

# **Порошковая металлургия, сварка и обработка материалов давлением**

УДК 621.762

**Гранулирование минеральных удобрений прокаткой**

Ложечников Е. Б., Гавриленя А. К., Щерба В. Я., Китун А. А.  
Белорусский национальный технический университет,  
ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с  
опытным производством»

Минеральные удобрения используются в гранулированном виде. Полученный после флотационной очистки и выпаривания-кристаллизации порошок с размером частиц от 1 до 0,1 мм и менее не пригоден для длительного хранения, транспортировки и использования. Из-за высокой поверхностной активности оно быстро слеживается и теряет сыпучесть, что затрудняет внесение его в почву. Наличие в порошковом удобрении высокодисперсной фракции не допустимо и по условиям пыления с выносом за пределы обрабатываемых площадей, быстрого растворения и уноса в грунтовые воды и водоемы.

Наиболее распространена технология гранулирования минеральных удобрений, основанная на их уплотнении в полосы прокаткой с последующим дроблением полос в гранулы и отделением их от крупной и мелкой фракций. Крупную фракцию домальвают, а мелкую – возвращают в смеси с исходным порошком на повторное уплотнение прокаткой [1,2].

Представляются актуальными постоянно проводимые исследования, направленные на повышение качества гранулированных удобрений, определяемого прочностью, а следовательно и стабильности гранул при увеличении выхода их требуемого (3-4 мм) размера.

Для оценки влияния режима обработки давлением на плотность и прочность брикетов и прокатанных полос проведены эксперименты по прессованию исходного порошка хлорида калия и его пылевых отходов в брикеты, которые затем подвергали разрушению нагружением в направлении оси брикетов.

Исследуемые порошки прокатывали в валках диаметром 600 мм (на стане СПП-2) в полосы, плотность которых соответствовала прессованным брикетам с наилучшими показателями прочности [3].

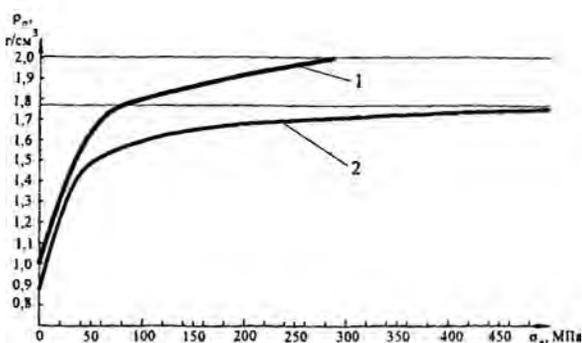
Хлорид калия (KCl) относится к третьей малопластичной группе минеральных удобрений. Его пикнометрическая плотность  $2,0...2,05 \text{ т/м}^3$  ( $2,0...2,05 \text{ г/см}^3$ ), температура плавления 1041 К. Давление его уплотнения при прокатке в производстве гранул составляет 400-450 МПа. Прокатку производят в валках диаметром 900-1000 мм с длиной бочки до 1250 мм. Скорость прокатки  $0,8...1,2 \text{ м/с}$ . Для улучшения технологических свойств в порошок перед прокаткой вводят пластифицирующие присадки (карбонид, сульфаты и др.).

Для установления технологических возможностей гранулирования хлорида калия проведены опыты их прессования в прессформах диаметром 10 мм при температуре 380-390 К. Скорость прессующего пуансона по мере уплотнения уменьшалась с 30 до  $3...5 \text{ м/с}$ . Прессованию подвергали порошок без пластифицирующих присадок. Диаграмма прессования (Рис. 1) показывает, что при давлении 283 МПа достигнута пикнометрическая плотность хлорида калия ( $2,05 \text{ г/см}^3$ ). У лучших для гранулирования образцах проката (по данным РУП «Производственное объединение «Беларуськалий») плотность составляет  $1,77...1,82 \text{ г/см}^3$ , что соответствует давлению прессования 110...120 МПа. Давление разрушение при осадке прессованных брикетов после двух суток выдержки составило  $0,4...0,5$  давления прессования.

Увлажнение порошка до 1,5 % не оказывает существенного влияния на его прессуемость и зависимость прочности от давления прессования и их плотности. Повышение давления прессования до 191 МПа хотя и привело к повышению плотности брикетов до  $1,97 \text{ г/см}^3$ , но привело к снижению их прочности.

Прессуемость увлажненного до 3 % порошка незначительно отличается от прессуемости сухого и с 1,5 % влажностью. Следует отметить, что начиная с давления 101,9 МПа и выше у выпрессованных из прессформы брикетов с 3,0 % влажностью на торцах выходит влага, в дальнейшем впитываемая брикетом. Следует отметить, что повышенное влагосодержание обеспечивает более высокую прочность брикетов, спрессованных под

давлением до 76,4 МПа, и уменьшение прочности более плотных брикетов.



1– KCl; 2– (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Рисунок 1 – Диаграмма прессования порошков KCl и (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Для проведения экспериментов по прокатке порошка KCl в исходном состоянии и пыли, образующейся при дроблении полос (менее 0,5мм), использовали прокатный стан СПП-2 [3] с диаметром бочки 600 мм. Нагретый до 430 К порошок загружали в установленный на вращающиеся с частотой 5 об/мин валки бункер (скорость прокатки 0,157 м/с). В результате прокатки получены полосы толщиной 5,6...6,2 мм, плотностью 1,83...1,86 г/см<sup>3</sup> не зависимо от того, прокатывали порошок или отсев пыли (менее 0,5мм). Большая плотность достигалась при уменьшении раствора валков (толщины проката). Плотность полученного проката соответствует давлению прессования брикетов 110...120 МПа, что согласуется с приведенными в [1] данными. Более высокая плотность прокатанных полос по сравнению с получаемыми РУП «Производственное объединение «Беларуськалий» достигнута за счет меньшей скорости прокатки, а следовательно уменьшения отрицательного влияния выдавливаемого из очага уплотнения и деформации воздуха, встречный поток которого задерживает поступление в валки порошка.

Сульфат аммония (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> относится к первой группе порошков минеральных удобрений (высокопластичные). Его пикнометрическая плотность 1,77 кг/см<sup>3</sup>, температура разложения

623 К. В исследуемом порошке массовая доля фракции менее 0,25 мм составляла 19 %. Значительную часть дисперсной порошковой массы представляли полупрозрачные монолитные зерна с размерами до 2 мм.

Цель проведенных экспериментов – установить зависимость плотности и прочности брикетов (цилиндрических образцов) от давления прессования порошков сульфата аммония разной влажности и температуры. Исходные, в состоянии поставки порошки влажностью 0,16-0,3 % выдерживали в течение четырех часов в сушильном шкафу при температуре 340 К и увлажняли до 2 % содержания воды.

Результаты экспериментов по прессованию и разрушению образцов разной влажности показывают, что влажность порошков не оказывает существенного влияния на плотность и прочность спрессованных образцов. Следует отметить, что прочность спрессованных образцов до близкой к пикнометрической плотности сравнительно низкая, что не позволяет ожидать требуемую прочность и стабильность по слеживанию гранулята. Об этом свидетельствуют результаты испытания гранул, полученных дроблением прокатанных полос толщиной 6...7 мм, плотностью 1,68...1,74 г/см<sup>3</sup>. Статическая прочность при раздавливании гранул не превысила 2,6 кг при минимально допустимой 3 кг. Так же следует отметить, что в спрессованных образцах сульфата аммония сохранились крупные зерна исходного порошка, в то время как в прокатанной полосе эти зерна были разрушены, что объясняется разными условиями процесса их обработки [4].

Для установления влияния теплового режима прессования и прокатки на плотность и прочность образцов проведены эксперименты прессования порошков, охлажденных до температуры 260К (-10 °С) и нагретых до 340-350 К. Образцы диаметром 10 мм прессовали давлением 318 МПа, диаметром 30 мм – 200 МПа. Прокатку проводили при неизменных растворе валков и скорости, аналогичной предыдущим экспериментам. Спрессованные образцы диаметром 10 мм имели плотность 1,71-1,75 г/см<sup>3</sup>, диаметром 30 мм охлажденные – 1,69 г/см<sup>3</sup>, нагретые – 1,72 г/см<sup>3</sup>. Гранулы размером 3-4 мм, полученные в результате дробления прокатанных из нагретых порошков полос, разруша-

лись при раздавливании под нагрузкой 3,0...3,1 кг. Прочность гранул из охлажденных порошков составляла 2,8...3,0 кг.

На основании изложенного приняты технологические параметры гранулирования порошков сульфата аммония: влажность до 0,3...0,5 %, нагрев до 340...360 °С, прокатка полос плотностью 1,60...1,64 г/см<sup>3</sup>, дробление и отсев гранул.

### Литература

1. Мурадов, Г. С. Получение гранулированных удобрений прессованием / Г. С. Мурадов, П. И. Шомин. – М.: Химия, 1985. – 209 с.
2. Классен, П. В. Гранулирование / П. В. Классен, И. Г. Гришаев, И. П. Шомин. – М.: Химия, 1991. – 240 с.
3. Ложечников, Е. Б. Прокатка в порошковой металлургии / Е. Б. Ложечников. – М.: Металлургия, 1987. – 185 с.
4. Ложечников, Е. Б. Механика измельчения прокатываемых в толстом слое материалов / Е. Б. Ложечников, А. К. Гавриленя // Вестник БНТУ. – 2006. – № 6. – С. 16–21.

УДК 621.771

### Прокатка в четырехвалковом калибре по схеме «круг-круг»

Ложечников Е. Б., Кудин М. В.

Белорусский национальный технический университет

Изготовленные непрерывным литьем прутки латуни обладают характерной для такого способа производства макроструктурой с явно выраженными радиально ориентированными столбчатыми зернами [1]. При этом вследствие неравномерной по сечению кристаллизации, что может быть объяснено горизонтальным направлением движения образующегося в охлаждаемой полости кристаллизатора прутка, центр схождения столбчатых кристаллов смещен относительно геометрической оси прутков. Поверхность прутков загрязнена продуктами износа графитового кристаллизатора, а также встречаются открытые поверхностные макродефекты.

Для повышения прочности и твердости прутков, в значительной части используемых для изготовления газовой аппаратуры, а так же завальцовывания поверхностных дефектов и вы-