

Результаты испытаний прочностных свойств обожженных окатышей показали (табл. 2), что степень обжига окатышей на тележке с подинами лучше, чем на тележке с колосниками.

Рассчитано снижение расхода легированной стали в случае замены колосников на обжиговых тележках перфорированными подинами на каждом типе обжиговых машин, работающих на окомковательных фабриках Украины (табл. 3).

Таблица 3

Экономия легированной стали при замене колосников подинами

Тип обжиговой машины и их количество на ГОКе	Количество тележек на одной машине, шт	Масса колосников на одной тележке, т	Масса колосников на одной машине, т	Масса подин на одной тележке, т	Масса подин на одной машине, т	Экономия стали на одной машине, т
ОК-278 СевГОК - 2 шт	129	1,5	193,5	0,20	25,8	167,7
ОК-306 СевГОК - 2 шт	189	1,2	226,8	0,17	34,0	192,8
ОК-336 ЦГОК - 1 шт	142	2,0	284,0	0,25	35,5	248,5
ОК-552 СевГОК - 2 шт	208	2,0	416,0	0,25	52,0	364,0

Таким образом, разработана конструкция жаростойкой стальной перфорированной подины и способ ее крепления, позволяющие заменить колосники на обжиговых тележках конвейерных машин для термоупрочнения железорудных окатышей. Полупромышленные и промышленные испытания показали, что замена колосников подинами позволит уменьшить расход высоколегированного металла на 85-87 %, повысить производительность обжиговых машин и улучшить металлургические характеристики обожженных окатышей. В случае использования для изготовления подин жаростойкой стали марки 20Х23Н18 с температурой окалинообразования 1050 °С, как у колосников (марка стали 40Х24Н12СЛ), срок службы подин существенно увеличится.

Список литературы

1. Драгге Р. Процесс "Steel Belt". 4-й Международный симпозиум по окускованию. Торонто. 1985 г.
2. Журавлев Ф.М. Патент Украины №17067. Тележка обжиговых и спекательных машин / Журавлев Ф.М., Бойковец В.Я., Гилунг В.Ф. и др. от 27.01.97 г.

Рукопись поступила в редакцию 14.03.12

УДК 669.74

И.А. ЛЯХОВА, канд. техн. наук, доц. В.П. СОКОЛОВА, канд. техн. наук, доц.

Д.А. КАССИМ, Н.Ю. СВИСТ, ст. преподаватели

ГВУЗ "Криворожский национальный университет"

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ СВЯЗИ СТЕПЕНИ ДРОБЛЕНИЯ УГОЛЬНОЙ ШИХТЫ С КАЧЕСТВОМ ПОЛУЧАЕМОГО КОКСА

В условиях, когда сырьевая база коксования неуклонно ухудшается, большое значение приобретает качество подготовки угольной шихты, которое заключается в правильно выбранной степени ее дробления в зависимости от содержания в шихте жирных и коксовых углей, что позволяет не ухудшать петрографические показатели шихты и не допускать ее "отошения".

Спекание углей и коксообразование представляются в целом совокупностью химических и физико-химических процессов и вызываемых ими физических явлений, происходящих при термической деструкции органических веществ каменных углей. Основой процесса являются химические реакции термической деструкции этих веществ, протекающие во всем объеме каждого зерна угольной шихты. В ходе этих процессов на границах и поверхности контакта зерен происходит взаимодействие между образующимися продуктами термической деструкции каждого зерна. При этом образовавшиеся продукты связываются между собой как физическими силами, так и химическими связями. Все перечисленное указывает на то, что зависимость между степенью измельчения, т.е. суммарной поверхностью зерен углей в шихте, и прочностью образующегося кокса не может быть прямолинейной и что должен существовать оптимум размера зерен, различный для разных углей [1].

Проведя соответствующие исследования, авторы работы [1] делают вывод о существенном значении поверхности зерен углей, участвующих в спекании. Так, достигая определенного максимума без заметного влияния на спекаемость, избыточная поверхность материала при дальнейшем ее росте снижает толщину связующих слоев между зернами и резко ухудшает показатели спекания – количество спекаемого материала и прочность образующегося твердого остатка. Поскольку поверхность материала возрастает с уменьшением диаметра зерен во второй степени, сделанные выводы позволяют считать вредным для процессов спекания избыточно тонкое дробление слабоспекающихся и неспекающихся компонентов шихты.

В процессе спекания смеси углей имеет значение как физическая сторона процесса (размер зерен каждого угля), так и физико-химическая его характеристика, в частности, 15.06.2016 наличие химических связей между зернами. Изучая глубину взаимного проникновения продуктов термической деструкции разных углей, авторы работы [1] установили, что степень перемещения этих продуктов жирного угля, наиболее полно переходящего в жидкоподвижное пластическое состояние, во всех случаях резко снижается с уменьшением размера зерен. Это показывает, в частности, что даже пластическое состояние жирного угля не является однофазным (жидким), а представляет собой сочетание жидкой и твердой фаз и отличается от других углей только количественным соотношением их в системе. Именно поэтому и проявляется отрицательное влияние тонкого дробления жирного угля и шихт с его высоким содержанием на их спекаемость и коксуюемость.

Кроме этого, степень перемещения продуктов деструкции углей зависит еще от свойств “принимающей” стороны, т.е. того материала, куда должна перемещаться пластическая фаза жирного угля. Один и тот же класс угля проникает в другие угли тем меньше, чем более мелко они измельчены, т.е. чем больше сопротивление “принимающей” стороны проникновению в нее пластической массы другого угля. Этот факт в еще большей мере усиливает отрицательное влияние тонких классов зерен углей в шихте на процессы спекания и коксообразования, а, следовательно, и на качество кокса.

Глубина проникновения пластической массы углей в среду зерен или продуктов разложения других углей определяется как подвижностью пластической массы, так и сопротивлением, которое оказывают зерна углей проникающей в их среду жидкой фазе. В этом заключается физическая сторона взаимодействия между углями при коксообразовании и это объясняет необходимость предотвращения переизмельчения компонентов шихты.

Допустимая степень измельчения разных углей должна быть поставлена в зависимость от количественного участия их в шихте. В связи с этим следует пересмотреть существующие схемы подготовки углей к коксованию и методы дробления углей и шихт с целью устранения переизмельчения и существенного снижения содержания “отошающих” классов 0-0,5 мм в шихте.

В настоящее время на коксование поступают не чистые марки угля, а их смеси, состав которых можно установить только при помощи петрографического анализа. Петрографический анализ позволяет также контролировать изменение качества угольной шихты в процессе ее дробления. При этом особую роль следует уделять изменению содержания витринита (V_t) и суммы отошающих компонентов (ΣOK) в процессе дробления шихт.

В углеподготовительном цехе (УПЦ) коксохимического производства (КХП) ПАО “АрселорМиттал Кривой Рог”, были проведены исследования влияния степени дробления угольной шихты на изменение ее петрографического состава.

На 3-й очереди КХП отобрали пробы шихты состава, %: Г - 5, Ж - 14, К - 46, К+КЖ - 35 до и после дробления.

Ситовый состав шихты при влажности 12,4 % до дробилки:				
+6 мм	6-3 мм	3-0,5 мм	0-0,5 мм	0-3 мм
12,94	14,91	43,0	29,15	72,15

В исходной пробе угольной шихты при классе помола 0-3 мм 72,15 % содержание класса 0-0,5 мм составляет 29,15 %, а насыпная масса – 0,858 т/м³. Петрографический состав угольной шихты до дробления был следующим: витринит (V_t) – 79,2 %, сумма фюзенизированных компонентов (отошающих компонентов) – 17,8 %. Показатель отражения витринита R_o – 1,03 %.

Ситовый состав шихты при влажности 10,5 % после дробилки:				
+6 мм	6-3 мм	3-0,5 мм	0-0,5 мм	0-3 мм
7,39	12,81	42,54	37,26	79,8

В пробе шихты, отобранной после дробления при классе помола 0-3 мм 79,8 %, содержание класса -0,5 мм, ухудшающего спекание шихты, увеличилось и составляет 37,26 %, а насыпная масса шихты упала до 0,803 т/м³. Петрографический состав угольной шихты после дробления был следующим: витринит V_t - 67,0 %, сумма отошающих компонентов 29,0 %. Показатель отражения витринита R_o - 1,02 %. В результате эксперимента получили, что увеличение степени помола шихты на 7,65 % в исследуемом диапазоне снижает содержание витринита V_t на 12,2 %, а сумма отошающих компонентов увеличивается на 11,2 %, т.е. спекающая способность шихты снижается.

Петрографический анализ фракции 0-0,5 мм до и после дробления также указывает на то, что с ростом содержания в угольной шихте фракции 0-0,5 мм ее спекающая способность падает. Так, до дробления шихты содержание в классе 0-0,5 мм витринита V_t - 65,7 %, а сумма отошающих компонентов 27,4 %. Показатель отражения витринита R_o - 1,41 %. После дробления содержание в классе 0-0,5 мм витринита несколько возросло V_t до 67 % при более значительном росте суммы отошающих компонентов - 31 %. Значительно снизился и показатель отражения витринита R_o до 1,07 % [2, 3].

Для подтверждения изменения петрографического состава угольной шихты при дроблении провели еще один эксперимент. Отбрали шихту до дробилки на 3-й очереди УПЦ КХП, тщательно ее усреднили и разделили на три части. Одна часть шихты - базовая недробленая шихта с содержанием фракции 0-3 мм 55,5 %, и две подвергнутые измельчению на лабораторной молотковой дробилке до содержания класса 0-3 мм 75,5 и 96,2 %

+6 мм	6-3 мм	3-0,5 мм	0-0,5 мм	0-3 мм
32,8	11,7	27,1	28,4	55,5
5,0	19,5	43,8	32,7	75,5
0,2	3,6	52,9	43,3	96,2

Петрографический состав трех частей угольной шихты разной степени дробления, которые получены из одной пробы, отобранной до дробилки, приведен в табл. 1.

Таблица 1

Изменение петрографических показателей трех проб различной степени измельчения

Показатель	Номер пробы		
	1	2	3
Содержание класса 0-3 мм	55,5	75,5	96,2
Витринит V_t , %	70	66	63
ΣOK , %	29	33	35

Полученный результат свидетельствует о том, что при увеличении степени дробления с 55,5 до 96,2 % содержания класса 0-3 мм количество витринита уменьшается на 7 %, а сумма отошающих компонентов увеличивается на 6 %, снижая, таким образом, спекаемость и коксуюемость угольной шихты.

В шихте КХП обращает на себя внимание высокое содержание жирных углей (60-80 %), переизмельчать которые вообще не рекомендуется (не более 75 %), а при таком их содержании в шихте и ее измельчение не должно быть очень высоким.

Для оперативного определения степени дробления (k) угольной шихты можно воспользоваться простой формулой, %

$$k = \frac{75(\mathcal{J} + K) + 90(100 - \mathcal{J} - K)}{100}, \quad (1)$$

где 75 - рекомендуемый уровень измельчения углей марок Ж и К, %; 90 - то же для углей марок ДГ, Г, ОС, Т и А, %.

Можно также в качестве критерия для расчета оптимальной степени дробления использовать показатель отражения витринита, значение которого изменяется в зависимости от петрографического состава углей и стадии метаморфизма. Различным маркам углей соответствуют следующие интервалы значений показателя отражения витринита (R_o), %: ДГ - 0,5-0,65; Г - 0,65-0,89; Ж - 0,9-1,19; К - 1,2-1,39; ОС - 1,4-1,69; Т - 1,7-2,59 и А - $\geq 2,6$.

Оптимальная степень дробления угольной шихты, в зависимости от ее марочного состава и спекаемости, может быть определена по уравнению, %

$$k = \frac{75[\Sigma(0,9 - 1,39)V_t] + 90[\Sigma(0,5 - 0,89)V_t + \Sigma(1,4 - 2,6)V_t]}{100}, \quad (2)$$

где $(0,5-2,6)V_i$ - показатели отражения витринита, соответствующие различным маркам углей.

Все данные для расчета оптимальной степени дробления шихт по формулам 1 и 2 берутся из рефлектограмм петрографического испытания этих шихт.

Расчеты, выполненные по предложенным формулам, дают результаты: для 5-8 батарей ПАО "Алчевсккокс" $k = 79,4 \%$ (факт $79,3 \%$); для КХП для 1-4 батарей $k = 77,7 \%$ (факт $86,6 \%$) и для 5-6 батарей $k = 76,3 \%$ (факт $87,0 \%$); для КХП для 1-4 батарей $k = 77,6 \%$ (факт $87,9 \%$) и для 5-6 батарей $k = 77,1 \%$ (факт $86,3 \%$).

Таким образом, из приведенных данных видно, что на 5-8 батареях ОАО "Алчевсккокс" степень дробления шихты выбрана правильно и является оптимальной. На КХП степень дробления шихты излишне завышена, что отражается на увеличенном содержании "отощающего" класса 0-0,5 мм и сумме отощающих компонентов в петрографическом составе шихты, а также низкой насыпной массе шихты, недостаточной спекаемости и коксуемости шихты и, как следствие, все это отрицательно сказывается на качестве получаемого кокса.

Список литературы

1. Аронов С.Г., Светлорусова Л.П. Влияние степени измельчения углей и шихты при коксовании // // Кокс и химия. – 1958. – №1. – С. 5-11.
2. Лялюк В.П. Связь петрографического состава угольной шихты со степенью ее дробления / В.П. Лялюк, В.А. Шеремет, А.В. Кекух и др. // Бюллетень Черная металлургия ОАО "Черметинформация". – 2010. – №10. – С. 27-33.
3. Лялюк В.П. Изменение петрографического состава угольной шихты при ее дроблении / В.П. Лялюк, В.А. Шеремет, А.В. Кекух и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2011. – №2. – С. 13-17.

Рукопись поступила в редакцию 19.03.12

УДК 621.771.06

А.Г. ПРИСЯЖНИЙ, ст. викладач ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»,
М. Г. КОРЕНКО, асистент, Н. В. СТАРОСТА, асистент
ДВНЗ "Криворізький національний університет"

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕРТЯ ВІД ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ

Запропоновано і реалізовано стосовно конкретних умов холодного тонколистового прокатування алгоритм математичного моделювання зміни показників контактної тертя залежно від основних чинників. Проаналізовано вплив на основні показники контактної тертя сумарної інтенсивності деформації і концентрації водної емульсії при холодному прокатуванні тонких штаб.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Контактне тертя істотно впливає на процес холодної тонколистової прокатки визначаючи його деформаційні (або геометричні), кінематичні й енергосилові параметри [1-3]. Ці параметри дуже тісно пов'язані з показниками ефективності процесу прокатки в цілому такими як якість прокату, витрати енергії на деформацію металу тощо. Тому важливою теоретичною й технологічною задачею є детальне дослідження залежності контактної тертя від основних факторів на основі математичного моделювання з використанням сучасної теорії холодної тонколистової прокатки [1] й новітніх інформаційних технологій. Результатом математичного моделювання повинне бути визначення таких умов деформації металу, які забезпечуватимуть контактне тертя на оптимальному рівні, при якому техніко-економічні показники прокатки будуть максимально можливо високими.

Аналіз досліджень та публікацій. Питанням, пов'язаним з контактним тертям при обробці металів тиском, присвячено досить багато наукових праць, наприклад [4-6], але в них не розглянутий процес високошвидкісної холодної прокатки тонких штаб, який повністю відповідає світовій тенденції розвитку виробництва прокату [1,3].

Постановка завдання. Метою даної наукової роботи є дослідження залежності деяких показників контактної тертя від основних факторів високошвидкісної тонколистової холодної прокатки, а також надання практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності проектування оптимальних режимів деформації при холодній прокатці сталі.

Викладення матеріалу та результати. До основних факторів, від яких залежить контактне тертя, відносяться насамперед інтенсивність деформації, окружна швидкість валків та вид