

УДК 621.777:669.014.84.083.133

С.В. Ващенко, Б.Н. Маймур, В.И. Петренко, И.Г. Муравьева

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОПРЕДЕЛЕНИЮ УПЛОТНЯЕМОСТИ ПРЕССУЕМЫХ ШИХТ С УЧЕТОМ ИХ СВОЙСТВ

Разработана структурная схема влияния свойств мелкофракционных шихт на их уплотняемость. Проведены экспериментальные исследования по прессованию большой группы шихт, существенно отличающихся по свойствам. На основе полученных результатов разработан новый методический подход, позволяющий прогнозировать уплотняемость материала по его насыпной и пикнометрической плотности.

БРИКЕТИРОВАНИЕ, УПЛОТНЯЕМОСТЬ, НАСЫПНАЯ И ПИКНОМЕТРИЧЕСКАЯ ПЛОТНОСТЬ, ДАВЛЕНИЕ ПРЕССОВАНИЯ, СТРУКТУРНАЯ СХЕМА, МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД.

Розроблена структурна схема впливу властивостей дрібнофракційних шихт на їх ущільненість. Проведені експериментальні дослідження по пресуванню великої групи шихт, що значно відрізняються по властивостях. На основі отриманих результатів розроблений новий методичний підхід, що дозволяє прогнозувати ущільненість матеріалу по його насипній та пікнометричній густині.

The skeleton diagram of the influence of properties of the batches small fraction of their compactability. Experimental studies on a large group pressed charges, significantly different in properties. Based on these results, a new methodological approach for predicting compactability of the material in its bulk and pycnometric density.

Брикети́рование как метод окускования мелкофракционных сырьевых материалов и промышленных отходов перед технологическим переделом в последнее время получает все большее развитие. В частности, в металлургической отрасли оно в ряде случаев, особенно при создании малотоннажных производств, имеет ряд преимуществ, позволяя уменьшить удельные капитальные затраты, себестоимость продукции, улучшить экологические условия производства по сравнению с традиционными методами окускования - агломерацией и окомкованием.

Уплотнение шихты при брикетировании, приводящее, в конечном счете, к получению из мелкофракционного материала прочного окускованного продукта с требуемым комплексом свойств – это сложный многофакторный процесс, на результат которого влияют как свойства шихты, так и условия ее деформации при приложении давления и конструктивные решения прессового оборудования.

По развиваемой в ИЧМ концепции первоначальными при разработке технологических режимов брикетирования является определение свойств прессуемого материала, изучение его уплотняемости (способности изменять начальную плотность укладки частиц под действием прилагаемого давления) и определение сопротивления шихты сжатию, выраженного в виде функциональной зависимости между давлением прессования и

уплотнением прессовок $P = f(Ky)$ (Ky – коэффициент уплотнения) [1, 2]. Эта зависимость в интегральном виде отражает совокупность свойств прессуемых материалов и используется при выборе схемы очага деформации, разработке технических и конструктивных параметров оборудования для брикетирования.

В настоящее время характеристики уплотнения, как правило, определяются экспериментально для каждого конкретного материала, поэтому даже для предварительной оценки возможности получения брикетов требуется проведение опытов на специальном лабораторном оборудовании [2].

Нами была поставлена задача создать методический подход к определению уплотняемости материалов, чтобы в дальнейшем на его основе разработать аналитический метод определения сопротивления сжатию шихт с учетом их свойств. Наличие такого метода даст возможность выбора необходимой схемы уплотнения и определения энергосиловых параметров прессового оборудования, пользуясь известными или просто определяемыми свойствами подлежащих брикетированию мелкофракционных материалов.

На процесс уплотнения сыпучего материала при наложении давления в большей или меньшей мере влияет множество характеристик, относящихся к свойствам как порошкового материала в целом, так и к свойствам составляющим его частиц.

Нами на основе анализа литературных источников [3, 4], собственного опыта прессования шихт самого различного состава, крупности и т.д. выбраны основные, по нашему мнению, свойства шихт, определяющие их уплотняемость.

Структурная схема влияния химических, физических и технологических свойств шихт на их уплотняемость приведена на рис. 1. В схеме не отражены механические свойства материала, т.к. они проявляются, в основном, при формировании и разрушении контактов отдельных частиц, что в суммарное изменение объема порошкового тела вносит незначительный вклад.

Из схемы видно, что в "иерархии" влияния различных характеристик шихт на ее уплотняемость ведущая роль принадлежит насыпной плотности. Именно через нее проявляется влияние всех выделенных важнейших характеристик порошкового тела на его уплотнение.

Для проверки этого утверждения нами был проведен комплекс экспериментальных исследований. Были выбраны 40 самых различных по происхождению, размеру и форме частиц, пикнометрической, насыпной плотности мелкофракционных материалов. На их основе сформированы

около 100 шихт, значительно различающихся по свойствам. Для всех этих шихт была определена насыпная плотность.

Для всех шихт по принятой в ИЧМ методике [1, 2] были получены диаграммы прессования при давлении до 100 МПа и с использованием компьютерной обработки данных построены графические зависимости $P = f(Ky)$.

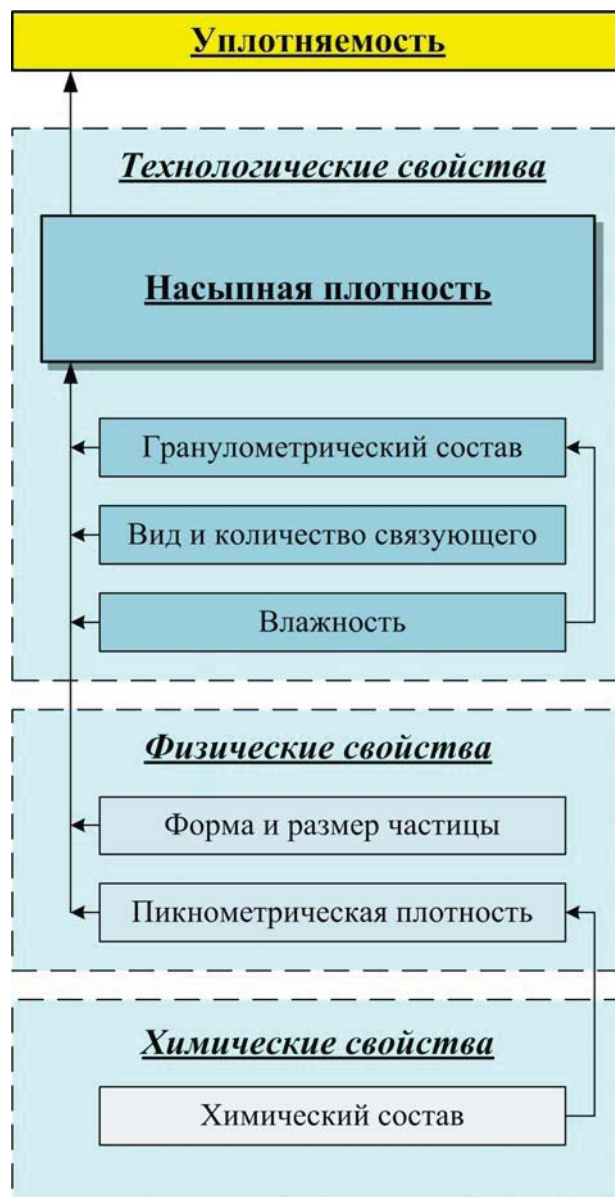


Рис. 1. Структурная схема влияния химических, физических и технологических свойств шихтовых материалов на их уплотняемость

Используя полученные графические зависимости, определили коэффициенты уплотнения шихт при 100 МПа.

Коэффициент уплотнения при 100 МПа был выбран как показатель уплотняемости исходя из того, что при этом давлении для большинства прессуемых шихт рост усадки прессовки прекращается, следовательно,

дальнейшее увеличение давления является нецелесообразным. Тем более, что данное давление является достаточным для формирования прочных брикетов, сохраняющих форму при выпрессовке.

Используя результаты экспериментальных исследований, построили графическое отображение взаимосвязи коэффициента уплотнения при $P = 100$ МПа (K_{y100}) с насыпной плотностью для всех исследованных шихт (рис. 2). Из рисунка 2 видно, что изменение K_{y100} подчиняется определенной закономерности. Однако интерполяция данной взаимосвязи показала слишком высокое среднеквадратичное отклонение. Использовать полученную функцию в практических целях нельзя.

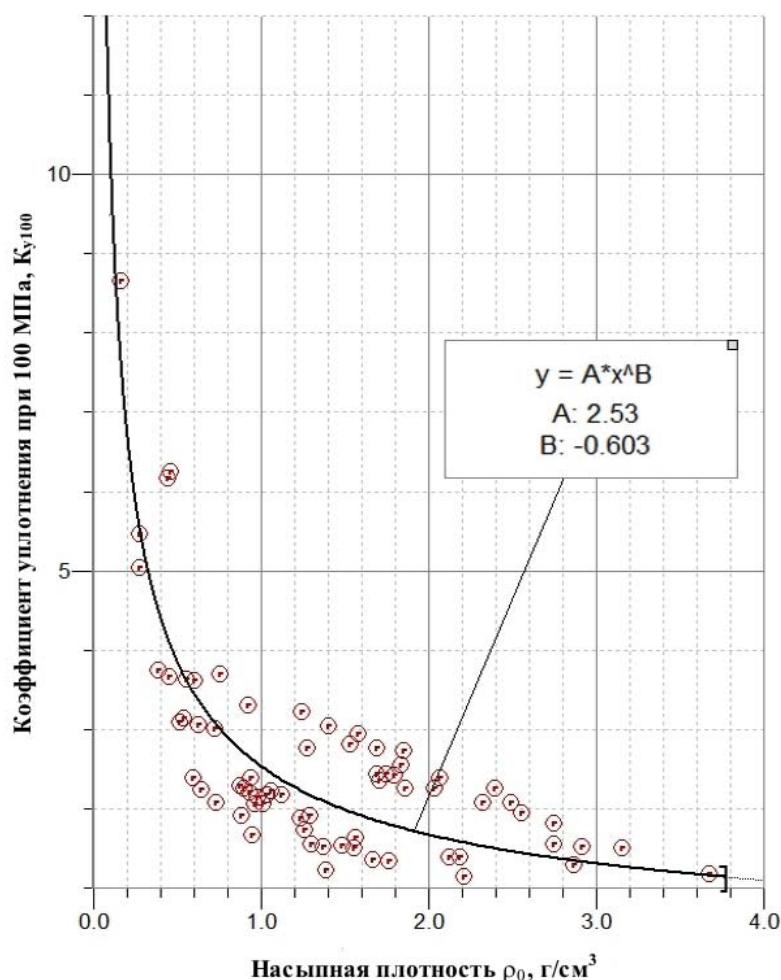


Рис. 2. Интерполяция взаимосвязи показателя уплотняемости (K_y при $P=100$ МПа) с насыпной плотностью для всех исследованных шихт

При более детальном анализе графического поля значений заметно, что в нем наблюдаются определенные области, интерполяция которых дает среднеквадратичное отклонение, допустимое для использования аппроксимационных кривых в практических целях (рис. 3). Выделяются четыре группы шихтовых материалов, в пределах которых связь K_{y100} с высокой точностью аппроксимируются аналитическими выражениями (табл. 1).

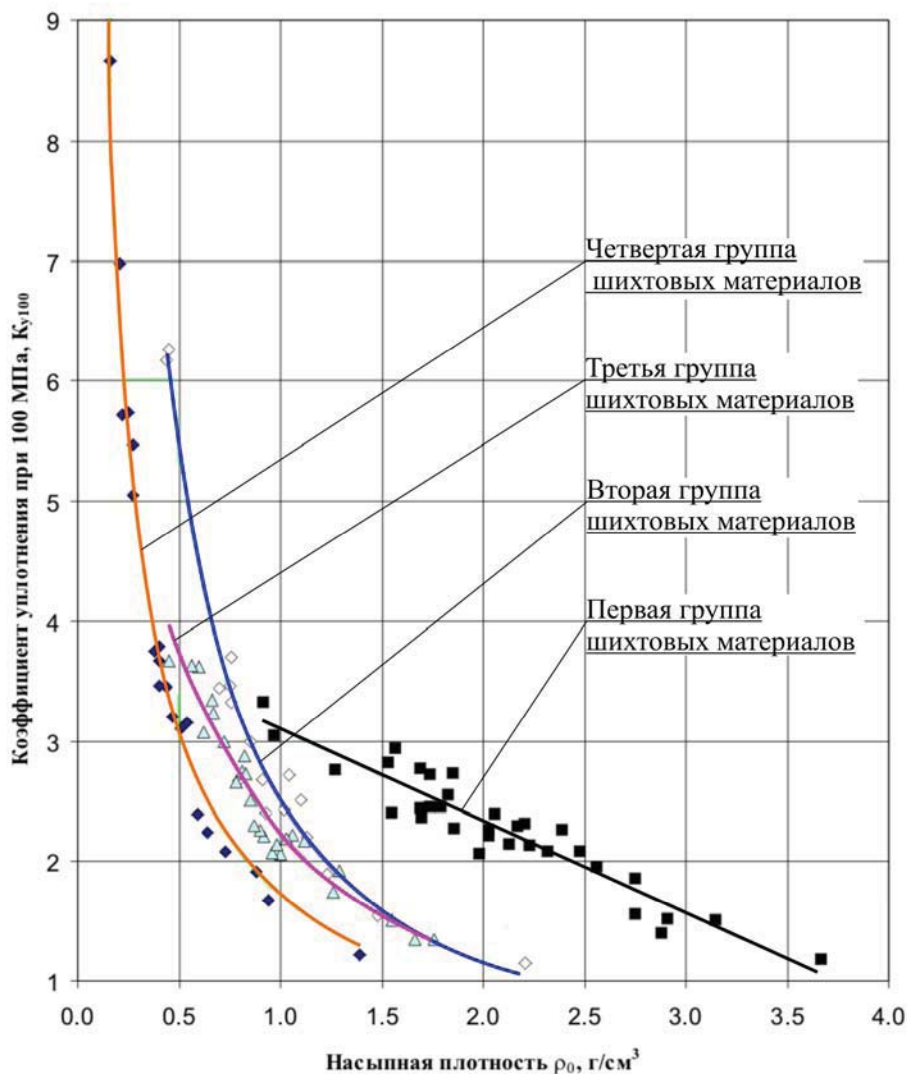


Рис. 3. Взаимосвязь показателя уплотняемости (K_y при $P=100$ МПа) с насыпной плотностью для исследованных шихт с выделением областей и интерполяции.

Таблица 1

Аналитические выражения функциональных зависимостей коэффициента уплотнения при 100 МПа от насыпной плотности для выделенных групп шихтовых материалов

Первая группа шихтовых материалов	$K_{y100}(\rho_0) = -0,766 \cdot \rho_0 + 3,85$
Вторая группа шихтовых материалов	$K_{y100}(\rho_0) = 2,48 \cdot \rho_0^{-1,12}$
Третья группа шихтовых материалов	$K_{y100}(\rho_0) = 6,05 \cdot e^{-1,52 \cdot \rho_0} + 0,907$
Четвертая группа шихтовых материалов	$0,088 \leq \rho_0 \leq 0,27$
	$K_{y100}(\rho_0) = \frac{0,141}{\rho_0^2} + 3,12$
	$0,27 \leq \rho_0 \leq 1,39$ $K_{y100}(\rho_0) = 1,7 \cdot \rho_0^{-0,846}$

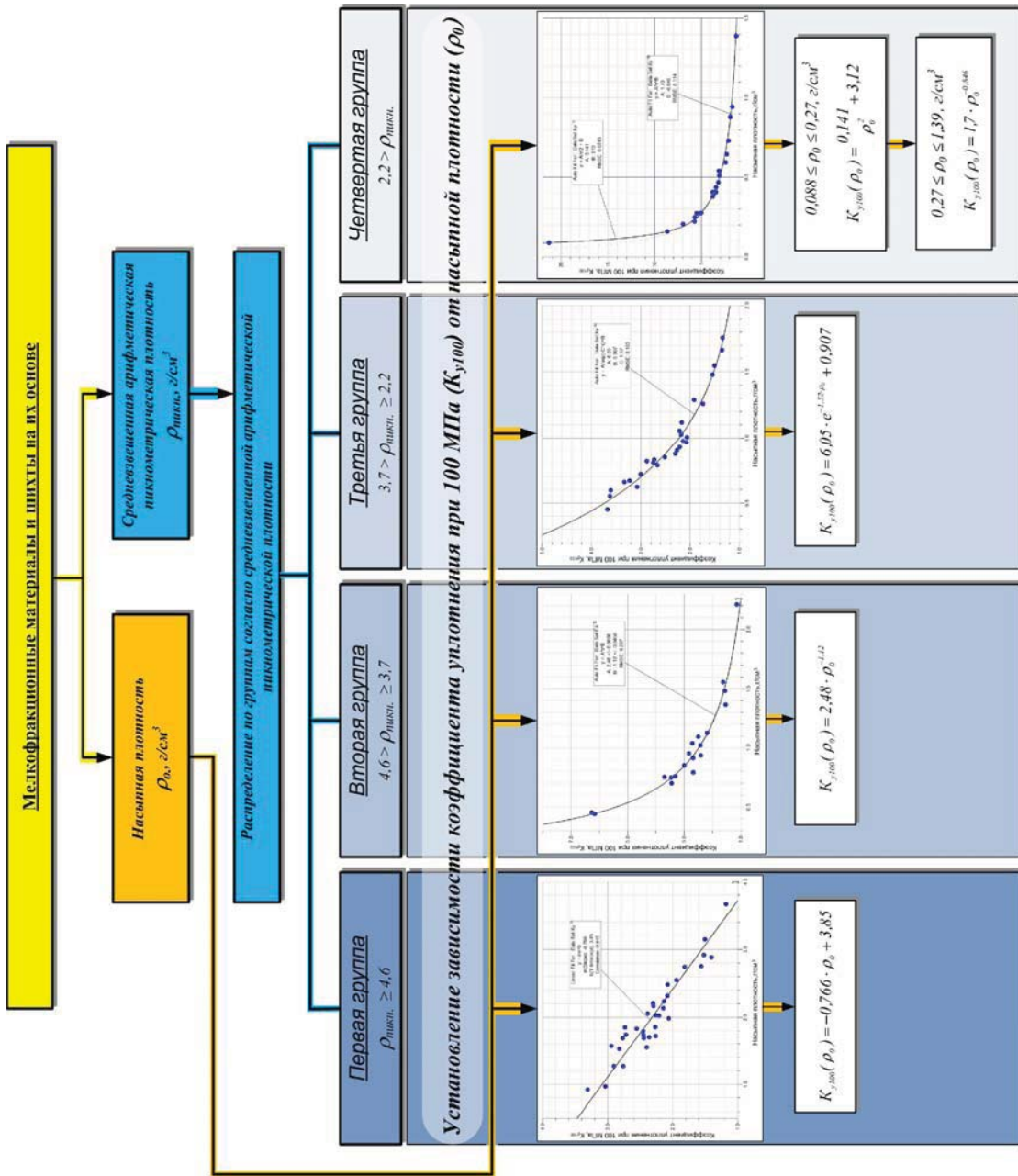


Рис. 4. Структурная схема методического подхода к определению показателя уплотняемости шихтовых материалов с учетом их свойств

Естественно ожидать, что принадлежность того или иного материала к конкретной аппроксимационной группе определяется его свойствами.

Нами был проведен анализ свойств исследуемых шихт, которыми может определяться принадлежность материалов к конкретным группам. Анализировались механические, химические, технологические и физические свойства. В процессе анализа свойств установлено, что распределение шихт по группам определяется их пикнометрической плотностью, а именно средневзвешенной арифметической пикнометрической плотностью, рассчитанной с учетом долевой части участвующих отдельных элементов и соединений. Были определены диапазоны средневзвешенной арифметической пикнометрической плотности для каждой выделенной группы материалов.

Используя полученные результаты, разработан новый методический подход к определению показателя уплотняемости различных шихтовых материалов с учетом их свойств, который представлен в виде структурной схемы (рис. 4).

Согласно структурной схеме, в качестве характеристик, определяющих уплотняемость шихтового материала, приняты насыпная и средневзвешенная арифметическая пикнометрическая плотность.

На структурной схеме показано разделение материалов на четыре группы, согласно принятого показателя – средневзвешенной арифметической пикнометрической плотности. Для каждой сформированной группы, на основе экспериментальных значений, получены интерполяционные кривые. Затем, после их аппроксимации установлены функциональные зависимости K_{y100} от насыпной плотности, описанные аналитическими выражениями.

Методический подход заключается в следующем.

Имея любой шихтовый материал, необходимо определить его насыпную и средневзвешенную пикнометрическую плотности. Затем, зная значение пикнометрической плотности, определяется принадлежность материала к определенной группе.

Используя функциональные зависимости, установленные для каждой группы, по значению насыпной плотности шихты определяем степень ее уплотнения.

Таким образом, разработанный методический подход позволяет аналитическим путем спрогнозировать показатель уплотняемости, выраженный в виде коэффициента уплотнения при 100МПа, для любого материала с различными свойствами. Это дает возможность предварительно оценить возможность использования определенной схемы уплотнения для получения качественных прессовок.

В дальнейшем новый методический подход будет использован при разработке аналитического метода прогнозирования и оценки сопротивления шихты сжатию с учетом свойств прессуемых шихт.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Носков В.А. Исследование физико-механических свойств мелкофракционных промышленных отходов, определяющих их поведение при брикетировании / В.А. Носков, Б.Н. Маймур, В.И. Петренко, А.Т. Лебедь // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1998. – С. 104 – 107.
2. Носков В. А. Научно-методические основы определения характеристик и режимов процесса брикетирования мелкофракционных материалов / В. А. Носков, Б. Н. Маймур, В. И. Петренко, А. Т. Лебедь, К. В. Баюл // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб. научн. трудов ИЧМ НАН Украины. Вып. 5. – К.: Наукова думка. – 2002. – С. 344-347.
3. Либенсон Г.А. Основы порошковой металлургии. 2-е изд., перераб. и доп. / Г.А. Либенсон – М.: Металлургия, 1987. – С. 208.
4. Ожогин В.В. Основы теории и технологии брикетирования измельченного металлургического сырья: Монография. – Мариуполь, ПГТУ, – 2010. – С. 442.

Отримано 16.12.2011 р.