

Розглянуто процеси структуроутворення при гарячому пресуванні з пропусканням високоамперного току нанопорошків складу ZrO_2 - n мас. % Al_2O_3 ($n = 10, 20, 30$) з топологічними ознаками частинок гранулярного та лускатого характеру. Експериментально встановлено, що в залежності від величини начального тиску і відповідно стартової щільності, а також швидкості і рівності нагріву пояснюються різні значення відносної щільності отриманих зразків однакового складу при однаковій температурі.

The processes of structure formation in hot pressing with the transmission of high current in the powders of ZrO_2 - n wt.% Al_2O_3 ($n = 10, 20, 30$) are viewed in the article. The particulate solids in the powders have granulate and lamellate topology. It was established experimentally that, different values of the relative density of the samples (at the same temperature) depend on the size of the initial pressure and starting density, and the speed and uniformity of heating.

УДК 622.74

М.Ф. ГНАТЕНКО, канд. техн. наук, директор, ООО «Велма», Киев

ФИЗИКА ПРОЦЕССА И КОНСТРУКЦИЯ СМЕСИТЕЛЯ СУХОГО СМЕШИВАНИЯ ПОРОШКОВ, РЕЗКО ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ПО УДЕЛЬНОМУ ВЕСУ И РАЗМЕРУ ЧАСТИЦ

В работе представлен смеситель для сухого смешивания самых разнообразных и «трудных» шихт (смесей).

Сфера нашей деятельности – разработка новых технологических приемов и образцов оборудования для изготовления сварочных материалов: покрытых электродов, керамических флюсов и порошковых проволок. Очень важное значение в производственном процессе занимает подготовка порошков сырьевых компонентов: помол (дробление), контрольный просев, **сухое смешивание**.

Основные сырьевые компоненты – это мрамор (магнезит, доломит), полевые шпаты, слюды, ферросплавы, рутил (ильменит), электродная целлюлоза, карбоксиметилцеллюлоза, сода, поташ, асбест, каолины и т.п. Размер частиц готовых порошков составляет от нескольких микрон до 400 мк, их удельный вес колеблется от 1 до 10 г/см³; а форма – от шарообразной до остроконечной, пластинчатой, игольчатой. Общеизвестно, что такое различие в

© М.Ф. Гнатенко, 2012

удельном весе, размерах и форме частиц отдельных готовых порошков сырьевых компонентов будет существенным образом усложнять процесс смешивания шихты из них. В этом случае будет очень сильно выражен процесс сегрегации (десмешения) и в процессе смешивания, и при выгрузке; естественно при этом получить высококачественную по однородности смесь практически невозможно. Но решать эту проблему было необходимо. Метод смешивания таких шихт с добавлением связки, гранулированием (до 0,5 – 0,7 мм), сушкой и т.д. нам не подходит.

И мы попытались решить эту проблему чисто логическим путем, решая следующие физические и конструктивные задачи: обеспечить многообразие разнонаправленных пересекающихся макро- и микропотоков смеси в смесителе; нельзя применять высокоскоростные рабочие органы, т.к. они переведут легкие компоненты во взвешенное состояние, а тяжелые будут на максимальном радиусе (или в нижней части, если рабочая камера не вращается); необходимо, чтобы потоки начинались на разных по величине радиусах рабочей камеры и пересекались потом на разных радиусах; это исключит до минимума сегрегацию разных по плотности частиц (силы центробежные и сила земной тяжести будут усредняться, компенсироваться); обеспечить, чтобы выгрузка происходила под силой тяжести сразу по всей длине рабочей камеры, быстро (ширина разгрузочного люка должна обеспечивать это) и сразу в технологическую емкость без лишних пересыпаний; сводить до минимума эффекты электризации поверхности рабочей камеры и эффекты механической активации и электризации частиц смеси; необходимы специальные рабочие органы для разрушения комков, образование которых возможно.

Для проверки эффективности процесса смешивания в различных типах существующих и разрабатываемых смесителей была взята самая «трудная» двухкомпонентная смесь: 5,0 % электродной целлюлозы и 95 % рутила по весу. В качестве ключевого компонента была выбрана целлюлоза: ее мало, она имеет очень низкую плотность, подвержена сегрегации (аэрации), правильно отображает распределение остальных компонентов в смеси и т.п. Определять ее концентрацию легко. Коэффициент неоднородности смеси определяется по общеизвестной формуле:

$$V_c = \frac{100}{\bar{C}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}}, \% \quad (1)$$

где n – количество отобранных из смеси проб после определенного времени смешивания (в нашем случае 20 шт.); C_i – концентрация ключевого компонента в % в i -той пробе; \bar{C} – средняя концентрация ключевого компонента в смеси.

Массу и количество проб для наших электродных шихт определили с одной стороны расчетным методом по известным формулам, а также опытным путем. Масса пробы G_M рассчитывалась по формуле:

$$G_M \geq \frac{1,26 \cdot 10^{-4} \cdot \bar{d}^3}{C_0} \cdot \rho, \quad (2)$$

где \bar{d} – среднеарифметический диаметр частиц, составляющих смесь (принимаем 0,01 см); ρ – плотность частиц смеси (в среднем около 3,2 г/см³); C_0 – концентрация ключевого компонента (равна 5 %).

При $V_c = 5\%$ G_M составила $\approx 0,081$ г. Вычисленную минимально допустимую массу пробы уточняли экспериментально. Для этой цели шихту покрытия электродов УОНИ 13/45 массой 10 кг с добавкой железного порошка в количестве 2 % смешивали в интенсивном лабораторном смесителе «Мортон» модели М20Е емкостью 10 л в течение 15 мин. От готовой смеси отобрали 10 проб разной массы. Методом магнитной сепарации определили массовую долю железного порошка в пробах, рассчитали коэффициенты неоднородности.

Зависимость V_c от массы пробы представлена на рис. 1.

При массах проб, меньших 4 г, V_c начинает очень сильно расти, что связано, по-видимому, с увеличением ошибки в определении железного порошка принятым методом. Кроме того, при отборе проб малой массы дополнительные ошибки могут быть вызваны процессом сегрегации шихты в месте отбора.

При массе пробы, большей 4 г, коэффициент неоднородности стабилизируется с незначительным уменьшением. Но качество массы в действительности не изменяется.

Чрезмерное увеличение массы пробы приводит к занижению действительного значения V_c . Масса пробы для дальнейших исследований была выбрана в пределах от 4 до 5 г.

Минимальное количество проб для оценки V_c определялось по формуле:

$$n \geq \frac{t^2 \alpha V_c^2}{\varepsilon^2}, \quad (3)$$

где $t\alpha$ – нормированное отклонение с вероятностью α ; ε – относительная предельная погрешность определения средней концентрации ключевого компонента \bar{C} , равная 3 %.

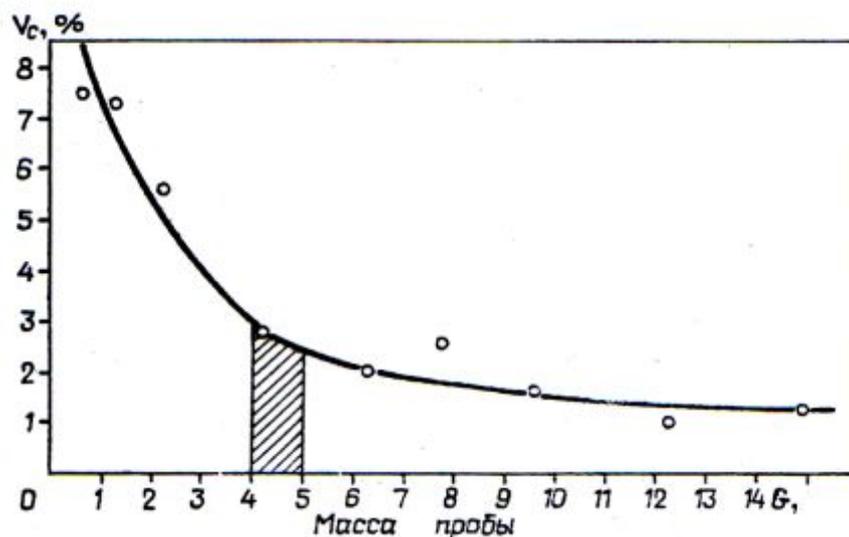


Рис. 1 – Зависимость V_c от массы пробы

Расчеты показывают, что при $V_c = 40\%$, $n_{40} \geq 680$, $\alpha = 95\%$, а при $V_c = 5\%$, $n_5 \geq 11$. Применительно к электродным шихтам оптимальное количество проб уточняли экспериментально. Для этой цели от хорошо смешанной шихты УОНИ 13/45 отобрали 60 проб. Техника приготовления смеси, методы анализа проб и расчета V_c описаны выше.

Результаты исследований представлены на рис. 2.

Оптимальное количество проб было принято равным 20.

Уменьшение количества проб снижает точность определения V_c .

Увеличение же $n > 20$ существенно не сказывается на точности, но при этом значительно возрастает трудоемкость анализа проб.

Результаты изучения кинетики процесса смешивания обычных шихт сварочных материалов дали возможность выбрать тип смесителя.

Это барабанный плужный смеситель «Lodige Morton» с вращающимся наружным барабаном и внутренними плужными органами.

Коэффициент неоднородности в пределах 3 %, время смешивания – до двух минут.

Однако при смешивании в этом смесителе самой «трудной» (экстре-

мальной) бинарной шихты из целлюлозы и рутила положительный результат не был достигнут (и до выгрузки, и, особенно, после выгрузки). Шихта сильно сегрегировала.

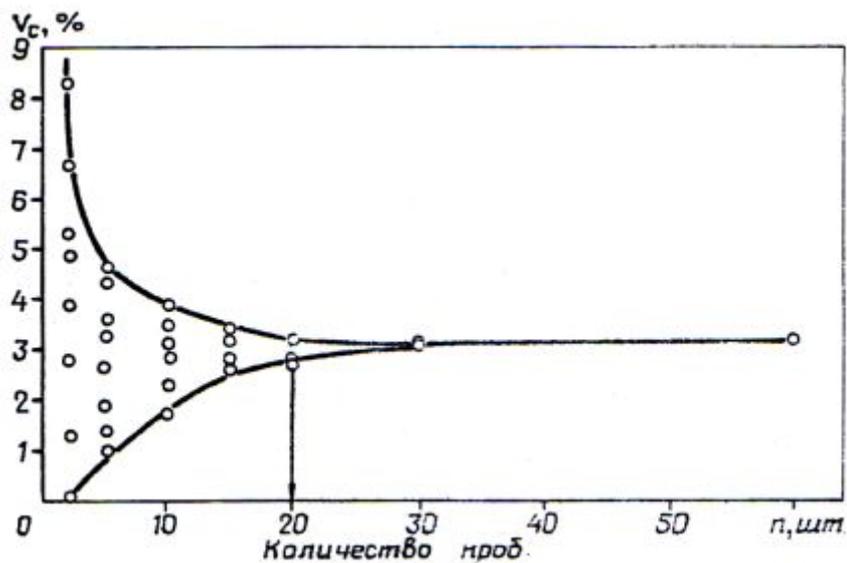


Рис. 2 – Результаты исследований

Разработка, изготовление и испытание смесителя с прозрачной рабочей камерой, определенными рабочими органами и регулируемые оборотами позволили оптимизировать конструкцию, параметры, обороты смесителя, систему выгрузки и время смешивания.

При этом были до минимума сведены все возможные отрицательные факторы, уменьшающие эффективность процесса смешивания шихт, очень склонных к сегрегации.

Особенности смесителя: тихоходный; многогранная рабочая камера с разноугловым наклоном граней к оси вращения; активные рассекатели потоков шихты в рабочем пространстве и разрушители возможно образующихся агрегатов комкающихся частичек шихты; строго определенные обороты шихты в зависимости от степени склонности шихты к сегрегации (расслоению); выгрузка шихты в технологическую емкость в состоянии покоя рабочих органов; покрытие внутренних рабочих поверхностей смесителя антиэлектростатическим слоем и заземление его металлических частей (отвести электростатические заряды); низкая неоднородность готовой шихты (3 – 4 %); малое время смешивания до трех минут (с учетом выгрузки).

Таким образом, нам удалось разработать смеситель для сухого смешивания самых разнообразных и «трудных» шихт (смесей) (рис. 3).

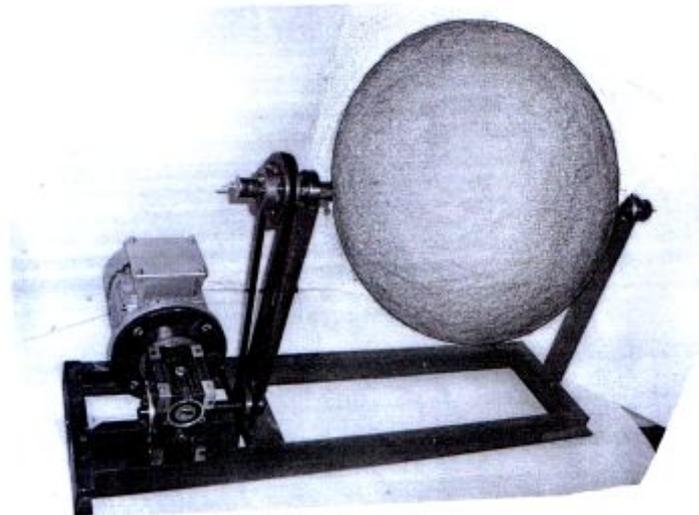


Рис. 3 – Смеситель для сухого смешивания самых разнообразных и «трудных» шихт

Поступила в редколлегию 20.08.12

УДК 622.74

Физика процесса и конструкция смесителя сухого смешивания порошков, резко отличающихся по удельному весу и размеру частиц / М.Ф. ГНАТЕНКО // Вісник НТУ «ХП». – 2012. – № 59 (965). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 19 – 24.

В роботі представлено змішувач для сухого змішування різноманітних та «важких» шихт (сумішей).

This paper presents a mixer for mixing a variety of dry and "difficult" blends (mixtures).