

**В.А. Носков, Б.Н. Маймур**

### **НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ ИЧМ В ОБЛАСТИ БРИКЕТИРОВАНИЯ МЕЛКОФРАКЦИОННЫХ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Рассмотрены разработки Института черной металлургии по горячему и холодному брикетированию мелкофракционных сырьевых материалов и промышленных отходов. Описана методология проведения работ – от лабораторных исследований до разработки технологии и прессового оборудования. Показаны результаты промышленного внедрения разработок в последние годы, перспективность их дальнейшего развития.

Проблема окускования сырьевых материалов для металлургического передела возникла еще в XIX веке, когда, наряду с богатыми кусковыми рудами и флюсами, в производство начали вовлекать и их мелкие фракции. Брикетирование, как способ окускования, появилось раньше агломерации и окомкования. Однако затем, в связи с ростом объемов производства, увеличением производительности и совершенствованием конструкции оборудования для получения агломерата и окатышей брикетирование отошло на второй план. Тем не менее, в ряде малотоннажных технологий, особенно в цветной металлургии, брикетирование получило дальнейшее развитие. Кроме металлургии, брикетирование давно и успешно применяется в угольной промышленности для производства топливных брикетов.

В Институте черной металлургии (ИЧМ) разработки по брикетированию начали развиваться по инициативе и под руководством академика АН УССР З.И. Некрасова. Им в 60-е годы минувшего столетия была высказана идея создания нового вида сырья для доменной плавки – брикетов горячего прессования из частично восстановленных богатых железорудных концентратов. Такое сырье должно было устранить ряд недостатков, присутствующих, в силу особенностей физико-химических процессов получения, фазового состава и структуры, традиционному сырью – агломерату и окатышам. Имея высокие прочностные свойства в исходном состоянии, и сохраняя их в процессе восстановления, брикеты должны были иметь в своем составе углерод – восстановитель и флюс. В основу технологии закладывались химико-термическая подготовка дисперсного магнетитового концентрата и последующее прессование горячей пластичной шихты.

Для создания нового вида сырья требовалось решение ряда научных, технологических и инженерно-конструкторских задач. К работе были привлечены специалисты различного профиля – физики, петрографы, металлурги-технологи, инженеры-конструкторы, машиноведы. Был выполнен комплекс исследований по изучению электронной структуры и пластических свойств оксидов железа и твердых растворов на их основе

[1], разработке методик и устройств для изучения физико–механических параметров и характеристик уплотнения материалов [2], изучению структуры и свойств брикетов [3]. Были сконструированы, изготовлены и смонтированы в стендовом зале отдела металлургии чугуна укрупненные экспериментальные установки для нагрева и восстановления железорудных концентратов (реактор кипящего слоя, вращающаяся печь) и валковый брикетный пресс, оснащенный измерительной аппаратурой для регистрации параметров прессования [4]. Кроме сотрудников отдела металлургии чугуна, в работах активно участвовали специалисты отдела разработки и исследования установок, металлургического машиноведения, работники экспериментально– производственных мастерских.

В 1978г. из состава отдела металлургии чугуна выделился отдел железорудного сырья, основную задачу которого его руководитель З.И.Некрасов видел в доведении технологии производства брикетов из частично восстановленных железорудных концентратов до промышленного внедрения. На первом этапе предстояло создать опытно– промышленную установку (ОПУ) по производству брикетов, накопить необходимые партии, провести опытные доменные плавки и определить реальный технико–экономический эффект от применения нового вида сырья. Опытно – промышленная установка производительностью 150 тыс.т брикетов в год проектировалась и сооружалась на Северном горно– обогатительном комбинате (г.Кривой Рог) по решению и под постоянным контролем высших партийных и государственных органов СССР, что было обусловлено очень высокими, по расчетам, показателями работы доменных печей на брикетах. По технологическому заданию Института черной металлургии проектирование ОПУ выполнял Механобрчермет. К проектным работам и созданию оборудования был привлечен ряд ведущих исследовательских и проектных организаций. В частности, валковый пресс производительностью до 30 т/ч для горячего брикетирования шихты по техническому заданию ИЧМ был разработан и изготовлен институтом «ВНИИметмаш» в кооперации с Ново–Краматорским машиностроительным заводом.

Запуск ОПУ СевгОКа состоялся в конце 1987 года. К сожалению, несмотря на усилия сотрудников ИЧМ (коллективы ОЖС, ОРУ, ОММ), других организаций – участников и персонала установки в течение 1988–89 гг. она так и не была выведена на проектную мощность. Основной причиной этого явились допущенные привлеченными специализированными организациями ошибки при расчете и проектировании восстановительно–го агрегата – вращающейся печи специфической конструкции. Трудности организационного плана, возникшие в период перестройки, также в значительной мере способствовали прекращению работ по освоению ОПУ. Несмотря на то, что планируемый результат не был достигнут, работа на ОПУ СевгОКа стала настоящей школой для сотрудников ИЧМ, занимающихся брикетной тематикой. Приобретенный опыт внедрения результатов

своих разработок при взаимодействии с проектантами и производителями оказался бесценным в последующие годы. Этот опыт, а также наличие научной, экспериментальной базы и высококвалифицированных специалистов позволили в дальнейшем развивать в ИЧМ научно-техническое направление по брикетированию широкого спектра мелкофракционных материалов.

Толчком к развитию указанного направления послужило возрастание интереса к технологии брикетирования в отечественной и зарубежной металлургии, связанное с истощением запасов месторождений полезных ископаемых, постоянно увеличивающимся количеством техногенных отходов и требованиями экологии. Именно брикетирование в ряде случаев позволяет наиболее эффективно окусковать и вернуть в производство мелкофракционные и тонкодисперсные промышленные отходы, повторное использование которых позволяет уменьшить потребность металлургии в железной руде и флюсах, повысить эффективность использования добываемых углей в промышленности и в быту. Резкое обострение ситуации в конце 80-х – начале 90-х годов XX столетия на рынке энергоносителей вызвало необходимость проанализировать процесс брикетирования с точки зрения энергозатрат. В результате наиболее выгодным, а, следовательно, и приоритетным, оказался процесс брикетирования мелкофракционных материалов в холодном состоянии со связующими добавками.

Таким образом, в ИЧМ начался новый этап развития данного направления – разработки технологий и оборудования для холодного брикетирования. Подводя итог этапу работ по горячему брикетированию, следует отметить большой вклад, который на различных стадиях развития этого направления внесли в решение вопросов технологии специалисты ИЧМ А.Г.Ульянов, Г.М.Дроздов, Б.Н.Маймур, В.Ф.Мороз, Э.В.Приходько, Б.А.Нижегородов, В.И.Ковтун, В.В.Рутковский, В.В.Мркулов и др., а в разработку и создание технологического оборудования – В.В.Лисицкий, В.Ф.Тарасенко, В.А.Носков, О.Н.Кукушкин, В.И.Большаков, И.Г.Муравьева, А.М.Иоффе, В.И.Головкин и др. В 1992 г. решением дирекции ИЧМ на базе лаборатории технологии брикетирования отдела железорудного сырья и лаборатории разработки установок доменного производства отдела разработки и исследования опытных установок было создано единое структурное подразделение – лаборатория разработки технологий и оборудования для подготовки шихтовых материалов в составе отдела технологического оборудования и систем управления. Тематика работ подразделения полностью направлена на совершенствование процесса брикетирования, разработку технологий производства брикетов из самого широкого круга мелкофракционных материалов, научные и конструкторские разработки по созданию прессового оборудования.

Выполненный сотрудниками ИЧМ комплекс теоретических и экспериментальных исследований, базируясь на основополагающих разработках в области уплотнения порошков и формирования структуры прессо-

вок, имеет выраженную практическую направленность и позволяет установить закономерности прессования конкретных металлургических шихт с их специфическим составом и физико–механическими свойствами. Исследования проводятся с целью отработки режимов брикетирования различных шихт, проверки и уточнения расчетных параметров и получения исходных данных, необходимых для разработки технологического регламента производства брикетов, расчета и конструирования прессового оборудования [5]. Исследованию подвергаются шихты, использование которых в технологических переделах является целесообразным. Ключевым результатом при исследовании физико–механических характеристик пресуемости шихт является установление функциональной связи между уплотнением и давлением прессования в виде кривых прессования. Пользуясь такими кривыми, можно определить работу прессования и усилия пресса, необходимые для получения брикетов заданной плотности, а также другие технологические и геометрические параметры, характеризующие процесс брикетирования.

В отличие от предшествующих исследований процесс брикетирования рассмотрен как совместный процесс прессования и прокатки сыпучих материалов в валках. При выборе связующих добавок помимо предъявляемых к ним технологических требований учитывается их стоимость и обеспеченность ресурсами Украины. Проводимые в ИЧМ исследования в области брикетирования мелкофракционных сырьевых материалов и отходов носят системный характер, а накопленный опыт, наличие исследовательского оборудования и специальных экспериментальных установок и агрегатов позволяет выполнение полупромышленных опытов, что выгодно отличает ИЧМ от других исследовательских организаций. Именно системный подход позволил создать в ИЧМ методологию выполнения разработок технологий брикетирования по полному циклу – от лабораторных исследований свойств шихты, подлежащей брикетированию, до составления технологического задания на проектирование брикетного производства, разработки и изготовления валковых прессов с требуемыми техническими характеристиками.

Опыт работы на экспериментальном валковом прессе и анализ результатов исследований его силовых и конструктивных параметров [6] позволили сформулировать принципы и требования, являющиеся основополагающими при создании прессов. В 1989– 90г.г. в ИЧМ создана принципиально новая конструкция валкового пресса бесстанинного типа [7], обладающая простотой, надежностью и удобством в эксплуатации (рис.1). Расчет параметров пресса выполнен на основе разработанной в ИЧМ методики, учитывающей физико–механические свойства шихт, условия захвата шихты валками, механизм развития нагрузок в очаге деформации и влияние конфигурации формирующих элементов на параметры брикета.



Рис.1. Валковый пресс конструкции ИЧМ

Отмечая целесообразность и перспективность создания таких прессов, следует подчеркнуть, что изготовленных и эксплуатируемых бесстанинных прессов либо разработанных

на уровне конструктивных или технических решений до настоящего времени практически не было. В этой связи разработки технологий брикетирования в комплексе с изготовлением этих прессов обретают большую привлекательность и представляют практический интерес для предприятий-заказчиков.

Одними из первых заказчиков были ОАО «Металлургический комбинат «Азовсталь» и ОАО «Краматорский металлургический завод им.Куйбышева», для которых ИЧМ выполнил разработки технологии и прессового оборудования для брикетирования железосодержащих отходов. Для Днепропетровского завода прокатных валков была выполнена разработка технологии и оборудования для брикетирования чугунной стружки – основного отхода производства данного завода. По заказу ряда предприятий, имеющих в своем составе технологические линии или участки брикетирования, были разработаны, изготовлены и адаптированы к конкретным условиям производства валковые прессы конструкции ИЧМ. К таким предприятиям относятся ОАО «Брикет» (г.Донецк), АО «Алтай-кокс», НПП «НИККОМ» (г.Москва), Донской горно-обогатительный комбинат (г.Хром-Тау, Казахстан) ОАО «Семилукский огнеупорный завод» (г.Семилуки Воронежской обл.), НПП «Брик» (г.Екатеринбург) и др. За последние 10 лет экспериментально- производственным предприятием (ЭПП) Института черной металлургии изготовлено более 20 прессов для предприятий стран СНГ.

Особо следует отметить разработки, на основе которых спроектированы и сооружены промышленные установки брикетирования. Так, например, в августе 2003г. по технологическому регламенту ИЧМ на Никопольском заводе ферросплавов сооружен комплекс брикетирования отсевов ферросплавов (БОФ) (рис.2). Технологией предусмотрено брикетирование отсевов силикомарганца либо ферромарганца с добавкой органического связующего. Освоение технологии и оборудования с выводом комплекса на проектный режим осуществлялось с помощью специалистов

ИЧМ. Сегодня комплекс БОФ работает стабильно, обеспечивая заданную производительность 5 т/ч, имея резервы на её повышение [8].

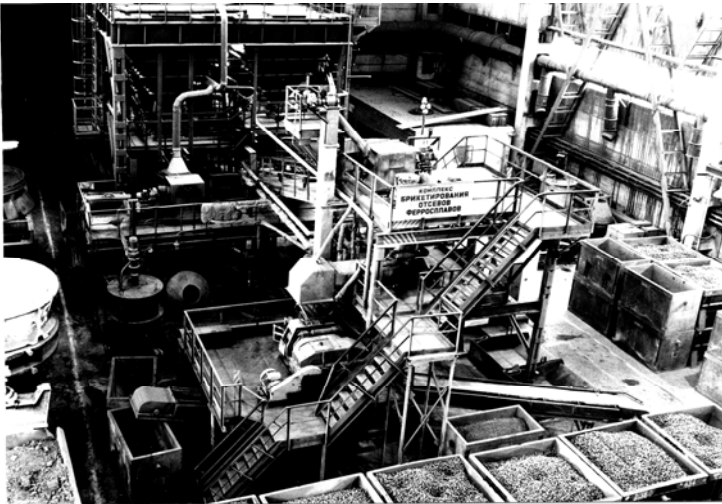


Рис.2. Комплекс брикетирования отсевов ферросплавов ОАО «НЗФ»

Тремя месяцами раньше была сооружена опытно–промышленная установка для брикетирования отходов ферросплавного производства на производственной базе ООО «Конкрет» Технологический регламент производства брикетов и валковый пресс был разработан специалистами ИЧМ. Вывод установки на технологический режим и обучение персонала осуществляли также специалисты ИЧМ. Сегодня установка преобразована в завод по производству брикетов для металлургической промышленности. В ноябре 2003 г. для ООО «Влалекта» (г. Макеевка Донецкой обл.) по разработкам ИЧМ сооружена установка брикетирования аглодоменного шлама и прокатной окалины на цементной связке. Производительность установки 3...5 т/ч. В настоящее время начались пуско–наладочные работы на опытно–промышленной установке ОАО «МК «Криворожсталь» для брикетирования отсевов ферросплавов. Технологический регламент и прессовое оборудование разработаны ИЧМ, нестандартное оборудование разработано специалистами КФ НМетАУ и ПКБ меткомбината.

Сегодня данное направление получает свое дальнейшее развитие в Институте. На ближайшие 2–3 года намечены работы по исследованию износостойкости и восстановлению рабочих валков прессы, разработке технологий получения брикетов комплексного состава, разработке новых связующих добавок и усовершенствованию конструкции валкового прессы. Все перечисленные научные разработки ИЧМ, приобретенный опыт и полученные результаты способствуют развитию теории и практики бри-

кетирования – одного из важнейших направлений переработки и утилизации промышленных отходов.

1. *Исследование* структуры и свойств твердых растворов вюститита с СаО / В.Ф.Мороз, Э.В. Приходько, Б.Н. Маймур // Интенсификация процессов доменной плавки и освоение печей большого объема. – 1977. – Вып.3. – С.112–121.
2. *Формирование* структуры и фазовый состав железорудных брикетов горячего прессования / З.И. Некрасов, А.Г. Ульянов, Г.М. Дроздов, Б.Н. Маймур, В.И.Негода // Сталь. – 1975. – № 5. – С.391–395.
3. *Лабораторная* установка для изучения процесса горячего прессования. / З.И.Некрасов, В.В.Меркулов, Б.Н. Маймур, В.А. Носков // Порошковая металлургия. – 1975. – № 12. – С.91–92.
4. *Пресс* для горячего брикетирования железосодержащих материалов / З.И.Некрасов, Г.Г. Побегайло, А.Г. Ульянов, В.Ф. Тарасенко, О.М.Кудрявцев, В.А. Носков // Интенсификация процессов доменной плавки и освоение печей большого объема. – 1979. – Вып.5. – С.20–23.
5. *Экспериментальные* исследования основных параметров и режимов брикетирования мелкофракционных техногенных отходов в валковых прессах / В.А. Носков, Б.Н. Маймур, В.И. Петренко, А.Т. Лебедь // Металлургическая и горнорудная промышленность.–1999.– № 6. – С.104–107.
6. *Носков В.А.* Определение силовых параметров процесса брикетирования сыпучих шихт в валковых прессах // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: сб.научн.тр. Выпуск 3. К.: Наукова думка. – 1999. – С.349–356.
7. *Носков В.А.* Валковый пресс для брикетирования мелкофракционных отходов производства и сырья // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1999. – № 2–3. – С.100–102.
8. *Опытно-* промышленное производство брикетов из отсевов ферросплавов на ОАО «НЗФ» / В.А. Носков, В.И. Большаков, Б.Н. Маймур, В.И.Петренко, В.С. Куцин и др.// Металлургическая и горнорудная промышленность.–2004. – №3. – С.349–356.

*Статья рекомендована к печати членом–корреспондентом НАН Украины. В.И.Большаковым.*