

Б.П. Середа, зав. кафедрой, д.т.н., профессор

В.А. Толстунов, доцент, к.т.н.

А.А. Жеребцов, ассистент

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ АГЛОМЕРАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ БОГАТЫХ РУД БЕЛОЗЕРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Запорожская государственная инженерная академия

Описано структурно-текстурні особливості будови агломератів з руд Белозірського родовища. Визначено вплив складу вихідної шихти на структуру й властивості отриманих агломератів.

Описаны структурно-текстурные особенности строения агломератов из руд Белозерского месторождения. Установлено влияние состава исходной шихты на структуру и свойства получаемых агломератов.

Введение. Проблема повышения качества железорудных агломератов всегда была актуальной [1]. Нашими исследованиями [2-4] была доказана зависимость прочности и восстанавливаемости агломератов от их текстурно-структурных особенностей. Помимо однородности шихты и содержания топлива в спекаемой массе, было установлено влияние общего содержания нерудных компонентов (кварца и др.) на текстурно-структурные особенности агломератов разной основности и на их прочностные свойства.

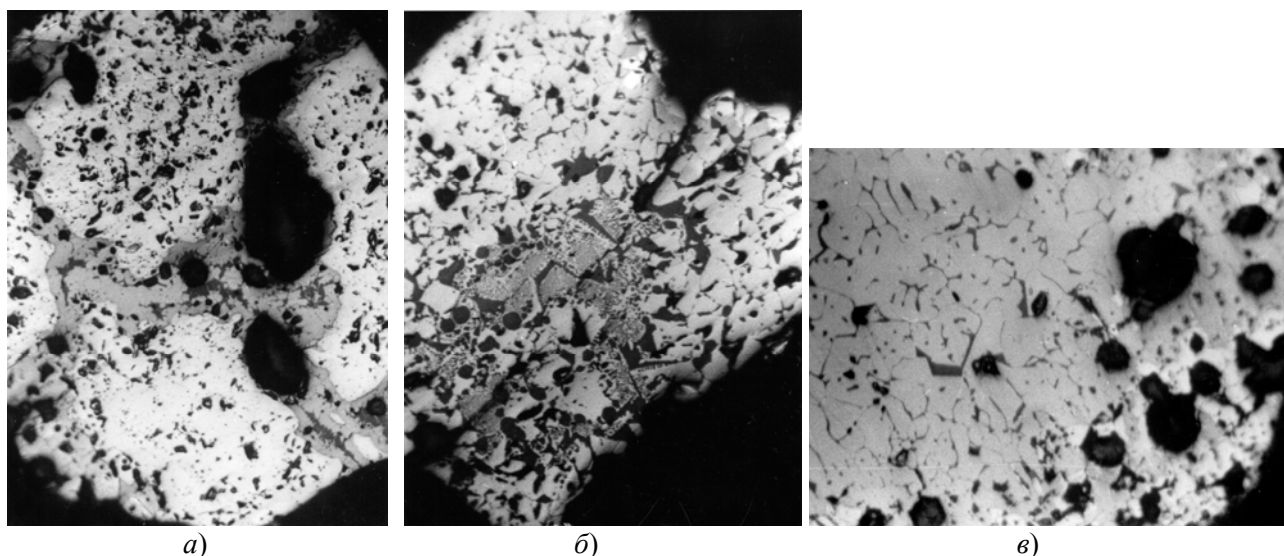
Эти выводы базировались на результатах петрографических исследований агломератов из богатых белозерских руд, содержащих железа около 70%, а также агломератов из богатых руд, спеченных в Японии, и сравнении их с результатами аналогичных исследований агломератов из криворожских руд содержащих 53...55% железа.

Постановка задачи. Задачей исследований является установление закономерностей между строением и свойствами агломератов, полученных из богатых белозерских руд.

Основная часть исследований. Для агломератов, спеченных из руд Белозерского месторождения при низком содержании топлива (менее 2,5% углерода), характерно резко выраженное обломочное строение (брекчиевидная текстура), что свидетельствует о полном плавлении мелких частиц и частичном крупных (рис. 1,а). Отдельные рудные обломки скреплены между собой перемычками из небольшого количества прошедшей стадию плавления массы, причем состав последней весьма существенно зависит от состава исходной шихты. При низкой основности шлака ($B = 0,3$) это агрегаты из мелких зерен магнетита с небольшим количеством стекловатой силикатной массы между ними. Такое строение перемычек может быть лишь результатом их образования из тонкозернистой массы шихты в процессе ее плавления. При этом небольшое количество расплава затекает между крупными обломками.

Повышение содержания топлива (до 3,5...4,5% углерода) ведет к постепенной ассимиляции обломков, поэтому текстура становится аналогичной криворожским агломератам. Агломераты приобретают блоковое строение с характерной структурной зональностью (рис. 1,б). Однако структуры зон в белозерском агломерате заметно отличаются от таковых в криворожских. Свойственная низкоосновным агломератам по-

лифировая структура внешних зон сохраняется и в средней зоне (рис. 1,в). Причем, небольшое количество силикатной (обычно оливиновой) массы занимает промежутки между плотно сросшимися кристаллами магнетита, имеющими одинаковые размеры. Это обстоятельство, а также наличие круглых газовых пор в готовом агломерате, свидетельствуют о плавлении шихты и последующей кристаллизации расплава в процессе его формирования. Как и в обычных агломератах, в процессе кристаллизации сильно пересыщенного железом расплава имеет место его дифференциация от периферии блоков к центру, которая приводит к обогащению центральной зоны силикатной составляющей и образованию небольшого количества магнетит-оливиновой эвтектики (рис. 1,б). Небольшое количество извести, присутствующее в низкоосновных агломератах ввиду низкого содержания кремнезема, уже при основности 0,3 приводит местами к появлению агрегатов однокальцевого феррита во внешних зонах блоков. В общей массе агломерата преобладает полиморфная структура во внешних и средних зонах блоков (рис. 1,в).

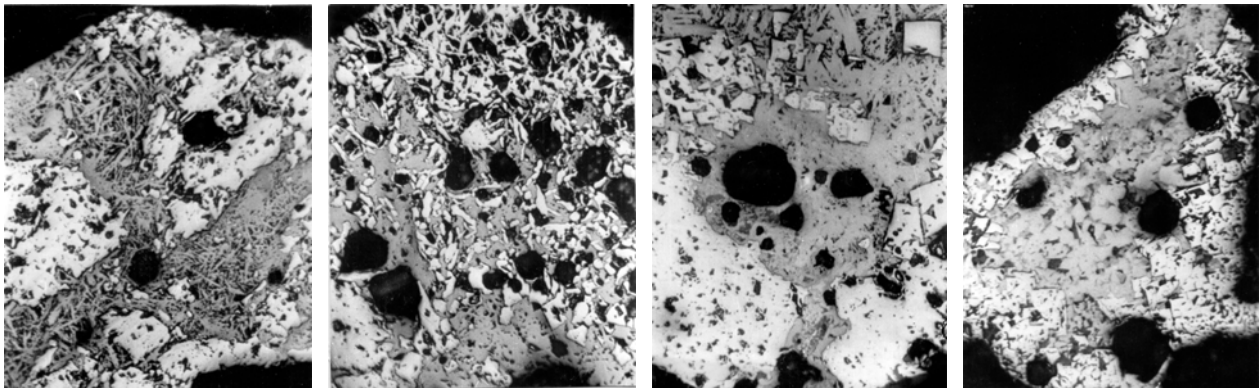


а) брекчиевидная текстура; б) изменение структуры от полифировой до эвтектической; в) полифировая структура внешней и средней зоны блоков

Рисунок 1 – Формирование текстуры и структур низко основного белозерского агломерата:

При повышении основности до 0,6 и выше и малом содержании топлива (2,5...3% углерода) также возникает брекчиевидная текстура, однако цементом рудных обломков зачастую становятся спутанно-игольчатые агрегаты однокальцевого феррита (рис. 2,а). Причем степень ассимиляции рудных обломков лимитируется абсолютным количеством извести в шихте и чем ее больше, тем обломков становится все меньше. Ферритный расплав пропитывает рудные осколки, при этом начинается зарождение ферритных блоков (рис. 2,б,в). Высокая подвижность расплава при основности более 1,5 приводит иногда к образованию натечных каплевидных образований с четко выраженным зональным строением (рис. 2,г).

При содержании топлива 3,5...4,5% углерода агломераты приобретают блоковое строение, но при основности до 1,3 преобладают магнетит-силикатные блоки, главным образом с полифировой структурой (рис. 1,б), что придает им высокую прочность, а при основности более 1,3 появляются и постепенно количественно возрастают ферритные блоки (рис. 3,а) со спутанноигольчатой структурой, также обладающие высокой прочностью. Поэтому агломераты из богатых руд (или концентратов) отличаются более высокой прочностью, чем из бедных.



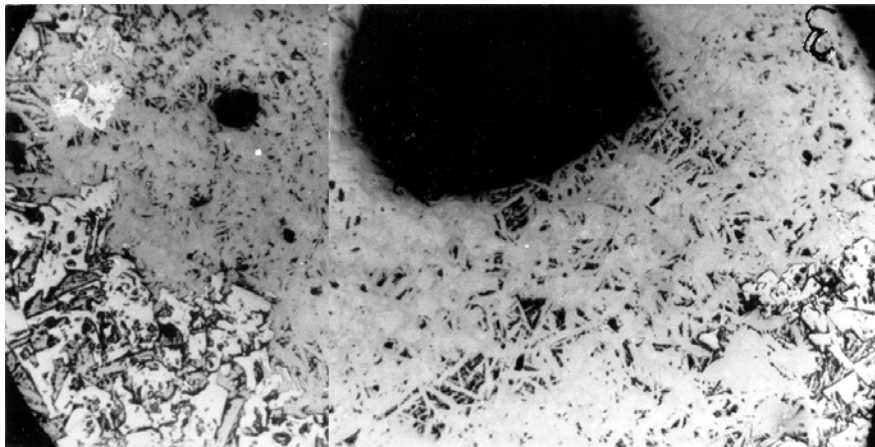
a)

б)

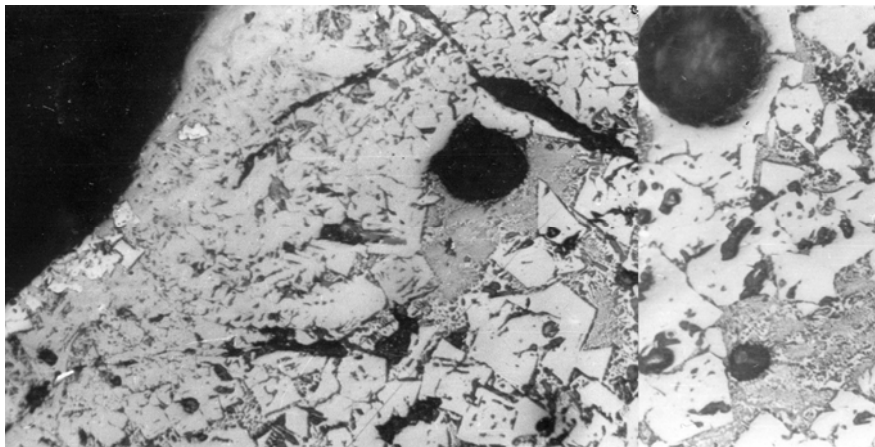
в)

г)

Рисунок 2 – Формирование текстуры и структур офлюсованных агломератов:
a) брекчиевидная текстура; *б), в)* зарождение зональных блоков; *г)* натечное образование



a)



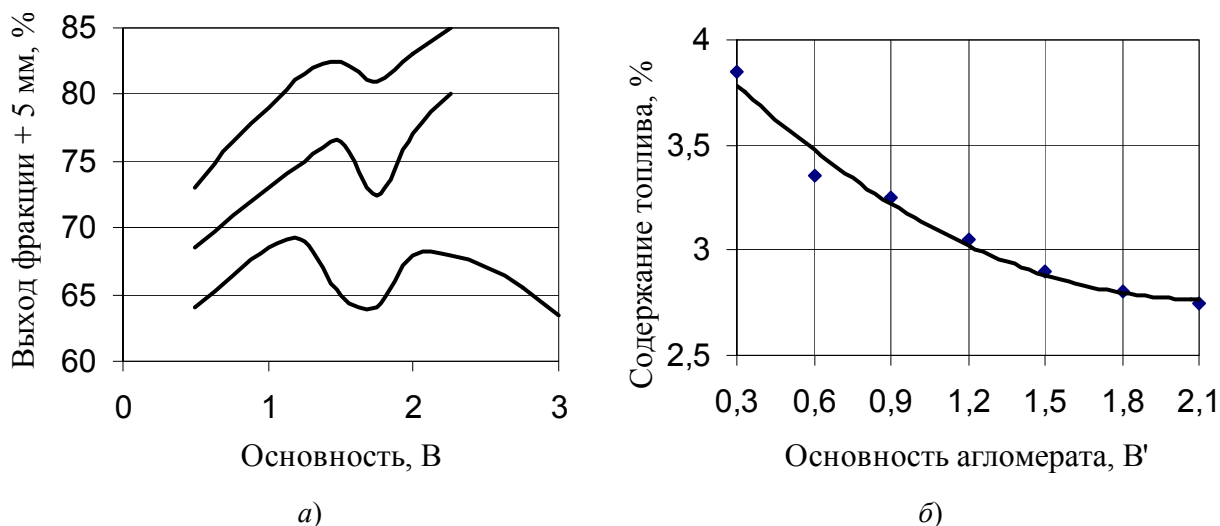
б)

a) офлюсованного агломерата с ферритной структурой;
б) в пределах структурного барьера ($B = 0,3$)

Рисунок 3 – Разрезы зональных блоков:

В интервале основности 1,5...1,8 (в пределах «структурного барьера») одновременно присутствуют как те, так и другие блоки (рис. 3), что создает текстурную неоднородность, которая приводит к снижению прочности (рис 4,*a*). Однако структурная однородность агломератов в пределах отдельных блоков у агломератов из богатых руд и концентратов выше, чем из бедных, а сами блоки значительно прочнее, поэтому глубина и влияние «структурного барьера меньше. Повышение количества

топлива до 4,0% углерода ведет к появлению среди ферритов кальция (в ферритных блоках) вначале резорбированных зерен магнетита с возрастающей от периферий к центру степенью их идиоморфизма (рис. 5,а), а затем (при количестве топлива 4,5% углерода) спутанно-игольчатые ферритные структуры заменяются порфирированными (полифирированными), где промежутки между вкраплениями магнетита заполняются тонкозернистым агрегатом феррит-ларнитового состава (рис. 5,б). Следовательно, структуры различных блоков выравниваются, что снижает внутренние напряжения и ведет к упрочнению агломератов. При этом «структурный барьер» почти полностью исчезает.



а) прочность агломератов из богатых руд (кривые 2,3) и из бедных (кривая 1);
 б) изменение содержания топлива в шихте по мере роста основности

Рисунок 4 – Изменение свойств агломератов из богатых руд по мере роста основности и содержания топлива в шихте:

Кроме того, соприкасающиеся друг с другом зерна магнетита в пределах отдельных блоков создают весьма прочный каркас, что также сопровождается повышением прочности агломерата.

Даже при сравнительно низком расходе топлива (3...4% углерода) можно получить прочные офлюсованные агломераты с преобладающей ферритной структурой (при основности шихты более 1,7).

Благоприятными факторами, вероятно, являются повышение содержания кислорода в газовой фазе и частичная замена твердого топлива внешним подогревом. Рост основности агломерата от 0,3 до 2,0 повышает относительную устойчивость легкоплавких ферритов кальция в сравнении с магнетитом, активизируются и ускоряются твердофазные процессы минералообразования, поэтому содержание оптимального топлива в шихте снижается (рис. 4,б). Одновременно с этим снижается относительное количество реликтового гематита за счет увеличения содержания ферритов, восстановимость которых ниже, но структурная пористость и газопроницаемость выше (рис. 2,а), поэтому восстановимость агломерата почти не меняется (рис. 4,б). Таким образом, повышение содержания железа в шихте способствует упрочнению агломератов, уменьшению и даже полной ликвидации «структурного барьера», снижению расхода топлива.

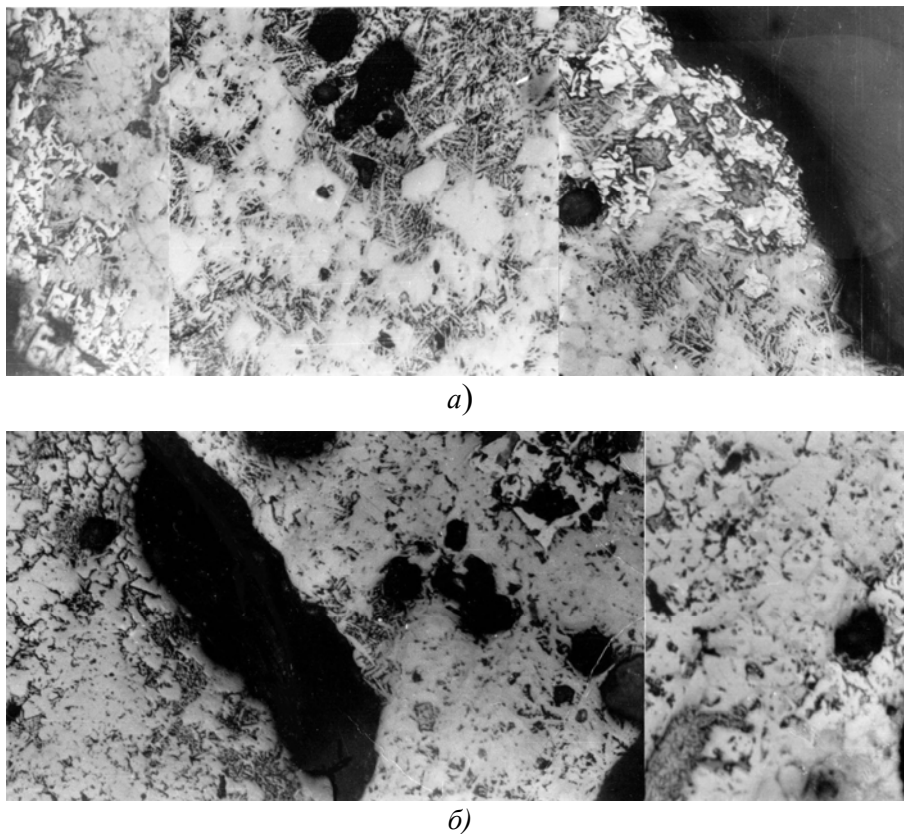


Рисунок 5 – *Изменение структур в блоке офлюсованого агломерата от периферии к центру при повышении содержания топлива: а) до 4 %; б) 4,5 %*

Вывод. Установлено, что агломераты, полученные из богатых руд имеют низкое содержание силикатной массы. Исследования позволили установить, что такие свойства агломератов, как прочность и восстановимость, обусловленные хорошей кристаллизацией, структурной пористостью и однородностью, наблюдаются в интервале основности 1,8...2,0, что связано с повсеместным образованием спутанно-игольчатых агрегатов однокальциевого феррита. Также высокая прочность агломератов наблюдается и при низкой основности и большом содержании топлива в шихте, что связано с образованием магнетитового каркаса и устранением «структурного барьера».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вегман Е. Ф. Доменное производство: Справочное издание. В 2-х томах. / Под ред. Е. Ф. Вегмана. – М: Metallurgy. 1989. – 496 с.
2. Потебня Ю. М. Структурные превращения железорудных агломератов в процессе их восстановления и размягчения / Ю. М. Потебня, В. Л. Толстунов // Сталь. – 1972. – № 3. – С. 47-53.
3. Потебня Ю. М. Влияние фазового состава и основности на температурный диапазон размягчения агломератов / Ю. М. Потебня, С. А. Гаврилко, В. Л. Толстунов // Сталь. – 1973. – № 10. – С. 84-89.
4. Потебня Ю. М. Зависимость прочности агломератов разной основности при различном содержании кремнезема и топлива в шихте / Ю. М. Потебня, В. Л. Толстунов // Metallurgy and coke chemistry: научн.-техн. сб. – Киев: Техника, 1976. – Выпуск 48. – С. 34-41 (Metallurgy of cast iron).

Стаття надійшла до редакції 13.05.2009 р.
Рецензент – проф. М.Ф. Колесник