

УДК 621.762.06

Зіборов К. А., Ванжа Г. К., Максименко К. В.

ПРО ЗНОС РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ БАНДАЖІВ ВАЛЬЦЬОВИХ ПРЕСІВ В УМОВАХ ТЕХНОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Джерелом сировинної бази для здобуття нових видів компонентів металургійної шихти є відходи гірничо-металургійного комплексу України, що утворюються і накопичуються в процесі видобутку і переробки природних ресурсів. У вирішенні проблеми повної утилізації відходів промисловості є певні труднощі. Безпосередньо гранулометричний склад і наявність великої кількості дрібних фракцій в цих відходах не дозволяють використовувати їх в промислових агрегатах без спеціальної підготовки, що полягає в кускуванні. У зв'язку з цим істотно зросла актуальність розробки і створення нового вигляду шихтових матеріалів, технологій і устаткування для їх виробництва.

Перспективним методом кускування є брикетування, що дозволяє шляхом пресування отримувати міцні шматки однакових розмірів, маси і форми, вводити в сировину різні компоненти і тим самим формувати його оптимальний склад.

Основним агрегатом технологічного устаткування для виробництва брикетів є брикетний прес. В даний час у виробництві брикетів найбільш широкого поширення набули вальцьові преса, що забезпечують безперервність процесу, низькі експлуатаційні витрати і порівняно невеликі габарити в порівнянні зі штемпельними, кільцьовими та іншими пресами.

На Вільногірському гірничо-металургійному комбінаті (ВГМК) вальцьові преса використовуються для брикетування шихти що складається із ставролітового концентрату, доломітової муки і алюмофлюса. Як єднальна речовина застосовують натрієве рідке скло.

Необхідність періодичної заміни формуючих елементів, у зв'язку з незначним терміном їх служби порівняно з останніми деталями і вузлами преса вимагають особливого конструктивного виконання. Тому робоча поверхня вальців виконується у вигляді знімних бандажів, на яких розташовуються формуючі елементи у вигляді лінзовидних чарунок. Бандажі виготовляються зі сталі 20Х. Після механічної обробки їх піддають цементації та об'ємному гарту. Після термічної обробки глибина цементованого шару складає 1,5 мм (рис. 1).

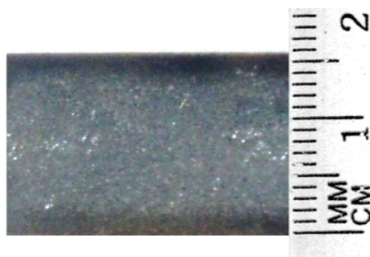


Рис. 1. Макроструктура сталі 20Х після термічної обробки

Процес брикетування складається з наступних етапів: подача шихти в зону пресування між вальцями преса, пресування шихти і формування брикетів, звільнення брикетів від тиску пресування.

Для забезпечення цього процесу вальцьовий комплекс включає: пристрої, дозуючі компоненти шихти; змішувач; вальці, що обертаються назустріч один одному, з формуючими елементами; настановну раму з привідним механізмом; транспортні і додаткові пристрої.

Суміш, що брикетується, подається на вальці преса із завантажувального бункера. В процесі брикетування робоча поверхня вальців зношується і бандаж піддається заміні. Схема зносу формуючих елементів бандажа на ВГМК представлена на рис. 2.

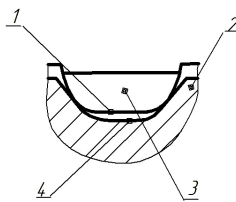


Рис. 2. Результат накладення зношеного профілю бандажа на стандартний:
1 – вихідний контур чарунки; 2 – перемичка; 3 – чарунка; 4 – контур зношеної чарунки

Поглиблена ділянка чарунки зношена на 1,3–1,5 мм, а перемички зношені на 3,5–4,5 мм. При глибині цементованого шару 1,5 мм допустимий знос формуючих елементів складає 3,5 мм. Мікрорельєф зношеної поверхні характеризується подряпинами, орієнтованими по напрямку ковзання. На рис. 3 і 4 представлені знов виготовлені бандажі і зношені.

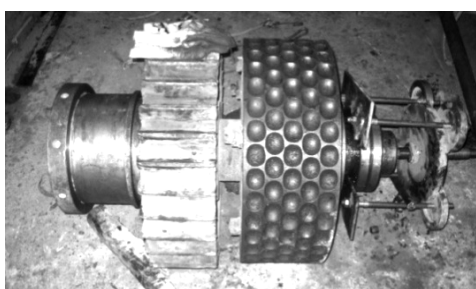


Рис. 3. Бандаж із стандартними формуючими елементами

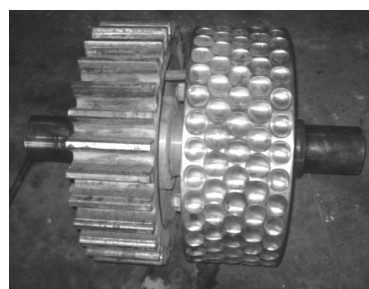


Рис. 4. Бандаж зі зношеними формуючими елементами

У літературі [1] детально розглянуті різні конфігурації і розміри формуючих елементів, а також досліджений їх вплив на розподіл щільності в брикетах, особливості протікання процесу пресування, проте питання аналізу чинників, що впливають на знос бандажів вальцювих пресів вивчений недостатньо повно.

Зносостійкість бандажів вальцювих пресів безпосередньо впливає на безперервність роботи всієї технологічної лінії брикетування і якість продукції. Тому дослідження чинників, що впливають на знос формуючих елементів бандажів в процесі брикетування є актуальним, а їх результати можуть бути використані при проектуванні вальцювих пресів.

Метою статті є визначення чинників, що впливають на активний знос формуючих елементів бандажів.

Дослідження механізму утворення осередку деформації і ущільнення шихти в незамкненому об'ємі при пресуванні у вальцях уявляє інтерес здобуття інформації про процес зношування робочої поверхні бандажа.

Під осередком деформації мається на увазі об'єм шихти, розташований між вальцями і обмежений зверху перетином, в якому є контакт між шихтою і обома вальцями, а знизу зміненим перетином виходу спресованого брикету з вальців. Розглянемо схему формування осередку деформації у вальцях однакового діаметру з виконаними на робочих поверхнях формуючими елементами у вигляді сферичних вічок (рис. 5).

При пресуванні об'єм шихти, що знаходиться між вальцями, можна розділити на три характерні зони: зону подачі I, зону зрушень II і зону пресування III [2].

Кут подачі шихти $\alpha_{ш}$ відповідає товщині подачі H і визначає рівень шихти над лінією центрів виконавчих органів.

Шихта залучається до зони пресування III внутрішніми силами тертя (між частками шихти) і зовнішніми силами тертя (між поверхнею бандажа і прилеглою шихтою). У зоні подачі I відбувається ковзання шарів шихти, що залучаються до зони ущільнення, відносно поверхні вальців і один одного відбувається щільніші, ніж при насипанні, укладання часток шихти і вона потрапляє в зону ущільнення з щільністю, рівній насипній масі утруски [2].

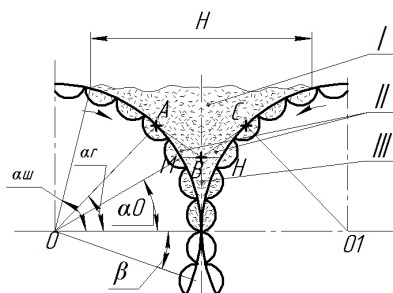


Рис. 5. Схема формування осередку деформації в симетричних вальцях з чарунками на робочій поверхні

При переміщенні шихти із зони I у зону II, в результаті дії сил тертя на контактній поверхні бандажа і через специфічні фізико-механічні властивості самої шихти, відбувається утворення зон зрушень II (ускладненої деформації) (рис. 5), у яких шихта згідно з умовами рівноваги знаходиться в заклиненому стані [3].

Взаємодія зон ускладненої деформації II, що належать різним вальцям, приводить до часткового їх руйнування і утворення з боку вільної поверхні шихти зони зрушень ABC. Зона зрушень обмежена від зони подачі лініями ковзання AB і BC. По лініях ковзання відбувається зрушення шихти, що деформується. В результаті відтиснення шихти вгору по лініях ковзання, назустріч напрямі подачі, відбувається її ковзання по поверхні бандажів, утворюючи зону відставання. Нижче за лінії ковзання відносні зсуви часток відсутні, і шихта переміщується в зону пресування III. Прилеглий до вічок бандажів шар шихти не ущільнюється, причиною цього є зовнішнє тертя [3].

У зоні пресування III, нижче за лінію MN, починаючи з кута α_0 , під силовою дією валків шихта поступово ущільнюється і формується до товщини брикету. Зона, обмежена кутом β є зоною розвантаження.

На щільність брикетів можна впливати зміною рівня шихти в зоні деформації. Це пояснюється тим, що збільшення кута захвату шихти збільшує зону деформації. При збільшенні рівня шихти збільшуватиметься зона контакту валка з шихтою, а отже збільшиться і тиск на вальці.

Істотним недоліком при брикетуванні є нерівномірна подача шихти в зону пресування. При вільному насипанні шихта ущільнюється в середній частині бандажа. При цьому відбувається нерівномірний знос вічок по ширині бандажів. Найінтенсивніше зношується середній ряд чарунок. Це негативно впливає на термін служби преса, а також на якість брикетів. Менший знос елементів крайніх рядів перешкоджає зближенню вальців у міру зносу формуючих елементів, для створення оптимального зазору, а також тиску пресування. В результаті збільшується кількість неспресованої шихти в середній частині бандажів, що направляє на повторне брикетування. Максимальна кількість суміші, що йде на повторне брикетування, досягає 20–25 %.

Недостатня глибина цементованого шару бандажів також обмежує їх термін служби. У нашому випадку при глибині цементованого шару 1,5 мм допустимий знос формуючих елементів бандажів складає 3,5 мм. У літературі [4] встановлено, що при виборі матеріалу і термічної обробки деталі, яка працює в умовах інтенсивного зносу, необхідно враховувати запас на знос. Це означає, що глибина зміцненого шару деталі, що піддається зношуванню, завжди має бути більше граничного зносу. Це положення теорії конструкційної зносостійкості необхідно приймати при виборі матеріалу деталі і виборі методу зміцнення її поверхневого шару. Якщо глибина зміцненого шару менше граничного лінійного зносу деталі, то доцільність вживання даного методу зміцнення не є очевидною. З врахуванням запасу на знос висока зносостійкість деталі у ряді випадків може бути отримана із застосуванням матеріалу відносно низької зносостійкості. При правильному виборі стали об'ємний гарт без хіміко-термічної обробки забезпечує вищий термін служби, ніж цементация.

З приведенного аналізу виходить, що на знос формуючих елементів бандажів впливає тиск пресування, зовнішнє і внутрішнє тертя, а також якість матеріалу, з якого вони виготовлені.

У роботі [5] була досліджена залежність коефіцієнта зовнішнього f_1 і внутрішнього f_2 тертя від тиску пресування для досліджуваних шихт (шлам і штиб вугільний, алюмінієва і чавунна стружка). В результаті досліджень залежності f_1 і f_2 від тиску пресування для всіх досліджуваних шихт виявилися однаковими. Значення f_1 і f_2 зменшувалися з підвищенням тиску пресування. Тенденція, що спостерігається, до зниження коефіцієнта зовнішнього тертя досліджуваних зразків з підвищенням тиску пояснюється взаємодією часток в тонкому приконттактному шарі, як між собою, так і з поверхнею бандажа. Із зростанням тиску шихта ущільнюється, покращується заповнення міжчасткового простору (упаковка), частки деформуються і поверхня шихти стає більш гладкою по площині зрушення.

Встановлена залежність f_1 і f_2 від тиску пресування дозволяє зробити висновок про те, що при брикетуванні вальці преса більш всього зношуватимуться на стадії початкової деформації (у зоні I), коли ще недостатньо ущільнена шихта має можливість рухатися по поверхні вальців.

Основним технологічним навантаженням при пресуванні є тиск шихти, що брикетується, на вальці, урівноважений з боку преса зусиллям розпору. У роботі [6] було досліджено напружений стан бандажів вальцьових пресів в процесі брикетування.

Розглянемо дію сил на поверхні захоплюваного чарунками шару шихти (рис. 6) на одиничному майданчику в крапці А при режимі пресування, що встановився. З боку вальців на шихту діють наступні сили:

P_n – нормальний тиск;

P_t – тангенціальна сила або сила тертя.

З боку пресованої шихти на вальці діють сили:

P_z – горизонтальна сила або опір шихти стискуванню;

P_v – вертикальна сила або сила, що залучає шихту до вальців.

Було встановлено [6], що характер зносу залежить від розподілу і величини силових чинників процесу брикетування. Підтверджується те, що знос поглиблених ділянок чарунок формуючої поверхні бандажа відбувається у наслідок дії високих по значенням вертикальних складових навантажень з боку ущільнюваної шихти. Це свідчить про наявність інтенсивних сдвигових деформацій на межі контакту шихти з поверхнею формуючого елемента, які є причиною активного абразивного зносу останнього.

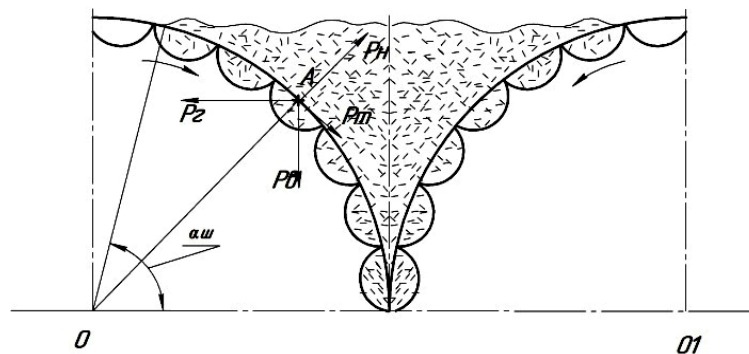


Рис. 6. Схема сил, що діють на поверхні захоплюваного чарунками шару шихти

На інтенсивний знос перемичок чарунок впливає дія високих по значенням напруги в їх околицях. Формуючі елементи поблизу перемичок сприймають значний по величині тиск пресування. Знаходячись в зоні пресування, кожна з перемичок випробовує двостороннє навантаження від брикетів розташованих по обидві сторони від неї. Шихта ж будучи абразивним матеріалом, призводить до пластичних деформацій поверхневих шарів металу робочої поверхні бандажа, що супроводжується мікрорізнанням.

Тиск на поверхні тертя і швидкість відносного ковзання є основними параметрами, що впливають на знос робочої поверхні бандажа. Для загального випадку процесу зношування прогнозування швидкості зношування $V_{зн}$ м/с, доцільно вести по формулі [7]:

$$V_{зн} = k \cdot p^m \cdot v^n,$$

де k – коефіцієнт зносу, що характеризує умови зношування; p – питоме навантаження, Па; v – швидкість ковзання, м/с; m і n – показники міри, що характеризують режим і вид мастила, залежні від властивостей єднальних компонентів.

Для абразивного зношування $m = n = 1$, отже, формула (1) набере вигляду:

$$V_{зн} = k \cdot p \cdot v.$$

Формула (2) показує лінійну залежність зносу від номінального тиску і швидкості ковзання. При дослідженні процесу формоутворення брикетів не приділялося уваги безпосередньо процесу подачі шихти в зону пресування, що є дуже важливим фактором, який впливає на термін служби вихідних ланок пресу та якість отримуваних брикетів.

З приведеного аналізу виходить, що якість брикетів і термін служби бандажів визначається зносостійкістю їх робочої поверхні. Причиною швидкого виходу з ладу бандажів є фізико-механічні властивості шихти, якість матеріалу бандажів, а також нерівномірність подачі шихти в зону деформації.

ВИСНОВКИ

В результаті аналізу роботи вальців встановлено, що на активний знос робочої поверхні бандажів впливає безліч чинників, основними з яких є характер розподілу шихти при подачі в зону пресування, а також якість матеріалу бандажів.

Для підвищення терміну служби робочих органів вальцьових пресів необхідно управляти розподілом потоку шихти, що подається на вальці, а також необхідне вживання в якості матеріалу бандажів об'ємногартованих сталей, що дозволяють отримати глибину загартованого шару не менше 4 мм. Для вирішення цих завдань необхідно:

- розробити нову конструкцію механізму подачі шихти, що дозволяє регулювати рівномірність і щільність шихти, що подається, по ширині вальців;
- створення пристрою для гарту бандажів із сталі, через великі габарити останнього;
- встановлення умов брикетування залежно від тиску пресування, шихти при пресуванні, швидкості зносу та ін.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грузгліна С. Н. Исследование и совершенствование формирующих элементов вальцовых брикетных прессов : автореф. дис. на получение степени канд. техн. наук : спец. 05.02.08 «Технология машиностроения» / София Наумовна Грузгліна; Днепропетровский горный институт им. Артёма – Днепропетровск, 1973. – 24 с.
2. Носков В. А. Механизм формирования очага деформации при брикетировании мелкофракционных шихт в валковых прессах / В. А. Носков // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 1998. – № 2. – С. 137–139.
3. Виноградов Г. А. Теория листовой прокатки металлических порошков и гранул / Г. А. Виноградов, В. Л. Каташинский. – М. : Машиностроение, 1979. – 223 с.
4. Тененбаум М. М. Сопротивление абразивному изнашиванию / М. М. Тененбаум. – М. : Машиностроение, 1976. – 271 с.
5. Исследование физико-механических свойств мелкофракционных промышленных отходов, определяющих их поведение при брикетировании / В. А. Носков, В. И. Петренко, Б. Н. Маймур и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 1998. – № 4. – С. 104–107.
6. Носков В. А. Исследование напряженного состояния и характера износа бандажей брикетировочных валковых прессов / В. А. Носков, К. В. Баюл // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2007. – № 1. – С. 78–82.
7. Проников А. С. Надежность машин / А. С. Проников. – М. : Машиностроение, 1978. – 592 с.