

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ  
МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОЙ ПЛАСТИФИЦИРОВАННОЙ СМЕСИ  
ПУТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ЕЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ

Возможность формования металлокерамических изделий из пластифицированной смеси в значительной степени зависит от выбора исходного связующего материала и равномерного распределения его по поверхности металлических зерен. Одной из операций в технологическом процессе изготовления пористого металлокерамического брикета на выгорающих при спекании связующих является процесс перемешивания металлического порошка с пластификатором.

Известные способы контроля равномерности распределения пластификатора по поверхности зерен (люминесцентный, радиометрический, фотоколориметрический) весьма трудоемки и исключают возможность непрерывного контроля непосредственно в процессе перемешивания, а следовательно, и возможность точного определения длительности перемешивания, необходимого для равномерного распределения связующего по поверхности зерна. В процессе спекания пластифицированной металлокерамической смеси пластификатор выгорает, образуя пустоты (поры). Создание тонкой однородной пленки связующего на поверхности является необходимой предпосылкой равномерного распределения пористости в готовом изделии.

Процессы получения порошковых материалов (пропиткой, ковкой) со специальными комплексами свойств также в значительной степени зависят от равномерности его макроструктуры.

Кроме указанных основных причин, вызывающих необходимость точного определения оптимальной длительности перемешивания смеси весьма важным является решение проблемы получения шихтового материала с требуемыми физико-химическими свойствами, что должно дать также значительный экономический эффект благодаря снижению технологического времени, необходимого для приготовления смеси, при одновременном повышении качества готового изделия.

При смешивании в объеме замеса создается организованный

поток составляющих. Внутри этого потока отдельные частицы, соударяясь, движутся беспорядочно. Подробно процесс смешивания рассмотрен в работах /1,2/. Равномерность распределения считается полностью достигнутой в том случае, если в каждом минимальном объеме металлокерамической смеси получено заданное соотношение между количеством ее компонентов.

Степень неоднородности смеси может быть определена с помощью проб. Если общая концентрация компонента в смеси  $C_0$ , концентрация компонента в пробе  $C_i$ , а число проб  $n$ , то степень неоднородности  $C_n$  смеси может быть определена как коэффициент вариации в  $n$  взятых пробах

$$C_n = \frac{1}{C_0} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - C_0)^2}{n}} \cdot 100\%$$

Чем меньше  $C_n$ , тем равномернее распределяются составляющие в смеси. Степень неоднородности смеси  $C_n$  в процессе перемешивания уменьшается до некоторой величины, не изменяющейся в дальнейшем.

Предельная неоднородность в пластифицированных смесях может быть достигнута после сравнительно непродолжительного смешивания, однако смесь не приобретает за это время оптимальных технологических свойств. В этот период основная часть пластификатора располагается в виде агрегатов или мелких капель между зёрнами, и только небольшое его количество обволакивает поверхность зёрен, образуя контакты между ними. Лишь в процессе дальнейшего перемешивания связующее вещество покрывает поверхность зёрна тонкой равномерной пленкой.

Существенное влияние на длительность перемешивания оказывают не только тип смесителя (катковый, лопастной, центробежный), но и его геометрические размеры, степень заполнения и физико-химические свойства смешиваемых материалов (размеры частиц наполнителя, вязкость пластификатора и т.д.).

Оптимальная длительность перемешивания пластифицированных смесей колеблется в широких пределах (для каткового смесителя от I до 10 минут). Это объясняется тем, что время перемешивания пластифицированных смесей зависит от большого числа различных факторов. Кроме того, длительность перемешивания зависит от ве-

личины зазора между днищем и катками (для катковых смесителей).

В связи с довольно значительными колебаниями физико-химических свойств шихтовых материалов, а также с погрешностью при их дозировании практически невозможно получить два совершенно одинаковых замеса. Поэтому оптимальная длительность перемешивания компонентов смеси будет отличаться от среднего значения (устанавливаемого методами технологических проб) времени перемешивания, что значительно снижает свойства смесей, так как при сокращении длительности перемешивания пластификатор не успевает распределиться по поверхности зерен в виде тонкой равномерной пленки. Увеличение же времени перемешивания сверх оптимального вызывает высыхание пластификатора и обдирание его пленки с поверхности зерен, что значительно снижает технологические свойства смесей.

Критерием эффективности работы смесеприготовительного оборудования является скорость распределения различных компонентов смеси по объему замеса и обволакивание зерен жидкими связующими веществами. Чем быстрее составляющие смеси распределяются по объему, тем эффективнее работает смеситель. Однако до настоящего времени не найден способ, который обеспечивал бы непрерывный контроль процесса смесеприготовления.

Решение этого вопроса следует искать путем исследования изменения электропроводности пластифицированных смесей в процессе их приготовления.

Большинство жидких связующих веществ, применяемых в порошковой металлургии (например, синтетические органические смолы), являются либо коллоидными, либо истинными растворами, которые обладают электрической проводимостью.

Металлические порошки, применяемые в качестве основного формовочного материала, обладают чрезвычайно высокой электропроводностью. Так, удельная электропроводность железа составляет от  $9,8 \cdot 10^{-4}$ , удельная же электрическая проводимость связующего, например, смолы М-19 равна  $5,3 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1} \text{ см}^{-1}$ . Формовочные пластифицированные смеси в сыром состоянии являются электропроводными.

Для измерения электропроводности смеси непосредственно в процессе ее приготовления в лабораторном катковом смесителе ЛБ-2 были установлены электроды измерителя проводимости. В про-

цессе всего цикла приготовления смеси она должна постоянно находиться между электродами измерителя, поскольку только таким образом можно обеспечить с высокой точностью и надежностью измерение ее электропроводности. Схема смесителя показана на рис. I.

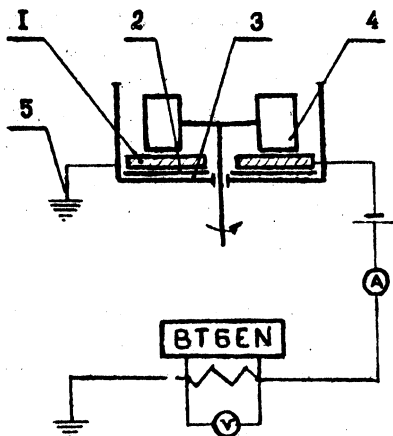


Рис. I. Схема измерения электропроводности металлокерамической смеси

На днище 3 смесителя установлен кольцевой стальной электрод 1, изолированный от корпуса резиновой прокладкой 2. Электрод крепится к днищу при помощи винтов с потайными головками. Вторым электродом измерителя проводимости являются катки 4 смесителя. С целью упрощения электрической схемы и применения однопроводной системы корпус 5 заземлен. Катки, образующие единую электрическую цепь с вращающейся траверсой и корпусом, имеют нулевой потенциал. Использование однопроводной системы позволяет избежать сложного подключения входа измерительной схемы и вращающимся частям смесителя.

Благодаря такой конструкции измерителя проводимости смесь находится между электродами непрерывно в течение всего времени ее приготовления. Катки, перемещаясь в процессе приготовления смеси относительно днища, создают равномерное уплотнение ее и позволяют измерять электропроводность всего объема, исключая

случайные отклонения в малых объемах смеси (особенно в начальный период ее приготовления).

Величина электропроводности регистрируется при помощи электронного уравнивающегося ленточного самописца ВТ GEN

Для измерения электропроводности смеси шесть точек прибора были включены последовательно. Интервал времени между двумя измерениями составлял 1,5 секунды, а лента подавалась со скоростью 1 мм/сек. Для измерения абсолютного значения электропроводности и расшифровки ленточных диаграмм самописец тарировался в единицах электропроводности.

По изложенной методике проводились исследования влияния фракции порошка, количества связующего на электропроводность металллокерамической пластифицированной смеси. В начальный момент перемешивания ток в цепи измерительного прибора максимален, так как отдельные капельки и комки связующего изолированы друг от друга зернами порошка и не образуют на поверхности зерен изолирующей пленки. По мере дальнейшего перемешивания связующее начинает равномерно распределяться по поверхности металлических зерен и электропроводность смеси падает. Однако это происходит не сразу, и какой-то период времени часть связующего вещества еще находится в смеси в виде отдельных мелких капелек, расположенных в промежутках между зернами и в неровностях их поверхности. Данная часть связующего не участвует в снижении электропроводности смеси. Дальнейшее перемешивание приводит к образованию на поверхности зерен порошка тонкой равномерной пленки связующего, и электропроводность смеси снижается, так как все зерна покрываются пленкой, обладающей пониженной проводимостью. Именно в это время смесь обладает наилучшими технологическими свойствами (таблица I).

Т а б л и ц а I

Прочностные характеристики брикетов в зависимости от времени перемешивания

$\tau$ , сек	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390
--------------	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

$\sigma_p$ ,  
кг/см<sup>2</sup> 4,7 4,9 5,4 6,1 5,9 5,1 4,6 4,2 3,9 3,8 3,8 3,7 3,7

Увеличение времени перемешивания не только не улучшает качество смеси, но и значительно ее снижает. При этом происходит увеличение электропроводности смеси в результате обдирания пленки связующего и увеличения числа контактов между зернами порошка (рис.2,3).

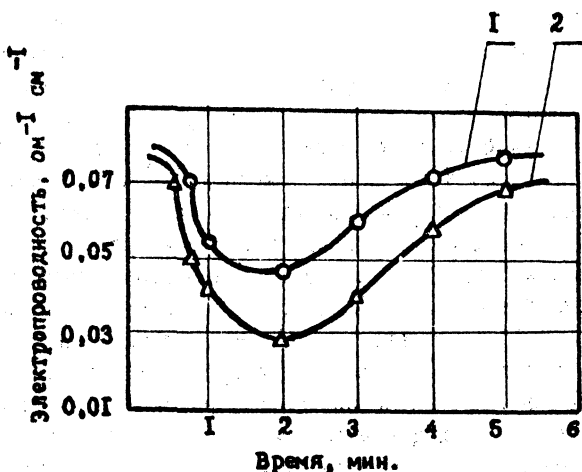


Рис.2. Влияние фракции и электропроводности на время готовности пластифицированной металлокерамической смеси /ПЭМ2-М19/  
 1 - фракция меньше 005 мм, 2 - фракция больше 002 мм

Поэтому с целью получения качественной металлокерамической пластифицированной смеси на связующем, обладающем низкой электрической проводимостью, перемешивание необходимо прекращать в момент достижения минимального значения электропроводности.

Проведенные исследования формовочных смесей на кварцевых песках и токопроводящих связующих показали, что характер изменения их электропроводности значительно отличается от изменения электропроводности металлокерамических пластифицированных смесей.

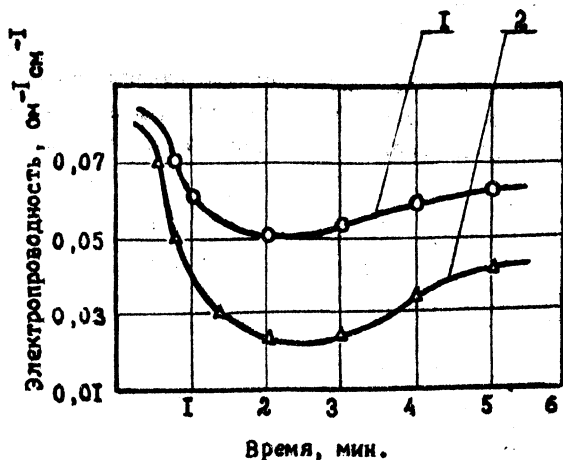


Рис.3. Влияние количества связующего и электропроводности на время готовности пластифицированной металлокерамической смеси  
 1 - 1% крестителя М19; 2 - 5% крестителя М19

### Выводы

1. Качество готового металлокерамического изделия в значительной мере определяется равномерностью распределения пластификатора по поверхности металлических зерен.

2. Распределение по поверхности зерен пластификатора, обладающего низкой электрической проводимостью, приводит к снижению проводимости смеси.

3. Дальнейшее перемешивание характеризуется ростом электропроводности в результате слипания частиц, сопровождающегося увеличением площади металлического контакта.

4. Перемешивание металлокерамической смеси необходимо прекращать в момент достижения минимального значения проводимости.

## Л и т е р а т у р а

1. Г е з е л В. Исследование смесителей и дезинтеграторов. 23-й Международный конгресс литейщиков. М., 1958.
2. Сб. трудов. Специальные способы литья. "Машиностроение", 1971.