МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни “Виробництво матеріалів для зварювання, наплавлення та напилення”, ч. І «Виробництво покритих електродів» для студентів спеціальності 131 „Прикладна механіка” усіх форм навчання

2017

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Конспект лекцій з дисципліни “Виробництво матеріалів для зварювання, наплавлення та напилення”, ч. І «Виробництво покритих електродів» для студентів спеціальності 131 „Прикладна механіка” усіх форм навчання / Укл.: М.І. Андрущенко, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017 – 70 с.

Укладачі: М.І. Андрущенко, канд. техн. наук, доцент
О.Є. Капустян, старш. викл.;
Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 1 від 22.08.2017

Рекомендовано до видання
НМК ІФФ
Протокол № 1 від 19.09.2017

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ЗМІСТ

1 ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ ПОКРИТИХ ЕЛЕКТРОДІВ, СПОСОБІВ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА СУЧАСНИЙ СТАН ЇХ ВИРОБНИЦТВА 4
2 МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДІВ..... 10
2.1 Стальний зварювальний дріт 10
2.2 Загальні відомості про компоненти електродного покриття 14
2.3 Складування та зберігання матеріалів покриттів..... 19
2.4 Переробка зварювального дроту. Виготовлення електродних стержнів..... 20
2.5 Вимоги до готових стержнів та причини відхилення від норм..... 24
2.6 Переробка компонентів електродних покриттів 25
2.6.1 Підготовчі операції 27
2.7 Подрібнення матеріалів 28
2.7.1 Крупне і середнє дроблення 28
2.7.2 Тонке дроблення 37
2.7.2.1 Тіла, що мелють та фактори, які впливають на продуктивність та якість матеріалу. 41
2.8 Сушка матеріалів..... 45
2.9 Особливості переробки деяких матеріалів..... 47
2.10 Класифікація подрібнених матеріалів 48
2.11 Живлення обладнання матеріалами та їх дозування..... 54
2.12 Особливості переробки деяких матеріалів..... 58
2.13 Вимоги до гранулометричного складу матеріалів та його контроль..... 60
2.14 Способи зниження активності (пасивуванням) порошкових матеріалів..... 62
2.15 Приготування сухої шихти 64
2.16 Дозування компонентів шихти 64
2.17 Переміщування сухої шихти, контроль і зберігання..... 67
ЛІТЕРАТУРА……..71

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1 ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ ПОКРИТИХ ЕЛЕКТРОДІВ, СПОСОБІВ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА СУЧАСНИЙ СТАН ЇХ ВИРОБНИЦТВА

В промисловорозвинених країнах у всіх галузях виробництва, в яких використовуються зварювальні технології рівень механізації зварювання і наплавлення продовжує зростати. Але автоматичне і спеціальне зварювання лідирує тільки за кількістю наплавленого металу. Незважаючи на стрімкий розвиток технологій, частка ручного дугового зварювання і наплавлення в загальному обсязі технологічних операцій, навіть в найбільш розвинених промислових країнах залишається дуже високою. І відповідно до цього, частка покритих металевих електродів на ринку зварювальних матеріалів одна з найбільших (рис. 1.1). Це в значній мірі обумовлено мобільністю, простотою способу ручного наплавлення і, застосовуваного при цьому устаткування.

Рисунок 1.1 - Структура світового ринку зварювальних матеріалів станом на 2000 рік [1].

За даними статистики в Росії, Україні та інших країнах колишнього СНД у порівнянні зі світовим рівнем, частка ручних процесів зварювання і наплавлення значно вище. До теперішнього часу в країнах СНД покриті електроди складають до 80 % загального випуску зварювальних матеріалів [2].

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Сьогодні, в умовах жорсткої конкуренції, заводи-виробники зварних конструкцій, які прагнуть вийти на світовий ринок зі своєю продукцією, стоять перед складною проблемою при виборі зварювальних матеріалів. Наприклад, існують традиційні марки зварювальних електродів і відомі постачальники цих матеріалів. Однак замовники висувають вимоги, щоб всі витратні матеріали мали визнання авторитетних страхових агентств (Lloyd, TUV і т. п.).

Підприємства СНД конкурують не тільки між собою. На Російському і Українському ринках активно просувається продукція ESAB (Швеція), Kobe Steel (Японія), Schwarz і ThyssenKrupp (Німеччина) та інших зарубіжних виробників.

Основна проблема якості електродів з будь-яким типом покриття є стабільність їх властивостей. Очевидно, вона помітно пов'язана з різнотовщиністю (ексцентричністю) покриття, з нестабільністю його щільності (пористості). Однак головна проблема - нестабільність складу обмазки електрода. Ключовим для конкурентоспроможного успішного розвитку електродної промисловості є співвідношення ціна/якість виробленої нею продукції.

Відомо, що пріоритет винаходу дугового зварювання неплавким вугільним електродом належить Миколі Миколайовичу Бенардосу, а металевим електродом, який плавиться, подібним за хімічним складом зі зварюваним металом Миколі Гавриловичу Славянову. Цьому передувало за 80 - 100 років до цього відкриття явища електричного розряду в газах - електричної дуги Василем Володимировичем Петровим. Однак винахідники, практично, так і не дочекалися широкого використання свого винаходу. Ще на початок двадцятого століття забезпечити задовільну якість швів відомими способами дугового зварювання було дуже проблематично тим більше, коли шви знаходяться у всіх просторових положеннях, наприклад, в суднобудуванні. Дуже складно було забезпечити стабільне горіння дуги і якість наплавленого металу.

Бурхливий розвиток зварювання отримало завдяки винаходу зварювального електроду з покриттям шведом Оскаром Кьєльбергом (Оскар Фелікс Чельберг) (1870-1931). Він реалізував ідею забезпечити сам зварювальний елемент - плавкий електрод - речовинами, що сприяють стабілізації дуги і захисту металу зварного шва від шкідливих для нього кисню та азоту. О. Кьєльберга зацікавило

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

спостереження зварників, які намагалися використовувати сталевий дріт, затиснутий в утримувач замість вугільного електрода. Вони помітили, що якість шва поліпшується в тих випадках, коли сталеві електроди або місце з'єднання забруднені мулом, який утворюється після отримання ацетилену з карбіду кальцію. Той же ефект вийшов і від слідів забруднення, що залишилися на поверхні дроту після його волочіння, що проводилося з застосуванням вапна. В результаті досліджень О. Кьельберг встановив можливість стабілізації процесу і захисту зони дугового зварювання за допомогою покриття. Перший патент Швеції був отриманий в 1906 р (заявлений 14.06.1905 р). Потім «Процес електричного зварювання і електроди для цих цілей» був запатентований в ряді інших країн. Саме найпростіший за конструкцією покритий електрод привів до стрімкого поширення ручного електричного зварювання в усі галузі світового виробництва. У 1904 році Оскар Кьєльберг заснував в Гетеборзі фірму «ESAB». Діяльність підприємства була пов'язана із застосуванням зварювання в суднобудуванні. Саме використання покритих плавких електродів, дало привід до розвитку і використання зварювальних технологій в інших галузях виробництва.

У 1911 році англієць А. Строменгер істотно поліпшив електродне покриття. Запропоноване ним покриття складалося з азбестового шнура, просоченого силікатом натрію. Цей шнур намотувався на металевий стержень, а поверх намотувався тонкий алюмінієвий дріт. Така структура електродного покриття забезпечувала захист зварювальної ванни і металу шва від атмосферного повітря за рахунок утворення шлаку. Алюміній грав роль розкислювача. Під назвою «Квазі-арк» ці електроди поширилися по Європі і Америці.

У жовтні 1914 року С. Джонсу був виданий британський патент на спосіб виготовлення електрода, покриття якого наносилося методом опресування. Металевий стержень (пруток) проштовхував через філь’єру одночасно з шихтою, яка приклеювалась до стержня.

У 1917 р. американські вчені О. Андрус і Д. Стреса розробили новий тип покриття електродів. Сталевий стержень був обгорнутий папером, приклеєним силікатом натрію. У процесі зварювання таке покриття виділяло дим, захищаючи зварювальну ванну від впливу повітря. Також паперове покриття забезпечувало моментальне запалювання електричної дуги з першого торкання і стабілізувало її

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

горіння.

У 1925 р. англієць А.О. Сміт дещо змінив конструкцію штучного електрода: на папір за допомогою рідкого скла наносилися порошкоподібні компоненти, що поліпшують захист і легують метал шва. У міру додавання різних компонентів покриття ставало товще, а якість наплавленого металу краще.

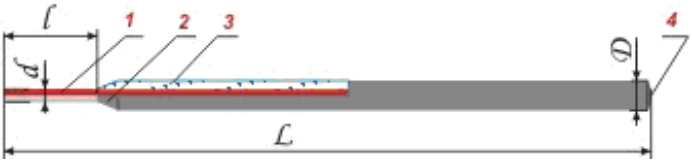
В цьому ж році французькі винахідники О. Саразен і О. Монейрон розробили покриття, яке товстим шаром наносилася на металевий стержень. Компонентами в рецепті покриття стали сполуки лужних і лужноземельних металів: польовий шпат, крейда, мармур, сода. Елементи (калій, натрій і кальцій) мають низький потенціал іонізації, що забезпечує легке збудження дуги і надійну підтримку її горіння.

Таким чином, за першу чверть XX століття були розроблені конструкції електродів, які плавляться, методи їх виготовлення, попередньо обґрунтовано склад покриттів.

Подальші дослідження в області розробки та виробництва зварювальних електродів були сконцентровані на оптимізації складу покриттів та пошуку нових способів виготовлення електродів і обладнання, як на дослідному лабораторному рівні так і в промислових масштабах.

В історичному плані цей період в дуже обмеженому обсязі можна характеризувати наступним.

До теперішнього часу конструкція електродів масового виробництва, в основному, практично не зазнала змін (рис.1.2)



1 - стержень; 2 - ділянка переходу; 3 - покриття (обмазка); 4 - контактний край без покриття

Рисунок 1.2 - Схема покритого електрода

Обмазка, або покриття електрода, являє собою шар суміші певної товщини з неметалевих і металевих компонентів, нанесений і закріплений на поверхні електрода. Обмазки застосовуються двох родів: тонкі або стабілізуючі (іонізуючі), і товсті або якісні.

Стабілізуючі обмазки покривають електрод тонким шаром (за

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

вагою не більше 10 % від ваги електрода) і призначені в основному для полегшення процесу дугового зварювання шляхом іонізації дугового проміжку. Звичайною стабілізуючою обмазкою є покриття з крейди (вуглекислого кальцію), розведеного в рідкому склі. Стабілізуючі обмазки не впливають на металургійні процеси при зварюванні і не становлять серйозного захисту металу від шкідливого впливу повітря, але все ж дають більш щільний метал з більш постійними механічними характеристиками шва, хоча і поступаються основного металу.

Якісні обмазки служать для регулювання металургійних процесів при зварюванні, а також для поліпшення якостей наплавленого металу. Ці обмазки покривають електродний дріт шаром 1-1,5 мм і складають приблизно 20-30 % від ваги електрода.

Таким чином, звичайний (штучний) електрод для ручного зварювання або наплавлення дозволяє створити захисне середовище без залучення додаткових коштів, а необхідні гази виділяються при випаровуванні зовнішнього покриття електрода.

Склад якісних обмазок досить складний і містить наступні основні компоненти:

– що утворюють шлак (марганцева руда, титановий концентрат, польовий шпат і ін.), і захищають рідкий метал від контакту з повітрям і від впливу кисню та азоту;

– що утворюють газ (крохмаль, торф, органічні елементи та ін.) –і захищають розплавлений метал від впливу кисню та азоту;

– що розкислюють (феромарганець і ін.) вони мають велику спорідненість з киснем, пов'язують його і рафінують наплавлений метал;

– легуючі (графіт, різні феросплави) - входять в метал у виді компонентів, що поліпшують його основні властивості;

– стабілізуючі (крейда, тощо) - іонізують дуговий проміжок;

– сталеві порошки - підвищують продуктивність зварювання, дають економію феросплавів і електродного дроту, покращують стабільність дуги.

Відповідно до ГОСТ електроди підрозділяються:

за видами покриття:

з кислим покриттям - А;

з основним покриттям - Б;

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

з целюлозним покриттям - Ц;

з рутиловим покриттям - Р;

з покриттям змішаного виду - відповідне подвійне умовне позначення;

з іншими видами покриттів - П.

По товщині:

з тонким покриттям (1,20) - М;

із середнім покриттям (1,20 < 1,45) - С;

з товстим покриттям (1,45 < 1,80) - Д;

з особливо товстим покриттям (> 1,80) - Г.

По допустимим просторовим положенням зварювання або наплавлення:

для всіх положень - 1;

для всіх положень, окрім вертикального зверху вниз - 2;

для нижнього, горизонтального на вертикальній площині і вертикального знизу вгору - 3;

для нижнього і нижнього «в човник» - 4.

Одним з недоліків електродів традиційної конструкції, тобто з одношаровим покриттям є старіння і розтріскування покриття. Особливо це відноситься до електродів з великою кількістю в покритті легуючих компонентів, і відповідно, меншим вмістом речовин, які роблять покриття більш пластичним. Крім того, вони характеризуються порівняно низьким коефіцієнтом переходу легуючих елементів в наплавлений метал. Виникають також проблеми і при виготовленні таких електродів методом опресування. У зв'язку з цим останнім часом на ринку зварювальних матеріалів пропонуються електроди з подвійним покриттям. Наприклад, електрод Unitor SPECIAL-303N з подвійним покриттям: основним і рутиловим (рис. 1.3). Компоненти покриття дають комбінацію зварювальних властивостей рутилового електрода і відмінних механічних властивостей електрода з основним покриттям. Це забезпечує високі властивості для зварювання в будь-яких положеннях. На думку розробників, електрод ідеальний для виконання якісних робіт навіть не зварювальником.

Можливе також комбінація покриття, яке забезпечує легування і покриття стійкого до розтріскування при виготовленні та зберіганні і забезпечує додатковий надійніший захист від вигорання легуючих елементів.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

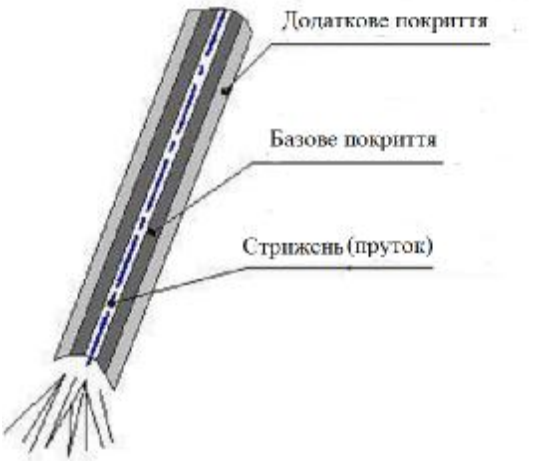


Рисунок 1.3 - Схема електрода з подвійним покриттям

2 МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДІВ

2.1 Стальний зварювальний дріт

Основу електрода становить металевий стержень (пруток), який виготовляють, головним чином, із сталевого зварювального дроту, спеціально призначеного для виробництва електродів. Такий дріт випускають за ГОСТ 2246-70 «Дріт сталевий зварювальний». Він холоднотягнутий і виготовляється з низьковуглецевих, легованих і високолегованих сталей. В електродному виробництві застосовують десятки марок дротів. В умовному позначенні кожної марки дроту входить індекс Св або Нп (зварювальний або наплавочний).

Переважна більшість електродів, що випускаються, виготовляють з низьковуглецевого дроту марок Св-08 і Св-08А діаметром 2,0-8,0 мм. Крім норм за хімічним складом до зварювального дроту, що йде на виготовлення електродів, висуваються вимоги щодо:

- точності діаметру;
- тимчасового опору розриву;

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- стану поверхні.

Допустимі відхилення діаметра повинні відповідати наступним нормам (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Допустимі відхилення діаметра дроту

номінальний діаметр дроту, мм	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
граничні відхилення, мм	0,06	0,09	0,09	0,12	0,12	0,12	0,12

Для високолегованого дроту з травленою поверхнею допускається збільшення розмірів допусків на 50 %. Овальність дроту не повинна перевищувати половини граничного відхилення по діаметру.

Застосування дроту з негативними відхиленнями по діаметру є одним з факторів, що забезпечують її безперешкодне проходження за технологічним циклом виготовлення електродів.

Використання дроту з неприпустимо великими мінусовими допусками по діаметру може привести до її відхилення або викривлення в напрямних втулках при опресуванні, наслідком чого з'явиться ексцентричність покриття, а також до зміни коефіцієнта маси покриття і, як наслідок, властивостей електродів. Стовщений дріт може застрягти в напрямних втулках.

Дріт поставляють в мотках, або на котушках. Можлива поставка дроту в мотках підвищеної маси або на великогабаритних котушках.

Таблиця 2.2 - Розміри і маса мотків дроту

Діаметр дроту, мм	Внутрішній діаметр мотка, мм	Маса мотка дроту зі сталі, кг		
		вуглецевої	легованої	високолегованої
		не менш		
2,0	300-600	30	20	15
2,5-3,0	400-600	40	30	20
4,0-8,0	500-750	40	30	20

Маса дроту на великовантажних мотках становить 800-1100 кг.

Дріт в мотках або на котушках повинен складатися з одного відрізка, згорнутого, з не переплутаними рядами. Моток має бути щільно зв'язаний, щоб виключити його розмотування. Для цього моток перев'язують м'яким дротом не менше, ніж в трьох місцях, рівномірно по колу, кінці дроту повинні легко знаходитись. Окремі шматки однорідного дроту можуть бути з'єднані контактним стиковим зварюванням.

Механічні властивості легованого і високолегованого дроту

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

задають нормами за тимчасовим опором розриву:

– для діаметра 2,0 мм: 690– 980 МПа,
– для великих діаметрів: 640–930 МПа.

При цьому коливання по тимчасовому опору розриву в одному мотку не повинні перевищувати 100 МПа. Це необхідно для забезпечення нормального процесу рубки дроту на стержні. Слід враховувати, що високолегований дріт під час волочіння сильно наклепується і має велику твердість, що ускладнює її подальшу правку. Додаткова термообробка для зменшення жорсткості дроту не завжди можлива. Тому для ряду марок дроту допускається певне підвищення граничного значення тимчасового опору розриву відносно рівня, вказаного в сертифікаті. Дріт без сертифікатів або бирок у виробництво не допускається.

Зварювальний дріт поставляють в спеціальній упаковці або без неї. Зберігати дріт необхідно в сухих закритих приміщеннях, що захищають його від впливу атмосферних опадів і ґрунтової вологи, тобто в умовах, що оберігають дріт від ржавіння, забруднення і механічних пошкоджень. Вимоги до зберігання високолегованого дроту менш жорсткі в зв'язку з його стійкістю проти атмосферної корозії.

Дріт складують окремо по партіях і за номерами плавок в умовах, що виключають його переплутування. Зазвичай, коли надходять нові партії дротів, відділ технічного контролю задає заводський порядковий номер, що наноситься на спеціальні бирки, з якими дріт проходить через всі стадії технологічного процесу виготовлення електродів.

Дріт, який надійшов, підлягає прийманню і контрольній перевірці. При прийманні дріт (всі мотки) піддають зовнішньому огляду і обміру. Якість упаковки, намотування, стану поверхні дроту контролюють візуально. Діаметр дроту вимірюють мікрометром з точністю до 0,01 мм в двох взаємно перпендикулярних напрямках, вимірюють в кожному перетині не менше ніж у двох місцях, відстань між якими має бути більш 5 м.

Контрольний хімічний аналіз дроту проводять при необхідності, для чого від кожної партії відбирають не менше двох мотків. Зразки для аналізу повинні бути взяті з двох ділянок кожного контрольованого мотка, або з двох ділянок кожної контрольованої

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

котушки на відстані не менше 5 м один від одного.

Поверхня дроту повинна бути чистою і гладкою без тріщин, розшарувань, раковин, окалини, іржі, масла та інших поверхневих дефектів і забруднень. Допускаються риски, подряпини, місцева рябизна і окремі вм'ятини, причому глибина зазначених дефектів не повинна перевищувати граничного відхилення по діаметру дроту.

На поверхні низьковуглецевого і легованого дроту не допускається наявність технологічних мастил, за винятком слідів мильного змащення без графіту і сірки. Поверхня високолегованого дроту має бути світлою, світло-матовою або сірою, чистою, без будь-яких слідів мастила. Такий стан поверхні дроту досягають травленням і відбілюванням або термічною обробкою, в інертному атмосфері.

Виробникам електродів дріт поставляють партіями; кожна партія складається з дроту однієї марки, однієї плавки, одного діаметра. Кожну партію супроводжує сертифікат, що засвідчує відповідність дроту нормам. У ньому вказують: найменування або товарний знак (умовне графічне зображення) підприємства-виготовлювача, умовне позначення дроту, номер плавки і партії, хімічний склад металу, результати випробувань дроту на розтягнення, його масу. На кожному мотку, (бухті, котушці) дроту має бути прикріплена металева бирка, на якій вказують перші три позиції з даних сертифіката.

При випробуванні дроту на розтягнення для визначення тимчасового опору розриву від партії дроту відбирається не менше трьох мотків. З двох ділянок на відстані не менше 5 м один від одного відбирають зразки довжиною понад 150 мм. При проведенні випробувань на розтяг відстань між захватами машини повинно бути не менше 100 мм .

Дроти з кольорових металів і сплавів в електродному виробництві використовують в невеликих обсягах для зварювання та наплавлення алюмінію і його сплавів, нікелю, міді, бронзи, чавуну.

В електродах для зварювання міді використовують дріт з технічної міді марки Ml, хімічний склад якої визначений ДСТУ ГОСТ 859:2003: Cu > 99,9 %. Стан поставки дроту унормовано ТУ 16-705.492-2005, яким передбачена марка МТ (мідь тверда). Тільки такий дріт має достатню твердість при переробці на прутки. Для виготовлення електродів застосовують дріт діаметром 3…6 мм.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2.2 Загальні відомості про компоненти електродного покриття

Сучасні електродні покриття є складними багатокомпонентними системами. Матеріали, які входять до них виконують різноманітні металургійні та технологічні функції. Тільки раціональне поєднання функцій, які виконуються в одному електроді різними компонентами покриття, дозволяє забезпечити задані властивості, як наплавленого металу, так і, власне, електродів. Часто одні і ті ж компоненти одночасно виконують кілька функцій. Тому прийнятий їх розподіл за призначенням: на ті, що утворюють шлак чи газ, легуючі, розкислювачі, пластифікатори, стабілізатори, в певній мірі, є умовним. Як матеріали електродних покриттів застосовують порошки різних речовин: мінералів, руд і концентратів, феросплавів і лігатур, чистих металів, хімікатів, силікатів та ін.

Відомості про основні компоненти електродних покриттів наведені в табл. 2.3 та 2.4. В табл. 2.3 - найменування компонента за технічною документацією, його функції в покритті, хімічна формула матеріалу, основних його складових, нормативні документи на поставку. Необхідно звернути увагу, що в найменуванні ряду матеріалів прямо вказано їх призначення для електродного виробництва, що пов'язано з необхідністю використання тільки чистих, по шкідливим для металу зварних швів, домішкам матеріалів. Це іноді досягається спеціальною обробкою на місці видобутку. Слід врахувати, що на зварювально-технологічні властивості електродів може вплинути мінералогічне походження матеріалу. Тому до питання про заміну того чи іншого матеріалу близьким за складом, потрібно підходити дуже обережно.

Таблиця 2.3 – Основні компоненти електродних покриттів

Найменування компонента	ГОСТ ДСТУ (ТУ) на поставку	Основні марки, класи	Вміст основних складових, (%) або хімічна формула	Основні функції в покритті *
1	2	3	4	5
Нерудні матеріали				

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Мармур для зварювальних матеріалів	4416–94	М–97П, М–97Б, М–92П, М–92Б	$CaCO_3$ – 97 $CaCO_3$ – 92	Ш, Г, С,
Концентрат плавиково–шпатовий матер. (флюорит) Крейда для електродного покриття	4421–73 4415–75	ФФБ-95, ФФБ-97А, ФКС-95Б –	CaF_2 – 92 SiO_2 – 3 CaCOз > 96	Ш, Г Ш, Г, С
Крейда хімічно осаджена	8253–79	–	CaCOз > 97	
Доломіт	ТУ 14–8–232–77	ДК–1 ДК–2	MgO> 19, CaO <33	Ш, Г
Магнезит сірий	ТУ 14–8–64–73	СМ–1, СМ–2	MgO > 45	Ш, Г
Шпат польовий для електродних покриттів	4422–73	ПШК, ПШМ	SiO_2 < 70	
Пісок кварцовий для зварювальних матеріалів	4417–75	–	SiO_2 > 97	Ш, С
Слюда мусковіт молотий електродний	14327–82	–	SiO_2 44–50 $A1_2O_3$ + Fe_2O_3 32-40	Ш, С, П
Концентрат слюдяний	ТУ 48–4–171–75	–	SiO_2 44–50 $A1_2O_3$ 30–40; Fe_2O_3 <4; K_2O >8	Ш, С, П
Тальк мелений	21234–75	ТМК-28	MgO > 28	Ш, П
Глинозем	30558-98 30559-98	Г–00, Г–0	$A1_2O_3$ > 98	Ш
Графіт–кристалічної	5279–74	ГОЛ–2, ГЛ–3		Л, С

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

сітки				
Руди та концентрати				
Гематит	ТУ 14-9-52-73	кл. 10	Fe > 60 (Fe_2O_3 > 92)	Ш, С
Концентрат рутиловий	22938–78		TiO_2 > 94 Fe_2O_3<3	Ш
Метали, феросплави, сплави				
Феротитан	4761:2009	Фти 25А Фти 30А	Ti > 25, Al < 8, Si < 5 Ti > 30, Al < 8, Si < 5	Р
Феромарганець	3547-97	ФМн 1,0 ФМн 1,5	Mn > 80 C <1 Mn> 80 C <1,5	Р, Л
Феросиліцій	4127:2002	ФС 45	Si 41 – 47	Р, Л
Ферохром	4757:2009	ФГ 800А ФХН 600А	Cr > 66, C < 9 Cr > 60, C > 6	Р, Л
Феромолібден	4761:2009	ФМО 55А	Mo > 55	Л
Фероніобій	16773:2004	ФНП, ФН1, ФН2	Nb + Ta 55–70 Al < 6, Ti < 3	Л, Р
Феровнадій	ТУ 14–5–98–78	ФВ 35А, ФВ 35В	V > 38 Mn, Si 2	Л
Феробор	14848–69	ФБ –1	B > 17, Si < 3, Al < 5	Л
Марганець металевий	6008–90	МРО МР1	Mn > 99,7 Mn > 96,5	Л, Р
Хром металевий	5905:2005	Х98,5	Cr > 98,5	Л
Порошок молібденовий	ТУ 48–19–316–80	–	Mo > 99,5	
Порошок вольфрамовий	ТУ 48–19–101–78	ПВ–О ПВЗК	W > 99,4 W > 99,6	Л
Порошок нікелевий	9722–97	ПНКОТ2	Ni > 99,9	Л

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Порошок титановий	ТУ 14–1–3086–80	ПТС	Ti > 98,98	Л
Порошок залізний	9849–86	ПЖ2СЗ ПЖЗСЗ	Fe > 98,8 Fe > 98,5	С і для підвищення продуктивності
Порошок мідний	4960–75	ПМС–1 ПМС–2	Cu > 99,5	Л
Реліт	ТУ 48–19–279–77	Зерно «З»	W 95,5–96; C 3,7–4,0	Л
Карбід хрому	ТУ 48–19-144–75	–	Cr 86–88; C 12–14	Л
Двооксид титану	ТУ 6-10-1368-78	ТЕ	$TiO_{2>}$ 98,0	Ш
Калій вуглекислий (поташ)	10690–73	Технічний півтора водний	K_2CO_3 1,5 H_2O	С, П
Сода кальцинована	5100–85	–	N_2CO_3> 99,2	

* Ш - шлакоутворюючі; Г - газоутворюючі, С – стабілізуючі; П – пластифікатор; Л – легуючі; Р – розкислюючи;

У табл. 2.4 наведені основні фізичні характеристики компонентів електродних покриттів, що визначають їх технологічність при переробці та зберіганні.

Таблиця 2.4 – Основні фізичні характеристики* компонентів

Найменування матеріалу	Щільність, г/см^3	Насипна маса, г/см^3	З	СП	ГС	А	Твердість за Моосом	КПУ, град	ЗЗ
Алюмінієвий порошок	2,7	1,2	Є	С	Н	Н	—	24	Є
азбест	2,2	0,45	Є	П	Н	Н	2—3	36	Є
Бентоніт	2,0	1,1		П	Н	Н	1,5-2,5	40	Є
гематит	5,1	3,0	Є	П	Н	Є	5,5-6,5	30	Є
глинозем	3,9	1,1	Є	П	Н	Н	—	—	Є
графіт	2,2	1,3	Є	П	Н	Н	1—2	32	Є

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

двооксид титану	3,5	2,9	Н	С	Н	Є	6,0-6,5	—	Н
доломіт	2,9	1,7	Є	П	Н	Н	3,5-4,0	—	Є
Залізний порошок	7,8	1,9-3,0	Є	Г	Н	Є	4—6	29	Є
концентрат ільменіту	4,7	2,4	Н	Г	Н	Є	5—6	25	Н
вапняк	2,9	1,9	Є	П	Є	Н	3	30-45	Є
калію біхромат	—	1,6	—	—	—	—	—	—	Є
каолін	2,7	1,7	Є	П	Н	Н	1—2	25	Є
Кварцовий пісок	2,7	1,25	Н	Г	Н	Є	7	32	Н
Кріоліт	2,3-3,5	1,8	Є	П	Н	Н	2,5	46	Є
Карбоксиметил-целюлоза	0,9	0,6	Є	П	Є	Н	1	48	Є
магнезит	3,0	1,25	Є	С	Є	Н	4,0-4,5	34	Є
марганцева руда	4,9	1,6-2,5	Є	П	Н	Н	2,0-2,5	32	Є
Марганець металевий	7,4	1,7-2,5	Н	С	Н	Є	6,0-6,5	30	Н
Крейда	2,6	1,2-2,5	Є	П	Н	Н	1	—	Є
молібден металевий	4,8	3,5	Н	Г	Н	Є	—	—	Н
мармур	2,7	1,5	Є	П	Н	Н	3,5-4,0	43	Є
нікель електролітичний		3,2	Н	Г	Н	Є	5,0-5,5	—	Н
Плавиково-шпатовий концентрат	3,1	1,6	Є	П	Н	Н	4	48	Є
Польовий шпат	2,6	1,4	Є	С	Н	Є	5,5-6,5	30	Є
поташ	2,4	1,1	Є	П	Є	Н	—	—	—
рутиловий концентрат	4,2	3,0	Н	Г	Н	Є	6,5	21	Н
селітра калієва		1,1	Є	П	—	—	—	—	Є
силікат натрію	1,9	1,3	Є	П	Н	Н	—	33	Є
силікат калія	1,9	1,2	Є	П	Є	Є	—	33	Є
Силікат калієво- натрієвий		1,2	Є	С	—	—	—	42	Є
Слюда	2,8	0,7	Н	С	Н	Н	2,0-2,5	29	Н
Сода кальцинована	1,5	0,8	Є	П	Є	Н	—	31	Є
тальк	2,7	0,9	Є	П	Н	Н	1	36	Є
ферованадій		3,9	—	—	—	—	—	—	Н
феромарганець		3,8	Н	Г	—	—	3,5-4,2	29	Н
Феромолібден		4,2	—	—	—	—	—	—	Н
феротитан	6,9	2,8-5,7	Н	С	—	—	—	27	Н
феросиліцій	5,0	2,8	Н	С	—	—	2,5-3,0	35	Є
Фероніобій		4,0	—	—	—	—	—	—	Н

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ферохром		4,0	—	—	—	—	—	—	Н
Хром металевий	7,1	3,4	Н	С	—	—	—	27	Н
целюлоза електродна		0,35	Є	П			—	46	Є

* СП - сипучість З – злежуваність; ГС - гігроскопічність А – абразивність; КПУ - кут природного укосу; ЗЗ - здатність до звідоутворення; П – погана; С – середня; Н – немає; Г - гарна

2.3 Складування та зберігання матеріалів покриттів

Всі компоненти, що надходять на завод–виготовлювач електродів, в обов'язковому порядку повинні мати сертифікат. У виняткових випадках застосування компонента без сертифіката дозволяється тільки після спеціального контролю, який засвідчує його відповідність вимогам технічної документації.

Компоненти розвантажують в спеціально відведені місця окремо по партіях або за номерами плавок. Не допускається змішування однозмінних компонентів різних партій поставки або плавок.

Кускові рудо-мінеральні компоненти, феросплави і метали, що поставляються в металевих барабанах (ферованадій, феромолібден, фероніобій, марганець металевий, хром металевий і др.), можна зберігати як на закритих складах, так і під навісом. Сипучі компоненти, що надходять навалом (феромарганець, феросиліцій, ферохром, гематит, кварцовий пісок, магнезит, рутиловий концентрат і ін.), раціонально складувати в окремих бункерах, контейнерах або в спеціальних відсіках. Феробор та інші сплави бору складують окремо, на віддалі від інших феросплавів. Мармур у виді блоків або щебінки зберігають на окремих майданчиках. Порошкові компоненти, що надходять в паперових мішках або в металевих банках (порошки алюмінію, заліза, нікелю; глинозем, двоокис титану та ін.), зберігають обов'язково в критих сухих приміщеннях. Алюмінієвий і титановий порошки зберігають окремо в умовах, що виключають можливість їх загоряння. Натрієву силікатну брилу можна зберігати під навісом на чистому бетонному майданчику, а калієву і змішані (калієво-натрієву або натрієво-калієву) брили - тільки в сухому закритому приміщенні,

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

щоб уникнути злежування.

Усі компоненти проходять обов'язковий вхідний контроль. Еталонний вхідний контроль - візуальна перевірка відповідності нового надходження, з матеріалом з перевіреними властивостями, який служить еталоном. Проводять також контрольний хімічний аналіз ряду компонентів на елементи і з'єднання.

За відповідності компонентів встановленим нормам їм присвоюється черговий заводський номер, з яким вони надходять на подальші операції. За результатами хімічного аналізу судять також про необхідність внесення корегувань до складу покриття.

Матеріали, що не відповідають вимогам, які пред'являються, бракують; їх поміщають в брак–ізолятор.

2.4 Переробка зварювального дроту. Виготовлення електродних стержнів

Забезпечення якості електродів починається з застосування матеріалів, що повністю відповідають вимогам відповідних ДСТУ, ГОСТів та ТУ. Тому в відділення правки і рубки з заводського складу повинен надходити дріт:

– після перевірки контролером ОТК його відповідності номеру заводської партії;

– при наявності на кожному мотку або котушці бирки із зазначенням марки та плавки дроту;

– після зважування дроту і реєстрації його в спеціальному журналі.

Забороняється подавати на один верстат дріт різних марок.

Основними операціями при виготовленні прутків є правка, рубка на мірну довжину дроту, що надходить в мотках (бухтах) і на котушках. Дріт поставляється після холодного волочіння.

У верстатах будь-якої конструкції дріт правиться спеціальними сухарями, які обертаються з великою швидкістю в правильному барабані (рис. 2.1), або в правильній рамці.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

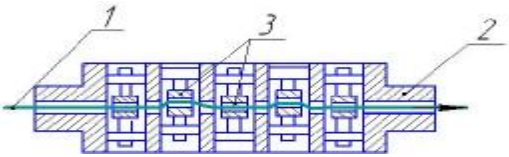


Рисунок 2.1 – Схема правильного барабану

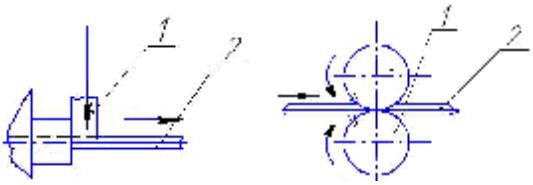
Під час проходження дроту 1 через барабан 2 він отримує багаторазовий і рівномірний вигин в різні боки. Регулюванням величини зміщення сухарів 3 забезпечують випрямлення дроту. Величина зміщення сухарів залежить від тимчасового опору розриву (міцності) дроту, його діаметра, числа обертів правильного барабана, числа сухарів і швидкості проходження дроту через барабан. Через правильний барабан дріт зазвичай тягнеться однією парою роликів.

Важливою характеристикою верстатів є довжина протягування дроту h, яка припадає на один оборот правильного барабана. Допустима величина h залежить від числа правильних сухарів і діаметра дроту. При п'яти сухарях і діаметрі дроту 2-2,5 мм значення h не повинно перевищувати приблизно 6-8 мм. При рубці дроту діаметром 4 мм і більше h може бути збільшена приблизно до 12-15 мм. При більш високих значеннях h на стержнях може з'явитися неприпустимо велика хвилястість.

Всі правильно-відрізні автомати при однаковому принципі виправлення дроту відрізняються головним чином конструкцією механізму, який рубає дріт і кінематичною схемою взаємодії вузлів подачі і рубки дроту. У верстатах, що працюють «до упору», дріт відрізається при зупинці його подачі внаслідок проковзування (пробуксовки), розжиму або зупинки тягнучих роликів. Вузол, що рубає, оснащений гільйотинним ножем, може працювати і незалежно від вузла подачі дроту. При такій схемі рубки забезпечується висока якість відрізу і мінімальне відхилення по довжині прутків.

У верстатах з ковзаючими ножами (рис. 2.2), які рухаються разом з дротом, дріт 2 відрізається гільйотинних ножем 1. Рівномірність довжини прутків забезпечується регулюванням тягнучих роликів. За звичай верстати, що працюють «до упору», і верстати з ковзаючими ножами допускають регулювання довжини прутків в широкому діапазоні.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



а б

а - гільйотинними ножами; б - «летючими» ножами

Рисунок 2.2 – Схема рубки

Менш досконала конструкція правильно-відрізних автоматів з рубкою дроту 2 «летючими» ножами 1 без зупинки її подачі (рис. 2.2б, табл. 2.4). При такій схемі складно забезпечити необхідну якість різу, відсутність задирок і відхилень по довжині прутків.

Таблиця 2.4 – Характеристика верстатів з летючими ножами

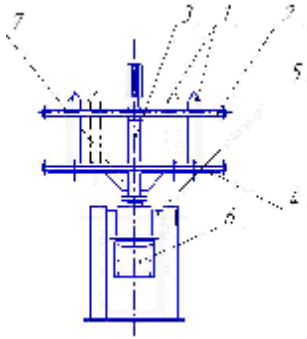
Значення показників для моделей верстатів	Характеристики			
	ПОС-1	ОСЗ-МД	ОСЗ	ІВ-3213
Діаметр дроту, мм	3–6	2–3	4–6	2–6
Довжина стержня, мм	225;450	225; 450	450	450
Продуктивність, м/хв	58–100	56	81	58–100
Частота обертово-правильного барабану, хв$^{-1}$	4680	4800	5000	4700
Потужність двох електродвигунів, кВт	8,5	1,6	6,2	9,0

Пристосуваннями до правильно-відрізних автоматів є розмотувальні пристрої. При рубці дроту, що надходить в мотках (бухтах), для безперервного розмотування дроту в процесі рубки застосовується мотовило. Конструкція мотовила залежить від маси мотка. На рис. 2.3 зображена схема конструкції мотовила для бухт дроту масою до 100 кг . Розмотування відбувається за рахунок зусилля одних роликів, які тягнуть і допоміжних роликів верстата.

При рубці дроту з котушок зазвичай застосовуються розмотувальні центри, в які встановлюється котушка. На рис. 2.4 приведена схема пристрою розмотувальних центрів. Мотовила і розмотувальні центри обладнані гальмами, які забезпечують зупинку обертання бухти чи котушки при зупинці руху дроту.

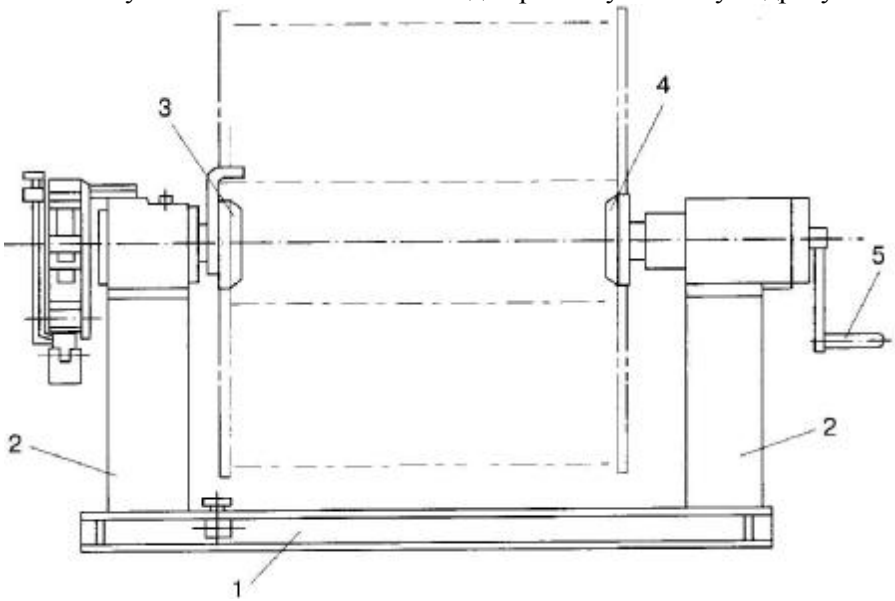
Зазвичай, рубані стержні надходять в приймач, обладнаний пристосуванням для періодичного скидання прутків в контейнер.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



1– розсувні упори по внутрішньому діаметру мотка; 2 – знімна кришка; 3 – вертикальна вісь мотовила; 4 – диск для укладання мотка; 5 – вісь нахилу мотовила; 6 – противага; 7 – підшипник, що забезпечує обертання диску

Рисунок 2.3 – Схема мотовила для розмотування бухт дроту



1 – металева рама; 2 – стійки; 3 – стаціонарний конус, що обертається; 4 – рухливий конус; 5 – рукоятка для затиску котушки в центрах транспортера

Рисунок 2.4 – Схема розмотувальних центрів

Правильно-відрізні автомати високої продуктивності з видачею до 450 прутків в хвилину обладнані додатковим прийомним транспортером, який приймає прутки і передає їх до приймальника-укладальника. Звідти прутки періодично скидаються на транспортер,

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

що веде до пруткового живильника електродообмазувального преса, якщо обладнання встановлено в лінію, або в контейнер рубаних стержнів.

2.5 Вимоги до готових стержнів та причини відхилення від норм

Готові стержні повинні відповідати наступним вимогам:

— граничні відхилення довжини стержнів відповідають стандартизованим і не перевищують 3,0 мм для електродів першої групи і 2,0 мм при виготовленні електродів другої і третьої груп;

— стріла прогину відповідає вимогам, наведеним в таблиці 2.5;

— величина задирок і хвилястість стержнів повинні забезпечити можливість їх вільного проходження через контрольні втулки довжиною 60 мм, діаметри яких вказані в таблиці 2.6;

— кут зрізу дроту по відношенню до осі стержня для всіх діаметрів знаходиться в межах 72-90° (контролюється шаблоном).

Таблиця 2.5 Стріла прогину в залежності від довжина стержня

довжина стержня, мм	250-300	320-350	360-400	410-450
допустима стріла прогину, мм не більше	0,5	0,6	0,7	0,8

Таблиця 2.6. Внутрішній діаметр контрольної втулки в залежності від довжина стержня

Діаметр стержня, мм	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	8,0
Внутрішній діаметр контрольної втулки, мм	2,05	2,55	3,1	4,1	5,1	8,15

Контролер ОТК і рубач дроту протягом зміни зобов'язані періодично контролювати якість нарізаних стержнів.

У кожен контейнер з нарубаним дротом вкладається супровідна бирка із зазначенням марки та діаметра дроту, номера партії, прізвища того, хто рубав дріт і дати рубки.

На практиці можливі відхилення від встановлених вимог до якості стержнів. Протягом зміни робітник-рубач зобов'язаний постійно контролювати, за допомогою шаблонів, встановлені норми якості стержнів і усувати, у міру необхідності причини відхилень. Слід пам'ятати, що дефекти стержнів можуть стати причиною неминучого браку на наступних стадіях виготовлення електродів.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Основні відхилення від норм якості стержнів і їх причини:

— **розкид по довжині стержнів -** гальмування витка дроту при сході з розмотувального пристрою, в підвідних втулках і правильних сухарях. Слабкий притиск роликів. Знос роликів, мастило на роликах або дроті;

— **прогин** – сильний притиск роликів. Надмірна пружність дроту. Неправильне регулювання сухарів правильного барабана (дріт повинен бути вигнутий по плавній кривій);

— **хвилястість** – мале число обертів правильного барабана. Помилки в установці правильних сухарів. Погана обробка сухарів (їх внутрішня поверхня має бути прошліфована);

— **задирки, вигин кінця, косий зріз** – неправильне встановлення та заточка ножів. Підвищений зазор в отворі круглого ножа. Збільшена відстань між ножами. Тупі ножі.

2.6 Переробка компонентів електродних покриттів

Різноманіття матеріалів, що застосовуються для виготовлення електродів, дуже широке. Сюди входять різні руди, метали, феросплави, нерудні матеріали, розчинні силікати, органічні речовини, хімікати та ін. (табл. 2.3 і 2.4). Цілком очевидно, що в зв'язку з різницею фізичних властивостей і особливостей технології виробництва цих матеріалів, умови їх поставки і переробки різні. Деякі матеріали надходять на підприємства у виді порошків, готових до застосування, деякі - надходять навалом у виді великих або дрібних шматків (кусків), часто забруднених сторонніми домішками. У зв'язку з цим перед їх подрібненням і класифікацією (просівання) вони потребують попередньої мийки і сушки. Компоненти переробляються, як правило, в дробильно-розмельних відділеннях електродних цехів (рис. 2.6).

Якість електродів визначається не тільки маркою сталі стержня і рецептурою покриття. Вона у великій мірі залежить від правильної підготовки порошків компонентів, що входять до складу покриття. Рівномірне витікання обмазувальної маси з головки електродообмазувального преса, її рівномірне розташування на

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

стержнях електродів забезпечується раціональним підбором гранулометричного складу (розміру часток). компонентів сухої шихти, їх низькою вологістю, а також малою хімічної активністю ряду феросплавів і металів, що входять в покриття.

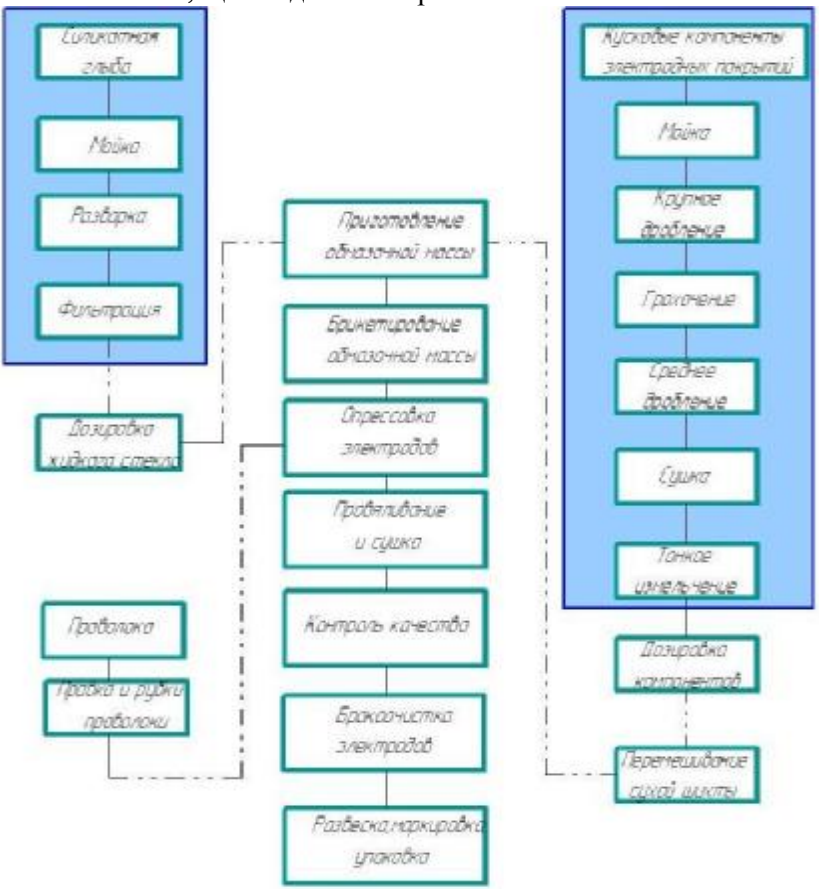


Рисунок 2.5 – Приблизна схема переробки основних матеріалів покриття електродів загального і спеціального призначення

Металургійні процеси, які протікають при плавленні електродів, забезпечують необхідний хімічний склад і механічні властивості наплавленого металу тільки при відсутності засмічення одних компонентів іншими, при дотриманні вимог до гранулометричного складу феросплавів і порошків металів. Тому очевидно, що якість

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

електродів закладається в дробильно-розмельному відділенні електродного виробництва. Порушення вимог технології підготовки сухих порошків неможливо виправити на наступних етапах виготовлення електродів.

Слід мати на увазі, що в залежності від конкретних умов поставки, відпадає необхідність у виконанні тих чи інших операцій з переробки матеріалів, зазначених на схемі. Наприклад, якщо мармур поставляється у виді забрудненої крихти (щебінки) його переробка повинна починатися з мийки і сушки. Якщо ж мармур надходить у виді великих блоків масою в 2-3 т, то необхідність у цих операціях відпадає. Зате з'являється нова операція - дроблення блоку на великі шматки. Ця операція не включена до схеми, як нехарактерна для інших матеріалів. У деяких випадках можуть вводитися нові операції, наприклад ручне розбирання плавикового шпату, який зрідка надходить у виді шматків. У цьому випадку необхідна його подальша мийка і сушка.

2.6.1 Підготовчі операції

Розтарювання матеріалів. Багато матеріалів надходять на склад у великій тарі чи насипом. Розтарювання матеріалів є відповідальною операцією. При недбалому її виконанні можливі невиправдано високі втрати дорогих і дефіцитних матеріалів.Крім цього при розтарюванні феросплавів з'являється небезпека змішування їх окремих плавок, які істотно розрізняються змістом ведучого легуючого елемента, що може привести до непоправного браку електродної продукції.

При розтарюванні матеріалів необхідно дотримуватися таких умов:

– ємність для розтарювання повинна бути чистою, сухою, без щілин і отворів;

– якщо розтарювання проводиться на площадці, то вона також має бути чистою, рівною і сухою;

– слід розтарювати тільки матеріал однієї партії, а феросплави - однієї плавки.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2.7 Подрібнення матеріалів

Схема подрібнення матеріалів електродних покриттів з доведенням їх до необхідного гранулометричного складу визначається конкретними умовами даного електродного виробництва. Однак для всіх електродних виробництв, на яких подрібнюються кускові матеріали, основними і необхідними операціями є:

– крупне дроблення;
– середнє дроблення;
– тонке дроблення з подальшою класифікацією для відділення матеріалу необхідної грануляції.

2.7.1 Крупне і середнє дроблення

Крупне і середнє дроблення забрудненого кускового матеріалу (мармур, польовий шпат та ін.) доцільно проводити безпосередньо після промивання, так як у зволоженому матеріалі буде істотно менше пилу. В цьому випадку матеріал сушать перед тонким подрібненням. На деяких виробництвах в процесі великого дроблення проводять просівання матеріалу, під час якого відбирається дрібна фракція, придатна для тонкого подрібнення. У цьому випадку на середнє дроблення надходять тільки порівняно великі шматки, що забезпечує більш ефективне скорочення їх розмірів.

При вертикальній схемі розміщення обладнання матеріал безпосередньо після крупного проводиться середнє дроблення. Після цього доцільно провести просівання з метою затримки великих шматків, які потребують додаткового дроблення. Це забезпечує підвищену продуктивність обладнання для тонкого подрібнення.

Для крупного дроблення застосовуються щокові дробарки, які забезпечують поряд з продуктивністю, і високий ступінь скорочення в межах 5-6 (ступінь скорочення - це відношення розмірів шматка матеріалу до і після дроблення). Процес дроблення зводиться до роздавлювання шматків матеріалу між ребристими щоками, з яких одна робить коливальні рухи, забезпечуючи періодичне зближення і розбіжність щік, а друга - нерухома (рис. 2.6).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

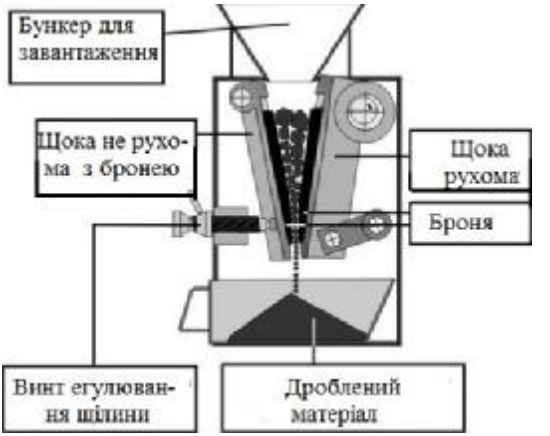
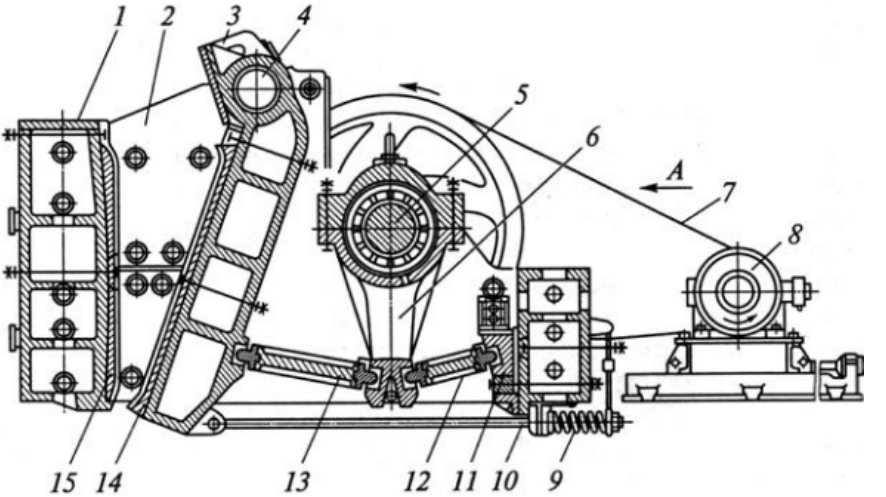


Рисунок 2.6 – Загальна схема вузла дроблення щокової дробарки

Типова конструкція щокової дробарки для крупного дроблення з простим рухом щоки показана на рис. 2.7.



1 – нерухома щока, 2 – бічна стінка робочої камери для кускового матеріалу, 3 - рухома щока, 4 – вісь, 5 – кривошипний вал, який передає щоці коливальні рухи, 6 - шатун, 7.-.приводний ремінь, 8 - електромотор зі шківом, 9 - натяжна пружина, 10 – тяга, 11 – тримач, 12 – корпус штовхача, 13 - штовхач, 14 – броня рухомої щоки, 15 - броня нерухомої щоки

Рисунок 2.7 – Конструкція щокової дробарки

Рухома щока, вісь якої встановлена в підшипниках ковзання,

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

закріплених на бічних стінках робочої камери, отримує коливальні рухи через штовхачі від шатуна, підвішеного на ексцентричній частині кривошипного валу, що приводиться в обертання від електродвигуна через клиноремінну передачу. Робочі поверхні щік футерують змінними бронями, що виготовляються із сталей типу 110Г13Л. Бічні стінки камери дроблення також облицьовані змінними плитами. Робочу поверхню дробильних плит, як правило, виготовляють з рифленою поверхнею (рис. 2.8) і рідше (для первинного дроблення) гладкою. Від поздовжнього профілю плит залежать умови захоплення кусків і гранулометричний склад матеріалу.-

Рисунок 2.8 – Робоча камера (камера дроблення) щокової дробарки з рифленими бронями

Розмір кусків матеріалу, які завантажуються в дробарку (табл. 2.5) залежить від її потужності і твердості матеріалу. Для феросплавів високої твердості розмір шматків не повинен перевищувати 140-160 мм. Феросплави з високою в'язкістю, такі як маловуглецевий ферохром або феровольфрам, слід дробити після гартування (нагрів до 850-900° С, витримка 30 хв, охолодження в холодній воді).

Матеріали необхідно дробити тільки після ретельного очищення дробарки, а також приймального устрою для дробленого матеріалу.

Альтернативним варіантом щоковим можуть бути конусні дробарки, які можна використовувати на всіх стадіях дроблення при переробці найрізноманітніших матеріалів, як по крупності дробленого матеріалу, так і за різноманітністю фізико-механічних властивостей. Робочими органами дробарки (рис. 2.9) є нерухомий усічений конус (виконує роль зовнішньої броні) і розташований всередині нього рухомий конус, що дробить, вісь якого відхилена на певний кут від осі нерухомого конуса. Рухомий конус здійснює щодо осі нерухомого

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

конуса обертальний рух. Камеру дроблення утворює обсяг між конічними поверхнями. При подачі в камеру матеріалу рухомий внутрішній конус обкатує куски матеріалу, здійснюючи їх роздавлювання і злам, оскільки зазор між поверхнями рухомого і нерухомого конусів постійно змінюється. Поперемінне зближення робочих поверхонь дозволяє розглянути конусну дробарку як аналог щокової.

Таблиця 2.5 – Основні технічні дані деяких щокових дробарок

Характеристики	Тип			
	СМ-11А	СМ-182А	СМ-7-ІІ	СМ-11Б
Розмір приймального отвору, мм: довжина ширина	 600 400	 400 250	 900. 400	 600 400
Найбільший розмір шматка, мм	400	250	340	570
Ширина вихідного отвору, мм	0-100	20-80	40-100	75-100
Продуктивність, т/год: по мармуру	 -	 -	 80	 8,5-22
по феросиліцію	5,0	-	-	-
металевого хрому	-	3,5	-	-

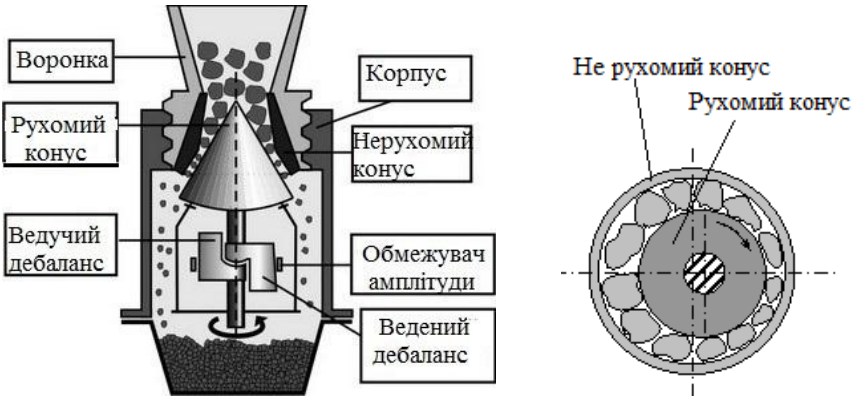


Рисунок 2.9 – Загальна схема вузла дроблення конусної дробарки (справа поперечний перетин).

За технологічним призначенням їх ділять на дробарки крупного,

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

середнього і дрібного дроблення, які забезпечують ступінь подрібнення 5 – 8, 8 - 20 і 20 - 50 разів відповідно.

Головним параметром дробарок є ширина приймального отвору (відстань між утворюючими бічних поверхонь конусів).Однією з проблем експлуатації дробарок є інтенсивне зношування робочих деталей, наприклад рухомого конуса (рис. 2.10).

Рисунок 2.10 – Зовнішній вид зношеного рухомого конуса

Типовим обладнанням для середнього дроблення кускових матеріалів є валкова дробарка з гладкими валками (рис. 2.11). Рідше для середнього дроблення застосовують щокові дробарки зі складним хитанням щоки, конусні або молоткові дробарки.

Валкові дробарки прості по конструкції, надійні в експлуатації і

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

мають високу продуктивність, забезпечуючи ступінь зменшення шматків до 4 разів для твердих матеріалів і до 8 разів для м'яких.

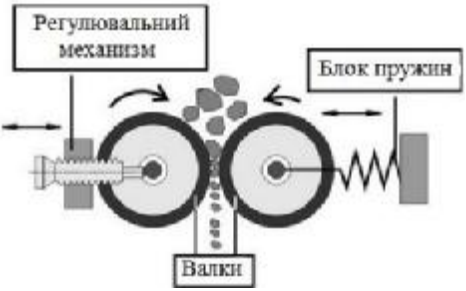


Рисунок 2.11 – Принципова схема двовалкової дробарки

Подрібнення матеріалу у валкових дробарках здійснюється між двома валками, які обертаються назустріч один одному, або між валком і корпусом (в одно-валкових дробарках). Матеріал у дробарках руйнується за рахунок роздавлювання, стирання, розривання або ударів. Відстань між валками визначається максимальним розміром матеріалу після дроблення.

Класифікують валкові дробарки за наступними ознаками:

— **по кількості валків**: одно-, двох- і чотирьох-валкові дробарки: в останньому випадку одна пара валків розміщується одна над другою. тобто дробарка може розглядатися як дві двох-валкові, змонтовані в одному корпусі;

— **за методом встановлення валків**: дробарки з однією парою рухомих і однією парою нерухомих підшипників: дробарки з рухомими корпусами підшипників;

— **за конструкцією валків**: дробарки з гладкими, ребристими, зубчатими й дірчастими валками;

— **за принципом дії**: валкові дробарки, які дроблять шляхом

— роздавлювання; дробарки, в яких матеріал подрібнюється роздавлюванням і одночасно стиранням.

На рис. 2.12 зображена конструкція валкової дробарки з гладкими валками, призначеної для дрібного дроблення глинистих пластичних матеріалів. Дробарка складається з двох гладких валків 1 і 2, змонтованих на чавунній станині 5. Лівий валок 1 насаджений на вал. закріплений у рухомих підшипниках кочення, корпуси яких мають можливість переміщуватись по направляючих перпендикулярно осі.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

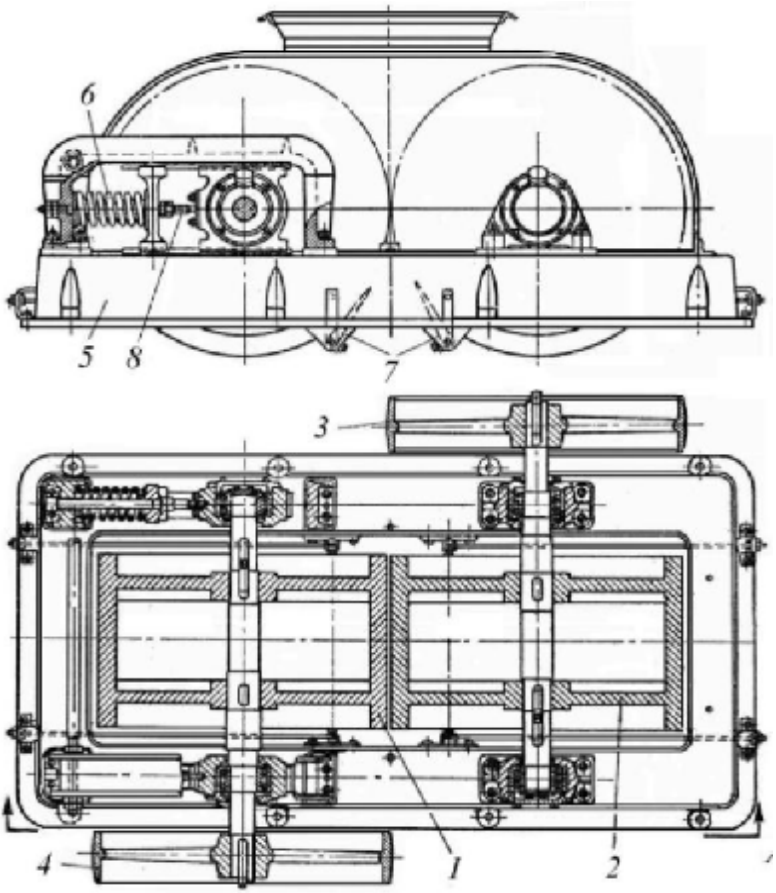


Рисунок 2.12 - Конструкція двовалкової дробарки

На рис. 2.13 показані сили, що діють на шматок, затиснутий, валками, які обертаються на зустріч один одному. Дотичні АС і АВ до кіл в точках контакту шматка з валками можна розглядати як сліди робочих поверхонь камер дроблення щокових і конусних дробарок. У той же час взаємодія між лівим валком, шматком і нерухомою поверхнею АС ілюструє робочий процес в бігунах, коли каток перекочується по піддону. З боку робочих органів машини на шматок матеріалу по нормалі до поверхонь, які контактують діють активні сили Q, рівнодіюча яких дорівнює $P = 2Q\sin(\alpha/2)$, де α - кут захоплення. Ця сила прагне витіснити шматок з камери дроблення.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

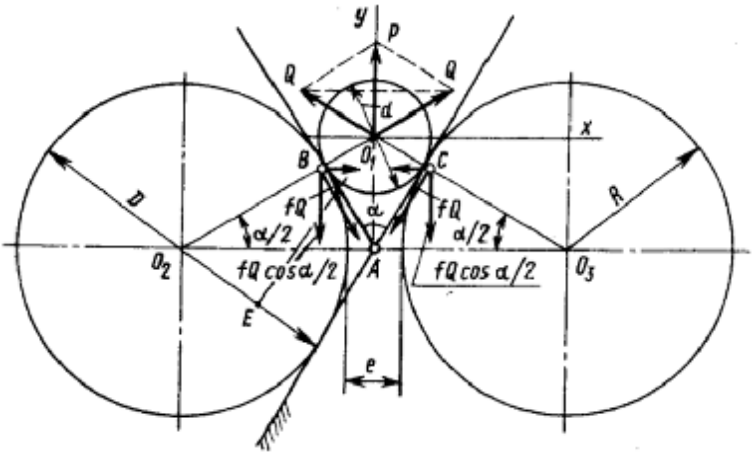


Рисунок 2.13 - Схема взаємодії куска матеріалу з валками для розрахунку кута захоплення

Сили тертя між робочими органами машин і шматком повинні утримувати його. Таким чином, гарантоване захоплення шматка буде забезпечено за умови, що сили тертя будуть більше сил які виштовхують, тобто при виконанні наступної нерівності:

$$P \le 2fQ\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad \text{или} \quad 2Q\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \le 2Qf\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right),$$

де 2fQcos - проекція сил тертя на вертикальну вісь. Звідки виходить, що $tg(\alpha/2) \le f$.

Визначивши коефіцієнт тертя між шматком і робочою поверхнею машин через кут тертя φ, тобто $f = tg(\varphi)$, отримаємо, що сумарний кут захоплення повинен бути менше подвійного кута тертя:

$$\alpha \le 2\varphi.$$

Отже, умова захоплення кусків і подальшого їх дроблення може бути виконана, коли кут захоплення дорівнює або менше подвійного кута тертя. Наприклад, при коефіцієнті тертя f = 0,32 кут тертя = $17^{o}40'$ і кут захоплення $\alpha < 35^{o}$.

У валкових дробарках доцільніше використовувати прямі співвідношення діаметрів D валків з максимально допустимим розміром шматка d.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

З трикутника O_2O_1A (рис. 2.9) випливає, що

$$\left(\frac{D}{2}+\frac{d}{2}\right)\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)=\frac{D}{2}+\frac{e}{2} \quad \text{или} \quad (D+d)\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)=D+e\,,$$

звідки

$$\frac{D}{d}=\frac{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)-\frac{e}{d}}{1-\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)},$$

де *e* ширина випускної щілини.

Ступінь подрібнення в валкових дробарках в середньому дорівнює чотирьом. Отже, можна прийняти відношення e/d = 0,25. При тих високих коефіцієнтах тертя, які мають місце при дробленні міцних матеріалів для гладких валків D/d = 15 – 20.

Частота обертання валків валкових дробарок не повинна перевищувати деякого значення, при якому створюються нестійкі умови захоплення матеріалу і виникають небажані коливання навантажень.

Для середнього дроблення и частково тонкого можуть бути використані дробарки ударної дії, наприклад роторна молоткова (рис. 2.14).

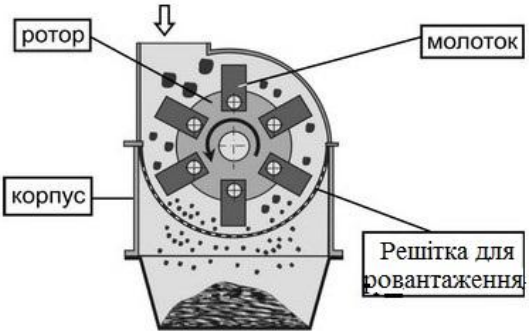


Рисунок 2.14 - Схема роторної молоткової дробарки

Дроблення матеріалу, який в неї завантажується, відбувається за рахунок ударів молотків, шарнірно укріплених на роторі, який швидко

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

обертається.

Подрібнений матеріал просіюється за через колосникову решітку зовнішнього нерухомого футерованого корпусу.

Технічні характеристики деяких дробарок приведені в табл. 2.6.

Продукт, який крупніше отворів колосникових грат проходить подальше дроблення ударами молотків, або частково стирається між молотками і футеровкою.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики дробарок

Технічні характеристики дробарок	ДГ 40Х25	ДВГ-3М	СМ 12
Межа регулювання щілини, мм	2-12	2-10	10-30
Найбільший розмір шматка матеріалу, мм	20	40	85
Найбільша продуктивність, $м^3$/год	12	50	40
Розмір валків, мм:			
діаметр	400	600	600
довжина	250	400	400
Частота обертання валків, $хв^{-1}$	200	180	75
Потужність електродвигуна, кВт	4	7	20
Довжина	21200	2630	2235
ширина	1260	1520	1720
висота	820	955	810
маса, кг	1780	3442	3375

2.7.2 Тонке дроблення

Залежно від виду тіл, що мелють, використовуваних в обладнанні для тонкого подрібнення, розрізняють кульові і стержневі млини.

Найбільш поширені кульові млини. При подрібненні матеріалів в стержневих млинах готовий продукт містить менше дрібних фракцій, ніж при подрібненні в кульових.

Рідше застосовують інші види обладнання: вібраційні кульові або стержневі млини, дезінтегратори, кільцеві млини.

Зазвичай, кульовий млин є циліндричною обичайкою, з внутрішньої сторони якої болтами через гумову прокладку кріпляться

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

броньові плити (футеровка). Для підвищення ефективності роботи млинів футеровочні плити відливають з потовщеними ребрами. При складанні футерування ці потовщення утворюють пороги, що затримують зісковзування куль і стержнів при обертанні млинів.

В даний час в якості футерування іноді використовують бруски з спеціальної гуми. Застосування гумової футеровки не призводить до втрати продуктивності, але зменшує витрату куль і значно покращує умови праці внаслідок зниження шуму.

Для кульових млинів довжина барабана може бути більше, менше або дорівнює його діаметру; для стержневих млинів довжина барабана повинна бути більше діаметра. Це гарантує нормальне, положення стержнів в робочому просторі млина при його обертанні.

За принципом роботи розрізняють млини:

- з періодичним завантаженням (млини періодичної дії);
- з безперервним завантаженням, які в свою чергу діляться на:

а) ті, що працюють на прохід;

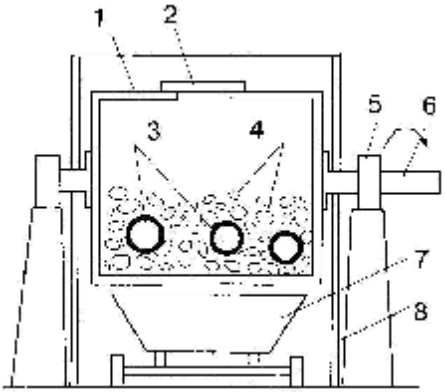
б) з периферичним розвантаженням (з безперервним просівом).

Млини з періодичним завантаженням. У цих млинах кусковий матеріал завантажують, а подрібнений вивантажують періодично, через люк (рис. 2.15). Для завантаження зупиняють млин і замінюють кришку люка гратами. Після цього закривають кожух млина і включають його. При обертанні млина подрібнений матеріал проходить через решітку, а кулі і великі шматки матеріалу, що подрібнюється залишаються в млині.

Млини періодичної дії не відрізняються високою продуктивністю. Однак вони незамінні при подрібненні ряду компонентів, що вводяться в невеликих кількостях в покриття електродів спеціального призначення: фероніобію, металевого хрому, феромолібдену та ін. Ці млини дозволяють отримувати бажаний гранулометричний склад компонентів, що подрібнюють також має велике значення при виробництві електродів багатьох марок.

Млини, що працюють на прохід (рис. 2.16), мають порожнисті цапфи. Через одну цапфу матеріал безперервно подається до млина, а через іншу матеріал різного ступеня подрібнення безупинно проходить і надходить в механічне сито або в повітряний сепаратор.

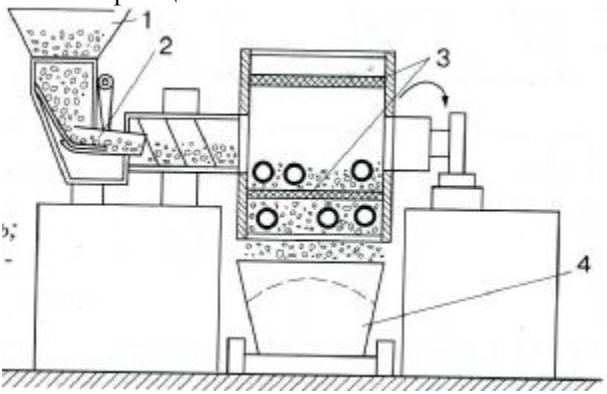
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



1 - обичайка млина, 2 - люк млина з кришкою, 3, 5 - сталеві кулі, 4 - матеріал, який подрібнюється, 5 – підшипники, 6 –вісь обертання млина, 7 - візок з контейнером для подрібненого матеріалу, 8 - кожух млина

Рисунок 2.15 – Схема млина періодичної дії.

Млини можуть працювати у відкритому і в замкнутому циклах. При роботі у відкритому циклі подрібнений матеріал, безперервно, надходить на класифікацію.



1 – бункер з вихідним матеріалом, 2 – лотковий живильник, 3 - щілини з металевою сіткою, 4 - ємність для подрібненого матеріалу

Рисунок 2.16 – Схема млина, який працює на прохід

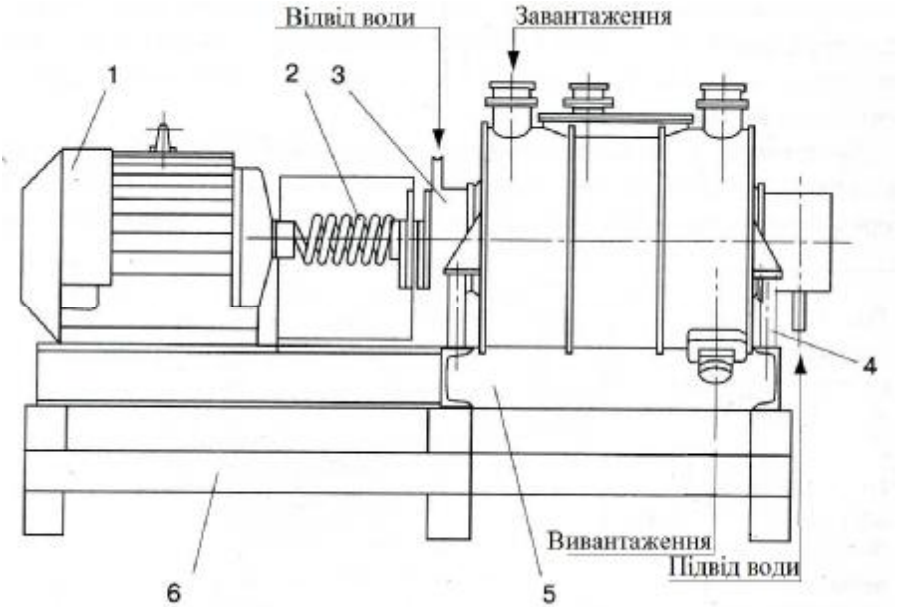
При цьому велика фракція, яка накопичується періодично подається на додрібнення. При роботі в замкнутому циклі велика фракція, виділена при класифікації, надходить на додрібнення безперервно. У схемах, що працюють в замкнутому циклі, повернення може здійснюватися механізмами, наприклад ковшовим елеватором,

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

повітрям по спеціальному трубопроводу або з пульпою, якщо подрібнення виконується в «мокрому» процесі («мокрий» процес інколи застосовується при подрібненні феромарганцю).

Вібраційні кульові і стержневі млини (рис. 2.17) дозволяють подрібнювати тверді і пластичні матеріали.

У звичайному кульовому або стержневому млині матеріал подрібнюється за рахунок удару і стирання тілами, що мелють, у вібромлині тільки ж за рахунок стирання. Тому, якщо кульовий або стержневий млин можна завантажувати матеріалом з розміром шматків до 20- 30 мм, то вібромлин тільки матеріалом не крупніше 3-5 мм.



1 – електродвигун; 2 - пружна муфта; 3 – вібратор; 4 – пружина; 5 – рама; 6 - підставка

Рисунок 2.17 – Вібраційний млин

За конструкцією вібраційні установки можуть бути одно- або двокамерні. У двокамерних установках камери розташовуються одна над другою, що дозволяє вести процес одночасно в двох камерах або подрібнювати матеріал в одній і другій камерах послідовно. Така конструкція установки дозволяє регулювати зерновий склад готового продукту.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2.7.2.1 Тіла, що мелють та фактори, які впливають на продуктивність та якість матеріалу

Як тіла, що мелють зазвичай застосовують кулі або стержні. Кулі можуть бути кованими, штампованими або катаними з марганцевистої хромової, або вуглецевої сталі; стержні - сталевими. Сталеві кулі для кульових млинів поставляють по ГОСТ 7524-83. Твердість поверхні сталевих куль в термічно обробленому стані повинна становити для куль звичайної твердості 400-450 НВ, підвищеної твердості 451-550 НВ. Діаметр куль від 50 до 110 мм, діаметр стержнів 50-120 мм.

При великому обсязі куль одного діаметра ступінь заповнення складе близько 62 %, а частка порожнеч між кулями - близько 38 %. При різних діаметрах куль ступінь заповнення буде дещо змінюватися. Кулі великого діаметру в основному працюють на удар, дрібні кулі - на стирання. Оптимальний набір куль за діаметрами залежить від крупності вихідного матеріалу, його твердості і необхідного ступеня подрібнення.

Маса кульового завантаження повинна складати приблизно від 1,0 до 1,2 т на 1 $м^3$ обсягу млина.

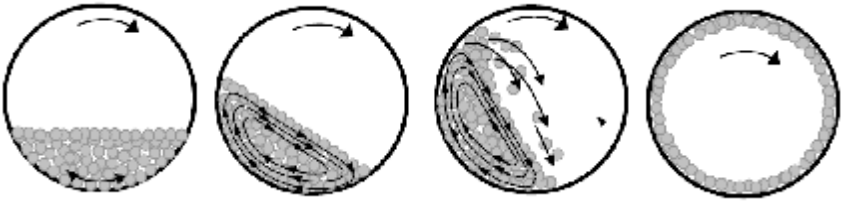
Для вібраційних млинів діаметр куль зазвичай становить 16-20 мм. Практично дотримуються ступеня заповнення млина кулями на 40-45 % обсягу в світлі. Правильний підбір тіл, що мелють, робить вирішальний вплив на продуктивність млина.

Швидкість обертання млина залежить від його діаметра. Чим менше діаметр млина, тим більшою повинна бути швидкість обертання. Залежно від швидкості обертання млина змінюється характер роботи тіл (рис. 2.18).

При дуже малій швидкості обертання тіл, що мелють і матеріал, який підлягає подрібненню практично не піднімаються по внутрішній поверхні барабана (рис. 2.18 а), тому подрібнення відбувається з малою інтенсивністю тільки за рахунок стирання.

При деякому збільшенні швидкості обертання кулі і матеріал піднімаються на деяку висоту (рис. 2.18 б), яка визначається кутом природного укосу, після чого починають скочуватися та мелють матеріал, теж з недостатньою інтенсивністю.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



а б в г

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

Рисунок 2.18 - Схема руху куль у барабані кульового млина при різній швидкості його обертання.

При досягненні оптимальної швидкості обертання кулі і матеріал під дією відцентрової сили притискаються .до стінок млина. і, піднявшись на достатню висоту, відриваються від стінки млина і падають по параболічній кривій (рис. 2.18 в). У момент падіння частина тіл, розбивають шматки матеріалу, а частина, скочуючись по стінках млина, стирає їх.

При подальшому збільшенні швидкості обертання млина відцентрова сила може настільки зрости, що розмельні тіла обертатимуться разом з барабаном (рис. 2.18 г) і матеріал практично не подрібнюватиметься. Швидкість, при якій спостерігається подібний режим роботи млина, називають критичною швидкістю обертання ($n_{кр}$).

Для знаходження критичної швидкості обертання можна розглянути поведінку одиничного розмельного тіла, наприклад, кулі, яка знаходиться у барабані працюючого млина (рис. 2.19).

Одиночна куля вагою P на поверхні барабана млина, що обертається зі швидкістю V, м/с, в точці m буде перебувати під дією відцентрової сили, рівної

$$F = PV/gR$$

де g - прискорення сили тяжіння, м/с^2;
R - внутрішній радіус барабана млина, м.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

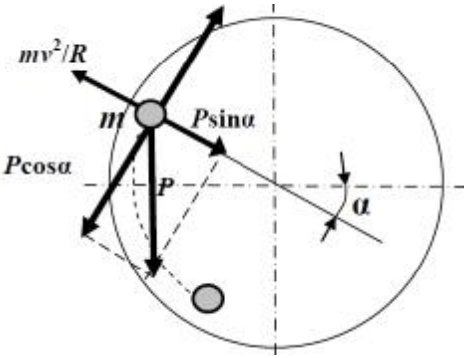


Рисунок 2.19 - Схема до розрахунку критичної швидкості обертання барабана млина

При куті підйому α сила власної ваги кулі може бути розкладена на сили, одна з яких спрямована по радіусу і дорівнює Psin α, а інша по дотичній і дорівнює Pcos α. При цьому число оборотів барабана млина $n_{кр}$, $хв^{-1}$, а

$$V = \pi D\, n_{кр}/60,$$

тому

$$\pi^2 D^2\, n^2_{кр} / 60^2 = gD / 2,$$

$$n_{кр} = 42{,}4/\sqrt{D}\,,$$

де D - внутрішній діаметр барабана млина, м.

Розраховану по цій формулі критичну швидкість потрібно розуміти як умовну величину, в долях якої зручно виражати число оборотів барабана млина, що характеризує прийнятий режим помелу.

На процес подрібнення крім швидкості також значно впливає маса (об'єм) розмельних тіл і її відношення до маси (об'єму) матеріалу, що подрібнюється (коефіцієнт заповнення барабана). При нормальному заповненні млина рівень завантаження (кулі і матеріал) не повинен доходити до цапфи на 15-20 мм, а кулі при обертанні млина мають видавати глухий звук. Дзвінкі удари вказують на недовантаження матеріалу. Особливо негативно на продуктивність впливає наявність в млині вже подрібненого матеріалу, який, розташовуючись при обертанні млина по її стінках, створює

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

прошарок, що гасить силу удару куль.

Оптимальний коефіцієнт заповнення φ барабана млина розмельними тілами складає 0,4-0,5. При великих значеннях φ зменшується об'єм простору в млині, необхідний для вільного падіння або перекочування розмельних тіл. Зменшення висоти вільного падіння розмельних тіл призводить до втрати кінетичної енергії, з якою вони діють на матеріал, який дробиться.

При меншому коефіцієнті заповнення знижується продуктивність млина, що пов'язано як зі зменшенням об'ємів матеріалу, який завантажується (його повинно бути стільки, щоб він не перевищував об'єму порожнеч між розмельними тілами), так і переходом млина в інший режим роботи (менш інтенсивний). Із-за зменшення площі тертя сегменту з розмельних тіл об внутрішню поверхню барабана розмельні тіла піднімаються на меншу висоту, а отже, знижується ефект від їх дії на подрібнюваний матеріал. Зазвичай в млин завантажують 1,7-1,9 кг сталевих куль на один літр її робочого об'єму, а співвідношення між масою розмельних тіл і масою матеріалу, що подрібнюється становить 2,5-3,0. При інтенсивному дробленні це співвідношення збільшується до 6-12 і навіть більше.

Для інтенсифікації процесу помелу його проводять в рідкому середовищі, яке перешкоджає розпилюванню матеріалу у вільному об'ємі барабана млина і зворотному злипанню тонких часток завдяки діелектричним властивостям. Крім того, проникаючи в мікротріщини часток, рідина створює великий капілярний тиск, сприяючи подрібненню. Рідина також зменшує тертя як між розмельними тілами, так і між частками оброблюваного матеріалу, завдяки чому інтенсифікується їх переміщення один відносно одного. Рідким середовищем, зазвичай, служать спирт, ацетон, вода, деякі вуглеводні і ін. Корисний ефект від розмелювання в рідині посилюється при додаванні в неї поверхнево-активних речовин (ПАР). Кількість рідини повинна бути такою, щоб вона досягала верхнього рівня розмельних тіл, які знаходяться в барабані млина, що становить 0,15-0,25 л на 1 кг розмельних тіл.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2.8 Сушка матеріалів

При подрібненні вологого матеріалу можливо його комкування, налипання на футеровку млинів, накопичення в транспортних системах. Зволожені матеріали будуть забивати сита при просіві і класифікації. Тому для забезпечення необхідної вологості компонентів в ряді випадків необхідна їх сушка. Існує багато способів, схем сушіння зволожених сипучих і гранульованих матеріалів і агрегатів для їх реалізації. Один із них можна розглянути на прикладі винаходу останніх років (патент РФ 2516063) (рис 2.20).

Барабано-гвинтовий СВЧ сушильний агрегат безперервної дії для сушки сипучих і гранульованих матеріалів працює наступним чином. Безперервний обертальний рух барабан 3 отримує від приводу з передачею 2, жорстко закріпленої на рамі 1. В даному випадку барабан 3 отримує обертальний рух від електроприводу з роликового передачею 2. Дане рішення забезпечує простоту конструкції, високу надійність і низькі витрати на експлуатацію електроприводу з передачею. Електропривод з роликовою передачею 2 жорстко закріплений на рамі 1 за допомогою болтових з'єднань. Завантажувальний пристрій 4 безперервно наповнює барабан 3 сипучим або гранульованим матеріалом 5. Гранули можуть бути неоднорідними або складної композиції, природного чи штучного походження. Частинки або гранули сипучого матеріалу 5 можуть бути діаметром від 1 до 25 мм. В якості живильного пристрою 4 використовується шнековий живильник, прикріплений до рами 1 болтовим з'єднанням. В даному випадку живильник забезпечує безперервний і рівномірний процес завантаження матеріалу 5 в барабан 3, має просту герметизацію із завантажувальною торцевою кришкою 15. У процесі безперервного переміщення матеріалу усередині барабана за допомогою шнека 6 транспортуєтеся до розвантажувального отвору 8 із позамежними хвилеводами 9.

Завдяки ворушінню і рівномірному розподілу матеріал, який перемішується лопатями 7 піддається сушінню завдяки електромагнітній дії СВЧ-генератора 11 і сушильного агенту. В якості сушильного агенту використовується нагріте електрокалорифером повітря, що подається у барабан 3 вентилятором через патрубок теплоносія 13.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

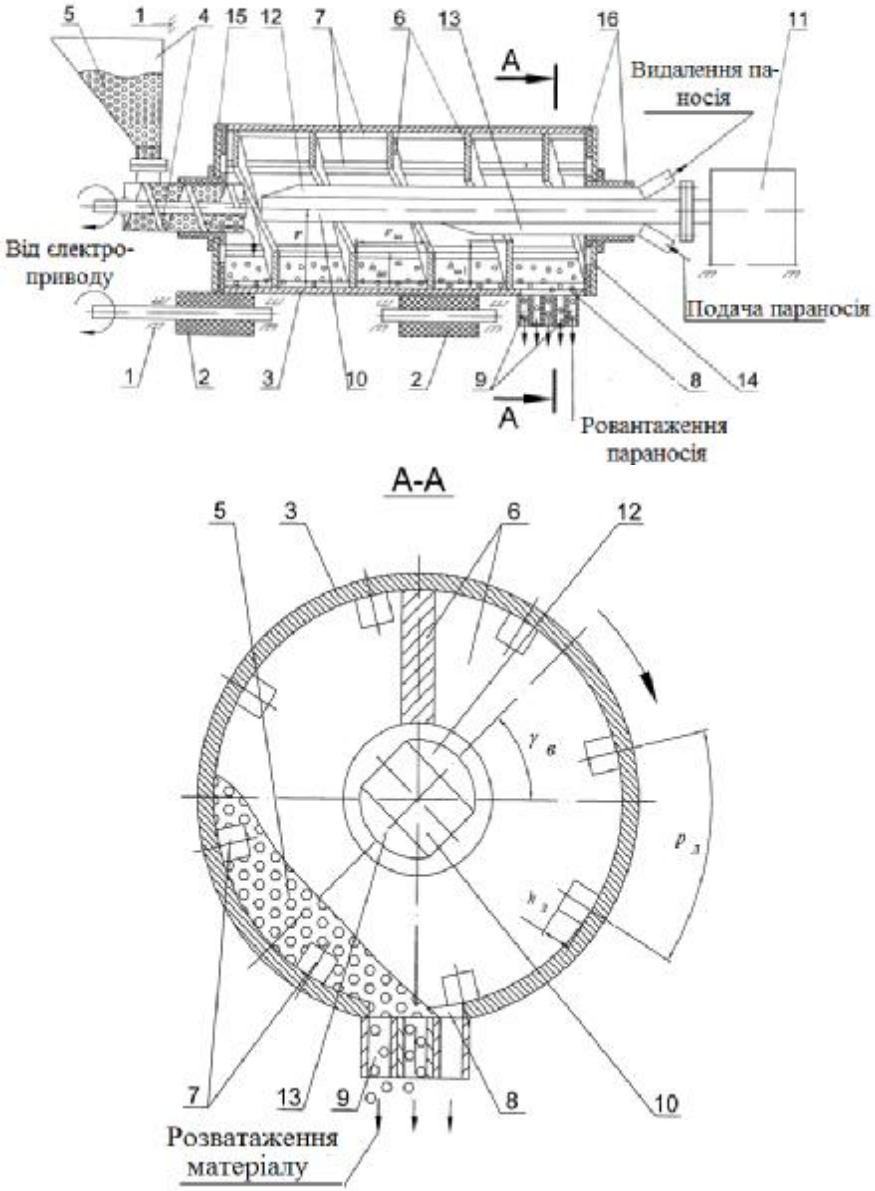


Рисунок 2.20 - Схема барабано-гвинтового СВЧ сушильного агрегату безперервної дії (вид збоку та перетин А-А).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Підведення електромагнітного випромінювання від СВЧ-генератора 11 виконане через хвилеводно-щілинний резонансний випромінювач 10, на якому знизу закріплено пристрій подання нагрітого повітря 13, а зверху пристрій видалення пароповітряної суміші 12.Для забезпечення захисту персоналу від електромагнітного випромінювання розвантаження матеріалу виконано через позамежні хвилеводи 9. Розташування патрубка видалення пароповітряної суміші 12 в іншому місці призведе до зниження ефективності видалення вологи із матеріалу та збільшенню енерговитрат. Також розташування патрубка подачі теплоносія 13 в іншому місці призведе до зниження ефективності процесу сушіння і збільшенню енерговитрат.

2.9 Особливості переробки деяких матеріалів

Пилоподібні фракції деяких матеріалів, таких, як металевий марганець, маловуглецевий феромарганець, феротитан, здатні утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші. Для переробки таких матеріалів використовують наступні способи:

– подрібнення в середовищі інертних газів (найчастіше - азоту);

– подрібнення з інертними добавками;

– спільне подрібнення всіх компонентів, що входять до складу покриття електродів;

– подрібнення в «мокрому» процесі (при переробці феромарганцю);

При цьому відбувається пасивування феромарганцю, для чого в воду додається 0,5 % сильного окислювача - біхромату калію (хромпіка).

При виробництві електродів загального призначення іноді успішно застосовують спільне подрібнення всіх компонентів в млинах періодичної дії. У млин одночасно завантажують всі компоненти, що входять до рецептури виготовляється марки електродів, в необхідних співвідношеннях.

Крім того, в млинах періодичної дії здійснюють помел всіх

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

вибухонебезпечних матеріалів з додаванням в об'єм млина не менше 6 % інертної добавки, якими зазвичай служать плавиковий шпат, мармур та ін.

При подрібненні вибухонебезпечних та пожежонебезпечних матеріалів в млинах періодичної дії найбільш небезпечним моментом є відкривання завантажувального люка млина. З метою забезпечення більшої безпеки люк млина слід відкривати не раніше ніж через 15 хв. після зупинки, коли осяде пиловидних фракція подрібненого матеріалу. Особливу небезпеку становить подрібнення вологого феросиліцію і феромарганцю, коли при розігріві матеріалу в процесі подрібнення можливе виділення газів, здатних до самозаймання.

Подрібнення слюди, яка іноді поставляється у виді лусочок і вкрай погано подрібнюється в кульових млинах, необхідно виконувати із зволоженням. Практикою вироблено прийом досить ефективного подрібнення слюди у вібропомольних установках, що працюють в періодичному циклі. При цьому в млин об'ємом 200 л завантажується 100-120 кг слюди і 0,5-1,0 л води. Процес подрібнення триває 15-20 хв, після закінчення цього часу перероблений матеріал по пневмосистемі транспортується в бункери.

З огляду на низьку ефективність подрібнення пластичних матеріалів, і тих, які важко подрібнюються (ферованадію, хрому металевого, феровольфраму та ін.) в звичайних кульових млинах, бажано подрібнювати їх у дві стадії. На першій - попередньо подрібнюють матеріал в звичайних млинах з кульової завантаженням, остаточне дрібнення проводять у вібраційних млинах. При двостадійному подрібненні на першій стадії йде підготовка матеріалу для живлення вібраційного млина (розмір шматка не більш 3-5 мм), а на другій стадії отримують порошкоподібний матеріал необхідної крупності.

2.10 Класифікація подрібнених матеріалів

Якість порошкових зварювальних матеріалів (шихти для обмазки електродів) контролюється за кількома параметрами, серед яких одним з найважливіших є гранулометричний склад. Даний параметр впливає на рівномірність розподілу властивостей в покритті

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

електродів, порошкового дроту або керамічного флюсу, а також на якість зварювальної дуги наплавленого металу.

Діапазон розмірів частинок порошкової шихти для покритих електродів від 50 до 400 мкм, при цьому діапазон між мінімальним і максимальним розміром частинок порошку для кожного окремого матеріалу має бути найменшим, оскільки склад покриття повинен бути максимально рівномірним, як за хімічним, так і по гранулометричному складу. У тих випадках, коли вимоги до рівномірності гранулометричного складу не дотримується, в складі шихти може міститися значна кількість великих або, навпаки, занадто тонкодисперсних частинок.

Наявність частинок великої дисперсності може привести до утворення задирів і несуцільностей на поверхні покриття електродів. Надлишок тонкодисперсних частинок є причиною виникнення сітки волосяних кільцевих тріщин, що знижують міцність нанесеного на електрод покриття. Виконати умову рівномірності гранулометричного складу досить важко, оскільки слід враховувати режими помелу і ряд інших виробничих факторів. Тому актуальним є питання визначення гранулометричного складу порошкових матеріалів для виробництва покритих електродів.

В даний час існує декілька методів гранулометричного контролю і аналізу, кожен з яких має певні переваги і недоліки. Традиційним методом контролю однорідності і дисперсності сипучих і порошкових матеріалів є ситової аналіз. Даний вид аналізу регламентується ГОСТ 6613-86, ГОСТ 3584-5. Суть методу полягає в тому, що порошок просівають на вібраційному стенді через ситовий аналізатор, в якому сита з різним розміром отворів встановлені послідовно один над одним. Зверху сита з найбільшими отворами, чим нижче, їх розмір зменшується. Ситовий аналіз дозволяє визначити розмір часток, відокремити різний розмір один від одного і обчислити співвідношення часток різної дисперсності. Він дає можливість достатньо оперативно і з мінімальними технічними витратами отримати інформацію про гранулометричний склад багатокомпонентного порошкового матеріалу. Однак даний вид аналізу вимагає значних тимчасових витрат, оскільки після кожного просівання необхідно вручну зробити підрахунок і підготувати обладнання до наступної проби. Сита в аналізаторі слід регулярно перевіряти на предмет зміни розміру отворів, так як через взаємодію з

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

порошком вони схильні «розношуватися». Істотний недолік методу в тому, що він не дозволяє виявляти фракції менше 50 мкм. Крім того для проведення аналізу потрібна досить велика кількість досліджуваного порошку, при фракції 0,1-3,0 мм, маса проби 25-300 г.

Завданням класифікації є поділ по крупності матеріалу після його дроблення. Для виконання цього завдання застосовують грохоти (для поділу кускового матеріалу), а для дрібного матеріалу- сита різної конструкції або повітряні класифікатори (сепаратори).

Найбільш широко 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 по крупності.

Для більшості матеріалів на ситах можна забезпечити досить повне виділення придатної фракції. Важко це здійснити для матеріалів, схильних до злипання (магнезит, доломіт, мармур, двоокис титану та ін.). При їх просіві на вібраційних ситах з латунної сіткою, що має розмір ячейки у світлі 300-400 мкм, в над решітному матеріалі міститься багато гідного. У всіх випадках повнота виділення придатного матеріалу при просіві в великій мірі залежить від властивостей матеріалу, його вологості, а також від рівномірності подачі матеріалу на площу сітки.

При одній і тій же конструкції сита його продуктивність визначається характеристикою сітки. Зазвичай застосовують сітки латунні або з нержавіючої сталі.

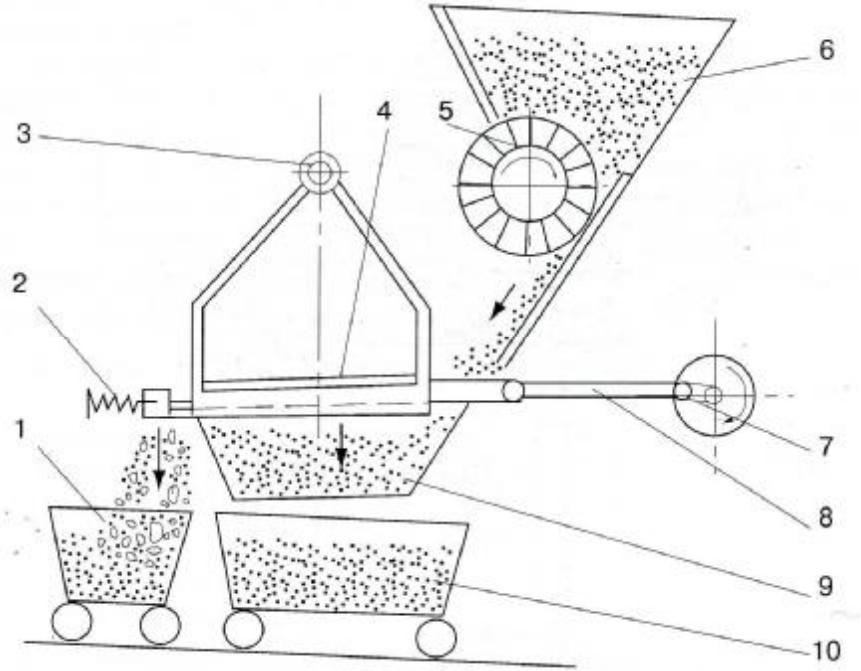
Механічні сита. Існує велика кількість конструкцій механічних сит; основний принцип їх роботи полягає в передачі обертовим кривошипом зворотно-поступального руху рамці з натягнутою на неї сіткою. Подрібнений матеріал спеціальним живильником або безпосередньо з млина безперервної дії подається з постійною швидкістю на сітку. Тонкий матеріал проходить через сітку і збирається в ємність, розташовану під нею. Крупний матеріал скочується з сітки і потрапляє в іншу ємність, в якій він передається на додаткове подрібнення. Схема механічного сита приведена на рис. 2.21.

Вібраційні сита. Вібраційні сита, так само як і механічні, знайшли широке застосування в електродному виробництві.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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. Схема вібраційного класифікатора з одним плоским ситом показана на рис. 2.22, а загальній вид класифікатора з круглими ситами на рис. 2.23. Вібраційні сита досить ефективні при просіві різних матеріалів.

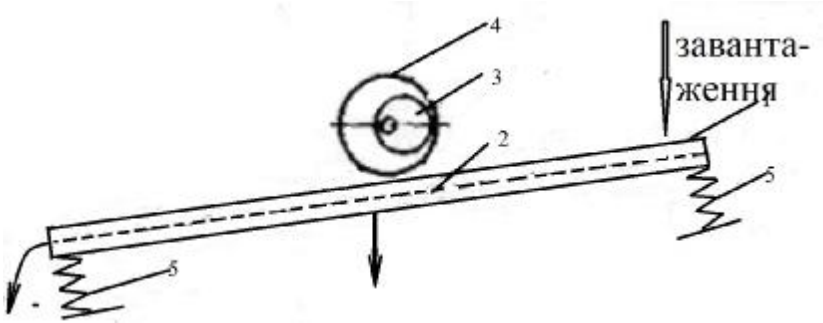
Повітряні класифікатори (сепаратори). Нині повітряна класифікація невибухонебезпечних порошкових матеріалів, що використовуються в масових кількостях (наприклад, мармур), знайшла широке застосування. Принцип дії повітряного сепаратора його спільно з кульовим млином безперервної дії, очевидний зі схеми на рис. 2.24.



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 2.21 – Схема механічного сита

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



Відсів Придатний матеріал.

1 - рамка сита; 2 – сітка натягнута на рамку; 3 – ексцентрик; 4 – електромотор; 5 – пружини;

Рисунок 2.22 – Схема вібраційного класифікатора з плоским ситом.

1 - кришка; 2 – корпус; 3 – сито; 4 – патрубок для розвантаження відсіву; 5 – амортизатори; 6 – піддон; 7 – опора; 8- електропривод

Рисунок 2.23 – Вібраційний класифікатор з круглими ситами

З бункера 1 в порожнисту цапфу кульового млина 10 матеріал

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

подається на подрібнення. При обертанні млина матеріал починає подрібнюватись. Його тонкі фракції виносяться з млина повітряним потоком, створюваним потужним вентилятором 6. По трубі 9 частки надходять в сепаратор 3, вдаряються о перешкоду (зазвичай з бетону) і при цьому втрачають швидкість.

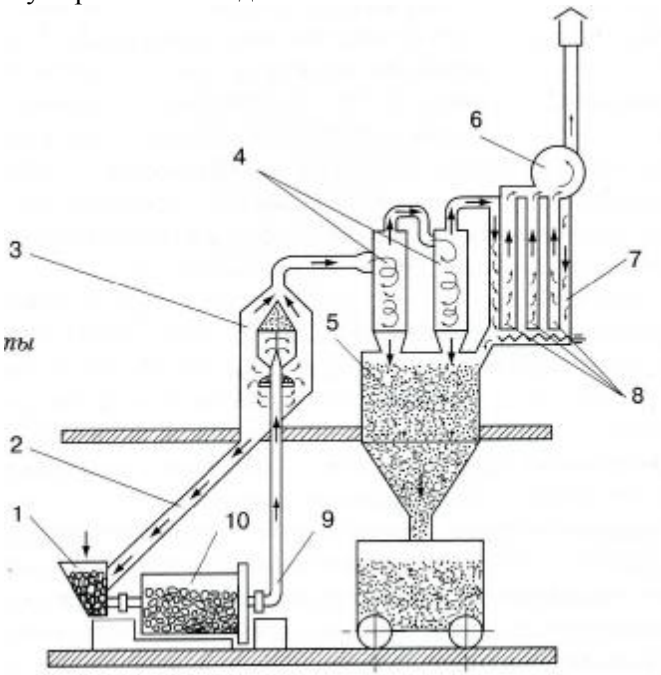


Рисунок 2.24 – Схема роботи повітряного класифікатора

Площа перетину між внутрішньою стінкою сепаратора і трубою істотно більше площі внутрішнього перетину труби, тому і швидкість потоку повітря на цьому шляху різко знижується. Тому порівняно великі частки матеріалу падають до низу сепаратора і по трубі 2 повертаються на додрібнення.

Дрібні частинки з потоком повітря піднімаються вгору і потрапляють у встановлені послідовно циклони-осаджувачі 4, в яких швидкість потоку повітря знижується ще більше. Тому частинки осідають в бункер готового продукту 5. Найбільш тонкі фракції, які не обложені циклоном, разом з потоком повітря направляються в камеру 7, де затримуються рукавними фільтрами 8, виготовленими зі спеціальної фільтрувальної тканини. Повітря через фільтри надходить

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

у вентилятор і викидається в атмосферу. Спеціальним пристроєм рукавні фільтри струшуються через певний проміжок часу, і пиловидна фракція шнеком подається в бункер готового продукту або іншу ємність.

Грануляція годного матеріалу регулюється швидкістю обертання вентилятора, а також спеціальними шиберами. Чим менше швидкість повітряного потоку, тим дрібніше готовий матеріал.

Така схема дозволяє виділити два класи матеріалу по крупності: один відділяєтеся в циклонах, а другий - в рукавному фільтрі. Третій клас крупності може бути виділений із маси матеріалу, яка надійшла з класифікатора на додрібнення.

Великою перевагою є відсутність пиловиділення в робочу зону, оскільки вся система знаходиться під розрядженням, створюваним вентилятором.

Розглянуті схеми можуть використовуватися ефективно тільки при подрібненні будь-якого одного матеріалу. Переклад установки з помелу одного матеріалу на інший пов'язаний зі значними витратами часу на налагодження режиму роботи млина і великими втратами матеріалу.

Ці схеми не можуть застосовуватися при подрібненні вибухонебезпечних матеріалів

2.11 Живлення обладнання матеріалами та їх дозування

Для подачі дробленого матеріалу в млини безперервної дії і подрібненого матеріалу на класифікацію застосовують живильники різних систем. Основна вимога до живильників - це рівномірність подачі матеріалу, можливість зміни швидкості подачі і експлуатаційна надійність конструкції. Вибір конструкції живильника визначається видом матеріалу, для якого він призначений, розміром і геометрією частинок. Тому не існує універсальних живильників, в рівній мірі придатних для всіх операцій і матеріалів.

Лоткові живильники (рис. 2.25) призначені для живлення кульових млинів безперервної дії матеріалами після їх крупного і середнього дроблення з розміром шматків не більше 20-30 мм.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

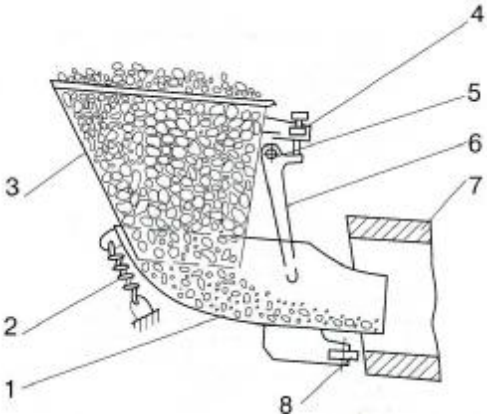


Рисунок 2.25 – Схема лоткового живильника

Лоток 1 з дрібнокусковим матеріалом, розташований під бункером 3, жорстко скріплений зі стержнем 6 і може здійснювати коливальні рухи навколо осі 5. При обертанні млина ролик 8 переміщується по скошеному торцю порожнистої цапфи 7. Пружина 2, діючи на лоток, притискає ролик до торця цапфи, що дає можливість перетворити обертальні рухи цапфи в коливальні рухи лотка. Матеріал струшується з лотка в цапфу і внутрішнім шнеком передається до млина на подрібнення. Кількість матеріалу, який подається, регулюється спеціальним болтом 4, що змінює амплітуду коливань лотка з матеріалом.

Обертові живильники характеризуються тим, що їх робочий орган здійснює обертальний рух навколо нерухомої осі. Основними типами обертових живильників є барабанні, лопатеві, гвинтові і тарілчасті. Барабанні живильники застосовують для подачі і дозування пилоподібних добре сипучих і дрібнокускових вантажів. Їх конструкції відрізняються великою різноманітністю: з гладкою поверхнею (для пилоподібних матеріалів), ребристі для кускових.

Досить часто зустрічаються барабанні живильники секторного типу, у яких барабан розділений радіальними лопатями на ряд осередків (шлюзів).

Продуктивність (т / год) барабанних живильників

$$Q_{б.жив.} = 3{,}6\frac{\pi\left(D_б^2 - d_б^2\right)}{4}Bn\rho\psi = 0{,}9\pi\left(D_б^2 - d_б^2\right)Bn\rho\psi,$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

де D і d - відповідно зовнішній і внутрішній діаметри барабана, м;

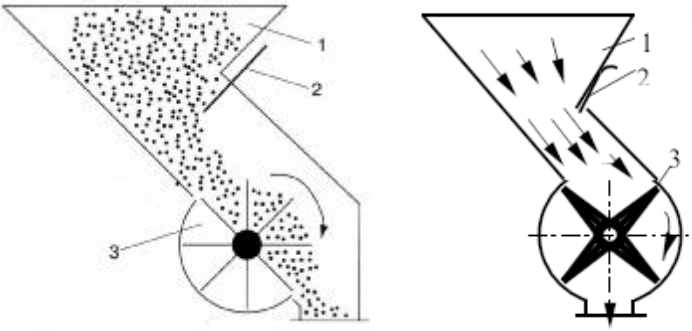
B - ширина барабана, м;

ψ - коефіцієнт використання об'єму, ψ = 0,7;

ρ - щільність матеріалу, кг/м^3;

n - частота обертання барабана.

Лопатеві живильники (рис. 2.26) придатні для подачі пилоподібних, зернистих і кускових матеріалів з розмірами шматків до 30-40 мм. Живильники дозволяють досить точно регулювати кількість матеріалу, який подається. Однак для цього необхідно змінювати частоту їх обертання, що представляє певні труднощі. Тому такі живильники можна рекомендувати для будь-якого одного усталеного процесу.



1 - бункер для матеріалу, 2 – заслінка, яка регулює кількість матеріалу, який подається; 3 - обертові лопаті.

Рисунок 2.26 – Схема лопатевого живильника

Тарілчастий живильник особливо придатний для механічних і вібраційних сит. Живильник (рис. 2.27) простий у виготовленні і експлуатації і забезпечує рівномірну подачу подрібнених матеріалів для їх класифікації.

Живильник працює наступним чином: на диск 5, що обертається в горизонтальній площині з бункера 4 насипається матеріал. Скребок 2 скидає частину матеріалу в приймальний пристрій 1. Кількість матеріалу регулюється положенням скребка і висотою підйому манжета 3. Чим вище піднімається манжет, тим більше насипається матеріалу на диск. Це призводить до збільшення кількості матеріалу, який скидається.

Принцип дії **шнекових (гвинтових) живильників** (рис. 2.28, 2.29) заснований на тому, що при обертанні шнека матеріал отримує

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

осьове переміщення і витягується з бункера. Шнекові живильники особливо придатні для переміщення порошкових матеріалів. Їх доцільно застосовувати на лініях дозування компонентів сухої шихти, де вони добре себе зарекомендували.

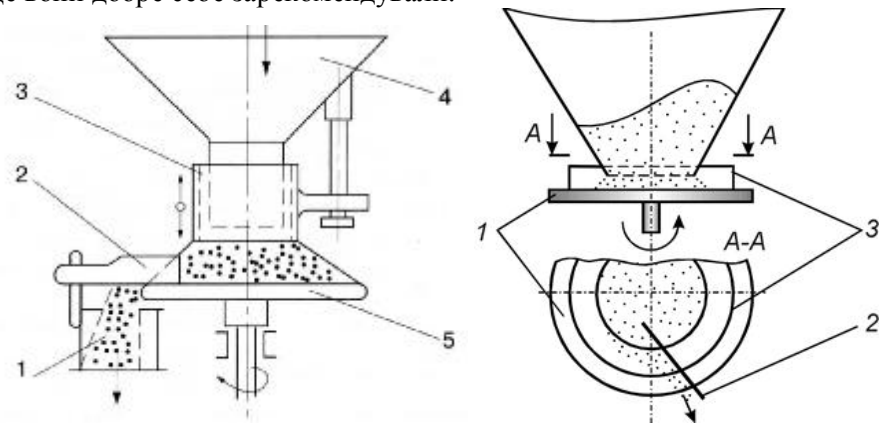


Рисунок 2.27 – Схема тарілчастого живильника

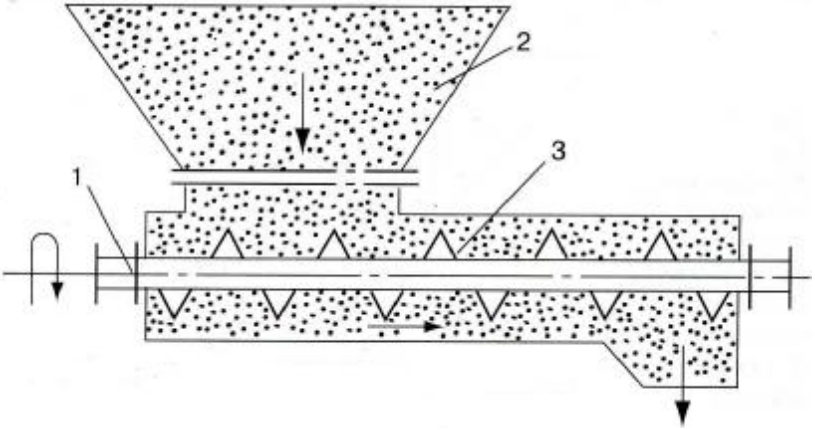
Рисунок 2.28 - Загальний вигляд шнекового живильника

Дозатори - це пристрої, що служать для точного дозування заданої кількості компонентів сухих і рідких формувальних матеріалів і сумішей. Розрізняють об'ємні і вагові дозатори. Об'ємні дозатори можуть бути безперервної і періодичної дії.

У дозаторів безперервної дії задану кількість компонента визначають часом видачі або частотою обертання валу дозатора. У дозаторів періодичної дії задана кількість сухого компонента визначається обсягом ємності. Роль об'ємних дозаторів безперервної дії можуть виконувати розглянуті вище живильники: стрічкові, пластинчасті, шнекові, лоткові, тарілчасті і лопатеві. Обсяг дози в

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

цьому випадку визначається тривалістю роботи дозатора, наприклад, за допомогою реле часу.



1 - підшипники шнекового валу; 2 бункер для матеріалу; 3 - шнек що транспортує матеріал

Рисунок 2.29 – Схема шнекового живильника

Об'ємні дозатори безперервної дії з дозуванням матеріалу за часом легко вбудовуються в автоматичний цикл роботи установки. З них найбільшого поширення набули тарілчасті, шнекові і стрічкові, як найбільш надійні.

До об'ємних дозаторів періодичної дії відносяться бункерні, коробчасті, поворотні і шиберні дозатори.

2.12 Особливості переробки деяких матеріалів

Пилоподібні фракції деяких матеріалів, таких, як металевий марганець, маловуглецевий феромарганець, феротитан, здатні утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші. Для переробки таких матеріалів використовують наступні способи:

– подрібнення в середовищі інертних газів (найчастіше - азоту);

– подрібнення з інертними добавками;

– спільне подрібнення всіх компонентів, що входять до складу покриття електродів;

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

– подрібнення в «мокрому» процесі (при переробці феромарганцю).

При цьому відбувається пасивування феромарганцю, для чого в воду додається 0,5 % сильного окислювача - біхромату калію (хромпика).

При виробництві електродів загального призначення іноді успішно застосовують спільне подрібнення всіх компонентів в млинах періодичної дії. У млин одночасно завантажують всі компоненти, що входять до рецептури марки електродів, що виготовляється в необхідних співвідношеннях.

Крім того, в млинах періодичної дії здійснюють помел всіх вибухонебезпечних матеріалів з додаванням в об'єм млина не менше 6 % інертної добавки, якими, зазвичай, служать плавиковий шпат, мармур та ін.

При подрібненні вибухонебезпечних та пожежонебезпечних матеріалів в млинах періодичної дії найбільш небезпечним моментом є відкривання завантажувального люка млина. З метою забезпечення більшої безпеки люк млина слід відкривати не раніше ніж через 15 хв. після зупинки млина, коли осяде пиловидних фракція подрібненого матеріалу. Особливу небезпеку становить подрібнення вологого феросиліцію і феромарганцю, коли при розігріві матеріалу в процесі подрібнення можливе виділення газів, здатних до самозаймання.

Подрібнення слюди , яка іноді поставляється у виді лусочки і вкрай погано подрібнюється в кульових млинах, необхідно виконувати із зволоженням. Практикою вироблено прийом досить ефективного подрібнення слюди у вібропомольних установках, що працюють в періодичному циклі. При цьому в млин об'ємом 200 л завантажується 100-120 кг слюди і 0,5-1,0 л води. Процес подрібнення триває 15-20 хв, після закінчення цього часу перероблений матеріал по пневмосистемі транспортується в бункера.

Подрібнення ковких матеріалів. З огляду на низьку ефективність подрібнення ковких і матеріалів, які важко подрібнюються (ферованадію, хрому металевого, феровольфраму і ін.) у звичайних кульових млинах, бажано подрібнювати їх в дві стадії. На першій - попередньо подрібнюють матеріал у звичайних млинах з кульовим завантаженням, остаточне додрібнення проводять в вібраційних млинах. При двостадійному подрібненні на першій стадії йде підготовка матеріалу для живлення вібраційного млина (розмір

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

шматка не більш 3-5 мм), а на другій стадії отримують порошкоподібний матеріал необхідної крупності.

2.13 Вимоги до гранулометричного складу матеріалів та його контроль

Правильний гранулометричний склад компонентів електродного покриття - необхідна умова для отримання якісних електродів. Наприклад, при вивченні причин утворення тріщин в кільцевих швах магістральних трубопроводів в кореневих проходах були встановлені зони з високим вмістом Mo і Mn. Виявлені зони викликали утворення тріщин і інших несуцільностей. Молібден і марганець розподілялися в металі рівномірно тільки в тому випадку, коли покриття електродів складалися з дуже дрібних частинок феросплавів.

Залежно від властивостей матеріалу, його кількості в (рецептурі, виконуваних ним технологічних і металургійних функцій, характеристик інших компонентів конкретного покриття вимоги до грануляції різні. Для електродів малого діаметра (2 і 2,5 мм) потрібні більш дрібні матеріали, ніж для електродів 3-8 мм. При контрольному просіві в першому випадку не повинно бути залишку на ситі 0,315 мм, у другому - 0,4 мм.

Контрольований матеріал відбирають після операції класифікації з бункера. Пробу масою близько 300 г відбирають щупом або совком з глибини 100-200 мм в декількох місцях: в центрі і чотирьох кутах на відстані більше 150 мм від стінок. Відібрану пробу передають в лабораторію, де її попередньо обробляють. Пробу ретельно перемішують методом перекочування на аркуші паперу і висипають у виді конуса на рівну площадку.

Далі цей конус розчавлюють зверху плоскою поверхнею так, щоб вийшов рівномірний по товщині (5 мм) шар матеріалу, який ділять на квадрати паралельними лініями на відстані 2 см один від одного у взаємно перпендикулярних напрямках. З квадратів, розташованих у шаховому порядку, для проведення аналізу беруть наважку матеріалу в кількості 100 г.

Залежно від виду матеріалу і наявності в його гранулометричному складі частинок розміром менше 50 мкм ситовий аналіз проводиться «сухим» або «мокрим» способом.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Сухому ситовому аналізу піддають компоненти, в гранулометричному складі яких переважає матеріал, який має залишок на ситі № 005 і щільність якого порівняно велика.

Матеріали, які містять в переважаючих кількостях частки, що проходять через сито № 005, щоб уникнути забивання сит з дрібними осередками, піддають мокрому ситовому аналізу.

Розсів матеріалу залежно від крупності і вологості продовжується 10 – 30 хв (дрібний та вологий матеріал вимагає більшого часу розсіву). Розсів вважається закінченим, якщо при контрольному просіванні протягом 1 хв маса матеріалу, що пройшла крізь сито, не буде перевищувати 1 % маси матеріалу, яка залишилась на ситі.

Усі класи зважують і визначають їх вихід у відсотках. Втрати при розсіві, які не перевищують 1 % маси вихідної проби, розподіляють пропорційно виходам кожного класу. Втрати більше 1 % не допускаються. Дані розсіву проби та хімічного аналізу окремих класів оформлюють у виді таблиці.

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. 2.30).

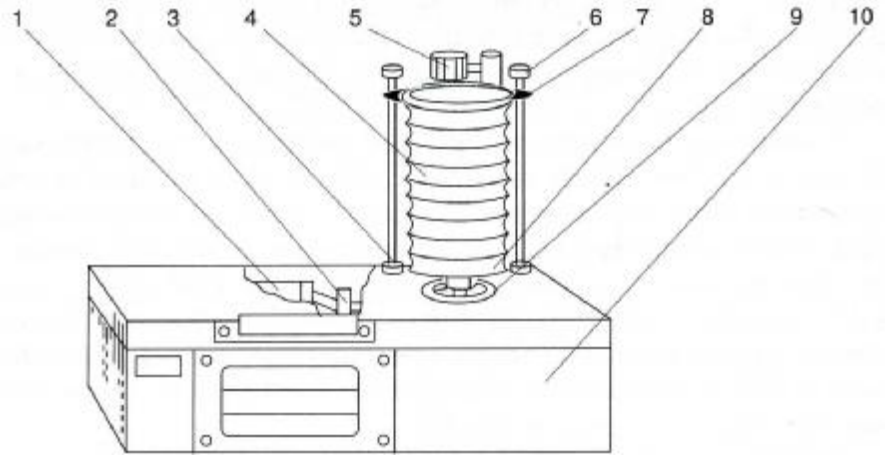


Рисунок 2.30 – Прилад для ситового аналізу

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 столик за допомогою куліси 3 здійснює зворотно-поступальний рух.

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

2.14 Способи зниження активності (пасивуванням) порошкових матеріалів

Відомо, що багато матеріалів, які застосовуються в якості компонентів покриття електродів, взаємодіють з водними розчинами рідкого скла, що мають лужну реакцію. В першу чергу це відноситься до деяких металів і феросплавів. Такі матеріали, як феросиліцій, маловуглецевий і середньовуглецевий феромарганець, марганець металевий, дрібнодисперсний алюміній, кремениста мідь і ін., реагують з рідким склом з виділенням водню. Активність перерахованих матеріалів залежить від їх хімічного складу. Наприклад, активність феросиліцію зростає в міру збільшення вмісту в ньому Si. При вмісті 25-30 % Si він практично весь знаходиться в виді силіцидів заліза FeSi. Тому активність такого феросиліцію невелика. По мірі збільшення вмісту Si активність феросплаву безперервно зростає і при вмісті 75 % Si (марка ФС 75) його застосування практично неможливо.

В результаті реакцій, що протікають між рідким склом і активними матеріалами, обмазувальна маса втрачає робочі властивості, а покриття, нанесене на стержень, спухає. У зв'язку з цим міцність покриття різко падає і не відповідає вимогам стандарту.

Ступінь взаємодії залежить не тільки від хімічного складу використаного матеріалу; вона в великій мірі визначається його гранулометричним складом, а також модулем застосовуваного рідкого

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

скла. Чим тонше подрібнений матеріал, тим більше розвинена поверхня його взаємодії з рідким склом. Чим нижче модуль рідкого скла, тим більше його лужність і, отже, вище його хімічна активність. Підвищення температури також сприяє розвитку відповідних хімічних реакцій.

Попередньою обробкою порошкових матеріалів можна знизити їх активність при взаємодії з розчинами рідкого скла. До таких способів обробки відносяться:

– водний спосіб пасивування, при якому порошковий матеріал обробляється водою, а краще - водним розчином сильних окислювачів;
– пасивування нагріванням порошкових матеріалів в окислювальній атмосфері;
– тривала витримка подрібненого матеріалу до його використання.

На практиці широко застосовується і забезпечує задовільні результати перший з цих способів. Як окислювачі застосовуються марганцевокислий калій $KMnO_4$ (перманганат калію) і діхромат калія $K_2Cr_2O_7$ (хромпик), розчинність цих реагентів залежить від температури - з підвищенням температури вона зростає. Розчинність $KMnO_4$ у воді при 20° С становить 6 %, а $K_2Cr_2O_7$ - 11,1 %. Ці оксиди дисоціюють у водному розчині з утворенням іонів кисню, які окислюють поверхню частинок матеріалу, знижуючи тим самим їх активність в середовищі рідкого скла. Зазвичай порошки обробляються розчинами окислювачів в шарах. Режими обробки феромарганцю, марганцю металевого, феросиліцію, кременистої міді:

– товщина шару оброблюваного матеріалу, мм - 50-60;
– шар розчину над матеріалом (після перемішування), мм – 10;
– температура розчину, °С - 60-80;
– час обробки, ч - 2-3;
– температура сушки матеріалу після зливу надлишку розчину, °С - 100-110;
– тривалість сушки - до повного висихання.

В процесі вологої обробки можуть виділятися шкідливі гази. Тому обробка порошків хромпіком або марганцевокислим калієм і сушка вологого матеріалу повинні проводитися в приміщеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією. Користування відкритим вогнем у місцях обробки матеріалу заборонено.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Часто замість зниження активності порошкових матеріалів знижують активність розчину рідкого скла, для чого в нього вводять розчин $K_2Cr_2O_7$ або $KMnO_4$. Хромпік вводиться в автоклав в процесі розварювання силікатної брили з розрахунку 3 кг хромпіка на 1 т брили. Іноді розчин $KMnO_4$ вводять в рідке скло безпосередньо під час приготування обмазувальної маси. Кількість розчину залежить від характеристик рідкого скла, складу покриття, і може коливатися від 5 до 10 $см^3$ на 1 л рідкого скла.

2.15 Приготування сухої шихти

Приготування сухої шихти електродних покриттів є одним з найбільш відповідальних процесів виробництва електродів. Тільки при точному виконанні всіх операцій цього процесу може бути забезпечена стабільно висока якість електродної продукції. Приготування сухої шихти включає:

– вагове дозування компонентів, відповідно до рецептури покриттів конкретних марок електродів;

– перемішування зважених компонентів з метою рівномірного їх розподілу в сухий шихті за масою;

– контрольний просів сухої шихти, що гарантує відсутність закрупнень і сторонніх включень;

– транспортування і зберігання приготованої сухої шихти.

Компоненти шихти підготовлені для дозування, мають бути стабільно сухими (вміст вологи не більше 0,1 %). Їх слід зберігати в сухих опалюваних приміщеннях.

2.16 Дозування компонентів шихти

Залежно від обсягу виробництва і номенклатури виготовлених електродів застосовують ручне, частково механізоване і повністю механізоване дозування.

В даний час ручне дозування компонентів сухої шихти збереглося на виробництвах з невеликим обсягом і широкою

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

номенклатурою електродів за марками і діаметрами.

Частково механізоване дозування застосовують при випуску до 20-30 тис. т електродів за рік.

До складу лінії входять стаціонарні підвісні бункера (рис. 2.31) з порошками компонентів електродних покриттів, готових до застосування. Число бункерів визначається номенклатурою матеріалів електродного виробництва. Кожен бункер з матеріалом забезпечений рейковим або напівсферичним затвором.

Під лінією бункерів є рейки, по яких вручну пересувається ваговий візок з встановленим на ньому контейнером, зазвичай ємністю 300 кг, з відкидним дном. Компоненти дозуються в контейнер по наростаючій масі. Для цієї мети візок забезпечений необхідним набором гир, розташованих на спеціальній рейці візку в строго визначеному порядку. Це дозволяє виключити можливість змішування компонентів шихти покриття. Підвозивши візок до першого бункера, дозувальник ставить відповідну гирю на коромисло ваг, заправляє брезентовий рукав і відкриває затвор.

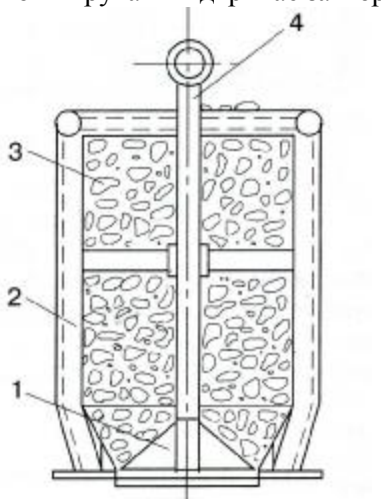


Рисунок 2.31 – Схема бункера з конічним затвором

Після завантаження першого компонента покриття візок пересувається до другого бункера і т. д. Якщо будь-який компонент сухої шихти насипаний в більшій ніж слід кількості, тоді совком надлишок компонента відбирається з контейнера і пересипається в ємність, що стоїть поруч з бункером.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

При необхідності введення в суху шихту невеликих добавок будь-яких компонентів покриття поруч з лінією дозування встановлюють торговельні ваги до 10 кг і ящики з необхідними добавками. Дозувальник совком набирає потрібний компонент, зважує і висипає в контейнер.

Вся лінія забезпечена витяжкою в місцях можливого пилоутворення. Продуктивність такої лінії досить висока і може забезпечити випуск 15-20 тис. т електродів за рік.

Завантаження бункерів лінії дозування повинно бути механізоване. Як правило, готові сухі порошки завантажують з другого поверху. Наприклад, мармур можна завантажувати безпосередньо з циклону-осаджувача після повітряної сепарації. Плавиковий шпат, що надходить в паперових мішках, можна подавати пневмотранспортом всмоктуючого типу (під розрядженням) після його контрольного просівання.

Для транспортування феромарганцю і феротитану також можна використовувати пневмотранспорт, проте в зв'язку з можливістю їх займання та навіть вибуху слід транспортувати ці порошки тільки в атмосфері газу, що не підтримує горіння. Для створення такої атмосфери, як правило, використовують азот.

Для заповнення бункерів першого поверху порошками компонентів може бути використана вертикальна схема переробки компонентів: подрібнення в млинах на третьому поверсі, знизившись на ситах на другому і надходження в витратні бункера на першому поверсі.

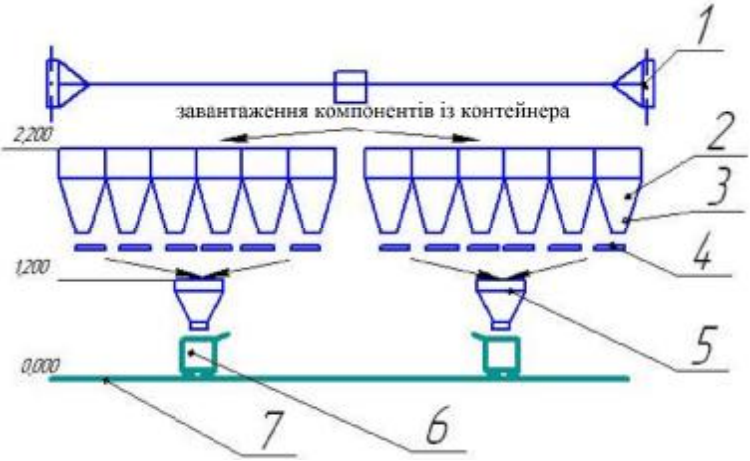
Автоматизоване дозування. Електродне виробництво, що випускає 40-60 тис. т електродів в рік, щодня має готувати 60-80 т сухої шихти. З метою забезпечення такої кількості дуже бажано не тільки механізувати приготування сухої шихти, а й автоматизувати його (рис. 2.32).

Порошки готових матеріалів після їх приготування на першому поверсі передаються пневмотранспортом, з використанням вакуумного насоса, в бункер-розвантажувач, розташований на третьому поверсі. Відкриттям шибера компонент пересипається в видатковий бункер підвішений на другому поверсі і на ваги.

Відважений матеріал надходить на транспортер, розташований під всією лінією ваг. Схема дозволяє одночасно зважувати кілька матеріалів. Як транспортер успішно застосовують вібраційні трубчасті

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

конвеєри з низькою частотою вібрації, що дозволяють забезпечити високу ступінь захисту від пилоутворення.



1 - кран-балка; 2 -бункер; 3 - датчик рівня; 4 - живильник гвинтовий (збірний); 5 -дозатор ваговий ДВ- 80; 6 - візок; 7 - рейковий шлях

Рисунок 2.32 – Схема автоматизованої лінії дозування

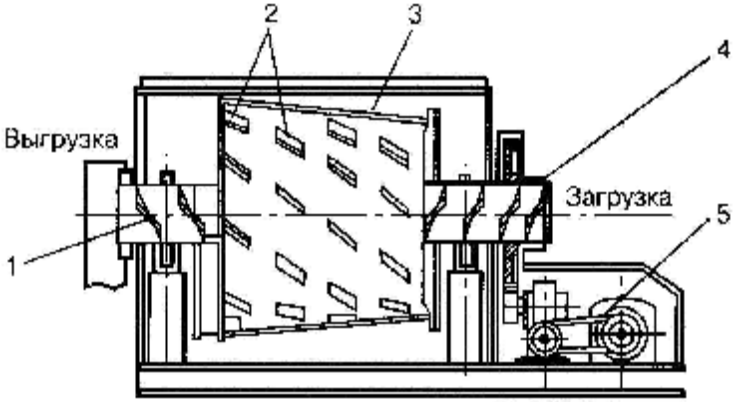
2.17 Переміщування сухої шихти, контроль і зберігання

Зважені компоненти перед виготовленням обмазувальної маси повинні пройти операцію сухого змішування. Це забезпечує підвищення стабільності хімічного складу наплавленого металу і механічних властивостей металу шва. При великому обсязі виробництва з використанням автоматизованої лінії дозування, зазвичай, застосовують реверсивний змішувач (рис. 2.33), розташований на першому поверсі безпосередньо під лінією дозування. Дозована суха шихта самопливом потрапляє у змішувач, в якому перемішується протягом встановленого часу.

На виробництвах з невеликим або середнім об'ємом випуску електродів для перемішування сухої шихти можуть служити також кульові млини з періодичним завантаженням, або змішувач типу «п'яна бочка» (рис. 2.34, 2.35). "П'яна бочка" - поширена сленгова назва змішувача гравітаційного, що є циліндричною місткістю, вісь

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

обертання якої перетинає вісь циліндра під певним кутом (найчастіше 30…45°). При обертанні місткості завантажені в неї компоненти циклічно падають від одного торця до іншого, якісно перемішуючись. Основна перевага конструкції - гранична простота реалізації.



1 – шнек для вивантаження шихти; 2 – лопаті;3 - обичайка змішувача; 4 - шнек для зантаження шихти; 5 – привод реверсивний

Рисунок 2.33 - Схема реверсивного змішувача

Суха шихта в ці змішувачі завантажується з контейнера з відкидним дном, який кран-балкою встановлюється над люком млина або «п'яної бочки». При цьому повинні використовуватися відповідні пристосування для установки контейнера і дотримуватися умови, що оберігають робоче місце від пилу.

Для гарантії виключення сторонніх домішок в деяких випадках суху перемішану шихту додатково просівають на механічному або вібраційному ситі зі стороною отвору сітки близько 1 мм. Це найлегше здійснюється на автоматизованих лініях з вертикальним розташуванням устаткування, що дозволяє матеріалу перемішатися самопливом від однієї дільниці до іншої.

Готова суха шихта повинна зберігатися окремими порціями, підготовленими до приготування обмазувальної маси. Не можна зсипати сухі заміси, що готуються у велику ємність. Справа в тому, що наявність навіть невеликої вібрації, завжди існує в виробничих приміщеннях, призводить до розшарування сухої шихти. Частинки матеріалу з високою щільністю поступово переміщуються вниз, витісняючи на поверхню частинки з меншою щільністю. Ця обставина особливо помітно може проявитися в сухий шихті для електродів

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

спеціального призначення.

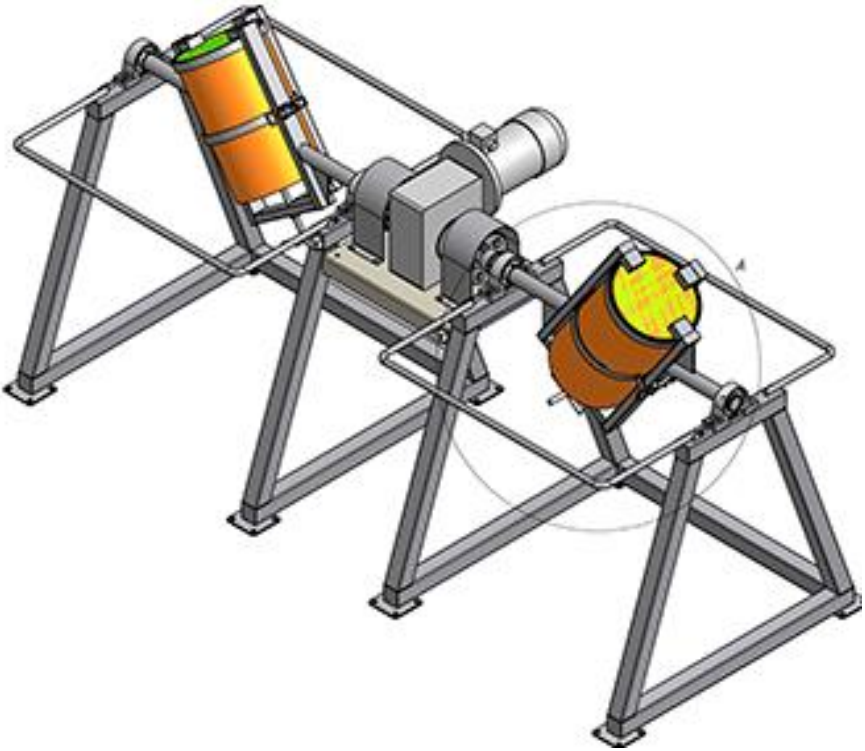


Рисунок 2.34 - Загальний вид змішувача типу «п'яна бочка» на дві місткості

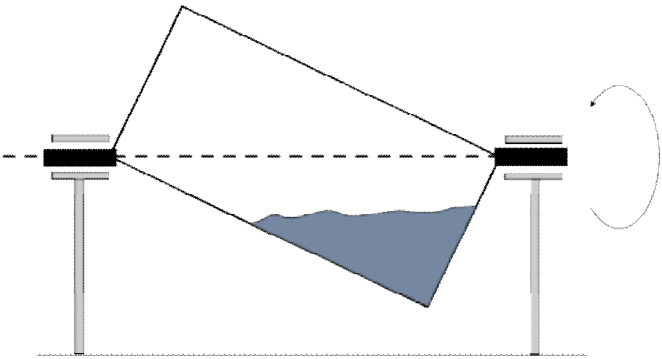


Рисунок 2.35 - Схема змішувача типу «п'яна бочка»

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

В результаті при виготовленні електродів з верхніх порцій сухої шихти наплавлений метал виявиться збідненим легуючими елементами, а при виготовленні електродів з останніх порцій метал може бути «перелегованим».

ЛІТЕРАТУРА

1. www.MetalTorg.ru.
2. Сидлин З.А. Производство электродов для ручной дуговой сварки. - К.: Экотехнологія, 2009. – 464 с.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com