



The way of selective break of heterogeneous compositions, in particular slags of copper-smelting production and also granular metal-containing powder materials, is based and developed. Calibration of the rolls, providing controlled granulating of metal-containing powders by rolling.

Е. Б. ЛОЖЕЧНИКОВ, А. К. ГАВРИЛЕНЯ, БНТУ,
С. Г. АЗИЗБЕКЯН, ИФОХ НАН Беларуси,
С. В. ЛАСАНКИН, ООО «Ордком»

УДК 621.762.3

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ И ГРАНУЛИРОВАНИЕ СВЯЗНОСЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В МАШИНАХ ВАЛКОВОГО ТИПА

Распространена технология повышения потребительских свойств сырьевых материалов и производственных отходов, основанная на их размоле и последующем после обогащения, т.е. отделения сопутствующих пород и материалов, гранулировании. Гранулирование улучшает технологичность дисперсных материалов: увеличивает их насыпную массу, текучесть, газопроницаемость, снижает гигроскопичность, пыление, пирофорность и т.д.

Среди известных способов размола и гранулирования выделяются способы, основанные на прокатке во встречно-вращающихся валках [1–3]. Сыпучий и кусковой материал при заднем, в основном гравитационном подпоре (направление прокатки сверху вниз), захватывается и уплотняется. Дробление и размол кусков и частиц происходит за счет всестороннего сжатия деформируемой сыпучей среды и интенсивного сдвига по пересекающимся поверхностям скольжения. Процесс непрерывен, высокопроизводителен и отличается низкой удельной энергоемкостью, поскольку обеспечивает за один проход прокатки практически одинаковый энергосиловой цикл нагружения, позволяет получать высокодисперсный, активный материал со сравнительно узким полем рассеяния размеров частиц, отличающихся по составу и свойствам компонентов обрабатываемой среды. Последнее обусловлено тем, что при обработке прокаткой гетерогенной смеси происходит избирательный размол – более интенсивно разрушаются менее прочные, хрупкие составляющие, образуя матрицу, окружающую частицы, например, металла и его соединений. При этом вследствие того что условие пластичности дисперсной связносыпучей среды описывается выражением [2, 4]

$$\sigma_1 - \sigma_2 = (\sigma_1 + \sigma_2) \sin \varphi + 2c \cos \varphi, \quad (1)$$

а поликристаллического твердого тела –

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \sigma_s, \quad (2)$$

где σ_1 и σ_2 – главные напряжения; φ – угол межчастичного трения; c – согласно критерию прочности, сопротивление сдвигу частиц, при этом даже при $\varphi \rightarrow 0$, когда выражение (1) принимает вид (2), в связносыпучей среде $2c$ не достигнет значения предела текучести твердого тела σ_s , т.е.

$2c < \sigma_s$. Это обуславливает сохранение формы твердых частиц, по поверхности которых происходит сдвиг деформируемой дисперсной матрицы, интенсифицирующий размол ее частиц и отделение от более твердых компонентов гетерогенной смеси.

При определенных условиях, например, при межвалковом зазоре, не превышающем 0,01 диаметра бочки валков, и скоростях прокатки, при которых выдавливаемый из уплотняемой в валках массы воздух не создает в зоне захвата псевдосжиженный слой, т.е. не нарушается равномерность фильтрации воздуха через поступающий в валки материал, происходит уплотнение продуктов размола в достаточно прочные полосы. При необходимости прочность сцепления формируемых в полосы частиц повышают за счет введения в исходный продукт активирующих процесс сцепления присадок. Например, для компактирования прокаткой дробленой чугушной стружки и окалины авторы вводили в исходный продукт раствор соляной кислоты. Образующиеся на контактах частиц уплотненного порошка кристаллы хлорида железа обеспечивали достаточно высокую прочность их сцепления.

Дроблением прокатанных полос в молотковых мельницах и других устройствах получают гранулы после обкатки и отсева, представляющие собой конечный продукт, например, металлургический полуфабрикат для дальнейшего использования

или минеральные удобрения. Недостатком такой технологии является то, что при дроблении полос образуется большое количество еще более дисперсных, чем после размолла, частиц, а гранулы насыщены внутренними дефектами, снижающими их прочность.

Для получения крупных размером 20–30 мм и более гранул из железорудного концентрата и других полуфабрикатов применяют валковые прессы с диаметром бочки до 1000 мм, на поверхности которых выполнены углубления – ячейки. В совпадающих ячейках валков формируются гранулы, разделенные сравнительно тонкими перемычками, по которым они легко разделяются.

Для получения таких гранул необходим громоздкий валковый пресс, эксплуатация которого оправдана в крупнотоннажном металлургическом производстве и производстве строительных материалов, например, гипса. Для гранулирования извлекаемых из размолотых шлаков металлов и их оксидов, например, меди и медьсодержащих сплавов в условиях литейных цехов машиностроительных заводов, требуется менее мощное оборудование, обеспечивающее получение гранул размером в несколько миллиметров. Проведенные эксперименты показали, что использование для этой цели валков с ячеистой поверхностью бочки не обеспечивает стабильность процесса: на выходе из валков прокат часто расслаивается, при этом разделенные части гранул остаются в ячейках, что приводит к оковыванию валков обрабатываемым материалом.

Разработана более технологичная в изготовлении и сборке конструкция валков, в которых сыпучий материал прокатывается в полосы с продольными на одной стороне и поперечными на другой пазами. При последующей обработке в галтовочном барабане куски полос разрушаются по взаимно перпендикулярным пазам с образованием гранул.

Профили поверхности бочек валков (калибровка валков) и сечения разлома по взаимно перпендикулярным пазам полос показаны на рис. 1. Как видно из рисунка, контур поверхностей ручьев – это сочетание дуги с касательными к ней прямыми. Продольные ручьи выполнены более глубокими, чем поперечные, а диаметр валков с продольными ручьями меньше диаметра с поперечными. Это обусловлено несимметричным опережением

прокатываемых полос по отношению к валку с продольными ручьями, составляющих при прокатке порошка 0,4–0,6% [2]. Разница в диаметрах компенсирует скольжение полосы по продольным ручьям, предотвращающее их оковывание.

Специфические условия захвата и уплотнения порошка валками определяют установленные экспериментальными соотношения между толщиной h прокатанной гладкой полосы и диаметром бочки валков D_B :

$$h \leq 0,01D_B. \quad (3)$$

В валках с продольными ручьями активная, захватывающая порошок поверхность увеличивается в 1,5 раза, что позволяет уменьшить диаметр бочки валков. Наличие поперечных пазов обуславливает захват порошка силами трения между находящимся в поперечных ручьях порошком и порошком в межвалковом пространстве в сечении захвата, определяемым углом захвата [2]:

$$\alpha = 0,5(\varphi_k + \arcsin(\sin \varphi_k / \sin \varphi)), \quad (4)$$

где φ_k и φ – соответственно углы трения порошка с поверхностью бочки валка и межчастичного трения порошка, соотношение величин которых определяется неравенством $\varphi_k < \varphi$ [3, 4].

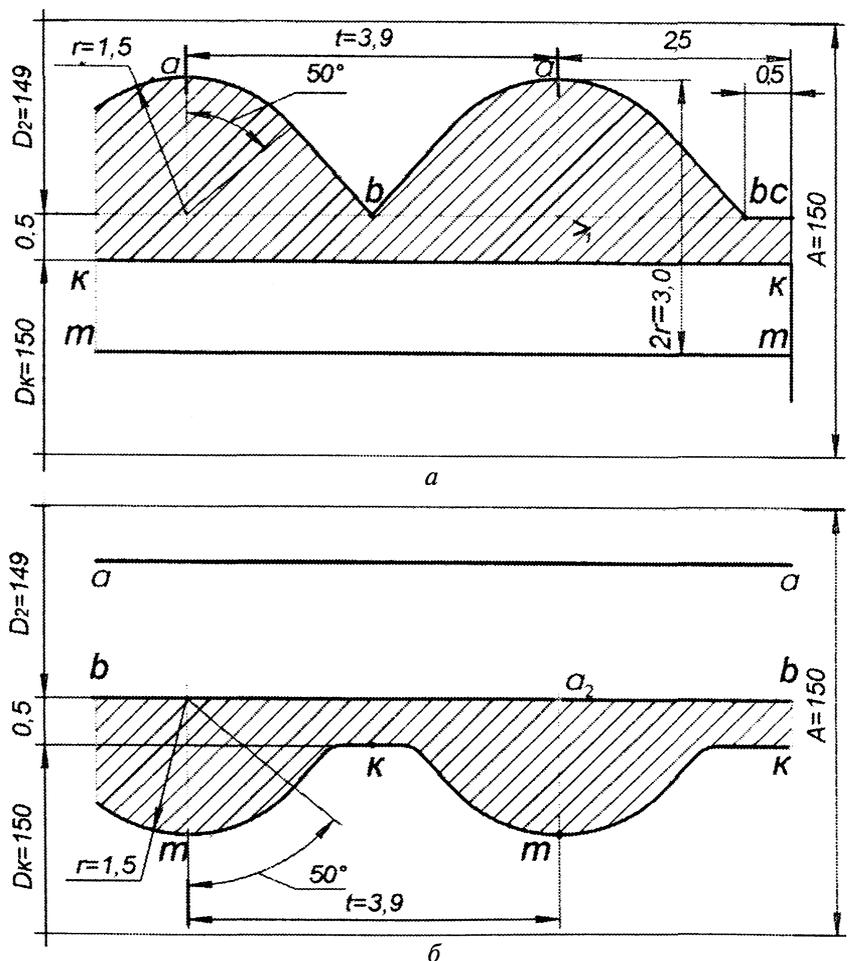


Рис. 1. Поверхности разлома сформированной в калиброванных валках полосы: а – поперечная; б – продольная

Угол захвата валком с поперечными ручьями вследствие $\varphi_k \approx \varphi$ возрастает от 0,5–0,6 рад до величины $\alpha_p = 0,5(\varphi + 0,5\pi) \approx 0,8–0,9$ рад, обеспечивающей увеличение активности захвата и уплотнение порошка в 1,5–1,6 раза. При этом соотношение (3) примет вид $h_{np} = 0,015D_b$, где h_{np} – приведенная толщина рифленой ленты, которую можно рассчитать по объему гранул, форма которых в рассматриваемом случае представляет сочетание двух повернутых на угол $0,5\pi$ полуцилиндров с квадратной перемычкой с размерами сторон t , равными шагу расположения продольных и поперечных ручьев (рис. 2).

Рассчитанная по объему V гранул приведенная толщина $h_{np} = V/t^2 \approx 27,5/3,9 = 1,8$ мм. Тогда диаметр наименьшей бочки валков $D_{vmin} = h_{np}/0,015 = 120$ мм. Для обеспечения повышенной плотности гранул приняли $D_k = 150$ мм и $D_b = 149$ мм.

Эксперименты прокатки полос в валках с описанными ручьями проведены на стане СПП-1 [2]. В качестве исходного материала использовали железный порошок, размолотую окалину и металлосодержащий дисперсный порошок, извлеченный из шлака медеплавильного производства Гайского завода «Сплав» (Россия), а также порошок сивьинита (КС1). В окалину и извлеченный из шлака порошок вводили пластификаторы, обеспечивающие более высокую прочность

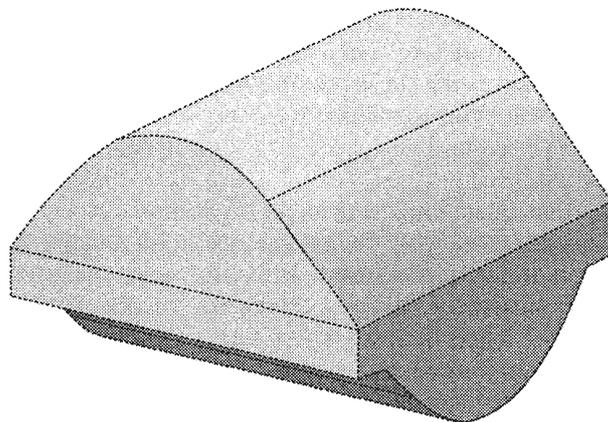


Рис. 2. Аксонометрическое изображение получаемой гранулы до обработки галтовкой

прокатываемых полос, а при плавке – активирование восстановительных процессов.

Дроблением прокатанных полос в галтовочном барабане получены гранулы со сглаженными углами поверхностей разлома и выходом дисперсной фракции, составляющей 8–10% от обрабатываемой массы.

Литература

1. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. М.: Химия, 1968.
2. Ложечников Е.Б. Прокатка в порошковой металлургии. М.: Металлургия, 1987.
3. Ложечников Е.Б., Бусел А.В. Переработка промышленных отходов в валковых мельницах // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии. Т. 1. Тр. науч.-техн. конф. Гродно, 1995. С. 165–170.
4. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. М.: Физматгиз, 1960.