу на вільних поверхнях) і переміщуються в бік зменшення запасу вільної енергії, тобто з виступів з великим запасом вільної енергії в западини, заглиблення поверхні часток. В об'ємі брикету це призводить до росту контактів, розгладжування поверхні часток і сфероїдизації пор. Поверхнева дифузія атомів сприяє збільшенню й зміцненню контактів, призводить до зміцнення всього брикету, сфероїдизація пор, однак не веде до усадки тіла що спікається.

Заповнення пор атомами при спіканні відбувається шляхом об'ємної самодифузії в результаті наявності градієнту вакансій. Одним з основних механізмів усадки при спіканні є повзучість (дифузійний крип). Вона складається у направленому переміщенні вакансій від поверхні, де прикладений тиск, до вільних поверхонь (зовнішніх границь зерен) і відповідно в зворотному русі атомів. Це спрямоване пересування атомів призводить до макроскопічної деформації прикладів або усадці.

Швидкість усадки на різних стадіях процесу спікання різна. Характерною рисою кінетики усадки є її висока швидкість у початкові моменти і поступове сповільнення в міру ізотермічної витримки. Іншою важливою особливістю процесу усадки брикетів при спіканні є те, що після ізотермічної витримки, коли усадка практично припинилася, при подальшому збільшенні температури знову спостерігається збільшення швидкості усадки.

Для більшості металів температура спікання знаходиться в межах

$$T_{\text{спик}} = (0.7—0.8) T_{\text{пл}}$$

Режим спікання визначається не тільки температурою, але і часом витримки: чим вище температура, тим менша може бути витримка. Як правило, режим спікання (температура, час витримки при спіканні) підбирається в кожному окремому випадку в залежності від властивостей, яких вимагає готовий виріб.

На властивості спеченого виробу впливає атмосфера печі. Часто в якості газового середовища при спіканні використовується чистий, добре очищений водень, в ряді випадків для цього використовуються більш дешеві гази (диссоційований аміак, генераторний газ, інертні гази). У деяких випадках застосовуються методи місцевого захисту від окислення: застосовують спікання у коробках з деревним вуглем, графітом чи з відпрацьованим карбюратором. В цьому випадку утворена у об'ємі коробки атмосфера окисів вуглецю забезпечує захисну дію. В ряді випадків, наприклад при спіканні виробів з титану і його сплавів, процес проводиться у вакуумі.

Робота виконується по одному із наступних варіантів (за вказівкою викладача).

Варіант 1. Дослідження впливу тиску пресування.

Пресуються 2 брикети під тиском 0,5; 1; 2; 4; т/см² у сталевий прес-формі при співвідношенні висоти до діаметра 0.5~1. Брикети після вимірювання їх розмірів за допомогою мікрометра чи штангенциркуля спікаються в муфельній

печі (в одній коробці) при температурі $800 \pm 25^{\circ}\text{C}$ протягом 1 години. Береться середній результат для кожних двох зразків.

Варіант 2. Дослідження впливу температури спікання.

Пресуються 7 брикетів під тиском 2 т/см^2 . До спікання вимірюється твердість по Брінелю двох зразків (кулька 10 мм, навантаження 250 кг), результат береться середній. Інші зразки спікаються у муфельній печі протягом години при температурах 600, 700, 900 $^{\circ}\text{C}$ (по два зразка на кожную температуру).

Варіант 3. Дослідження впливу довго тривалості витримки при спіканні.

Пресуються 10 зразків під тиском 2 т/см^2 . На двох зразках визначається твердість до спікання, інші спікаються у муфельній печі при температурі $800 \pm 25^{\circ}\text{C}$ з витримкою 15, 30, 60, 120 хвилин (по 2 зразка на кожную витримку).

Матеріали і обладнання

- | | |
|--|----------|
| 1. Мідний порошок | - 200 г, |
| 2. Сталева прес-форма | - 1, |
| 3. Гідравлічний прес | - 1, |
| 4. Технічні терези | - 1, |
| 5. Мікрометр | -1, |
| 6. Залізні коробки чи нікелеві човники | - 2, |
| 7. Графітове засипання | - 500 г, |
| 8. Термопара з гальванометром | -1 , |
| 9. Прилад для випробування на стиск | - I . |

Порядок виконання роботи

Брикети пресуються на гідравлічному пресі, зважуються на технічних терезах і обмірюються мікрометром.

Методика розрахунку навішення , опис гідравлічного преса і правил роботи на ньому приведені в роботі.

Спiкання виконується в муфельнiй чи вiдбудовнiй електричнiй печi за зазначеним режимом. При спiканнi в муфельнiй печi зразки укладаються в залiзнi коробки з щiльними кришками i засипаються графiтовим порошком. При спiканнi в трубчастiй газовiй печi вони укладаються в нiкелевi човники. При цьому витримка пiдраховується вiдтодi, коли коробка чи човник зi зразками прогріються до заданої температури.

По закінченні витримки човник зi зразками просувається в холодильник печi, де охолоджується за 10-15 хвилин. Залiзнi коробки зi зразками виймаються з печi й охолоджуються на повітрі.

Брикети зважуються на технічних терезах, обміряються мікрометром, описується їх зовнішній вигляд, розраховується щiльнiсть i пористiсть. Щiльнiсть брикетів неправильної форми чи з нерiвною поверхнею визначається методом гiдростатичного зважування. Пiсля вимiру i зважування визначається твердiсть брикетів по Брiнелю.

Змiст звіт

Усi результати зводяться до таблицi. За даними таблицi будуються графiки залежностi щiльностi, пористостi, усадки i твердостi зразків вiд режимів спiкання. Надати рисунок прес-форми, преса, печi.

Контрольнi запитання

1. Які сили викликають усадку брикетів ?
2. Яка роль засипання при спiканнi ?
3. Які фактори впливають на величину усадки при спiканнi ?
4. Як орієнтовано визначити температуру спiкання порошку визначеного металу ?

Лiтература: [1], [2], [3], [4].

ЛАБОРАТОРНА РАБОТА № 7

ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ ІЗ ПОРОШКОВИХ МЕТАЛІВ МЕТОДОМ ПРЕСУВАННЯ

Мета роботи: Познайти студентів із складом і властивостями металевих порошків, одержанням із них виробів обробкою тиском.

Загальні відомості

Порошкова металургія - це галузь сучасного машинобудування, яка одержує напівфабрикати або готові вироби із порошків чорних або кольорових металів методом обробки тиском і наступного термозміцнення спіканням.

Інтенсивному розвитку порошкова металургія зобов'язана необхідності одержання в техніці таких матеріалів і виробів, які неможливо отримати відомими до цього методами. До них, з окрема, відносяться вироби із тугоплавких металів (W, Mo, Cr, Zr і інших), псевдостопи (W+Cu; W+Ag), а також твердих карбідних сполук.

Вироби із порошкових металів має низку переваг:

- а) підвищена точність в сполученні зі спеціальними властивостями;
- в) зниження використання металу—відходи складають 3—4% проти 30-40% при звичайному виготовленні виробів;
- г) одержання виробів із суміші метал—неметал;
- д) підвищена довговічність виробів, особливо в агресивних середовищах.

Вхідні порошкові матеріали розміром від 0,5 до 500 мкм одержують двома основними методами:

1. Механічним — подрібненням і змеленням стружки і обрізі металів в млинах, розпорошенням рідинних металів струменем енергоносія і грануляцією в воді.
2. Фізико-хімічними — відновленням оксидів металів, електролізом водяних розчинів, дисоціацією карбонатів і інше.

Вироби із порошків одержують методом прокатування (холодного або гарячого, мундштучного або гідростатичного), прокатування або шлікерним литтям.

Після зняття навантаження одержаний виріб зберігає форму дякуючи діям сил механічного зчеплення частинок, електростатичних сил притягання і сил тертя.

Відпресоване тіло піддають обпалу, в результаті якого відбувається його завершуючи зміцнення за рахунок твердо- або рідко фазного спікання. Перше обумовлене дифузійними і рекристалізаційними процесами утворення зростків, друге—виникненням рідинної фази при розплавленні одного із легкоплавких компонентів суміші.

Спікання відбувається в вакуумі або в середовищі інертних газів. Такий режим запобігає насиченню металів газами, а також їх окисленню.

Обладнання та матеріали

Для проведення роботи необхідні:

1. Дрібнодисперсні порошки металів:
 - а) тугоплавких—Ti, Cr, W, Mo, Zr, Fe;
 - б) важких—Cu, Zn, Sn, Ni, Pb;
 - в) легких—Al, Mg;
2. Прес-форма;
3. Преси: гідравлічний або шкільний;
4. Піч для спікання;
5. Захисні (інертні) гази: Ar, He.

Методика проведення роботи

Проба металевого порошку засипається в прес-форму (рис.7.1) і піддається пресованню на гідравлічному пресі під тиском $1,5—2,0 \text{ т/см}^2$ ($147—166 \text{ МН/м}^2$).

Після невеликої витримки тиск змінюється і виріб-полуфабрикат підлягає зміцнюючому спіканню в захисному середовищі при температурі 1050-1100 °С.

Тривалість спікання складає 1,5...2г. після цього охолоджений виріб при необхідності може підлягати промочуванню або доведенню.

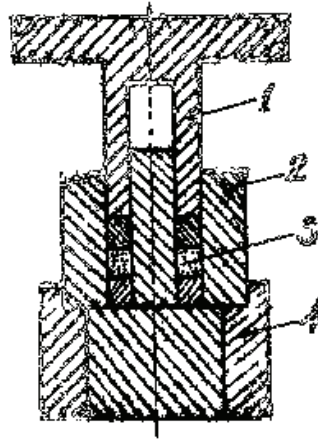


Рис.7.1. Перс-форма для пресування порошків.

1-пуансон; 2-матриця; 3-порошок; 4-основа.

Зміст звіту

1. Коротке описання переваг одержання виробів із порошкових металів.
2. Описання способу одержання виробу з викресленням прес-форми в розрізі і виробу.

Контрольні запитання

1. Мета роботи.
2. Сутність порошкової технології.
3. Переваги порошкової металургії.
4. Основні способи виготовлення порошків.
5. Методи отримання виробів.
6. Сили, які забезпечують зберігання форми після пресування.
7. Процеси, які забезпечують зміцнення виробу.
8. Причини, які потребують проведення спікання в захисному середовищі.

Література: [1], [5].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ ІЗ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ ОБРОБКИ ТИСКОМ

Мета роботи: Познайтись з технологією виготовлення із порошків металів і керметів методом пресування, набути навичок розрахунку шихти (суміші) і необхідного тиску в прес-формі.

Загальні відомості

Порошкова металургія - галузь техніки, яка охоплює процеси отримання порошкових металів і неметалів, їх хімічних сполук, а також процеси виготовлення виробів з порошків без їх розплавлення. Технологія отримання виробів методом порошкової металургії включає такі етапи: виробництво й сортування порошків, готування суміші (шихти) порошків, формування виробів з суміші порошків; їх спікання для надання необхідної міцності; остаточна обробка виробів, що спеклися (просочування, механічна обробка, калібрування та інше).

Головною перевагою порошкової металургії є те, що вона дозволяє отримати матеріали, які неможливо отримати іншими методами: пористі вироби (фільтри); самозмащувальні підшипники ковзання (пориста металева основа просочена мінеральним маслом, сіркою, сульфідами, та іншими речовинами); композиційні матеріали з металів і неметалів типу керметів і псевдостопів; зносостійкі, жароміцні матеріали з тугоплавких карбідів, нітридів, боридів, силіцидів і фосфідів; матеріали з заданими електричними, магнітними та іншими властивостями.

Кермети можна розділити на дві групи—інфракермети і ультракермети [1]. До першої групи відносяться композиції, в яких керамічна фаза покращує властивості металів і стопів (дисперснозміцненні матеріали), до другої—

композиції, в яких властивості кераміки покращенні металами і стопами (наприклад, тверді стопи).

Традиційна технологія виготовлення деталей у машинобудуванні пов'язана зі значними втратами металу: 15—25% при видаленні додаткової і донної частини зливка (у випадку безперервної розливки ці втрати скорочуються до 2—5%); 2—5% у процесі прокатки або кування внаслідок окалиноутворення, обрізання кінців, браку за розмірами; 20—50% при механічній обробці.

Порошкова металургія пропонує більш економний процес, при якому витрати металу на всіх операціях становлять 3—5%. Тому в умовах масового виробництва стає економічно доцільним застосування методів порошкової металургії не тільки для перелічених виробів, а й для таких нескладних деталей невідповідального призначення, як шайби, важелі, кронштейни, втулки. Економічність у цьому випадку досягає внаслідок зниження як витрат металу, так і витрат на механічну обробку заготовок.

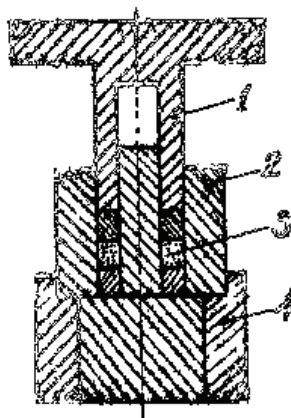


Рис 8.1.Прессформа

Найпоширенішим способом формування виробів з порошків є холодне пресування (рис.8.1), яке буває одно- й двобічним. Крім того, вироби формують методами мундштучного пресування (витиснення, або екструзії), прокатки, ізостатичного пресування.

Властивості виробів з порошків значною мірою визначаються їх пористості Π (процентний міст пор в об'єм виробу) і густиною $\gamma_{\text{вир}}$. Між цими показниками існує зв'язок:

$$\Pi = (1 - \gamma_{\text{вир}} / \gamma_{\text{к}}) 100\%$$

де $\gamma_{\text{к}}$ - густина без пористого (компактного) виробу з того самого матеріалу, $\text{кг}/\text{м}^3$.

При пресуванні суміші різновид них компонентів густина компактного виробу визначаються за правилом адитивності:

$$\gamma_{\text{к}} = 100 / (a_1 / \gamma_1 + a_2 / \gamma_2 + a_3 / \gamma_3 + \dots + a_n / \gamma_n),$$

де γ_i – густина окремих компонентів суміші, $\text{кг}/\text{м}^3$; a_i - вміст окремих компонентів у суміші, % (за масою).

Пористість і густина порошкових матеріалів визначається за тиском пресування. Тому залежно від бажаної пористості (або густини) за графіком (рис.8.2) спочатку визначають питомий тиск (на одиницю площі поперечного перерізу виробу) p , МПа, а по ньому—манометричний тиск пресування $p_{\text{м}}$, МПа, на пресі:

$$p_{\text{м}} = p S_{\text{В}} / S_{\text{пл}}$$

де $S_{\text{В}}$ - площа перерізу виробу, перпендикулярного до напрямку прикладення зусилля пересування, м^2 ; $S_{\text{пл}}$ - площа поперечного перерізу плунжера, що пресує виріб, м^2 .

Сумарна кількість (наважка) готової порошкової суміші Q , кг, необхідна для отримання виробу, розраховується за формулою:

$$Q = \gamma_{\text{к}} V (1 - \Pi / 100) K,$$

де V - об'єм порошкового виробу (формовка), м^3 ; K - коефіцієнт, який враховує втрати маси виробу під час пресування та спікання (найчастіше $K=1,01 \dots 1,03$).

Обладнання, інструмент, матеріал шт.

Прес гідравлічний	1
Прес-форма	5-6

Змішувач	1
Піч для спікання в середовищі аргону	1
Вага технічна	1
Штангенциркуль	5-6
Порошок залізний	3кг
Порошок мідний	0,3кг
Порошок графітний	0,3кг
Масло машинне для змащення прес-форм	0,5кг

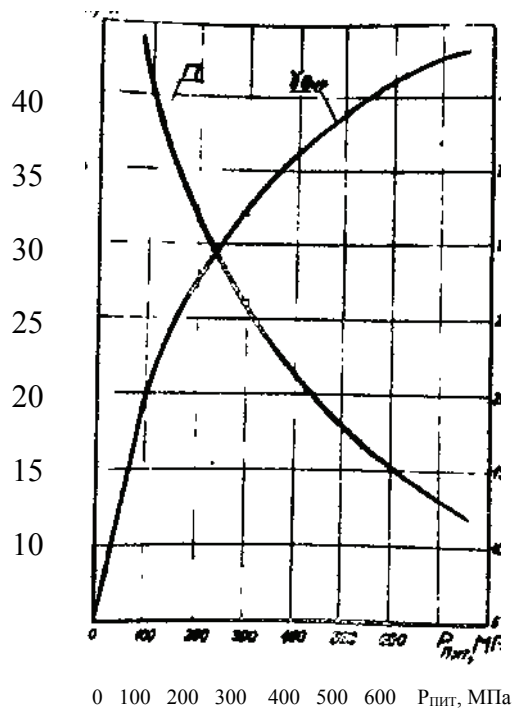


Рис.8.2. Залежність пористості Π і густини деталей із залізного порошку $\gamma_{вир}$ від тиску пресування p .

Методика виконання роботи

Вивчити креслення виробу, що передбачається виготовити, та будову прес-форму.

Зважити окремі компоненти суміші (у процентному відношенні за масою): залізний порошок—95,5; мідний порошок—2,5; графіт—2. Виготовити

порошкову суміш, змішавши підготовлені компоненти в змішувачі. Для отриманої суміші визначити густину компактного виробу γ_k . Задатися необхідною пористістю Π виробу. За кресленням розрахувати об'єм виробу V , m^3 , розрахувати та відміряти кількість порошкової суміші Q , кг, необхідної для виготовлення виробу.

Згідно з заданою викладачем пористістю за графіком (рис.2.2) визначити тиск пресування p , МПа, та густину виробу $\gamma_{вир}$; розрахувати манометричний тиск p_m , МПа, залежно від розмірів виробу і плунжера преса (дод.6). Відформувати виріб на гідравлічному пресі.

Провести спікання виробу. Визначити розмір, об'єм і масу виробу після спікання і розрахувати його фактичні густину та пористість. Порівняти розрахункові та фактичні значення Π і $\gamma_{вир}$, зробити висновок.

Зміст звіту

Коротко описати суть порошкової металургії, технологічну послідовність етапів виготовлення порошкового виробу пресування. Навести ескіз виробу, склад порошкової суміші, розрахунки наважки і манометричного тиску пресування, густину і пористість виробу до і після спікання, висновки.

Контрольні запитання і завдання

1. У чому полягає суть порошкової металургії?
2. Назвіть технологічні етапи виготовлення порошкового виробу.
3. Назвіть способи формування виробів з металевих порошоків.
4. Як розраховувати наважку для виготовлення виробу при пресуванні?
5. Як визначити манометричний тиск пресування?
6. Для чого спікають вироби після формування?

Література: [6], [7].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ ІЗ ДИСПЕРСНОЗМІЦНЕНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ (ІНФРАКЕРМЕТІВ)

Мета роботи: Засвоїти методи приготування сумішей інфракерметів та виготовлення із них виробів методом пресування.

Загальні відомості

Дисперснозміцненні композиційними матеріалами (ДМК) називають матеріали, які містять штучно введені в них рівномірно розподілені керамічні частинки, котрі не взаємодіють з матрицею і не розчиняються в ній помітно аж до температури плавлення, і які покращують властивості металів та сплавів.

Найбільш ефективно зміцнення утворюється, коли місткість зміцнюючої фази не перебільшує 3—15% (об'ємних), розмір частинок 0,01...0,05 мкм, середня відстань між ними 0,1...0,5 мкм. Зміцнюючими фазами в ДМК служать стабільні тугоплавкі сполуки, які не взаємодіють активно з матричним металом. Це забезпечує можливість збереження мікрогетерогенної будови і дислокаційної субструктури, яка формується в процесі деформації і термічної обробки, аж до передплавних температур.

Напівфабрикати із ДМК виробляють головним чином методами порошкової металургії.

Розробка технології виробництва ДМК складається із наступних етапів:

1. Вибір зміцнюючої фази і визначення її об'ємного змісту; при цьому враховують її термодинамічні властивості, дифузійні процеси і інше.
2. Визначення способу введення зміцнюючої фази в матрицю.
3. Визначення методу одержання компактних заготовок.
4. Розробка оптимальних режимів деформації і термічної обробки з метою отримання виробів з заданими властивостями.

Термодинамічні розрахунки при $T=1273$ і 2073 К показали:

1. В нейтральній атмосфері для виключення взаємодії металевої матриці з дисперсною зміцнюючою оксидною фазою доцільно вибирати пари, які складаються із металів, оксиди котрих мають тах значення енергії Гіббса хімічної реакції (min по абсолютній величині) – Ni, Co, Fe, W, Mo, Nb, Ta, V, Ti, Al, Zr, Hf (матричні метали розміщені в ряд по зростанню їх здатності до окислення), і дисперсної окисленої фази з min значенням енергії Гіббса (тах значення по абсолютній величині) – TiO₂, BeO, MgO, HfO₂, BiO₂, UO₂, Al₂O₃, SiO₂, Cr₂O₃. В випадку, коли необхідна взаінодія металевої матриці з дисперсною оксидною фазою, доцільно вибирати пари, які складаються із комбінації металів, оксид яких мають min значення ΔG - Cr₂O₃, SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, UO₂, ZrO₂, NbO₂, MgO, TiO₂, BeO, CaO, ThO₂.

2. В випадку слабкої окислюючої атмосфери при небажані взаємодії матриці з дисперсною оксидною фазою із наведеного вище ряду випадають: Ni, Co, Fe з Al₂O₃, TiO₂, SiO₂, Cr₂O₃; також Co, Fe, W, Mo, Cr, V, Ta з MgO; Co, Fe, W, Mo, Cr, V, Ti, Al, Zr з BeO; Nb, W з ZrO₂. Для випадку, коли допустима взаємодія металічної матриці з дисперсною оксидною фазою, ряд, який установлений для умов нейтральної атмосфери, залишається без змін.

3. При виборі пари металева матриця – дисперсна оксидна фаза слід вважати, що метали можуть окислюватись в атмосфері кисню, в наслідок чого взаємодія металу матриці і дисперсної фази в окремих випадках слід розглядати як реакцію між оксидами. Так, Ni, Co, Fe при окисленні до NiO, CoO, FeO, можуть взаємодіяти з Cr₂O₃, SiO₂, TiO₂, Al₂O₃ з утворенням відповідних сполук: NiO·Al₂O₃, NiO·TiO₂, CoO·Al₂O₃, FeO·Al₂O₃ і інші.

Обладнання і матеріали

1. Гідравлічний прес;
2. Перс-форма;
3. Металеві матричні порошки ($d = 5\text{—}10\text{мкм}$);
4. Зміцнюючі порошки ($d = 0,01\text{—}0,1\text{мкм}$);
5. Змішувач.

Методика проведення роботи

Порошки матричного металу (стопу) механічно змішують з порошком зміцнюючої фази. Порошки хімічно активних металів (Nb, Ti, Zr, Cr і інші) змішують в захисній атмосфері з застосуванням домішок, утворюючих легковідновлюючих сполук.

Формування порошків виконуються різними способами: пресуванням в глуху матрицю, ізостатичним пресуванням, прокатуванням; мундштучним, шлікерним, вібраційним, імпульсним і іншими методами.

В цій роботі формування напівфабрикату відбувається методом пресування. Нижче наведена залежність тиску пресування від відносного об'єму пресовки:

$$\lg P = L(\beta - 1) + C;$$

$$\text{або } \lg P = m \lg \beta + C;$$

де P – тиск пресування;

β – відносний об'єм ($\beta = 1/\rho_0$; $\rho_0 = V/(V+V_{\text{п}})$;

ρ_0 – відносна густина пресовки; V – об'єм пресовки; $V_{\text{п}}$ – об'єм пор в пресові;

L, m – постійні, які залежать від природи матеріалу;

C – постійна; $C = \lg P_{\text{max}}$;

Звіт звіту

1. Склад суміші.
2. Величина тиску.
3. Схема обладнання.
4. Висновки.

Література: [5], [6], [7].

ЛІТЕРАТУРА

1. Кипарисов С.С., Либенсон Г.П. Порошковая металлургия., М: Металлургия, 1991
2. Федорченко И.М. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства. Области применения. Справочник. К., Наукова думка. 1985.
3. Жданович Г.М. Теория прессования металлических порошков. М.: Металлургия. 1969.
4. Гегузин Я.Б. Физика спекания. Почему и как исчезает пустота. М.: Наука, 1983.
5. Кислый П.С. Керметы. М.Машиностроение, 1985г.
6. Портной К.И. и др. Дисперсионноупрочненные материалы, Металлургия. М. 1985г.
7. Бальшин М.Ю., Кипарисов С.С. Основы порошковой металлургии, Металлургия. М. 1978г.
8. Методичні вказівки до проведення лабораторних робіт з курсу „Технологія виготовлення виробів з металевих порошоків” для студентів спеціальності 8.090206 „Обладнання для обробки металів тиском” /Укл. Р.Я. Петрікіна, - Запоріжжя, ЗНТУ, 2001. – 58 с.

Додаток А Визначення щільності і пористості спечених виробів

Визначення щільності у порошковій металургії супроводжує практично всі дослідження, пов'язані із встановленням будь-яких закономірностей чи визначенням фізико-механічних властивостей, будучи одним із основних методів контролю готових виробів. Це пояснюється тим, що параметри, які характеризують спечеш вироби, в значній мірі залежать від відносної щільності зразків. В зв'язку з цим виявляється неможливим проведення порівняльних аналізів чи виявлення закономірностей, якщо не відомо, на зразках якої щільності отримані ті чи інші характеристики. Тому важливо знати не тільки і навіть не стільки абсолютну щільність виробу (ξ , г/см³), скільки відносну (v , %), що являє собою виражене у відсотках відношення щільності реального виробу (ξ_p) до щільності, яку мав би безпористий (компактний) виріб (ξ_k), тому що

$$V = \frac{\xi_p}{\xi_k} \cdot 100\%$$

Абсолютна щільність визначається розподілом ваги виробу (P , г) на його обсяг (V , см³): $\xi_p = \frac{P}{V}$ г/см³. Зважування виконується на терезах, вибір яких залежить від точності виміру обсягу і розмірів виробу.

Обсяг виробу визначають розрахунком після обмірювання мікрометром чи штангенциркулем геометричних розмірів, або гідростатичним зважуванням як правило, у дистильованій воді. При гідростатичному зважуванні необхідно запобігати вилученню рідини в пори. Тому перед зважуванням у рідині, зразок на поверхні покривають захисною плівкою (парафін, вазелін, розчин силіконової олії в бензині й ін.), після чого зважують на повітрі (P_2 , г), а потім у рідині (P_3 , г). У зв'язку з цим, формула для розрахунку (ξ_p) має вигляд

$$\xi_p = \frac{P_1 \cdot \xi_{\text{рід}}}{P_2 - P_3} \text{ г/см}^3$$

де P_1 , P_2 і P_3 - відповідно вага зразка на повітрі, вага на повітрі покритого захисною плівкою зразка і вага його в рідині, покритого захисною плівкою, г;

$\xi_{\text{рід}}$ - щільність рідини, г/см³; для дистильованої води при 20°C приймають $\xi_{\text{рід}} = 1$ г/см³.

Для визначення відносної щільності необхідно знання величини $\xi_{\text{к}}$, що для виробів з однорідних порошків береться з довідника, а для суміші порошків розраховується за правилом адитивності.

Пористість поряд із щільністю, є однією з найважливіших характеристик спечених виробів і виражається або у відсотках, або у частках одиниці. Знаючи дійсну щільність виробу ($\xi_{\text{р}}$) і теоретичну ($\xi_{\text{к}}$) легко розрахувати загальну пористість ($\Pi_{\text{об}}$)

$$\Pi_{\text{об}} = \frac{\xi_{\text{к}} - \xi_{\text{р}}}{\xi_{\text{к}}} \quad \text{або} \quad \Pi_{\text{об}} = \frac{\xi_{\text{к}} - \xi_{\text{р}}}{\xi_{\text{к}}} \cdot 100\%$$

Ідентичні результати можна одержати, розраховуючи по різниці між об'ємом, який має пористий виріб ($V_{\text{р}}$), і обсягом, що мала б абсолютно компактне тіло рівної ваги ($V_{\text{к}}$),

$$\Pi_{\text{об}} = \frac{V_{\text{р}} - V_{\text{к}}}{\xi_{\text{р}}} \quad \text{чи} \quad \Pi_{\text{об}} = \frac{V_{\text{р}} - V_{\text{к}}}{\xi_{\text{р}}} \cdot 100\%$$

Для багатьох спечених матеріалів, особливо для антифрикційних, фільтрів і ін., важливо знати частку відкритих ($\Pi_{\text{від}}$) і закритих ($\Pi_{\text{з}}$) пор. Такі виміри виконуються на спечених зразках після їхнього знегажування у вакуумі і полягають у просоченні зразків рідиною з відомою щільністю ($\xi_{\text{р}}$). Звичайно як просочувану рідину використовують олію, ксилол, бензиловий спирт. Зразок, просочений рідиною, зважують на повітрі (P_2) і визначають обсяг рідини, що всмокталася ($V_{\text{р}}$)

$$V_{\text{р}} = \frac{P_2 - P_1}{\xi_{\text{р}}},$$

де P_1 - вага просочення спеченого зразка на повітрі.

Знаючи обсяг зразка ($V_{\text{р}}$), знаходимо відкриту пористість

$$\Pi_{\text{від}} = \frac{V_{\text{р}}}{V_{\text{р}}} \quad \text{чи} \quad \Pi_{\text{від}} = \frac{V_{\text{р}}}{V_{\text{р}}} \cdot 100\%$$

Методика визначення (ξ_p) і (V_p) описана раніше. Закрита пористість визначається як різниця між загальною і відкритою $\Pi_3 = \Pi_{об} - \Pi_{от}$.

При вимірах відкритої пористості шляхом просочення молекули рідини можуть проникати не в усі порожнини, тому частина особливо вузьких щілин залишається незаповненою і при розрахунку ввійде в кількість закритих пор. Кількість закритих пор у спечених тілах звичайно не велика. Розміри пор і розподіл їх по розмірах можуть бути визначені або металографічно, або одним із методів, заснованих на витісненні рідини (наприклад, води) з пористого зразка, чи навпаки, на вдавненні рідини (наприклад, ртуті) у пори.

Порядок визначення

Робота виконується на зразках після пресування чи спікання, для яких потрібно знання величини щільності чи пористості після визначення їх геометричних розмірів.

Зважування зразків здійснюється на аналітичних (до 200 г) чи технічних (більш 200 г) терезах. Для зважування зразка у рідині використовується спеціальна підставка, встановлена над однією з чашок терезів. На неї ставлять чашку (склянка) з водою.

Спочатку зразок зважують на повітрі (P_1), потім поверхню його покривають тонким шаром технічного вазеліну і знову зважують (P_2). Після цього на тонкій капроновій нитці підвішують до коромисла терезів зразок і зважують його в дистильованій воді (P_3). Зважування виконують після того, як з поверхні зразків видаляються пухирці повітря, що виникають при зануренні зразка у воду.

По зазначеним вище формулам розраховують (ξ_p), Π і $\Pi_{об}$.

Додаток Б Приготування шліфів для металографічного дослідження спечених виробів

Під металографічним дослідженням розуміють вивчення внутрішньої будови матеріалів розмірів і форми зерен, фазового складу і взаємного розташування кристалів фаз за допомогою світлооптичного чи електронного мікроскопів.

Металографічне дослідження спечених виробів, як і литих матеріалів, є однією з найважливіших характеристик для оцінки властивостей спечених виробів.

При застосуванні світлооптичних мікроскопів використовують спеціально підготовлені поліровані поверхні (шліфи), а електронних мікроскопів просвітчастого типу - відбитки: тонкі плівки (репліки), що відтворюють рельєф поверхні шліфа. Для чіткого виявлення структури за допомогою хімічного травлення домагаються фарбуванням в різні кольори структурних складових сплаву.

Підготовка шліфів. Шліфи звичайно виготовляються по поперечному перерізу (зламу) зразка сплаву. Для вирівнювання поверхні зразки заточують на шліфувальних колах із зеленого карбіду кремнію. Потім їх монтують (закріплюють) за допомогою розплавлення сірки, протакріла, полістиролу, інших органічних смол чи легкоплавких сплавів в металевій обоймі, для подальшого шліфування і полірування щоб піддавалася тільки поверхня зразка сплаву. Поверхня шліфа обробляється на шліфувальному водостійкому папері, виготовленому з карбіду кремнію зернистістю K3120, K3150, K3180 і K3M40 (для порівняно м'яких зразків на мідній чи залізній основі) чи шліфують за допомогою карбіду бора зернистістю 80-90 мкм (тверді зразки на основі карбідів, боридів і інших тугоплавких з'єднань (наприклад, тверді сплави).

При виготовленні шліфів із пористих матеріалів волога, що затримується в порах, викликає окислення поверхні, що збільшується при травленні під дією

травника. Це затрудняє вивчення мікроструктури. Тому до полірування й особливо до травлення необхідно спочатку заповнювати пори шліфа речовиною, інертною до води розчинам, що труять. Для цього звичайно застосовують розплавлений парафін, бакелітовий лак (розчин органічної смоли в спирті), монометилметакрилат чи інші органічні сполуки.

Зразок попередньо занурюють у бакелітовий лак, підігрітий до 60-70°C, чи іншу органічну сполуку для просочення, витримують до припинення виділення пухирців повітря (2-3 хв), потім його витягують, очищають від надлишку рідини що просочується, просушують на повітрі, проводять полімеризації при 60-150° С протягом 1-1,5 годин і охолоджують зразок разом із піччю або на повітрі. Далі м'які зразки шліфують на папері КЗМ28, КЗМ20 а тверді - алмазною пудрою із розміром зерен 3-15 мкм яку наносять у вигляді суспензії із етиловим спиртом на горизонтальні диски із сірого чавуна. Після цього шліф із пористого чи безпористого матеріалу полірують до зникнення рисок і подряпин на фетрі, змоченому суспензією окису хрому чи окису алюмінію (для м'яких сплавів) чи алмазною пудрою з розміром зерен 1-2 мкм, нанесеної на дерев'яні (букові) диски (для твердих сплавів). Остаточне полірування (доведення) твердих зразків можна проводити за допомогою водяної суспензії слабощілочного розчину червоної кров'яної солі й окису алюмінію, так зване полірування, що труїть, що подається краплями на обертовий диск, обтягнутий грубошерстим сукном чи фетром. Полірування, що труїть, рекомендується проводити після їх перегляду при збільшенні в 100 разів з метою оцінки пористості і змісті структурного вільного вуглецю, тому що шліф виходить злегка протравленим і ускладнюється оцінка пористості і змісту графіту.

Додаток В Приготування проби для визначення мікротвердості часток порошку

У порошковій металургії широко застосовується метод мікротвердості для оцінки пластичності і стану кристалічних ґрат часток порошку. За її величиною оцінюються і технологічні властивості металевих порошоків, головним чином, пресованість.

Мікротвердість є свого роду характеристикою пластичності порошоків. Величина мікротвердості в значній мірі залежить від змісту в основному металі різних домішок і легуючих елементів, а також кристалічних ґрат.

Визначення мікротвердості виконується на прикладі конструкції М.М.Хрущева, Є.С. Берковича (ПМТ-3).

При приготуванні проби досліджуваний порошок змішується у фарфоровій чашці з порошком бакеліту чи полістиролу в співвідношенні 3:7 (по вазі). Із отриманих сумішей пресуються брикети діаметром 6 - 20 мм під тиском 2 т/см². Вони поміщаються у сушильну шафу, де витримуються при температурі 140°C протягом 1 години. При цьому відбувається полімеризація бакеліту і міцне схватування частинок порошку полімеризованою смолою. Якщо у якості "зв'язування" застосовується протакріл, то досліджуваний порошок насипається тонким однорідним шаром у круглу металеву обойму, покладену на гладку поверхню (скло, залізна плита чи ін.). У обойму обережно (щоб не зібралися частки порошку) заливається попередньо приготована сметанообразна маса протакріла. Залитий ірзозок залишається для застигання на 1-1,5 години. Після цього він легко відокремлюється від поверхні скла чи плити. У приготовленому зразку перед виміром мікротвердості один із торців шліфується.

Примітка. Для приготування зразка можливо застосування інших "зв'язувань" інших методик приготування.

Обробка тиском порошкових матеріалів. Методичні вказівки до

лабораторного практикуму для студентів ЗДІА спеціальності 7.090404 /Укл.

В.В. Косинський, О.Г. Васильєв. - ЗДІА, 2006. - 51 с.

Укладачі: В.В. Косинський - канд.. тех. наук, доцент кафедри ОМТ

О.Г.Васильєв – асистент кафедри ОМТ

Відповідальний за випуск: зав. кафедрою ОМТ

професор Б.П.Середа