

сокращением расхода газообразного восстановителя, на образование которого в доменной плавке кокс специально не расходуется.

Таким образом, и при снижении потребности в углероде процессов нагрева расход кокса в зависимости от r_d изменяется не по кривой с каким-то оптимальным значением аргумента (max или min), а по прямой C^B в пределах от $r_d = 0$ до $r_d = 1,0$. При любом постоянном значении C_0^T (теплопотребности плавки) оптимальное значение C^B соответствует точке К. Любое отклонение от него, так же как и в ранее рассмотренном случае, нарушает нормальный нагрев печи и при его устранении возвращает величину показателя до оптимального значения. При этом от любого “оптимального” значения r_d расход кокса может быть уменьшен путем снижения C_0^B , при одновременном снижении r_d ниже исходного “оптимума”, или путем снижения C_0^T при одновременном повышении r_d выше исходного “оптимума”.

Произведенный анализ позволяет отметить важную роль степени прямого восстановления железа, как своеобразного и универсального синхронизатора изменений расхода углерода в процессах химических (в виде молекул) и физических (в виде калорий и джоулей). При любых изменениях потребности плавки в тепле (в джоулях) с помощью r_d соответствующим образом изменяется расход углерода в процессах восстановления (в молекулах) и наоборот, о чем уже было опубликовано ранее [10]. Уместно отметить также и то, что анализируя рассматриваемую проблему, всегда следует иметь в виду, что степень прямого восстановления оксидов железа в доменной плавке определяется потребностью в углероде, процессов восстановления и расходом кокса, а расход кокса – потребностью в углероде процессов нагрева и степенью прямого восстановления. При этом, при снижении расхода кокса степень прямого восстановления всегда возрастает, а при снижении степени прямого восстановления расход кокса всегда снижается; при сокращении потребности плавки в восстановителе это осуществляется в явном виде, а при сокращении потребности плавки в тепле – в скрытом виде.

Вывод. Все доменные печи при нормальном нагреве работают с “оптимальным” для сложившихся условий плавки соотношением прямого и косвенного восстановления оксидов железа.

Список литературы

1. Павлов М.А. Metallurgia чугуна. т. II. Доменный процесс. Изд. 6. – М.: Metallurgizdat, 1949. – 628 с.
2. Любан А.П. Анализ явлений доменного процесса. – М.: Metallurgizdat, 1962. – 532 с.
3. Готлиб А.Д. Доменный процесс. – М.: Metallurgia, 1958. – 510 с.
4. Ефименко Т.Г., Гиммельфарб А.А., Левченко В.Е. Metallurgia чугуна. Киев: “Вища школа”, 1981. – 495 с.
5. Тихомиров Е.Н. К вопросу о развитии косвенного и прямого восстановления в доменной плавке и ее преимуществах перед альтернативными процессами // Сталь. – 1995. – № 11. – С. 8-13.
6. Федулов Ю.В. К вопросу прямого восстановления железа в доменной печи // Сталь. – 1996. – №1. – С. 16-18.
7. Шур А.Б. Проблемы теории доменного процесса в свете дискуссии о принципе Грюнера. Труды V Международного конгресса доменщиков. – Днепропетровск: Пороги, 1999. – С. 261-265.
8. Вегман Е.Ф., Пареньков А.Е., Чургель В.О. Влияние степени прямого восстановления железа на удельный расход кокса в доменных печах // Сталь. – 1983. – №3. – С. 8-10.
9. Донсков Д.Е. Уточнение методики анализа явлений доменной плавки на основе раздельного учета потребностей в углероде процессов восстановления и теплопотребления. Труды V Международного конгресса доменщиков. – Днепропетровск: Пороги, 1999. – С. 204-208.
10. Донсков Е.Г. Анализ перспектив снижения расхода кокса в доменном процессе // Известия вузов. Черная металлургия. – 1990. – №4. – С. 10-13.

Рукопись поступила в редакцию 26.03.13

УДК 669.18

В.В. ПЛОТНИКОВ, канд. техн. наук, доц., ДВНЗ «Криворізький національний університет»

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ УСЕРЕДНЕННЯ ШИХТОВИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИБІДГОТОВЦІ ДО АГЛОМЕРАЦІЇ

Розглянуті основні причини коливань складу агломерату вітчизняних аглофабрик та резерви підвищення ефективності усереднення сировини для аглодоменного виробництва

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. В даний час життєздатність економіки країни значною мірою залежить від конкурентноздатності продукції металур-

гійної промисловості. Якість готової продукції й економічність процесів металургійної переробки визначаються головним чином стабільністю складу вихідної залізородної сировини та агломерату. Тим часом загальновідомо, що агломерат, вироблений на аглофабриках України і країн СНД, у декілька разів поступається по стабільності складу кращим зразкам закордонних виробників (за вмістом Fe $\pm 1,0\%$ проти $\pm 0,2-0,3\%$, а за основністю $\pm 0,1$ проти $\pm 0,02-0,03$). У сучасних економічних умовах вирішити проблеми стабілізації складу агломерату шляхом заміни безнадійно постарілого і зношеного устаткування усереднювальних складів і аглофабрик дуже важко.

У зв'язку з цим у даний час різко зросла актуальність пошуку резервів підвищення стабільності складу агломерату в існуючих умовах жорстких обмежень як матеріально-технічного, так і економічного порядку. Проте дотепер у дослідників немає об'єктивних даних про ступінь використання усереднювальних можливостей існуючих технологій, немає чітких уявлень про закономірності і причини формування коливань складу залізородної сировини і готового агломерату. Відсутня також методика комплексного підходу до рішення технологічних задач по стабілізації складу агломерату при існуючій розмаїтості умов роботи окремих аглофабрик.

Постановка задачі. Таким чином, гостро назріла необхідність у коректному аналізі процесу формування коливань складу агломерату на вітчизняних аглофабриках, що дозволив би конкретизувати джерело і причини коливань складу агломерату на будь-якій ділянці технологічного циклу від стадії видобутку руди до видачі готового агломерату.

Аналіз досліджень і публікацій. Суть проблеми стабілізації складу агломерату з погляду вимог доменного процесу полягає не просто в зниженні абсолютного розміру дисперсії коливань складу агломерату, а в забезпеченні коливань, діапазон частот яких знаходиться б за межами смуги пропускання доменної печі. Коливання, діапазон частот яких припадає на смугу пропускання (їм відповідають інтервали кореляції складу матеріалів τ_k від 200 до 4000 т), умовно називаються середньочастотними і є найбільш шкідливими для режиму доменної плавки. Коливання з інтервалом кореляції менше 200 т відносять до високочастотних (їх гасить сама піч), а коливання з τ_k більше 4000 т - до низькочастотних, що легко усуваються під час регулювання процесу доменної плавки.

Відповідно до теоретичних уявлень, процес усереднення полягає в перемішуванні порцій неоднорідного за складом матеріалу, у ході якого відбувається збільшення хаотичності взаємного розташування багатих і бідних кусків цього матеріалу. Чим краще усереднений матеріал, тим менше розміри скупчень близьких за складом кусків, і тим менше інтервал (протяжність) кореляції коливань складу матеріалу. Узагальненою характеристикою усередненості матеріалу є автокореляційна функція (АКФ) $r_t(\tau) = \sum a_k \cdot e^{-\tau/\tau_k}$ [1], що включає одну або декілька компонент з ваговими коефіцієнтами a_k і інтервалами кореляції τ_k . Загальний розмір дисперсії коливань складу матеріалу залежить як від вихідної неоднорідності матеріалу (її характеризує розмір дисперсії складу від куска до куска σ_t , що у ході перемішування не змінюється), так і усередненості матеріалу (її характеризують параметри АКФ): із зменшенням інтервалу кореляції коливань у процесі усереднення загальна дисперсія зменшується в кінці кінців до σ_t/N . У цілому усереднювальна спроможність будь-якого пристрою або технологічної операції може вважатися задовільною, якщо вона відповідає двом вимогам - з одного боку, повинно забезпечуватися перетворення вихідних коливань складу матеріалу, що усереднюється, в усе більш високочастотні (із відповідним зменшенням їх інтервалу кореляції) із метою зниження абсолютного розміру дисперсії, а з іншого боку, кінцевий діапазон частот коливань усередненого матеріалу повинний перебувати за межами смуги пропускання доменної печі.

Важливість і необхідність підвищення ефективності усереднення сировини для аглодоменного виробництва загальновізані, проте дотепер багато питань теорії і технології усереднення не вивчені. У технічній літературі практично відсутня інформація про характер коливань складу залізородних матеріалів, причини і закономірності формування цих коливань; відсутні також кількісні оцінки усереднювальних можливостей усіх ділянок технологічного циклу підготовки залізородної сировини, оцінки внеску окремих чинників у загальну дисперсію коливань складу агломерату.

Частково це пояснюється відсутністю методики комплексного урахування впливу всіх ділянок технологічного циклу підготовки сировини до спікання на кінцевий результат - частот-

ний діапазон і дисперсію коливань складу агломерату, і відсутністю спроб дослідників і технологів реалізувати можливості вже існуючих методик теоретичного аналізу усереднювальних можливостей окремих вузлів аглофабрики через деякі труднощі їх математичного апарату.

Встановлено, що характер коливань складу покладів рудних родовищ переважно низькочастотний, а середньоквадратичне відхилення (СКВ) вмісту заліза за результатами геологічного випробування складає не менше 4-5%, що відповідає межах коливань $\pm 8-10\%$ (у ці межі вкладається 95% всіх аналізів). На ділянці видобутку руди як шахтним так і кар'єрним способом, характер коливань складу руди змінюється в бік підвищення її усередненості: низькочастотні коливання на 70-80% замінюються середньочастотними і високочастотними. Ці коливання обумовлюють СКВ вмісту заліза 2,6-3,5 % ($\pm 5,2-7,0\%$) в руді перед подачею її на склад. Переважно середньочастотний характер коливань зберігається й у вихідному потоці руди при відвантаженні споживачам, що є показником низької якості усереднення залізних руд на складах гірничорудних підприємств: СКВ вмісту Fe в аглорудах складає не менше 1,5-2,5% ($\pm 3-5\%$) при середньому вмісті від 48 до 56% [2].

Низька ефективність усереднювальних можливостей обумовлена двома причинами. По-перше, потужності існуючих складів не дозволяють усереднювати залишкові низькочастотні коливання, тому що їхній інтервал кореляції на порядок вище ємності формованих штабелів. По-друге, наявне устаткування для формування штабелів (звичайно автостела або РГП), сприяють розвитку сегрегації руди по укосі штабеля, що призводить до появи в потоці руди, що відвантажують, додаткових середньочастотних коливань вмісту Fe та знижує ефективність усереднення в 3-4 рази.

Розрахункові оцінки показали, що існуючі склади гірничорудних підприємств як правило не в змозі забезпечити вимоги технічних умов (ТУ) до якості руди, що відвантажують постачальникам: фактично досяжні межі коливань вмісту заліза складають не менше $\pm 2\%$ [1], що в два рази вище меж, встановлюваних звичайно ТУ. Невідповідність меж коливань вмісту заліза в ТУ реально досяжним можливостям існуючого устаткування і технологій усереднення на гірничодобувних підприємствах є основною причиною перекручування паспортних даних на руду. У ході теоретичних розрахунків доведено, що розмах коливань найчастіше зменшується в 2-3 рази, в результаті чого паспортні дані не мають необхідної достовірності.

Аналіз усереднювальних можливостей збагачувальних фабрик (Криворізьких ГЗК) [2] показав, що в ході технологічного циклу збагачування руда піддається значному усередненню: залізорудний концентрат перед подачею його на склад готової продукції набуває переважно високочастотного характеру коливань. Проте на складах значна частина цих коливань під впливом сегрегації трансформується в середньочастотні (особливо це характерно для криворізьких концентратів), що різко погіршує показник усередненості товарної продукції.

Встановлено, що основною причиною сегрегації є форма і розмір кусків, а не їхнє розходження по питомій вазі (вмісту Fe). В існуючих штабелях масштаб сегрегації досягає 70-80% від максимально можливої для даного виду матеріалу [3]. Отже, коливання вмісту Fe в штабелі рудної суміші, що складається з різних по своїй природі і хімічному складі матеріалів, визначається в першу чергу неоднорідністю її гранулометричного складу. Для зменшення масштабів сегрегації необхідно в першу чергу вживати заходів, що сприяють зменшенню довжини укосу сегрегації і збільшенню однорідності гранулометричного складу матеріалу в окремих порціях, що завантажуються в штабель.

У зв'язку з цим руду на складі постачальника перед відвантаженням споживачу варто не конусувати, а навпроти, додатково сортувати по крупності, відвантажуючи руду з відкоту і середніх зон штабеля в різні вагони.

Усереднювальні можливості складів аглофабрик характеризуються коефіцієнтом не більш 2,5-5,0 в залежності від типу складу і характеру вихідних коливань матеріалів, що усереднюються. Проте реальна ефективність усереднення набагато нижче усереднювальної спроможності штабелів. Мало того, у деяких випадках спостерігається явне розусереднення матеріалу: навіть якщо постачальник відвантажує добре усереднену сировину з високочастотним характером коливань, на складі аглофабрики до 50% цих коливань під впливом сегрегації перетворюється в середньочастотні, що призводить до збільшення СКВ коливань складу в 1,5-1,7 разів в порівнянні з початковим (на вході в штабель) потоком [4].

При спільному усередненні різнорідних матеріалів у загальному штабелі рудної суміші

джерелом додаткових середньочастотних коливань є не тільки сегрегація, але і прояв особливостей існуючої технології почергової пошарової укладки окремих матеріалів у загальний штабель. Саме ці додаткові коливання обумовлюють від 75 до 98% дисперсії складу рудної суміші на виході зі штабеля. Основні причини, що провокують ці коливання: варіації навантаження на транспортерах, що подають, порушення ритмічності постачань сировини і наявність перехідних прошарків у подовжньому напрямку штабеля (в окремих прошарках моменти чергування різнорідних матеріалів не збігаються з торцем штабеля).

При формуванні штабеля за допомогою автостели наслідки сегрегації вдається ліквідувати лише при організації відвантаження, що забезпечує одночасну подачу окремих порцій матеріалу з усіх зон торцевого зрізу штабеля (наприклад, при використанні рудоусереднювальної машини з повномірною бороною, що рихлить). При відвантаженні штабеля екскаватором або РГП вплив сегрегації є вирішальним.

Отже, усереднювальні можливості існуючих складів і технологій усереднення дуже обмежені, проте деякі резерви підвищення стабільності складу залізорудної сировини все ж є. В першу чергу це оптимізація технології формування і відвантаження штабелів рудної суміші на складах аглофабрик, спрямована на зниження впливу сегрегації і зменшення структурної неоднорідності штабеля. Вживання заходів по скороченню середньочастотних коливань на складах постачальників недоцільне: досягнутий ефект буде неминуче зіпсований сегрегацією на складах аглофабрик.

На гірничорудних підприємствах варто звернути особливу увагу на ліквідацію залишкових низькочастотних коливань. Хоча інтервал кореляції цих коливань легко піддається регулюванню і не є небезпечним із погляду смуги пропускання доменної печі, внесок його в загальну дисперсію коливань складу залізорудної частини шихти може виявитися істотним навіть при малій частці цих коливань у загальному спектрі. Оскільки існуючі потужності складів не дозволяють усунувати ці коливання (або хоча б помітно скорочувати інтервал їхньої кореляції), заходи щодо їхньої ліквідації можуть бути реалізовані лише на стадії організації і планування добуткових робіт.

Для всіх аглофабрик вплив випадкових коливань витрати матеріалів при їхньому дозуванні в шихтовому відділенні порівняно невеликий - не перевищує 10-13 % від загальної дисперсії. При цьому найбільш помітні коливання витрати флюсової суміші. Розрахунки показали, що навіть при значному збільшенні коефіцієнтів варіації витрат (у 1,5-2 рази), сумарні розміри дисперсії збільшуються не більш ніж у 1,1-1,2 рази. Таким чином, дисперсія складу шихти обумовлена в основному коливаннями складу шихтових матеріалів на вході в шихтове відділення. Основне джерело коливань вмісту Fe і основності агломерату визначається конкретними умовами роботи аглофабрик.

Зокрема встановлено, що основним джерелом коливань складу агломерату на аглофабриці однаковою мірою є коливання складу як рудної суміші, так і концентрату (їхня пайова участь у дисперсії вмісту Fe приблизно однакова, а дисперсія основності визначається головним чином коливаннями SiO₂ в концентраті). Проте підвищення ступеня усереднення цих матеріалів буде позначатися на коливаннях вмісту заліза й основності агломерату в істотно різній мірі.

Колівання основності особливо помітно можуть скорочуватися при підвищенні усередненості концентрату: наприклад, зниження СКВ коливань складу концентрату в 1,5 рази призведе до скорочення СКВ основності агломерату в 1,2 разів. Така ж зміна усередненості рудної суміші призведе до явно меншого ефекту, СКВ основності знизиться усього лише в 1,05 разів. Колівання вмісту заліза в агломераті можуть скорочуватися в однаковому ступені при більш повному усередненні як концентрату, так і рудної суміші: зменшення СКВ складу кожного з матеріалів у 1,5 рази приводить до зниження СКВ вмісту заліза в агломераті в 1,3 разів [5].

У ході підготовки аглошихти до спікання інтервал кореляції низькочастотних коливань помітно збільшується, а їхня частка в дисперсії складу агломерату як правило знижується; середньочастотні коливання шихтових матеріалів майже цілком відбиваються в коливаннях складу агломерату, але їхній внесок в загальну дисперсію зменшується в 1,2-1,3 за рахунок деяких змін інтервалу кореляції.

Викладення матеріалу та результати. Для виявлення причин змін, що відбуваються, був виконаний кількісний аналіз усереднювальних можливостей бункерів шихтового відділення і тракту повернення. Встановлено, що в бункерах шихтового відділення залізорудні матеріали

піддаються деякому усередненню, що характеризується коефіцієнтом усереднення біля 1,05-1,10. При цьому вирішальним є режим завантаження бункерів; взаємні ж зсуви порцій, що спостерігаються при переміщенні матеріалу в об'ємі бункера, практично не виявляються в скороченні коливань, періодичність яких порівняна з розміром масиву, що випробується. У зв'язку з цим можна вважати, що найбільше ефективним (щодо використання усереднювальних можливостей шихтових бункерів) заходами може бути раціоналізація режиму їх заповнення.

Зокрема, доцільною є орієнтація на циклічний режим завантаження, при якому заповнення чергового бункера починається при найбільшому його спорожненні і припиняється по досягненні максимальної повноти, що може сприяти досягненню коефіцієнту усереднення 1,2-3 [6].

Циркулююче повернення чинить сприятливий вплив на розмір і характер коливань складу агломерату, що оцінюється коефіцієнтом усереднення 1,1-1,2. Позитивний ефект досягається головним чином за рахунок зміни характеру середньочастотних коливань; низькочастотні коливання практично нечуттєві до впливу повернення, - коефіцієнт їх усереднення для будь-яких досліджених варіантів не перевищує розміри 1,02-1,03.

Збільшення кількості повернення в аглошихті для малих (порядка 200 т) розмірів активної місткості тракту повернення і малих (1,0-1,5 год) періодів обороту повернення приводить до деякого зниження коефіцієнта усереднення; збільшення часу обороту повернення за рахунок повного використання бункерів повернення приводить до явного збільшення коефіцієнта усереднення. Трактам із великою активною місткістю (600-700 т) і періодом обороту 4-5 годин властива обернена закономірність - збільшення частки повернення в шихті від 20 до 30% приводить до збільшення коефіцієнта усереднення від 1,15 до 1,19, а зміна періоду обороту повернення майже не позначається на значенні коефіцієнта усереднення. Таким чином, при будь-яких умовах роботи аглофабрик, постійне підтримування максимального заповнення бункерів повернення є одним із способів додаткового скорочення коливань складу агломерату.

У розвиток існуючих положень про вплив ланцюга апаратів на коливання складу агломерату вивчений усереднювальний вплив роздрібно-сортувального відділення аглофабрики [6].

Розрахунки показали, що усереднювальна можливість циклу роздрібнення характеризується коефіцієнтом усереднення не більш 1,3 для стаціонарного режиму роботи ДСФ. Коливання навантаження на транспортерах, що подають відсіяні продукти в загальний потік, негативно позначаються на результатах усереднення, збільшуючи коливання складу вихідного потоку приблизно в 1,2 рази. Порушення стаціонарного режиму роботи призводять до виникнення додаткових середньочастотних коливань складу роздрібною руди, і саме ці коливання виявляються в спектрі і дисперсії коливань складу залізородної частини шихти в шихтовому відділенні аглофабрики.

Ступінь скорочення коливань основності агломерату під впливом регулювальних змін витрати флюсової суміші визначається як

$$\lambda^2 = \frac{\sigma_{B_a}^2}{\sigma_{B_u}^2} = 1 + \rho^2 - 2\rho \cdot r_{B_u}(T) \quad (1)$$

де ρ - фактичний розмір коефіцієнта регулювання; $r_{B_u}(T)$ - значення АКФ коливань основності шихти при зсуві, рівному часу запізнювання T регулювальних впливів.

Час запізнювання T визначається як точка перетинання позитивної і негативної гілок взаємнокореляційної функції (ВКФ) коливань вмісту CaO і SiO₂ в агломераті. Розмір коефіцієнта регулювання ρ визначається з рівняння

$$K_{C_s}(\tau) = K_{C_{S_u}}(\tau) - \rho \cdot \frac{\bar{S}_\phi}{RO_\phi} \cdot K_{C_u}(\tau - T) + \rho \cdot \frac{\bar{S}_\phi \cdot \bar{B}_a}{RO_\phi} \cdot K_{C_{S_u}}(\tau - T) - \rho \cdot \frac{\bar{C}_\phi}{RO_\phi} \cdot K_{C_{S_u}}(\tau + T) + \rho \cdot \frac{\bar{C}_\phi \cdot \bar{B}_a}{RO_\phi} \cdot K_{C_{S_u}}(\tau + T) \quad (2)$$

де індекси "a", "u" і "ф" означають агломерат, шихту і флюс; $\bar{C}, \bar{S}, \bar{B}$ - середнє вмісту CaO, SiO₂ і основності в матеріалах; $RO_\phi = \bar{C}_\phi - B_a \cdot \bar{S}_\phi$ - надлишковий вміст CaO в флюсовій суміші; K_c, K_s - АКФ коливань вмісту CaO і SiO₂ в матеріалах при відповідних зсувах; K_{C_s} - значення ВКФ вмісту CaO і SiO₂ в матеріалах.

У ході аналізу встановлено, що ефективність же регулювання виявляється в зниженні внеску низькочастотних коливань у загальну дисперсію складу й у збільшенні коефіцієнта кореляції між CaO і SiO₂ в агломераті в порівнянні з потоком залізородних матеріалів на вході в шихтове

відділення аглофабрики.

У цілому ефективність регулювання на вітчизняних аглофабриках досить низька: у кращому випадку СКВ основності агломерату знижується не більш, ніж у 1,2-1,4 разів, а для багатьох аглофабрик цей показник ще нижче. Основних причин дві: відсутність синхронності регульовальних змін витрати флюсу з відхиленням складу шихтових матеріалів (на деяких аглофабриках час запізнювання регульовальної зміни досягає 4 годин) і невідповідність ступеня регулювання (розміру коефіцієнта регулювання c) оптимально необхідному. Перша причина обумовлена відсутністю на багатьох аглофабриках експресних методів аналізу складу шихтових матеріалів і агломерату; друга - відсутністю алгоритму розрахунку оптимального розміру коефіцієнта регулювання.

Висновки. Узагальнюючи результати проведеного аналізу закономірностей і причин коливань складу агломерату для аглофабрик, що працюють в істотно різних умовах, можна виділити найбільш загальні:

У існуючих умовах агловиробництва формується діапазон коливань складу агломерату, найбільш несприятливий із погляду смуги пропускання доменної печі.

Середньочастотні коливання складу шихтових матеріалів, інтервал кореляції яких припадає на зону смуги пропускання доменної печі, формуються на виході з усереднювальних складів аглофабрик. Основна причина - низька ефективність складського устаткування, що не в змозі запобігти розвитку великомасштабної сегрегації при формуванні штабеля і ліквідувати її наслідки при відвантаженні матеріалу зі складу. Ці коливання не піддаються регулюванню в шихтовому відділенні і практично цілком відбиваються в агломераті.

Низькочастотні коливання складу вихідних залізородних матеріалів, що виявляються в агломераті, є залишковими коливаннями складу рудних покладів. Обмежена потужність існуючих складів аглофабрик і гірничорудних підприємств не дозволяє ліквідувати повною мірою ці коливання. Через значний розмір їхнього інтервалу кореляції (десятки і сотні тисяч тонн), вони вносять суттєвий внесок у загальний розмір дисперсії складу агломерату навіть при малій їх частці в спектрі коливань.

Список літератури

1. **Петрушов С.М.** До питання про однорідність та усередненість суміші сипких різнорідних матеріалів // Відомості Академії гірничих наук України.- 1998.- № 1.- С. 78-80.
2. **Петрушов С.Н., Кухно Л.В.** Анализ усреднительных возможностей цикла дробления // Сб. научн. трудов Донбасского горно-металлургического института,- 1999.- Вып. 9.- С. 146-152
3. **Кузьминова С.Д., Петрушов С.Н.** Анализ влияния сегрегации на показатели усреднения при различных режимах складирования и отгрузки железных руд // Изв. ВУЗ. Черная металлургия.- 1999.- № 10.- С. 7-10.
4. **Петрушов С.Н., Кухно Л.В.** Анализ влияния усредненности железорудного сырья на режим экономии топливных ресурсов и технико-экономические показатели в агломерационном производстве // Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ).- С-Петербург: 1999.- №10 (22).- С. 133-134.
5. **Русаков П.Г., Кухно Л.В.** Система диагностики усреднительно-складских комплексов разнородных сыпучих материалов // Инф. листок ЦНТИ.- 1990.- № 90-059.
6. **Петрушов С.Н.** Общие рекомендации к поиску решений проблемы стабилизации состава агломерата с целью улучшения экологии и повышения экономии топливных ресурсов. // Материалы Междунар. научно-техн. конф. "Безопасность жизнедеятельности на пороге XXI века", Алушта, сентябрь 1999 г.- Алчевск: ВО МАНЭБ, ДГМИ.- 1999.- С. 57-60.

Рукопис подано до редакції 26.03.13

УДК 621.771.2

В.П. ЧУМАКОВ, старший преподаватель, А.Е. РОМАНЮК, студент
КМИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

Д.В. ГРИНЬ, ст.преподаватель,

Кировоградский государственный педагогический университет им. В.Винниченка

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ВЫХОДА ГОДНОГО МЕТАЛЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОРТОВОЙ ЗАГОТОВКИ

На основании анализа производства сортовой заготовки разработана технология, направленная на повышение выхода годного металла в обжимных цехах.