

Лекція 2 ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОДНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Принципова технологічна схема електродного виробництва складається з таких основних операцій :

- прийом і підготовка сировинних матеріалів;
- приготування електродної маси;
- пресування заготівель;
- випалення;
- ущільнення;
- графітація;
- механічна обробка заготівель.

За цією схемою виробляють графітовану продукцію. При виробництві вугільних виробів виключенням є процес графітації, а товарні маси після змішування і брикетування відправляють споживачеві.

Незважаючи на різноманітність виробів електродного виробництва вони виготовляються за загальним способом. Процес полягає в спекаючому випаленні виробів, відформованих з суміші сипкого вугільного матеріалу з добавкою єднальних речовин.

На рис. 2.1 приведена принципова схема виробництва електродних виробів усіх видів. Проте залежно від початкової сировини, а також від наявності того або іншого технологічного устаткування схема виробництва може змінюватися.

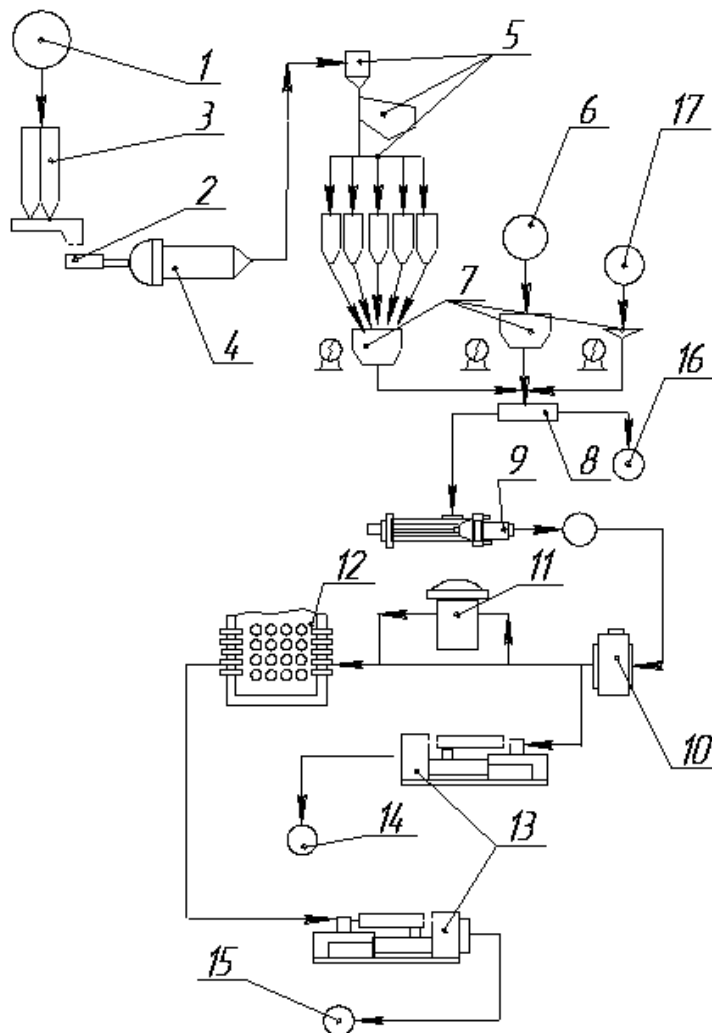
Виробництво електродної продукції характеризується великою кількістю операцій і значною тривалістю процесу, що досягає, наприклад, при виробництві графітованих виробів більш 2-х місяців.

Дуже важливо чітко організувати роздільний прийом і закрите зберігання сировинних матеріалів різних за властивостями. Це дозволить забезпечити точне дозування сировини на наступних стадіях виробництва, що є основою для отримання виробів стабільної якості.

Тверді вуглецеві матеріали, що поступили на завод, зберігаються в спеціальних, обов'язково закритих, складах, де оберігаються від зволоження і засмічення.

Зазвичай ці матеріали прибувають на завод в шматках розміром 25 - 70мм. На заводі матеріали заздалегідь дробляться на зубчастих вальцьових або щічних дробарках. Міра попереднього дроблення визначається

технологічними операціями і наявністю устаткування. Для великих шматків існує операція ручного піддроблення на колосникових решітках перед попереднім дробленням.



1 - склад сировини; 2 - попереднє дроблення; 3 - прожарення; 4 - подрібнення; 5 - розсівання по фракціях в сортові бункери; 6 - склад єднальних матеріалів; 7 - дозування; 8 - змішування; 9 - пресування заготівель; 10 - випалення; 11 - просочення; 12 - графітація; 13 - механічна обробка; 14 - склад готової продукції; 15 - склад графітованих електродів; 16 - товарні маси; 17 - склад добавок

Рисунок 2.1 - Технологічна схема електродного виробництва

Зберігання кам'яновугільного пека визначається способом застосування його у виробництві. Зазвичай пек застосовується в рідкому стані, тому його зберігають в спеціальних бункерах, що обігріваються, їх називають пекоплавителями. Якщо пек використовується в твердому виді, його зберігають в критих приміщеннях. При роботі на твердому пеці в складських приміщеннях встановлюють дробарки для подрібнення пека.

Розчинники (антраценове масло) зберігаються в цистернах і поступають безпосередньо в відділення змішування.

Усі види єднальних матеріалів, пройшовши стадію попередньої підготовки, поступають безпосередньо на переділ змішування, звідки після зважування подаються в змішувальні машини.

Вуглецеві матеріали після попереднього дроблення поступають на прожарення.

Після прожарення виробляють подрібнення і класифікацію матеріалів.

Середнє подрібнення може вироблятися на кульових млинах з ситами або вальцових дробарках з наступною класифікацією на грохотах. Для отримання тонких фракцій застосовуються трубчасті млини.

Розділені по класах крупини вуглецеві матеріали зберігаються в дозувальних бункерах. Для кожного виду матеріалу і для кожного розміру зерна має бути свій бункер. Бункерне відділення обладнано спеціальними дозувальними вагами.

Бій електродів, що утворюється при пресуванні, випаленні, графітуванні і механічній обробці, повертається у виробництво, пройшовши операцію дроблення. Технологія переробки уточнюється залежно від виду бою і умов його застосування.

Після зважування усі матеріали поступають в змішувальні машини, де з окремих компонентів вуглецевих матеріалів і єднальних готується однорідна суміш, звана електродною масою. Електродна маса або поступає для наступної переробки на електродні вироби, або видається як готова товарна продукція.

Для зручності транспортування і застосування електродну масу формують (брикетують). Відформована маса, пройшовши випробування, поступає на склад зберігання готової продукції.

Маса, що призначається для виробництва електродів, після змішування передається в пресовий цех і, після того, як в ній буде досягнута рівномірна температура, піддається трамбуванню. Ця операція здійснюється або безпосередньо в контейнері пресу, або на окремих машинах, з яких затрамбований блок завантажується в контейнер пресу.

Після охолодження спресовані електроди зберігаються на проміжному складі. З цього складу вони поступають на випалення. Виробничий цикл для одних виробів закінчується цим переділом, і після випробування вони поступають на склад готової продукції. До таких виробів відносяться аноди для електролізу алюмінію, деякі види футерувальних блоків.

Інші обпалені вироби перед вступом на склад готової продукції повинні піддаватися механічній обробці для надання їм товарної форми.

Деякі обпалені вироби призначаються для графітування. Графітовані вироби або поступають безпосередньо на склад готової продукції, або ж передаються на завершальну операцію - механічну обробку. Тут вироби поступають на різні верстати залежно від необхідної форми обробки. Переділ механічної обробки оснащується необхідним набором верстатів різних типів, щоб забезпечити різноманітні вимоги до готових виробів.

Як показує багаторічний досвід роботи заводів, усі технологічні операції мають велике значення для забезпечення високого виходу якісної продукції.

Дотримання режимів змішування, охолодження і пресування електродної маси, а також застосування мундштуків заданої геометрії при формуванні дає можливість отримувати заготівлі з високим виходом придатного. При випаленні, найтривалішому процесі, заготівлі зазнають значні термохімічні зміни, в результаті яких формуються основні властивості майбутніх виробів. Для забезпечення збереження форми і цілісності заготівель, отримання міцного однорідного по структурі обпаленого матеріалу, необхідно строго витримувати усі технологічні параметри випалення.

При наступній термообробці заготівель в печах графітації вони придбають високу електро- і теплопровідність. В даному випадку вимагається дотримання не лише електричних режимів графітації, але і схем завантажень заготівель і упаковки печі пересипним і теплоізоляційним матеріалами.

Точна обробка ніпеля і ніпельного гнізда досягається в процесі механічної обробки, значною мірою впливає на питому витрату електродів у споживача.

У отриманні якісних виробів електродного виробництва важливу роль грає контроль дотримання технологічного режиму і властивостей сировини, напівпродуктів і готової продукції на кожному переділі.

2.2 Підготовка сировини для виробництва електродної продукції

Підготовка вуглецевих матеріалів значною мірою визначає стабільність технологічного процесу виробництва електродної продукції і виходу придатного на переділах пресування, випалення, графітації і механічної обробки. При підготовці сировини здійснюється ряд технологічних операцій: витримка пека при температурі, сушка прожареного вуглецевого

наповнювача або прожарення вуглецевого наповнювача, дроблення, розмол і розсівання на сортові фракції вуглецевого наповнювача.

На електродний завод пек поставляють в рідкому виді в залізничних термоцистернах, що обігриваються, і у разі потреби розігривають до температури не менше 120 - 130°C (марки А і Б) і 160-180°C (марка В). Після цього пек зливають в пекоприймники або пекоплавители, місткість яких від 50 до 500т. Загальна місткість пекосклада має бути не менш 15-добового запасу.

Перед подачею у виробництво пек вистоюється в пекоплавителях при наступному режимі: температура не нижче 125°C, тривалість вистоювання пека не менше 3 годин після досягнення заданої температури. Потім пек подають в напірні баки змішувально-пресового переділу або у відділення просочення при вмісті вологи не більше 0,3% і у вспучуваності не більше 15%. Стабільність властивостей пека, що подається на дозування, багато в чому визначається стабільністю температурного режиму напірних баків.

Основне призначення витримки пека при температурі, використовуваний на "зеленому" переділі, - це стабілізація його властивостей в цьому температурному інтервалі.

У виробництво пек поступає через сітчастий фільтр (осередки розміром 1мм). У бачках стабілізації (напірні бачки), що обігриваються, оснащених мішалками, усереднюється температура циркулюючого в них пека. При досягненні заданих температур пек з бачка стабілізації через дозатор подається в змішувачі.

Усі вуглецеві матеріали, що поступають на електродний завод, підлягають термообробці: сушці або прожаренню. Сушать термоантрацити і прожарений кокс. Прожарюють антрацити і кокс, отриманий при температурах коксування ні нижче 1000°C.

В результаті термічної обробки сировини формується комплекс властивостей, що визначають значною мірою кінцеві характеристики вуглеграфітових виробів.

Сушка. Термоантрацит, що поступає на завод, або прожарений кокс після відбору проб і перевірки їх на відповідність сертифікатам вивантажують з вагонів в закриті склади сировини. При цьому необхідно стежити, щоб різні види сировини не змішувалися між собою.

Вологість прожареного матеріалу перед наступними технологічними стадіями його переробки не повинна перевищувати 0,3%, а за час зберігання і

транспортування він може набрати до 10% і більше вологи. Сушка є процесом видалення вологи з твердих матеріалів випаром її і відведенням пари, що утворюється.

Теплову сушку здійснюють двома основними способами: конвективним, тобто безпосереднім зіткненням сушарного агента (нагрітого повітря, паливневих газів) з висушуваним матеріалом; контактним, тобто нагріванням висушуваного матеріалу яким-небудь теплоносієм через теплопровідну стінку. Для сушки вуглецевої сировини застосовують барабанні сушарки.

Прожарення. Для стабілізації властивостей вуглецевої сировини, що визначають його поведінку при подрібненні, взаємодії з єднальними при змішуванні і гомогенізації, пресуванні, випаленні і графітації, його необхідно прожарювати.

Прожарення - це термічна обробка сировини, при високих температурах без доступу повітря або у відновній атмосфері. В процесі прожарення з сировини повністю віддаляються волога і значна частина летючих речовин, що складаються в основному з горючих газів, збільшується коксуюча і пікнометрична (істинна) щільність, підвищується електропровідність і механічна міцність матеріалів.

При прожаренні відбувається зміна розмірів і маси шматків вуглецевої сировини. Спад маси пов'язаний з видаленням з матеріалу вологи і летючих речовин. Зміна розмірів, пов'язана з ущільненням структури, є складним фізико-хімічним процесом, на ранніх стадіях якого переважають хімічні зміни, а потім структурні перетворення.

При нагріванні в інтервалі температур 100-400°C сировина як би повертається до температури коксування, кокс розм'якшується і спучується. Від 400°C починається постійне виділення летючих, а приблизно 500°C - об'ємна усадка коксу. Найбільш інтенсивні усадкові явища в крекінговому і піролізному коксі відбуваються при температурах максимального виділення летючих (550-700°C). В інтервалі температур 700-1000°C летючі речовини, що виділяються, майже повністю зазнають пірогенетичне розкладання до елементного вуглецю і водню. У цьому інтервалі швидкість газовиділення зменшується, але зростає глибина піролізу.

Об'ємна усадка антрацитів, що містять від 2 до 4,5% летючих речовин, коливається в межах 7,5-13,5%. При прожаренні антрацитів в інтервалі до 900°C зміна структурних параметрів фактично майже не спостерігається. З

подальшим підвищенням температури до 1300°C відзначаються значні структурні перебудови. Виділення летючих речовин починається при 200-250°C. Швидкість газовиділень для усіх вуглецевих матеріалів з підвищенням температури росте неоднаково. Газовиділення наростає до певного інтервалу температур, наприклад для нафтового коксу до 650-700°C, антрацитів до 700-800°C. При подальшому підвищенні температури газовиділення різко знижується і при 1100-1300°C в основному завершується.

Зміна змісту летючих у вуглецевих матеріалах при прожаренні залежить від швидкості нагріву і хімічній перебудові речовини, що протікає при цьому.

У електродному виробництві електричні прожарювальні печі (електрокальцінатори) використовують для прожарення антрацитів.

Нагрів матеріалу в електрокальцінаторі здійснюється внаслідок перетворення електричної енергії на теплову. Електрокальцінатор є однофазною піччю опору. Гріючим електроопором є сам прожарюваний матеріал.

Технологічні умови обслуговування електрокальцінаторів зводиться до завантаження і розвантаження матеріалу і підтримки теплового режиму регулюванням кількості електроенергії, введеної в піч. Завантаження і вивантаження здійснюють періодично малими порціями по 10-20кг або постійно. Тепловий режим регулюють за свідченнями амперметра або лічильника електроенергії при періодичному завантаженні. Вивантаження виконують при максимальних свідченнях амперметра, що вказує на зниження електроопору матеріалу. Витрата електроенергії на 1т прожарених матеріалів складає 400-1200кВт/год.

2.3 Підготовка сортових фракцій наповнювачів

Сировинні матеріали, що поступають на завод, повинні відповідати вимогам діючих стандартів і технічних умов. Сировину завантажують в критий склад на спеціально обладнані майданчики окремо по видах. Умови зберігання сировини повинні унеможливити його забруднення і змішування різних його видів.

Повернення в виробництво ("зелені", обпечені, графітовані) зберігають по видах, змішування їх заборонене.

Операції дроблення, подрібнення і грохочення наповнювачів є поширеними і дуже енергоємними в процесі підготовки фракцій будь-яких матеріалів. Дроблення і подрібнення в будь-якому виробництві не є ланками технологічних процесів, а є лише підготовчими операціями.

У електродному виробництві технологічні процеси дроблення і подрібнення виконують основну мету - скорочення лінійних розмірів наповнювачів і забезпечення в достатній кількості сортових фракцій наповнювача, необхідних для складання виробничих рецептур.

Різноманітність фізико-механічних властивостей і розмірів шматків наповнювачів і різних вимог, що пред'являються до продуктів дроблення, зумовили різноманіття типів дробарок. У виробництві електродної продукції увесь процес отримання різних класів можна розділити на велике (попереднє) дроблення, середнє дроблення і тонке подрібнення.

Для великого дроблення (700-100мм) використовують щічні і зубчасті дробарки. Для середнього дроблення (15-0,5мм) застосовують конусні, молоткасті і валкові дробарки.

Тонше дроблення частіше називають подрібненням. Для подрібнення використовуються кульові і вібраційні млини. Розмір подрібнення складає від 0,5мм і менш.

Класифікація наповнювачів за фракціями. Класифікація - це розподіл подрібненого матеріалу по фракціях, до складу яких входять зерна, ближчі по розмірах, чим в початковій суміші. На електродному заводі для класифікації використовують грохоти різних типів: вібраційні, плоскі що коливаються, барабанні і колосникові.

Матеріал який поступає на грохочення, називається початковим, що залишається - надрешітним (верхнім) продуктом, провалюється через отвори сита - підрешітним (нижнім) продуктом.

На ефективність грохочення істотно впливають вологість матеріалу, форма отворів сит, нахил сит, швидкість руху зерен по ситі, амплітуда і частота коливань короба віброгрохотів. Нахил сита і швидкість руху зерен по ньому підбирають залежно від матеріалу.

2.4 Приготування електродної маси

Дозування сировинних матеріалів виконують двома способами: по масі або об'єму. Дозування за об'ємом застосовують у виробництві вуглецевих мас

на змішувачах безперервної дії. Об'ємне дозування пека здійснюється рідинними дозаторами ДЖА- 20/2,5; дозування крупки - гвинтовими живильниками ПВ-200Э1, подача аспіраційного пилу і тонкого помелу - шлюзовими живильниками ШП-400Э. Подана шихта збирається і транспортується до безперервного змішувача шлаковим гвинтовим конвеєром. Спосіб об'ємного дозування найбільш простий в реалізації. Проте він не забезпечує високу точність дозування, оскільки маса дозованого матеріалу залежить від об'ємної щільності.

Останнім часом у зв'язку із збільшеними вимогами до якості електродної продукції великого поширення набув перший, точніший спосіб - вагове дозування компонентів шихти і звязуючого. Точність дозування фракції коксу і звязуючого відповідно до прийнятого рецепту і у поєднанні з точністю гранулометричного складу наповнювача грає важливу роль в забезпеченні стабільності властивостей продукції.

Для дозування пеку застосовують ваги циферблатів РП-3Ц або індивідуальні дозувальні пекові бачки, підвішені на тензометричний вимірювальний пристрій. Останнім часом впроваджується автоматична система дозування пека, розроблена Запорізькою філією ВНИКИЦМа. Система дозволяє контролювати кількість звязуючого, що задається.

Дозування сухих компонентів шихти виробляється за допомогою електровагового візка ЭВТ- 1,5 або Т105 Т- 2-2. Ваги циферблатів забезпечують зважування з точністю $\pm 2\%$. Візок переміщається по рейках під рядом бункерів з матеріалом. Виробляється наростаючий набір окремих фракцій матеріалу через дисковий затвор в гирло сортових бункерів.

Мета змішування - отримання маси у вигляді однорідної суміші, здатної добре сприймати пластичну деформацію.

Процес приготування електродної маси полягає в перемішуванні і нагріванні сипких компонентів наповнювача, введення звязуючого і змішування його з шихтою.

Приготована суміш компонентів наповнювача зі звязуючим характеризується механічною і структурною однорідністю. Механічна однорідність досягається перемішуванням сипучих компонентів за порівняно короткий час (5-10хв). Після введення звязуючого механічна однорідність досягається в результаті багатократного ділення маси і рівномірного розподілу пека за об'ємом змішувача. У міру підвищення температури суміші і зростання рухливості звязуючого внаслідок інтенсивних зрушень

деформацій настає структурна однорідність, але маса ще не придатна до деформації; вимагається додатковий час на рівномірний розподіл в ній пластичних властивостей. На цьому, завершальному етапі змішування зерна наповнювача обволікаються плівкою пека; пек заповнює мікропори коксу, витісняючи з них повітря.

Електродну масу готують в змішувачах періодичної дії.

Найбільшого поширення набули двороторні змішувачі періодичної дії із зетоподібними лопатями місткістю 2000л з паровим обігрівом і нижнім вивантаженням. Машина змішувача складається з двох роторів, що обертаються в протилежних напрямках, розташованих в очвоподібному броньованому днищі з двох напівциліндрів. Напівциліндри розділені по середній лінії знімальним литим гребенем. У змішувачі відбувається змішування і одночасний розподіл маси, що забезпечується напрямом обертання ротора на розділяючий гребінь. При зворотному обертанні ділення маси не відбувається, вона спучується під кришкою змішувача і не промішується. У кришці передбачені люки для завантаження сухих компонентів шихти, пека, видалення летючих речовин і пилу; а також оглядовий люк, що має гідравлічний привід. Маса вивантажується через люк в днищі корита.

Технологією змішування електродних мас передбачений наступний порядок роботи. Перед пуском устаткування встановлюють тиск пера 0,25-0,35МПа, що забезпечує прогрівання корпусу змішувальної машини до 130-140°C. Правильність їх налаштування перевіряють, контролюючи температуру паропроводів на вході і виході з машини. Якщо різниця температур складає 3-5°C, то це свідчить про нормальний режим обігріву. При більшій різниці температур вимагається регулювання лінії скидання конденсату. Температуру паропроводів вимірюють термощупом з точковим датчиком на основі терморезистора КМТ- 14.

У розігріту змішувальну машину вводять суху шихту і нагрівають її протягом 15-20хв, після чого додають розплавлений до 135-140°C кам'яновугільний середньотемпературний пек. Час зливу пека повинен забезпечувати рівномірне зростання завантаження електродвигунів. Час зливу пека не повинен перевищувати 10хв, оскільки буде потрібно збільшення загального часу змішування маси.

Після змішування внаслідок підвищеної температури маса формується з недостатньою мірою ущільнення. Тому вимагається її охолодження до температури формування.

Якщо в контейнер пресу завантажується маса з декількох змішувальних машин, то додатково виникає необхідність в усереднюванні маси за властивостями.

Для одночасного охолодження і усереднювання використовують міксери-усереднювачі різної місткості, по конструкції що мало відрізняється від змішувальних машин. У ряді випадків як охолоджувач застосовують змішувачі типу Анод- 4.

Для пресів великої потужності (35 і 63МН) застосовуються міксери-усереднювачі типів М4- 4000 і М4- 8000 по завантаженню, кратному завантаженню двома і чотирма змішувальними машинами відповідно.

Міксери-усереднювачі в основному застосовують для виробництва графітової продукції. Для вугільної продукції використовують барабанні охолоджувачі, у вигляді труби, що обертається. На внутрішній поверхні труби по гвинтовій лінії встановлені ребра. Обертання барабана реверсивне з трьома швидкостями. Маса охолоджується повітрям, що пропускається усередині барабана, в якому вона повергається грудкуваною і охолодженню.