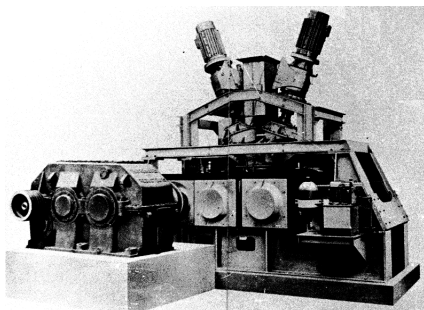


**В.А.Носков, К.В.Баюл**

### **ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА БРИКЕТИРОВАНИЯ МЕЛКОФРАКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВАЛКОВЫХ ПРЕССАХ**

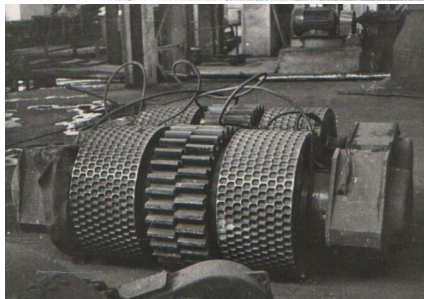
Рассмотрено и проанализировано состояние исследований процессов уплотнения мелкофракционных материалов в валковых прессах. Показаны направления совершенствования методов определения силовых и технологических параметров процесса брикетирования.

Брикетирование предусматривает получение компактных материалов с заданными плотностью, прочностью и геометрическими параметрами, путем прессования мелкофракционной шихты. Для брикетирования мелкофракционных материалов используют различные модификации прессов: валковые, кольцевые, штепсельные, столовые, ротационные и др. Наиболее широкое распространение в процессах брикетирования отходов горно–металлургического комплекса получили валковые presses, которые обеспечивают непрерывность процесса, при этом имеют малые габариты и отличаются низкими энергоемкостью и эксплуатационными расходами по сравнению с другими типами прессов. Валковые presses состоят из следующих основных узлов: станины, бандажированных валков, механизма прижима валков и предохранения пресса от перегрузки, загрузочного устройства и привода. На рис.1 представлен общий вид машины данного типа и пара валков с выполненными на их рабочей поверхности формующими элементами.



На рис.1 представлен общий вид машины данного типа и пара валков с выполненными на их рабочей поверхности формующими элементами.

Рис. 1. Общий вид валкового пресса и его валков с формующими элементами на их рабочей поверхности



Среди зарубежных предприятий, специализирующихся в области разработок и серийного производства валковых прессов, ведущими являются фирмы: «К.Р.Комарек Инк.» (США), «Кепперн» и «Белекс» (Германия), «Сау-Конрер» (Франция), «Замет» (Польша). Украина не располагает специализированными предприятиями и организациями, которые бы занимались раз-

ными предприятиями и организациями, которые бы занимались раз-

работкой и серийным изготовлением машин данного типа. Создание современных конструкций отечественных валковых прессов возможно только на основе глубокого изучения силовых и технологических факторов процессов протекающих при уплотнении мелкофракционных материалов, при этом важным является анализ известных работ, посвященных данной теме.

Наиболее важным вопросом теории брикетирования мелкофракционных материалов является определение функциональной взаимосвязи между величиной давления прессования  $p$  и другими параметрами уплотнения, такими как, плотность  $\rho$ , пористость  $\Pi$ , коэффициент уплотнения  $K_y$  и др., которая характеризует сопротивление мелкофракционного материала сжатию и является основополагающей при определении силовых и технологических параметров процесса брикетирования.

В области порошковой металлургии выполнены исследования закономерностей уплотнения мелкофракционных материалов и получены аналитические зависимости, описывающие этот процесс, которые представлены в виде уравнений логарифмического, степенного и экспоненциального типов [1,2]. Однако все они выведены на основе анализа процессов уплотнения материалов при отсутствии связующих веществ и для конкретных диапазонов давлений прессования, что определяет узкую область их применения.

Помимо теории прессования, вопрос установления зависимости между приложенным давлением и степенью уплотнения мелкофракционных материалов, является частной задачей теории сыпучих сред, и подробно рассмотрен в работе [3]. В основу создания теории брикетирования мелкофракционных шихт в валковых прессах легли работы Е.Б.Ложечникова, Г.И.Аксенова, Г.А.Виноградова, В.П.Каташинского и О.А.Катруса, Р.С.Июффе и ряда других отечественных и зарубежных ученых. В этих работах изложены основы теории и технологические особенности прокатки металлических порошков, рассмотрены условия их деформации и характеристики уплотнения, предложены методики расчета технологических и силовых параметров процесса прокатки, приведены примеры использования рассмотренных технологий в условиях производства. Однако теория прокатки металлических порошков построена на использовании в расчетах большого количества экспериментальных данных, так, например, величина сопротивления материала сжатию не описана аналитически, а определена экспериментально при помощи тензоизмерительных устройств. Кроме того, она не позволяет учесть наличие формующих элементов на рабочей поверхности валков и потому не может быть использована в чистом виде применительно к анализу процессов брикетирования в валковых прессах.

Среди ученых, занимавшихся изучением процессов, протекающих при уплотнении мелкофракционных материалов и шихт в валковых прессах, наиболее известны И.К.Белый, И.Д.Ремесников, Д.Йохансон, Л.С.Харрис, В.Питч, Р.С.Иоффе, К.Вернер, Х.Круг, Б.Гурецки. В.Питч в своей работе математически описал процесс уплотнения мелкофракционных шихт в валковых брикетных прессах, однако ему так и не удалось до конца раскрыть суть протекающих при этом процессов. Д.Йохансон установил взаимосвязь между уплотнением материала в гладких валках и усилием прокатки, и достаточно удачно применил эту методику к расчету валковых брикетных прессов. Р.С.Иоффе и И.К.Белый разработали инженерные методики расчета валковых брикетных прессов, однако в виду сложности их практического применения, они не получили широкого распространения.

Следует отметить работы, выполненные под руководством российских ученых С.П.Буркина, Н.А.Бабайлова и Ю.Н.Логинова. В них проанализированы процессы, протекающие при уплотнении мелкофракционных шихт в валковых прессах, сделана попытка оптимизации размещения формующих элементов на рабочей поверхности валков, исследовано влияние газовой фазы на энергосиловые и скоростные параметры процесса брикетирования. Недостатками этих исследований является то, что в них рассмотрены частные случаи уплотнения мелкофракционных материалов и только один из видов конфигурации прессующего инструмента, поэтому полученные при этом результаты не всегда возможно применить для определения силовых, конструктивных и технологических параметров новых моделей валковых брикетных прессов.

В Институте черной металлургии проводятся разработки технологий и оборудования для брикетирования. Начало развития данного направления положено в 60–е годы XX века под руководством академика АН УССР З. И.Некрасова. В разное время в его развитие внесли свой вклад специалисты института – А.Г.Ульянов, Г.М.Дроздов, Б.Н.Маймур, В.Ф.Мороз, Э.В.Приходько, В.Ф.Тарасенко, В.А.Носков, О.Н.Кукушкин, В.И.Большаков, И.Г.Муравьева, А.М.Иоффе, В.И.Головко и др. Значительный интерес представляют отдельные работы [4–7], выполненные сотрудниками ИЧМ, на основе которых созданы методики расчета валковых брикетных прессов и разработан системный подход к проектированию машин данного типа. В этих работах были исследованы:

- физико–механические характеристики различных мелкофракционных материалов и шихт на их основе;
- характеристики сопротивления сжатию мелкофракционных шихт;

- условия захвата и параметры уплотнения материалов в межвалковом пространстве брикетных прессов;
- влияние конфигурации формирующих элементов на распределение плотности в брикете;
- распределение напряжений по контактными поверхностям формирующих элементов и др.

При анализе очага деформации шихты в межвалковом пространстве принималось допущение об отсутствии смещения слоев шихты в направлении перпендикулярном направлению прессования. Кроме того, не учтено наличие касательных напряжений в уплотняемом материале и на контактных поверхностях, что может внести значительную погрешность в определении энергосиловых параметров процесса.

В настоящее время довольно часто публикуются работы, основанные на рассмотрении процессов уплотнения порошковых материалов, в которых утверждается, что сопротивление сжатию мелкофракционного материала определяется величиной его пористости и условием деформации, при этом наличие сдвиговых деформаций интенсифицирует его уплотнение. Однако в действительности приложение к уплотняемому материалу нагрузок в двух или в трех направлениях не приводит к уменьшению внутренних напряжений, при которых достигается требуемая величина уплотнения, а влияет на изменение направления главных площадок. При этом величины и характер распределения напряжений в уплотняемом материале определяются величинами удельных сил на контактных поверхностях и граничными условиями. Следовательно, изучение влияния реальных условий нагружения шихтовых материалов при их уплотнении в межвалковом пространстве брикетных прессов позволит уточнить энергосиловые и технологические характеристики процесса брикетирования. Это может быть использовано при разработке методик расчета конструктивных параметров прессующего инструмента, выполнении прочностных расчетов узлов и деталей и определении мощности привода валковых брикетных прессов.

В настоящее время, нами выполнены экспериментальные и теоретические исследования влияния конфигурации прессующего инструмента на напряженно-деформированное состояние мелкофракционных шихт при их уплотнении. На основе выполненных исследований предусматривается дальнейшее развитие методик расчета технологических и силовых параметров процесса брикетирования, в которых были бы использованы ранее не учтенные и рассмотренные выше, факторы, что будет способствовать созданию новых отечественных конструкций валковых брикетных прессов.

1. *Феноменологические* теории прессования порошков / М.Б.Штерн, Г.Г.Сердюк, Л.А.Максименко и др. – Киев: Наукова думка, 1982. – 140 с.
2. *Fayed M.E., Otten L.* Handbook of powder science & technology. – 2th Edition. – N.Y.: Chapman & Hall, 1997. – 898p.
3. *Клейн Г. К.* Строительная механика сыпучих тел. Изд. 2–е, перераб. и доп. М., Стройиздат, 1977. – 256 с.
4. Математическая модель очага деформации шихты в валковом брикетировочном прессе / О.Н.Кукушкин, В.И.Головко, И.Г.Муравьева, К.П.Лопатенко // Порошковая металлургия. – 1993. – №8. – С.24–30.
5. *Носков В.А.* Механизм формирования очага деформации при брикетировании мелкофракционных шихт в валковых прессах // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1998. – № 2. – С.137–139.
6. *Носков В.А.* Особенности захвата порошкообразной шихты валками при брикетировании // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1997. – № 4. – С.102–104.
7. *Носков В.А., Большаков В.И.* Оценка динамических нагрузок привода брикетного валкового пресса // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2000. – № 2. – С.88–90.

*Статья рекомендована к печати чл.–корр. НАН Украины  
В.И.Большаковым*