

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 4

«Дослідження методів виготовлення, класифікації, та ситового аналізу порошкових матеріалів для зварювання, наплавлення та напилення» з дисципліни «Виробництво матеріалів для зварювання, наплавлення та напилення» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання

2018

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 4
«Дослідження методів виготовлення, класифікації, та ситового
аналізу порошкових матеріалів для зварювання, наплавлення та
напилення» з дисципліни «Виробництво матеріалів для зварювання,
наплавлення та напилення» для студентів спеціальності 131
«Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.: М.І. Андрущенко,
О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. - 18 с.

Укладачі: М.І. Андрущенко, канд. техн. наук, доцент

О.Є. Капустян, старш. викл.;

Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 6

від 31.01.2018

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 6

від 13.02.2018

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
2.1 Механічні методи	4
2.2 Фізико-хімічні методи отримання порошків	9
2.3 Способи класифікації порошків та ситового аналізу	13
3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ.....	15
4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ.....	16
5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ.....	16
6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.....	17
7 ЗМІСТ ЗВІТУ	17
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	18

1 МЕТА РОБОТИ

Дослідити методи отримання порошкових матеріалів та засвоїти способи класифікації та ситового аналізу порошкової маси за фракційним складом.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Виробництво порошку - перша технологічна операція методу порошкової металургії. Способи отримання порошків дуже різноманітні. Вони широко використовуються і при виробництві зварювальних матеріалів (компоненти шихти обмазки покритих електродів, порошкових дротів і стрічок, флюсів, порошків для наплавлення та напилення). Це робить можливим надання виробам з порошку і покриттям необхідних фізичних, механічних та інших спеціальних властивостей. Крім того, метод виготовлення порошку в значній мірі визначає його якість і собівартість.

Способи отримання порошків діляться на механічні і фізико-хімічні.

Механічні методи забезпечують перетворення вихідного матеріалу в порошок без помітної зміни його хімічного складу. Найчастіше використовують подрібнення твердих матеріалів в млинах різних конструкцій і диспергування розплавів.

До фізико-хімічних методів відносять технологічні процеси виробництва порошків, пов'язані з фізико-хімічними перетвореннями вихідної сировини. В результаті отримується порошок, що за хімічним складом істотно відрізняється від вихідного матеріалу.

2.1 Механічні методи

1 Дроблення і розмелювання твердих матеріалів.

Подрібнення стружки, обрізків і компактних матеріалів проводять в кульових, вихрових, молоткових та інших млинах, к.к.д. яких

порівняно невеликий. Отримують порошки Fe, Cu, Mn, латуні, бронзи, хрому, алюмінію, сталей.

2 Диспергування розплаву.

Струмінь розплавленого металу диспергують механічним способом (впливом відцентрових сил і ін.), або діючи на нього потоком енергоносія (газу або рідини). Отримують порошки алюмінію, свинцю, цинку, бронзи, латуні, заліза, чавуну, сталі.

3 Грануляція розплаву.

Порошок утворюється при зливанні розплавленого металу в рідину (наприклад, у воду). Отримують крупні порошки заліза, міді, свинцю, олова, цинку.

4 Обробка твердих (компактних) металів різанням.

При верстатній обробці литих металів або сплавів підбирають такий режим різання, який забезпечує утворення частинок, а не стружки. Отримують порошки стали, латуні, бронзи, магнію.

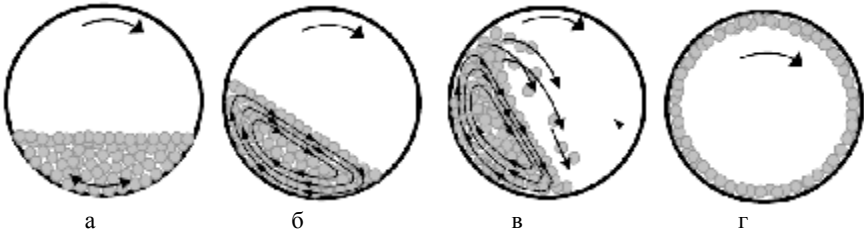
Механічне подрібнення компактних металів широко поширене в порошковій металургії. Подрібнення може бути дробленням, помелом, стиранням. Найбільш доцільно застосовувати механічне подрібнення при виробництві порошків крихких металів і сплавів, таких як Si, Be, Cr, Mn, сплави Al з Mg і ін. Розмел пластичних металів (Zn, Al, Cu) утруднений, так як вони в основному розплющуються, а не руйнуються.

При подрібненні комбінують розчавлювання і удар (при отриманні великих часток) і стирання та удар (при тонкому подрібненні). При дробленні енергія витрачається на пружну і пластичну деформацію, на теплоту і на утворення нових поверхонь.

Серед методів подрібнення твердих матеріалів найбільшого поширення набули обробка металів різанням з утворенням дрібної стружки або тирси, подрібнення металу в кульових, вихрових, молоткових та інших млинах, ультразвукове диспергування.

Найпростіший апарат для подрібнення твердих матеріалів - кульовий млин, який являє собою металевий циліндричний барабан (рис. 2.1). Усередині барабана перебувають розмельні тіла поліедрічної або округлої форми, найчастіше сталеві, чавунні або твердосплавні кулі. При обертанні млина розмельні тіла піднімаються на деяку висоту в напрямку обертання, потім падають, або скочуються і подрібнюють матеріал, стираючи його і роздрібнюючи. Співвідношення між діями дроблення і стирання розмельних тіл в

млині залежить від відношення діаметра циліндра D до довжини циліндра L при однаковому обсязі. При $D/L > 3$ переважає дія дроблення розмельних тіл (важливо при подрібненні крихких тіл), при $D/L < 3$ – більша дія стирання (більш ефективно для подрібнення пластичних матеріалів).



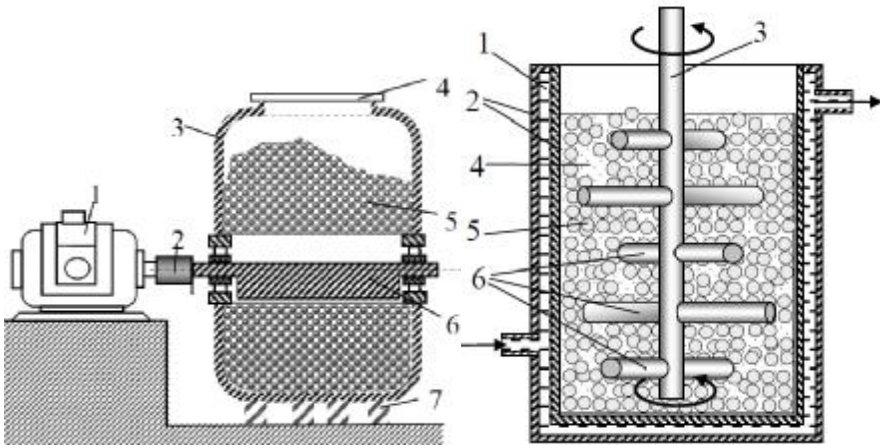
а - режим ковзання при $n_{кр} < 0.2 n_{кр}$, б - режим перекошування при $n < 0.4-0.6 n_{кр}$, в - режим інтенсивного подрібнення (водоспадний режим) при $n < 0.75-0.85 n_{кр}$; г – характер руху куль при $n > n_{кр}$

Рисунок 2.1 - Схема руху куль у барабані кульового млина при різних швидкості його обертання

На інтенсивність і механізм дроблення значно впливає швидкість обертання барабана млина, число і розмір розмельних тіл, маса матеріалу, що подрібнюється, тривалість і середовище розмелу. Зі збільшенням швидкості обертання барабана млина розмельні тіла падають з більшої висоти (рис. 2.1), виконуючи головним чином дію, що дробить. При подальшому збільшенні швидкості обертання барабана розмельні тіла будуть обертатися з барабаном і матеріал буде подрібнюватись незначно. Цю швидкість називають критичною швидкістю обертання.

Для кульових обертових млинів співвідношення середніх розмірів частинок порошку до і після подрібнення, зване ступенем подрібнення, становить 50 - 100. Форма частинок, що отримується в результаті розмолу в кульових обертових млинах, зазвичай осколкова, тобто неправильна, з гострими гранями, а шорсткість їх поверхні невелика. Крім обертових використовують також вібраційні (рис. 2.2), планетарні, відцентрові, гіроскопічні млини (обертаються щодо горизонтальних і вертикальних вісів), з магнітно-індукційним обертачем (для феромагнітних матеріалів), вихрові (подрібнення за рахунок створення вихрових потоків, що створюються двома пропелерами, розташованими один проти одного) і молоткові (використовується молот для дроблення губчастих матеріалів)

аттриатори (рис. 2.3).



1 - електродвигун; 2 - сполучна муфта; 3 - корпус млина; 4 - завантажувальний люк; 5 - розмельні тіла; 6 - дебалансний вал; 7 - амортизатори (пружини)

Рисунок 2.2 - Схема вібраційного млина

1 - корпус млина (розмельна ємність); 2 - водоохолоджувані стінки корпусу млина; 3 - вал мішалки аттриатора; 4 - матеріал, що подрібнюється; 5 - розмельні тіла; 6 - лопаті мішалки

Рисунок 2.3 - Схема аттриатора

Іншим поширеним механічним методом отримання порошків є розпорошення розплавів. Диспергування розплавленого металу або сплаву струменем стисненого газу, рідини, або механічним способом дозволяє отримувати порошки, які називають розпорошеними. Процес екологічно чистий, характеризується високими продуктивністю, технологічністю, ступенем автоматизації і порівняно малими енерговитратами. Промислове виробництво порошків становить в співвідношенні 4-5:1 на користь розпорошених порошків.

В даний час метод розпилення широко використовують для отримання не тільки порошків заліза, сталей та інших сплавів на основі заліза, а й порошків алюмінію, міді, свинцю, цинку, тугоплавких металів (титану, вольфраму та ін.), а також сплавів на основі кольорових металів. Розпилення дуже ефективно при отриманні порошків багатокомпонентних сплавів і забезпечує об'ємну рівномірність хімічного складу, оптимальну будову і тонку структуру кожної частинки, яка утворюється. Це пов'язано з перегрівом розплаву перед диспергуванням, що призводить до високого ступеня його однорідності на атомарному рівні через повне руйнування спадкової

структури твердого стану та інтенсивного перемішування, і кристалізацією дисперсних частинок з високими швидкостями охолодження - від 10^3 - 10^4 до кількох десятків і навіть сотен мільйонів градусів у секунду. Методи розпилення металевого розплаву розрізняються по виду енергії, що витрачається (нагрів індукційний або непрямий, електродуговий, електронний, лазерний, плазмовий і ін.), виду силового впливу на розплав при диспергуванні (механічний вплив, енергія газових і водних потоків, сили гравітаційні, відцентрові, вплив ультразвуку і т.д.) і по типу середовища для його створення і диспергування (відновна, окислювальна, інертна або інша среда заданого складу, вакуум).

Сутність отримання металевих порошків з розплаву полягає в порушенні суцільності його потоку (струменя або плівки) під дією різних джерел збурень з виникненням дисперсних частинок.

Відцентрове розпилення являє собою один з основних видів диспергування розплаву. За методом обертового електрода розпорошення відбувається в момент формування розплаву - електрична дуга, або електронний промінь, плазма або інші джерела енергії). Новоутворена на торці електрода, який витрачається і обертається зі швидкістю 2000 - 20000 хв^{-1} , плівка розплаву товщиною 10 - 30 мкм під дією відцентрових сил переміщується до його периферії і зривається з його кромки у виді частинок-крапель переважно розміром 100 - 200 мкм (збільшення діаметра електрода і швидкості його обертання призводить до зменшення розміру частинок-крапель) Кристалізація крапель зі швидкістю охолодження порядку $10^4 \text{ }^\circ\text{C/s}$ відбувається в атмосфері інертного газу.

Броварський завод порошкової металургії виготовляє залізний порошок методом розпилення розплаву металу. Розплавлений метал розпилюють водою високого тиску або повітрям. Отриману пульпу зневоднюють і сушать, потім порошок-сирець відновлюють в прохідних печах конвеєрного типу при заданій температурі в середовищі водню. Отриману губку дроблять, розмелюють, піддають класифікації. Готовий продукт - залізний розпорошений (рис. 2.4 а) порошок має високі технологічні властивості. Ущільнюваність порошку при 5 г/см^3 становить $6,5$ - $6,65 \text{ г/см}^3$. Міцність неспеченої пресовки при щільності $6,5 \text{ г/см}^3$ становить 20 - 25 МПа . Відносне подовження становить 8 - 12% при щільності $7,0$ - $7,1 \text{ г/см}^3$.

Металеві порошки, виготовлені за даною технологією,

знаходять широке застосування в різних галузях промисловості: це виробництво порошкових виробів антифрикційного, конструкційного і електротехнічного призначення, спечених електродних стрічок; при киснево-флюсовому різанні металів і в якості головної складової покриття високопродуктивних електродів для зварювання.

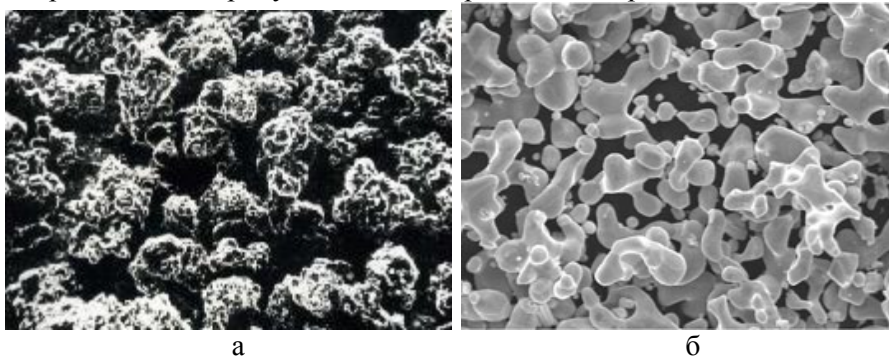


Рисунок 2.4 - Порошки залізний розпорошений (а) та титану (б), отримані відновленням оксидів металів гідридом кальцію.

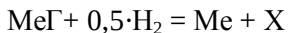
Активно розвиваються методи розпилення розплавів, що забезпечують дуже високі швидкості охолодження частинок. Один з варіантів, який забезпечує затвердіння рідкої краплі зі швидкістю 10^7 - 10^8 °C/с, дозволяє отримувати так звані РіШЗ - (розпорошені і швидкозагартзовані порошки), коли на шляху краплі, яка летить встановлюють охолоджуваний екран під кутом 15-45° до напрямку її руху. При ударі об екран крапля переміщується по його поверхні і послідовно кристалізується у виді частки пластинчастої форми. При надшвидкому охолодженні у вакуумі або інертному газі зі швидкістю понад 10^6 °C/с при кристалізації крапель розплаву утворюються порошки, частки яких мають аморфну структуру, що надає їм надзвичайно специфічні властивості і дозволяє створювати унікальні матеріали для різних галузей техніки.

2.2 Фізико-хімічні методи отримання порошків

1. Хімічне відновлення:

а - газоподібних сполук металів.

Порошки металів високої чистоти можна отримати з низькикиплячих хлоридів і фторидів вольфраму, молібдену, ренію, ніобію або танталу по реакції:



де Me - будь-який метал, порошок якого треба отримати;

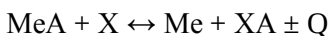
Г - хлор або фтор;

X - відновник.

Для отримання високодисперсних порошків металів або їх сполук (карбідів, нітридів і ін.) існують перспективні плазмохімічні методи. Відновлювачем служить водень або вуглеводні і конвертований природний газ. Низькотемпературну (4000-10000° С) плазму створюють в плазмотроні електричною дугою високої інтенсивності, через яку пропускають будь-який газ або їх суміші. У плазмовому відновному струмені відбувається перетворення вихідних матеріалів в конденсовану дисперсну фазу. Метод використовується для отримання порошків тугоплавких металів W, Mo, Ni. Порошок титану і його сплавів отримують відновленням оксидів металів гідридом кальцію. Вибір гідриду кальцію в якості відновника пояснюється високою активністю кальцію, що дозволяє відновлювати практично всі оксиди металів і неметалів незалежно від їх термодинамічної активності. При цьому не утворюються тверді розчини і хімічні сполуки кальцію з відновленими металами. Відновлені порошки титану і сплавів мають неправильну (ірегулярну) форму (рис. 2.4 б) і розвинену поверхню частинок, завдяки чому відмінно формуються при порівняно низьких тисках пресування в жорстких матрицях, а також методом гідростатичного пресування в еластичних оболонках. Порошок добре прокочуються в стрічку і спікається у вакуумі або нейтральній атмосфері.

б - відновлення відбувається з оксидів і інших твердих сполук металів.

Цей спосіб є одним з найбільш поширених і економічних. У загальному випадку найпростішу реакцію відновлення можна уявити як:



де А - неметалічна складова відновлюваного з'єднання MeА - (кисень, хлор, фтор, сольовий залишок та ін.);

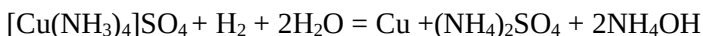
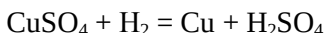
Q - тепловий ефект реакції.

Відновниками служать гази (водень, конвертований природний газ і ін.), твердий вуглець (кокс, сажа та ін.) і метали (натрій, кальцій і ін.). Вихідною сировиною є окислені руди, рудні концентрати, відходи і побічні продукти металургійного виробництва (наприклад, прокатна окалина), а також різні хімічні сполуки металів. Таким шляхом отримують порошки Fe, Cu, Ni, Co, W, Mo, Ti, Ta, Zr, Y і інших металів та їх сплавів, а також з'єднань з неметалами (карбіди, борида і ін.).

в - хімічне відновлення різних сполук металів з водних розчинів.

Цей спосіб також є одним з найбільш економічних, що дозволяє отримувати високоякісні металеві порошки. Відновлювач - це водень або оксид вуглецю. Вихідна сировина - сірчаноокислий або аміачні розчини солей відповідних металів.

Як приклад, застосування цього методу можна розглянути отримання порошку міді. Мідь може бути виділена відновленням воднем як з кислих, так і лужних розчинів. Зазвичай використовують розчин сульфату міді або мідноаміачної комплексної солі. Реакції відновлення мають вид:



Відновлення проводять при сумарному тиску газу 2,4-3,5 або 3,5-4,5 МПа і температурі 140-170 або 180-200° С, відповідно. Випадання міді в осадок становить близько 99 %. Швидкість процесу відновлення зростає зі збільшенням кількості суспендованої міді.

Хімічна чистота порошків, отриманих таким способом, висока (99,7-99,9 % Cu, < 0,1 % O₂, < 0,01 % Fe), а собівартість менше собівартості електролітичних порошків міді. Форма частинок може бути найрізноманітнішою: дендритною, округлою та ін. Таким шляхом отримують порошки Cu, Ni, Co, Ag, Au.

2. Електроліз водних розчинів або розплавлених солей різних металів.

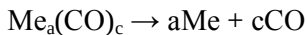
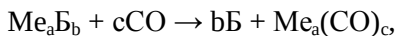
На катоді під дією електричного струму осаджують з водних

розчинів або розплавів солей чисті порошки практично будь-яких металів. Вартість порошків висока через великі витрати електроенергії і порівняно низьку продуктивність електролізерів. Таким шляхом отримують з водних розчинів - порошки Cu, Ni, Fe, Ag, а з розплавлених середовищ - порошки Ta, Ti, Zr, Fe.

3. Дисоціація карбонілів.

Карбонілами називають з'єднання елементів з CO загальної формули $Me_a(CO)_c$. Карбоніли є легколетучими, утворюються при порівняно невисоких температурах і при нагріванні легко розкладаються.

У промислових масштабах дисоціацією карбонілів отримують порошки Ni, Fe, Co, Cr, Mo, W і деяких металів платинової групи. Схематично карбоніл - процес йде за схемою:



У першій фазі по реакції вихідна сировина Me_aB_b , що містить метал Me у з'єднанні з баластною речовиною B, взаємодіє з CO, утворюючи проміжний продукт (карбоніл). У другій фазі карбоніл металу при нагріванні розкладається на метал і CO.

Розширення виробництва карбонільних порошків істотно стримується їх високою вартістю, так як вони в десятки разів дорожче відновлених порошків аналогічних металів.

4. Термодифузійне насичення.

Шари, які чередуються, або суміш порошків різнорідних металів нагрівають до температури, що забезпечує їх активну взаємодію. Отримують порошки латуні, сплавів на основі хрому, високолегованих сталей.

5. Випаровування і конденсація.

Для отримання порошку метал випаровують і потім конденсують його пари на холодній поверхні. Порошок є тонкодисперсним, але містить велику кількість оксидів. Отримують порошки Zn, Cd та інших металів з невисокою температурою випаровування.

6. Міжкристалічна корозія.

У компактному (вилитому) металі або сплаві за допомогою

хімічного травника руйнують міжкристалічні прошарки. Таким способом отримують порошки корозійностійких і хромонікелевих сталей.

Існують і інші способи отримання порошків, для яких характерні ті чи інші переваги.

2.3 Способи класифікації порошків та ситового аналізу

Якість порошкових матеріалів контролюється за кількома параметрами, серед яких одним з найважливіших є гранулометричний склад. Даний параметр впливає на рівномірність розподілу властивостей в покритті електродів, порошкового дроту, керамічного флюсу, а також на якість напиленого, або наплавленого порошкового покриття.

Існує декілька способів класифікації матеріалів з метою розподілу порошків на необхідні фракції, або контролю заданого фракційного складу.

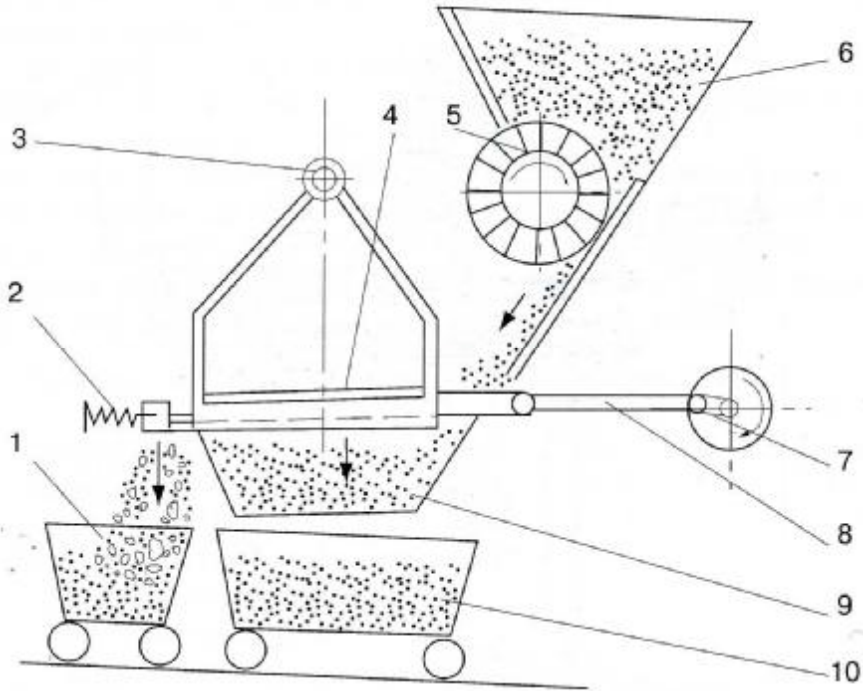
Найбільш поширені механічні та вібраційні сита. Зазвичай при просіві на ситах отримують два класи - надрешітного з розміром частинок більше розміру осередку сита і підгратного з розміром частинок менше розміру осередку сита. Деякі конструкції сит мають кілька робочих сіток і розраховані на отримання кількох класів матеріалу за крупністю.

Існує велика кількість конструкцій механічних сит; основний принцип їх роботи полягає в передачі обертовим кривошипом зворотно-поступального руху рамки з натягнутою на неї сіткою (рис. 2.5).

Вібраційні сита, так само як і механічні, знайшли широке застосування в електродному виробництві. Подрібнений матеріал надходить на вібруючу рамку з натягнутою на неї сіткою. Вібрація здійснюється за рахунок ексцентрика, укріпленого на осі малопотужного мотора. У цьому випадку число вібрацій дорівнює числу оборотів мотора за хвилину. Вібраційні сита досить ефективні при просіві різних матеріалів.

Широке застосування знайшла повітряна класифікація невибухонебезпечних порошкових матеріалів, що використовуються в

масових кількостях (наприклад, мармур).



1 - збірник відсіву; 2 - пружина – амортизатор; 3 - вісь коливання сита; 4 - рамка з натягнутою сіткою; 5 – живильник; 6 - бункер; 7 – кривошип; 8 - шатун; 9 - корпус сита; 10 - контейнер для просіяного матеріалу

Рисунок 2.5 – Схема механічного сита

Для ситового аналізу найбільше застосування знайшли механічні струшувачі, що надають набору сит кругові коливання у горизонтальній площині та струшування. Часто контроль гранулометричного складу компонентів електродних покриттів (ситовий аналіз) проводять на приладі моделі 029 («Ротап»), призначеному для визначення зернового складу матеріалів (рис. 2.6).

Прилад являє собою апарат, на якому просіюють компоненти при частоті обертання ексцентрикового валу 9 - 5300 хв^{-1} і при 180 удар/хв важеля 5. На станині змонтований електродвигун 2, який через муфту зчеплення 2 передає рух ексцентриковому валу і механізму для струшування. Сита 4 встановлюють на столику 8, накривають зверху кришкою 7 і закріплюють гайками 6. Крім

обертального столика за допомогою куліси 3 здійснює зворотно-поступальний рух.

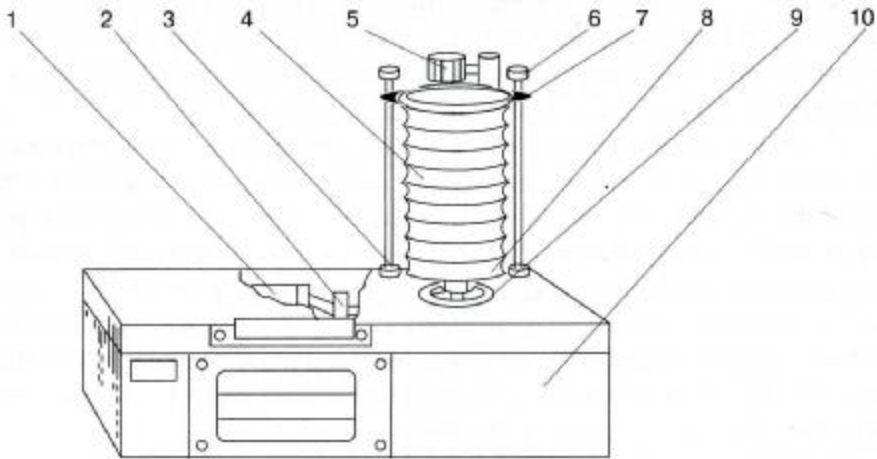


Рисунок 2.6 – Прилад для ситового аналізу

Ситовий аналіз крупних матеріалів виконується на грохотах лабораторного типу. Розсів дрібних класів (крупністю до 6 мм) здійснюється на струшувачах різних конструкцій.

З КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. На які види діляться способи отримання порошків?
2. Основні механічні методи отримання порошків.
3. Які фактори впливають на інтенсивність і механізм дроблення в кульових млинах?
4. Якими способами проводять розпорошення розплавів для отримання порошків?
5. Який тип структури утворюється при надшвидкому охолодженні розпорошеного сплаву (крапель зі швидкістю понад 10^6 С/с) в вакуумі або інертному газі?
6. Назвіть фізико-хімічні методи отримання порошків.

7. Який спосіб отримання порошоків відновленням є одним з найбільш поширених і економічних способів?
8. Напишіть у загальному виді найпростішу реакцію отримання порошоків відновленням.
9. Способи класифікації порошоків та їх призначення.
10. Принцип дії прилад для ситового аналізу.

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

- 1 Ферокремній попередньо дроблений на шматки розміром 5 – 20 мм.
- 2.Кульовий млин.
- 3 Вібраційне сито.
- 4 Ваги.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Верстати і прилади, які використовуються при виконанні даної роботи підключаються до мережі змінного струму напругою 380 і 220 В.. Для попередження нещасних випадків, а також пошкодження приладів і обладнання, необхідно виконувати певні вимоги безпеки:

1. Приступати до роботи після ознайомлення інструктажем з техніки безпеки у керівника роботи і засвоєння матеріалу даних методичних вказівок.
2. Включати прилади тільки за вказівкою викладача або лаборанта.
3. Виконувати тільки роботу, передбачену завданням.
4. Переконавшись в надійності заземлення верстата, електроізоляції кабелю і проводів.
5. Виявляти особливу уважність і акуратність при роботі.
6. Не торкатися рухомих і струмоведучих частин обладнання.
7. Працювати на верстаті із застебнутими манжетами рукавів.

8. Повідомляти викладачеві або лаборанту про виниклі несправності обладнання, не намагатися усунути їх самостійно.

9. Виконувати роботу при наявності в лабораторії не менше двох осіб.

10. Після закінчення роботи вимкнути обладнання і привести в порядок робоче місце.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Завантажити в кульовий млин шматки фероматеріалів і кулі для дроблення.

2. Включити привод млина та провести дроблення.

3. Зібрати дроблений матеріал та провести його класифікацію на вібраційному ситі.

4. Провести зважування порошоків різних фракцій та зробити оцінку на відповідність фракційного складу вимогам, які пред'являються до шихти покритих електродів.

5. Скласти звіт

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Найменування і мета роботи.

2. Характеристика матеріалу, який досліджується, його призначення.

3. Фото часток порошку, опис їх форми, розміри.

4. Показати розподіл за фракціями у виді стовбчастої діаграми.

5. Висновки.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 9466-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и технические условия. Издательство стандартов. Москва:1993
2. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия. Издательство стандартов. Москва: 1993
3. Сварочные материалы для дуговой сварки т. 1. Под ред. Потапова Н.Н. – М: Машиностроение. 1989.- 544 с.
4. Тархов Н.А., Сидлин З.А., Рахманов А. . Производство металлических электродов. - М: Высшая школа. - 1986. - 288 с.
5. Сидлин З.А., Гольдинберг П.И. Автоматизация производства сварочных материалов – ключ к повышению стабильности их качества. Экспозиция – 2008. №4. С.5-6
6. ГОСТ Р ИСО 9001-2001 Система менеджмента качества. Требования. ИПК Москва: Издательство стандартов. – 2001
6. Петров Г.Л. Сварочные материалы. - Л.: Машиностроение. 1972. - 279 с.
7. Сварочные материалы для дуговой сварки т. 1. Под редакцией Потапова Н.Н. – М: Машиностроение. 1989. - 544 с.
8. Гарник И.И., Пиолунковский Г.М. Производство металлических электродов. – М: Металлургия. 1975. – 119 с.
9. Сидлин З.А. Производство электродов для ручной дуговой сварки. - К.: Экотехнология, 2009. – 464 с.
10. Зварювальні матеріали для зварювання сталей і чавуну (електроди, флюси, дріт). Довідник під ред. В.Н. Горпенюка. - К: Наукова думка. - 1994. - 622 с.