

Винахід стосується агломератного брикету для використання у шахтних печах, Согех-печах і доменних печах, способу виготовлення таких агломератних брикетів, а також використання дрібного і тонкого пилу залізної руди.

При видобуванні, збагаченні, попередній обробці і переробці руд у великих кількостях утворюється залізовмісний пил з тонкою і дрібною зернистістю до 3 мм. Для отримання можливості використання цього пилу для виробництва металу його частинки слід об'єднати у форму, придатну для подальшого використання. У металургії звичайними способами такого об'єднання дрібного і тонкого пилу є агломерація і грудкування.

При агломеруванні рудного пилу суміш зволоженої руди із коксовими висівками чи іншим носієм вуглецю з додаванням вапняку, негашеного вапна, олівіну чи доломіту поміщають на циркулюючу решітку, так звану «агломераційну стрічку», і випаляють зверху. Наявний у цій суміші вуглець згорає при допомозі продувального повітря і зумовлює спікання частинок руди. При досягненні кінця агломераційної стрічки розміщений на стрічці шар повністю спікається. Скріплену таким чином залізну руду подрібнюють, ще у розжареному стані просіюють і подають на охолоджувач, в якому здійснюють настільки щадне охолодження, що міцність спечених грудок не погіршується. Агломерат, отриманий після наступного відсіювання дрібних частинок, завдяки добрій газопроникності і відновлюваності придатний для безпосереднього використання у доменних печах.

За допомогою відомих способів агломерування економічно вигідно може бути переведений у форму грудок лише рудний пил, що містить частинки розміром 2мм і більше. Рудний пил зі значно дрібнішими частинками може бути залучений до виробництва металу шляхом грудкування.

При грудкуванні тонкий рудний пил і концентрати з розмірами частинок до 1мм формують у маленькі кульки, діаметр яких становить зазвичай 10-15мм. Для цього рудний пил звожують і змішують із в'язучим засобом, що складається із доменного шлаку і цементу, в кількості до 10мас.%. У обертових барабанах або на обертових дисках із цієї суміші виробляють так звані «сірі окатки». Отримані ще сірі окатки сушать і спікають при температурах понад 1000°C у шахтних печах, обертових трубних печах чи на агломераційних стрічках. Детальне представлення рівня техніки у галузі грудкування тонкого рудного пилу наведено у публікації DE 33 07 175 A1.

У разі отриманих методом грудкування окатків порівняно з суцільними грудками руди гарантується рівномірний розподіл частинок, стала якість і добра газопроникність при відновленні. Правда, існує загроза спікання окатків при їх відновленні або втрати форми, наслідком чого може бути незадовільний результат відновлення. Тому внаслідок технічно складного і дорогого процесу виготовлення окатки мають обмежене використання.

Інший спосіб використання оксиду заліза у формі тонкого порошку для виробництва чавуну представлений у доповіді Майкла Петерса та ін. (Michael Peters et al. "Oxygen Cupola for recycling waste oxides from an integrated steel plant, прочитаній 17.06.2003 року на третій Міжнародній конференції з питань науки і технології виробництва сталі (3rd International Conference on Science and Technology of Steel Making METEC Congress 03), що відбулася у Дюссельдорфі, і у описаний статті Крістіана Бартелса фон Фарнбюлера (Christian Bartels von Varnbueler, "A new process for recycling steelplant wastes"), яку можна знайти в Інтернеті за адресою "http://briquet.ru/eng/related_articles.shtml". З використанням цього відомого способу, відомого також під назвою "спосіб OxiCup", залишки оксиду заліза, що у великих кількостях утворюються у формі відфільтрованого пилу при виробництві чавуну, з великим економічним ефектом як повторно використовуваний матеріал можуть бути повернуті у процес плавки. Для цього залишки добування залізної руди у формі від дрібно- до тонкозернистого порошку (пил оксиду заліза) змішують з носієм вуглецю, таким як коксові висівки, водою і цементом, діючим як в'язучий засіб. Із суміші формують блоки, що мають шестикутну основу.

Після сушіння отримані таким чином блоки, з одного боку настільки сипкі і текучі, що без проблем можуть бути подані до використовуваних для виробництва чавуну OxiCup-печей. З іншого боку, вони настільки міцні і стабільні, що здатні витримати навантаження, викликані шаром матеріалів, завантажених у піч.

При опусканні із високого положення при завантаженні у напрямку гарячої зони OxiCup-печі блоки нагріваються до температур понад 1000°C. Наявний у блоках носій вуглецю перетворюється у газ CO, що зумовлює безпосереднє відновлення наявної у блоках частки оксиду заліза. Таким чином OxiCup-процес надає у розпорядження економічний метод повторного використання рудного пилу, що утворюється при виробництві чавуну.

При видобуванні і збагаченні залізної руди у зонах родовищ утворюються великі кількості дрібного і тонкого рудного пилу. Зберігання і утилізація цього пилу є значною проблемою, оскільки значні витрати, пов'язані з його агломерацією чи грудкуванням, ускладнюють економічне використання. Це веде до значних проблем при утилізації дрібного і тонкого залізрудного пилу на місці видобування чи збагачення.

Для економічного використання також і не використовуваного досі рудного пилу винахід пропонує агломераційний брикет для використання у шахтних печах, Согех-печах і доменних печах, який містить (у масових процентах) 6-15% цементного в'язучого засобу, до 20% носія вуглецю, до 20% залишкових і оборотних матеріалів, на вибір до 10% прискорювачів тужавіння і тверднення, а решта - залізооксидна руда у формі частинок розміром менше, ніж 3мм, і через три дні має початкову границю міцності щонайменше 5 Н/мм², а через 28 днів має границю міцності на стиснення у холодному стані щонайменше 20 Н/мм².

На протипагу рівню техніки згідно з винаходом може бути використаний дрібний і тонкий залізрудний пил. Такі залізні руди в основному не містять заліза у формі металу, а лише чистий оксид залізу що може бути забруднений незначною кількістю нерудних матеріалів. Тому відповідні винаходові агломератні брикети мають принципово інші властивості, ніж брикети, виготовлювані досі згідно з рівнем техніки із залишкових і оборотних матеріалів.

Так, відповідні винаходові рудні брикети мають значно вищу первинну і остаточну міцність, ніж відомі брикети із залишкових матеріалів. Завдяки властивій відповідним винаходові агломератні брикети які у готовому стані мають високу міцність на стиснення щонайменше 20 Н/мм², вони надійно можуть протистояти тисковим шару засипки у доменній печі.

Відповідні винаходові агломератні брикети мають мінімальну граничну міцність на стиснення 10 Н/мм².

При цьому відповідні винаходів агломератні брикети мають таким чином узгоджений склад, що при використанні у доменній печі у ситуації, коли в'яжучі властивості цементу при підвищеній температурі і тривалому нагріванні порушуються, утворене при цих температурах губчасте залізо як опорний каркас може підтримувати газопроникність брикетів, а також усього вмісту доменної печі. Особлива міцність і стійкість форми відповідних винаходів агломератних брикетів робить їх особливо придатними для використання у шахтних печах, Согех-печах і доменних печах.

Таким чином відповідно до винаходу можливе використання дешевого, досі не використовуваного дрібного і тонкого пилу, що утворюється при видобуванні і збагаченні залізних руд у родовищах, для виробництва металу. При цьому завдяки використанню цементів як в'яжучих засобів навіть найтонший пил може бути сформований у міцний блок, який має оптимальні споживчі властивості як при виготовленні, так і при використанні.

Додатковим позитивним ефектом винаходу поряд із досягнутими економічними вигодами є суттєве зменшення навантаження на довкілля у зоні видобування і збагачення залізних руд. Рудний пил, який досі попадав у довкілля і завдавав значної шкоди, особливо водам, при застосуванні винаходу може бути використаний з вигодою.

До переваг винаходу з точки зору проблематики утилізації залишкових і оборотних матеріалів належить також той факт, що відповідні винаходів агломератні брикети можуть містити до 20мас.% залишкових і оборотних матеріалів. Під цими матеріалами мають на увазі сукупність матеріалів, що поряд із залізом у формі металу і оксиду містять також інші забруднення. Такі залишкові і оборотні матеріали виникають у ході виробництва і переробки сталі у формі відфільтрованого пилу, колосникового пилу чи прокатної окалини.

Кінцева міцність відповідних винаходів агломератних брикетів настільки висока, що вони здатні протистояти значним навантаженням, що виникають у печах. Оскільки відповідні винаходів агломератні брикети можуть мати значно більші розміри, вони придатні для використання у великих печах, таких як шахтні печі, Согех-печі чи доменні печі, і створюють у них більш сприятливі умови для проникнення газу при відновленні.

Разом з тим початкової міцності відповідних винаходів агломератних брикетів достатньо для того, щоб уже через короткий час після виготовлення їх можна було транспортувати. Завдяки цьому вони можуть бути скоро після їх виготовлення поміщені до сушарки, в якій особливо ефективно здійснюється їх сушіння.

Відповідні винаходів агломератні брикети можуть бути виготовлені на відомих машинах для виготовлення брикетів, таких, наприклад, які використовують для виробництва цегли для бруківки. Такі машини роблять можливим дешеве виготовлення і зроблять свій внесок у встановлення особливо сприятливої вартості виготовлення відповідних винаходів агломератних брикетів, що може забезпечити економічність їх використання.

Витратна теплова обробка, необхідна при звичайному агломеруванні чи грудкуванні, при виготовленні відповідних винаходів брикетів не потрібна. Завдяки цьому відсутні неодмінні при спіканні випалювальні гази, що у меншій мірі навантажують довкілля.

Практичні дослідження показали, що відповідні винаходів агломератні брикети роблять можливим господарське використання залізорудного пилу в широкому діапазоні розмірів частинок до 3мм. Так, пил з розмірами частинок до 1мм може бути без проблем оброблений і ефективно використаний так само, як і залізорудний пил з розмірами частинок до 500мкм, який утворюється зазвичай у зоні родовища. Також і рудний пил з розмірами частинок у діапазоні 5-30мкм, які утворюються при грудкуванні залізної руди у формі так званого "Pellet Feed" («сировина для грудкування»), успішно може бути використаний для виготовлення відповідних винаходів агломератних брикетів.

Дослідження показали, що навіть виловлені із водного розчину, утворені при виготовленні рудного концентрату частинки руди розмірами до 7мкм можуть бути з вигодою використані для виробництва заліза, якщо із них сформувати відповідні винаходів агломератні брикети.

Залізні руди, що містяться у відповідних винаходів агломератних брикетах у вигляді тонкого пилу, перебувають переважно у гематитовій (Fe_2O_3), магнетитовій (Fe_3O_4) і/або, вюститній (FeO) модифікаціях, діаметр частинок яких також становить переважно менше, ніж 0,1мм.

Тут слід особливо підкреслити, що винахід уможливорює залучення до виробництва чавуну також залізовмісних матеріалів, які погано піддаються спіканню чи грудкуванню.

Відповідно до цього для виготовлення відповідних винаходів агломератних брикетів може бути залучена залізна руда у формі геотиту ($\text{FeO}(\text{OH})$). Сказане дійсне навіть тоді, коли геотит має розмір частинок до 2мм, причому можуть бути використані також частинки, що мають розміри значно менші, ніж 2мм.

Для забезпечення якомога більш ефективного використання при виробленні чавуну у відповідному винаходів агломератному брикеті вміст заліза повинен становити щонайменше 40мас.%.

У винаході використано саму по собі відому думку про холодне зв'язування цементом наявного у формі каменя рудного пилу без теплової обробки. Поряд із уже згаданим використанням рудного пилу, що важко піддається спіканню і грудкуванню, зв'язування із використанням цементу надає можливість під час виробництва чавуну через відповідні складові цементу керувати шлаковим режимом, зокрема його складовими MgO , CaO , SiO_2 , Al_2O_3 .

Як цементний зв'язуючий засіб може бути використаний портландцемент або шлакоцемент, які можна недорого придбати. Зв'язуючий засіб змішують із залізорудним пилом як гідралічну цементну фазу. Особливо добрі споживачські властивості при одночасно оптимізованому використанні ресурсів досягаються тоді, коли відповідні винаходів агломератні брикети містять 6-15мас.% цементного зв'язуючого засобу. При такому вмісті цементу визначена через три дні границя міцності на стиснення становить щонайменше 5 Н/мм², а через 28 днів відповідний винаходів брикет має границю міцності на стиснення у холодному стані щонайменше 20 Н/мм². Однак в залежності від вмісту інших складових може бути також доцільним збільшення вмісту цементного зв'язуючого засобу до 20мас.% або зменшення до значення, меншого, ніж 5мас.%.

Особливо вигідною при використанні у печі для виробництва чавуну виявилася поведінка відповідних винаходів агломератних брикетів при нагріванні. Так, у відповідному винаході брикеті, що складається із залізорудного пилу у форматі каменя, зв'язаного цементом, при температурі до 400°C відбувається зростання міцності. У діапазоні температур від 400 до 800°C відбувається лише незначне зменшення міцності. На основі такої поведінки агломератні брикети на своєму шляху у печі зберігають свою форму так довго, що вони надійно можуть бути переміщені аж до гарячої зони плавлення. Лише при температурах понад 800-1000°C їх міцність швидко зменшується. Губчасте залізо, що утворюється в цьому температурному діапазоні під час відновлення, при подальшому нагріванні забезпечує стійкість форми агломератного брикету і підтримує його газопроникність.

Якщо це доцільно з технологічної точки зору, наприклад, для дотримання певного часу циклу, відповідний винаходів агломератний брикет поряд із цементним зв'язуючим засобом може містити також на вибір прискорювач тужавіння і тверднення, наприклад, рідке скло, глиноземистий цемент, хлорид кальцію, сіль лужного металу, зокрема натрієву сіль, або целюлозний клей, такий як клейстер.

Відповідно до винаходу оброблені у формі пилу рудні камені можуть бути як безпосередньо відновлені за допомогою відновлювального засобу (носія вуглецю), так і використані без відновлювального засобу. Якщо відновлювальний засіб присутній, то максимальний вміст агломератного брикету на носії вуглецю не повинен перевищувати 20мас.%. У цьому разі оптимальне узгодження частки вуглецю з масовою часткою заліза досягається тоді, коли агломератний брикет містить 8-15мас.% носія вуглецю. Однак якщо частка легких складових у відповідному винаході агломератному брикеті висока, то за рахунок підвищення вмісту складової носія вуглецю може бути скомпенсована знижена відновлювальна здатність.

Як носій вуглецю с принципі придатні усі матеріали, що містять здатний до відновлення вільний вуглець. Можуть бути використані: коксовий пил, коксовий дріб'язок, коксові висівки чи антрацит. Розміри частинок носія вуглецю становлять до 2мм. Носій вуглецю з такими розмірами частинок може бути придбаний дуже дешево, а при виробленні чавуну використовується дуже складно.

Відповідні винаходів агломератні брикети можуть мати циліндричну, прямокутну чи багатокутну форму, щоб, з одного боку, забезпечити достатню стабільність, а, з іншого боку - щоб після завантаження до печі забезпечити між ними відстані, достатні для проходження газу. Особливо у разі, коли агломератні брикети мають форму з багатокутною, зокрема шестикутною основою, оптимально використовується формотвірна поверхня.

У «сирому продукті», тобто після формоутворення у вологому стані, вміст води у відповідному винаході агломератному брикеті становить менше, ніж 25%. Виготовлення землісто-вологих виробів простіше порівняно з обробкою мас з вищим вмістом води. До того ж, завдяки відповідному винаході обмеженню вмісту води можна уникнути надто високих витрат енергії для випаровування надлишкової води у печі.

Неочікувано виявилось, що відповідні винаходів агломератні брикети в ході стандартизованого RuL-тесту ("RuL" = Reduction under Load, відновлення при завантаженні) досягають значення коефіцієнта відновлення щонайменше 80%, зокрема до 100 % (коефіцієнт відновлення [%] = $(Fe_{met}/Fe_{ges}) \cdot 100\%$).

Завдяки тому, що винахід пропонує використання дрібного і тонкого залізорудного пилу у форматі каменя з розмірами часток до 3мм для виготовлення агломератних брикетів, для вироблення чавуну можуть бути використані навіть такі види рудного пилу, які досі важко або й зовсім не могли бути економічно використані для цієї цілі.

Відповідні винаходів агломератні брикети можуть бути виготовлені дуже просто. Для цього залізну руду у форматі каменя, у формі дрібного чи тонкого пилу з максимальним розміром частинок 3мм змішують з використанням як гідралічна цементна фаза зв'язуючим засобом, а також на вибір із носієм вуглецю, залишковими і оборотними матеріалами і/або прискорювачем застигання чи тверднення із застереженням, що частка цементного зв'язуючого засобу у отриманій суміші (у масових процентах) становить 6-15%, частка носія вуглецю становить до 20%, частка залишкових і оборотних матеріалів становить до 20%, а частка прискорювача застигання чи тверднення становить до 10%. Отриману суміш заповнюють форми.

Згідно з першим варіантом способу після цього суміш спресовують перед її висиханням. Однак альтернативно замість спресовування може бути здійснена вібраційна обробка поміщеної у форму суміші для досягнення якомога більш однорідного розподілу і з'єднання окремих складових суміші. Оптиміальні властивості агломератних брикетів можуть бути досягнуті завдяки тому, що спресовування і струшування можуть бути здійснені у комбінації або послідовно.

Нижче винахід детальніше пояснений на прикладах виконання із залученням фігур. На них зображено:

Фіг.1 Діаграма зміни міцності агломератного брикету згідно з винаходом від температури;

Фіг.2 Діаграма зміни міцності агломератного брикету згідно з рівнем техніки від температури;

Фіг.3a Діаграма зміни температури відповідного винаходів агломератного брикету від часу нагрівання;

Фіг.3b Діаграма зміни висоти відповідного винаходів агломератного брикету від часу нагрівання;

Фіг.3c Діаграма втрати ваги відповідного винаходів агломератного брикету від часу нагрівання.

Під час описаних нижче дослідів досліджені агломератні брикети були піддані так званому «модифікованому RuL-тесту». При цьому тесті за допомогою газової атмосфери шахтної печі у статичних умовах моделювали розплавлення агломератних брикетів у шахті шахтної печі. Таким чином можна зробити висновок про те, чи достатньо утворення губчастого заліза із відновлення носія вуглецю агломератного брикету для протидії руйнуванню цементного зв'язування при зростанні температури без погіршення газопроникності шахтної печі внаслідок розм'якшення чи руйнування агломератних брикетів. Моделювання припиняли при температурі 1000-1100°C.

Дослід I

У першому досліді досліджували поведінку відновлення агломератних брикетів, виготовлених із дрібно- і тонкозернистого гематитного залізорудного пилу, отриманого при грудкуванні залізорудного матеріалу ("Pellet Feed"). Розміри частинок лежали у діапазоні 5-30мкм.

Залізорудний пил змішували із носієм вуглецю у формі коксового пилу і зв'язуючим засобом у формі

швидко тужавіючого, наявного у продажу стандартного цементу. Отримана суміш містила (у масових відсотках) 70-80% залізного пилу, 10-15% коксу і 10-15% зв'язуючого засобу. Приготовану таким чином суміш подавали на відому брикетувальну машину, струшували і спресовували у агломератні брикети, які мали шестикутну основу зі стороною близько 30мм і висоту 110мм.

Після сушіння агломератні брикети піддавали модифікованому RuL-тесту. При цьому було встановлено, що коефіцієнт відновлення («металізації») використаного гематитного залізорудного пилу становив 95,2%, а коефіцієнт видалення вуглецю становив 82,7% (коефіцієнт видалення вуглецю [%] = ((загальний вміст вуглецю перед початком тесту)-(загальний вміст вуглецю в кінці тесту))/(загальний вміст вуглецю перед початком тесту) · 100%). Кокс, що перебував у крупнозернистій фракції, був використаний. Всередині досліджуваних брикетів ще було видно залишки чистого коксу. На Фіг.1 для досліджених у досліді I відповідних винаходів агломератних брикетів наведено хід зміни міцності St у $[Н/мм^2]$ в залежності від температури T $[^{\circ}C]$. Виявилося, що відповідні винаходів брикети уже при кімнатній температурі мають початкову і кінцеву границю міцності на стиснення понад 20 $Н/мм^2$. Міцність брикетів зростає до температури близько 300 $^{\circ}C$ і практично до температури 850 $^{\circ}C$ залишається в діапазоні близько 20 $Н/мм^2$. Лише від 850 $^{\circ}C$ міцність зменшується і при 1000 $^{\circ}C$ становить все ще понад 3 $Н/мм^2$.

Для порівняння на Фіг.2 наведено хід залежності міцності St у $[Н/мм^2]$ від температури T $[^{\circ}C]$ для агломератних брикетів, виготовлених способом згідно з рівнем техніки із використанням залишкових матеріалів. Явно видно, що початкова і кінцева границя міцності на стиснення при кімнатній температурі лежить в діапазоні близько 12 $Н/мм^2$. Лише при подальшому підвищенні температури у діапазоні близько 400 $^{\circ}C$ настає гострий пік міцності до близько 22 $Н/мм^2$. Однак потім міцність настільки різко зменшується, що при 900 $^{\circ}C$ становить лише 2 $Н/мм^2$.

На Фіг.3а лінією "KS" позначено хід зміни температури у $[^{\circ}C]$ для агломератного брикету із складом згідно з дослідом I (з коксовим носієм вуглецю) в залежності від часу нагрівання у хвиликах. Додатково нанесено відповідну лінію "HK" для агломератного брикету, в якому замість коксу носієм вуглецю є деревне вугілля, а в решті мають такий же склад досліді I. Між кривими виявилися лише незначні відхилення.

На Фіг.3d нанесені залежності втрати маси dG у грамах від часу нагрівання t_h для виготовлених із використанням вугільного пилу, досліджених у досліді I агломератних брикетів (крива "KS") і для брикетів, що як носій вуглецю містять деревне вугілля (крива "HK"), а в решті мають такий же склад, як і брикети у досліді I. І тут між кривими виявилися лише незначні відхилення.

Зрештою, на Фіг.3с представлено зменшення висоти H_s від часу нагрівання t_h для агломератних брикетів, тестованих у досліді I (крива "KS"), і для агломератних брикетів, що як носій вуглецю містять деревне вугілля, а в решті мають такий же склад (крива "HK"). І знову виявилися лише незначні відхилення між кривими.

Фігури 3а-3с через виявлені зміни температури T_s , висоти H_s і втрати маси dG агломератних брикетів KS і HK підтверджують, що уже при температурах понад 800 $^{\circ}C$ починається відновлення Fe-металу. Цей процес спостерігався незалежно від виду вуглецевого матеріалу (коковий пил, деревне вугілля). Утворений внаслідок металізації опорний каркас при високих температурах протидіє наступаючому зменшенню міцності, завдяки чому забезпечується міцність агломератних брикетів, достатня для пропускання газу і подальшого переміщення аж до зони доменної печі, де твердий матеріал на своєму шляху вниз під дією зростаючих температур стає пластичним («когезивна зона»).

Дослід II

У другому досліді спочатку залізорудний пил із залізорудного концентрату, що походив із родовища Carol Lake, Канада, з розмірами частинок до 500мкм і співвідношенням гематит/магнетит 1:1 змішували з коксовим пилом як носієм вуглецю і швидко тужавіючим, наявним у продажу стандартним цементом як зв'язуючим засобом. Отримана суміш містила (у масових процентах) 70-80% залізорудного пилу, 10-15% коксового пилу і 10-15% цементу. Із приготованої суміші поясненим у досліді і способом були виготовлені агломератні брикети.

Виготовлені таким чином агломератні брикети також піддавали модифікованому RuL-тесту. Коефіцієнт відновлення становив 95,6%, а коефіцієнт видалення вуглецю становив 85%. Тривалентна фаза заліза була відновлена повністю.

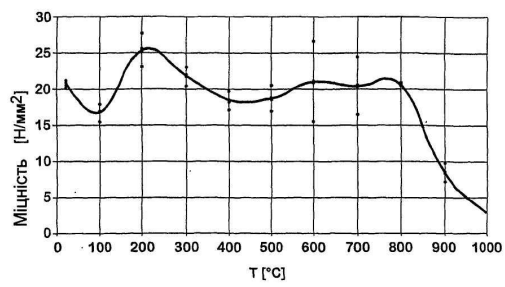
Для порівняння залізорудний пил, що складався переважно із магнетиту і мав розміри частинок до 1мм, із концентрату, що походив із родовища Guelbs/Kedia, Мавританія, також змішували із коксовим пилом і швидко тужавіючим, наявним у продажу цементним зв'язуючим засобом.

І у цьому разі частка залізної руди у суміші становила 75мас.%, частка коксу -13мас.%, а частка цементу - 12мас.%.

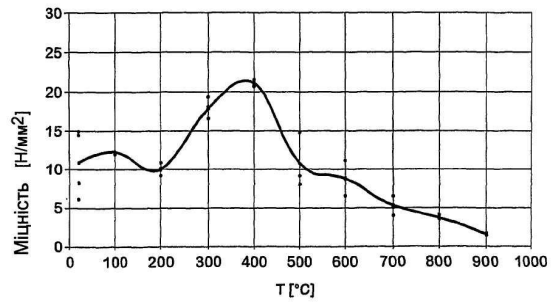
Виготовлені відповідно до досліді I із цієї суміші агломератні брикети також піддавали модифікованому RuL-тесту.

Коефіцієнт відновлення становив 88,3%, а коефіцієнт видалення вуглецю становив 83,2%.

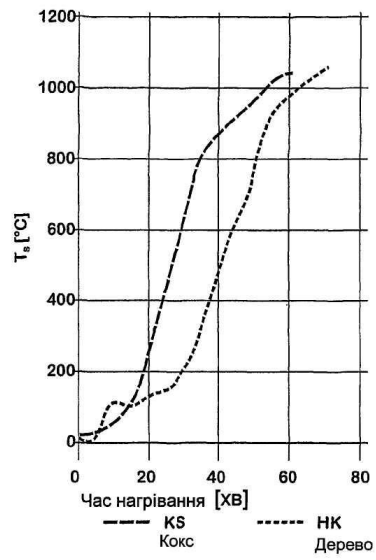
У інших дослідіх було підтверджено, що лише такі відповідні винаходів агломератні брикети, виготовлені із використанням зібраного водними розчинами, утвореного при виготовленні рудних концентратів, пилу з розмірами частинок до 7мкм, у RuL-тесті впевнено досягають значення коефіцієнта відновлення 80%.



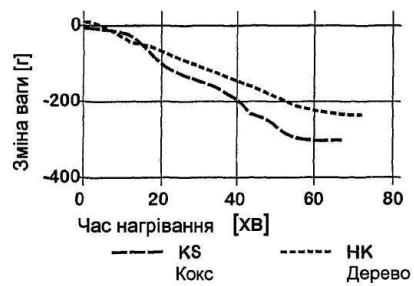
ФІГ. 1



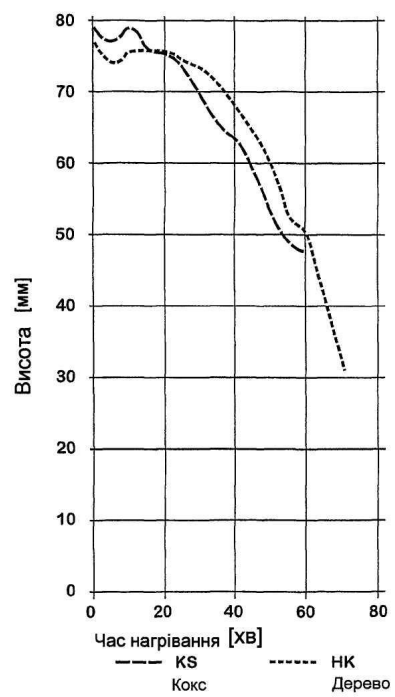
ФІГ. 2



ФІГ. 3а



ФІГ. 3б



ФІГ. 3с