

4. В. Н. Маршаков, О. И. Лейпунский. ФГВ, 1967, 3, 2.
5. В. И. Земских, А. Г. Истратов, О. И. Лейпунский и др. ФГВ, 1977, 13, 1.
6. А. А. Зенин. Докт. дис. М., ИХФ АН СССР, 1976.

УДК 543.873 : 614.833

ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ПОРОШКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ КАРБИДА ТИТАНА МЕТОДОМ СВС В УСЛОВИЯХ ПРОСЕВА И ПЕРЕСЫПАНИЯ

В. М. Селиванова, В. А. Олишвец, В. Д. Кошечая

(Киев)

В процессе размол, просева и пересыпания металлических порошков возможно накопление зарядов на частицах пыли и технологическом оборудовании. Между элементом, накопившим заряд, и заземленным предметом может произойти электростатический разряд с выделением энергии, достаточной для воспламенения пыли. Установлено, что пыли многих горючих материалов могут воспламеняться под действием разрядов статического электричества с энергией менее 20 мДж [1]. Поэтому расширяющееся производство и использование металлических порошков в различных отраслях народного хозяйства требуют изучения электризации порошков на различных технологических операциях с целью разработки мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов в условиях производства.

Возникновение статического электричества зависит от большого числа различных факторов. В первую очередь величина электрического заряда определяется свойствами контактирующих тел, временем взаимодействия и скоростью нарушения контактов [2].

Изучение процесса производства карбида титана методом СВС показало, что основными операциями, на которых электризация может проявляться наиболее интенсивно, являются операции просева и пересыпания порошков. Для определения величины заряда, возникающего на порошках в этих условиях, в ОКТБ ИПМ АН УССР разработаны специальные методики и установки.

Принцип работы измерителя зарядов в установках следующий: заряженные частицы попадают в цилиндрическую ловушку, окруженную экраном и соединенную через сопротивление с землей. Если частицы полностью отдают заряд проводящей ловушке, которая обычно является внутренней обкладкой датчика, ток в цепи «датчик — земля» равен заряду, поступающему в единицу времени в ловушку. Измеряя падение напряжения $U(t)$ на известном сопротивлении R , можно определить зависимость $I(t)$. Если время процесса t , то

$$Q = \int_0^t I(t) dt = \frac{1}{R} \int_0^t U(t) dt,$$

где Q — заряд, поступивший за время t в ловушку.

Необходимым условием равенства силы тока в ловушке датчика и цепи «датчик — земля» является мгновенный переход зарядов с порошка на поверхность ловушки. Это условие для порошков, частицы которого покрыты окисными изолирующими пленками, не выполняется. Поэтому для снятия заряда с частиц порошка его помещали в проводящую среду, в качестве которой использовался электролит, хорошо смачивающий частицы. При исследовании электризации порошков в процессе просева определялась зависимость удельных зарядов от материала сита, крупности его ячеек и массового расхода порошка.

Влияние материала контактирующей поверхности на электризацию порошка исследовали при просеве через латунные и никелевые сита с

Т а б л и ц а 1

Удельные заряды, приобретаемые порошками на операции просева, в зависимости от материала сит

Наименование порошка	Удельные заряды (Кл/г) для сит из	
	латуни	никеля
1. Титан марки ПТВДТС-1	$0,6482 \cdot 10^{-10}$	$2,9513 \cdot 10^{-10}$
2. Шихта на основе титана марки ПТВДТС-1	$6,5817 \cdot 10^{-10}$	$11,644 \cdot 10^{-10}$
3. Титан магнeвoтeрмичeский крупный	$4,7845 \cdot 10^{-10}$	$1,4207 \cdot 10^{-10}$
4. Шихта на основе титана магнeвoтeрмичeского крупного	$9,8936 \cdot 10^{-10}$	$12,5576 \cdot 10^{-10}$
5. Титан магнeвoтeрмичeский мелкий	$2,8128 \cdot 10^{-10}$	$2,6097 \cdot 10^{-10}$
6. Шихта на основе титана магнeвoтeрмичeского мелкого	$10,3901 \cdot 10^{-10}$	$16,2061 \cdot 10^{-10}$
7. Титан марки ПТМ	$1,2366 \cdot 10^{-10}$	$1,2663 \cdot 10^{-10}$
8. Шихта на основе титана марки ПТМ	$10,0215 \cdot 10^{-10}$	$17,1145 \cdot 10^{-10}$
9. Сажа	$109,9863 \cdot 10^{-10}$	$172,1762 \cdot 10^{-10}$

размерами ячеек 0,3 мм. Влияние крупности ячеек сита на электризацию порошка изучали на латунных ситах. Исследовали влияние массы просеиваемого порошка на его электризацию в диапазоне 0,2—0,6 г. За минимальную навеску принимали такое количество порошка, заряд с которого мог быть зарегистрирован потенциометром, за максимальную — количество, после которого не наблюдалось существенного изменения удельного заряда порошка.

При исследовании электризации порошков в условиях пересыпания определяли зависимости величины удельных зарядов от длины поверхности, которая характеризует время контакта поверхности и порошка. Материал контактирующей поверхности — сплав Д16. Диапазон исследуемой длины (0,4—1,15 м) выбирали экспериментально (в зависимости от текучести порошка).

Результаты исследований представлены в табл. 1 и на рис. 1—3.

Установлено, что в условиях просева из всех исследованных порошков сильнее всего электризуется сажа. Этим можно объяснить и более высокую степень электризации шихты по сравнению с исходными порошками титана.

В целом заряд, приобретаемый порошками при контакте с никелевым ситом, больше, чем при контакте с латунным (см. табл. 1). Однако порошки магнeвoтeрмичeского титана мелкого и титана марки ПТМ (см. табл. 1, 2; образцы 5 и 7) имели равные заряды как на латунном, так и на никелевом сите, а крупные

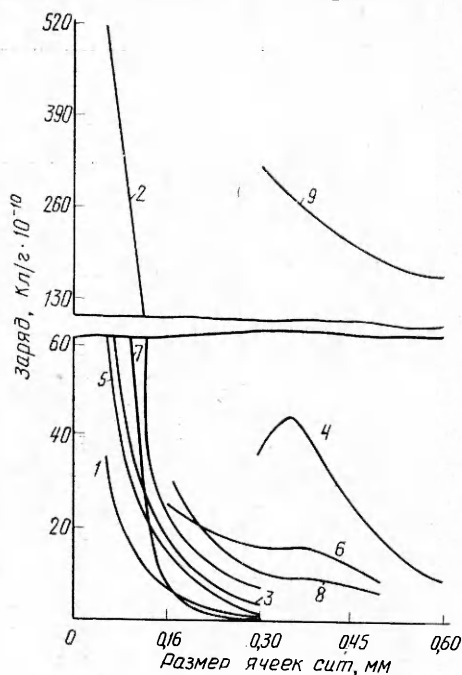


Рис. 1. Зависимость удельного заряда порошков от размера ячеек сита.

1 — титан марки ПТВДТС-1; 2 — шихта на основе титана марки ПТВДТС-1; 3 — титан магнeвoтeрмичeский крупный; 4 — шихта на основе титана магнeвoтeрмичeского крупного; 5 — титан магнeвoтeрмичeский мелкий; 6 — шихта на основе титана магнeвoтeрмичeского мелкого; 7 — титан марки ПТМ; 8 — шихта на основе титана марки ПТМ; 9 — сажа.

Удельная поверхность и гранулометрический состав порошков, используемых при получении карбида титана методом СВС

[illegible]

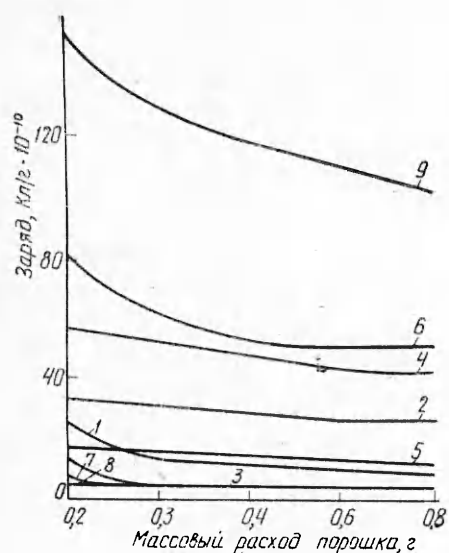


Рис. 2. Зависимость удельного заряда порошка от массового расхода порошка. 1 — титан марки ПТВДТС-1; 2 — шихта на основе титана марки ПТВДТС-1; 3 — титан магнeвoтeрмичeский крупный; 4 — шихта на основе титана магнeвoтeрмичeского крупного; 5 — титан магнeвoтeрмичeский мелкий; 6 — шихта на основе титана магнeвoтeрмичeского мелкого; 7 — титан марки ПТМ; 8 — шихта на основе титана марки ПТМ; 9 — сажа.

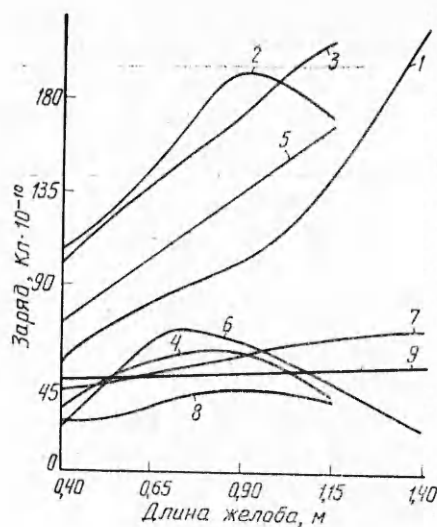


Рис. 3. Зависимость удельного заряда порошков от длины поверхности на операции пересыпания.

1 — титан марки ПТВДТС-1; 2 — шихта на основе титана марки ПТВДТС-1; 3 — титан магнeвoтeрмичeский крупный; 4 — шихта на основе титана магнeвoтeрмичeского крупного; 5 — титан магнeвoтeрмичeский мелкий; 6 — шихта на основе титана магнeвoтeрмичeского мелкого; 7 — титан марки ПТМ; 8 — шихта на основе титана марки ПТМ; 9 — сажа.

порошки магнeвoтeрмичeского титана на латунном сите электризовались даже сильнее, чем на никелевом (см. табл. 1, образец 3). Таким образом, степень электризации порошков на сите зависит и от крупности частиц. При просеве через латунное сито величина удельного заряда с уменьшением крупности порошков уменьшается, что может быть объяснено повышением их слипаемости. При просеве через сито из никеля эта закономерность проявляется не столь явно.

Из литературы известно [1], что величина возникающего заряда при электризации зависит от так называемого контактного напряжения в местах соприкосновения двух различных материалов. С увеличением размера ячеек сита удельный заряд, приобретаемый порошками при просеве, уменьшается, что связано со снижением числа контактов (см. рис. 1). Этим же объясняется и уменьшение удельного заряда с увеличением массы просеиваемого порошка (см. рис. 2).

Величина удельного заряда порошков и в условиях пересыпания зависит от вида порошка, крупности частиц и длины поверхности пересыпания (см. рис. 3). Порошки магнeвoтeрмичeского титана электризуются сильнее, чем порошки марки ПТВДТС-1 и ПТМ. С увеличением крупности порошков (см. табл. 2) удельный заряд возрастает, что связано с уменьшением их слипаемости. Величина заряда для большинства порошков титана пропорциональна длине поверхности скольжения из-за увеличения числа контактов с ростом длины.

Электризация шихт при пересыпании ниже, чем для чистых порошков титана (за исключением шихты на основе титана марки ПТВДТС-1). В отличие от титановых порошков зависимость заряда от длины поверхности для шихт имеет максимум. Он объясняется более быстрым достижением для шихты (из-за меньшей насыпной плотности, см. табл. 2) такого режима течения, при котором наблюдается отрыв частиц от поверхности. В результате число контактов частиц с поверхностью уменьшается и заряд начинает падать.

Оценить опасность воспламенения порошков от электростатических зарядов можно, сравнивая величину заряда, приобретаемого порошком

Т а б л и ц а 3

Значения допустимых зарядов исследованных порошков

Название порошка	Величина допустимого заряда, Кл/г	
	аэрогель	аэрозоль
1. Титан марки ПТВДТС-1	$2 \cdot 10^{-11}$	$5 \cdot 10^{-15}$
2. Шихта на основе титана марки ПТВДТС-1	$1 \cdot 10^{-9}$	$1,4 \cdot 10^{-11}$
3. Титан магниевотермический крупный	$1,3 \cdot 10^{-12}$	$8 \cdot 10^{-15}$
4. Шихта на основе титана магниевотермического крупного	$4 \cdot 10^{-12}$	$5 \cdot 10^{-13}$
5. Титан магниевотермический мелкий	$8 \cdot 10^{-13}$	$4 \cdot 10^{-15}$
6. Шихта на основе титана магниевотермического мелкого	$1,4 \cdot 10^{-10}$	$1,7 \cdot 10^{-11}$
7. Титан марки ПТМ	$3,6 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-11}$
8. Шихта на основе титана марки ПТМ	$6,4 \cdot 10^{-9}$	$4 \cdot 10^{-10}$

при выполнении различных операций, с величиной допустимого заряда. Авторы работы [3] рекомендуют определять допустимый заряд по формуле:

$$Q_{\text{доп}} = 3,3 \cdot 10^{-8} W_{\text{мин}},$$

где $Q_{\text{доп}}$ — допустимый заряд при разряде статического электричества; $W_{\text{мин}}$ — минимальная энергия воспламенения.

В табл. 3 приведены значения допустимых зарядов исследованных порошков. При сравнении данных табл. 1, 3 и рис. 1—3 видно, что эти значения намного ниже величины зарядов, приобретаемых порошками во всех случаях рассева и пересыпания. Таким образом, выполнение этих операций с порошками и шихтами, используемыми при получении карбида титана методом СВС, связано с опасностью воспламенения порошков от разрядов статического электричества.

С целью снижения опасности воспламенения и взрыва порошков в результате электризации необходимо использовать сита из латуни, размер ячеек при этом должен быть максимальным (при условии нормального протекания технологического процесса); толщина слоя в условиях как просева, так и пересыпания также должна быть максимальной, а длина лотков при пересыпании — минимальной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Либенсон. Основы порошковой металлургии. М.: Металлургия, 1975.
2. Л. Леб. Статическая электризация. М.—Л.: Госэнергоиздат, 1963.
3. Взрывобезопасность электрических разрядов и фрикционных искр/Под ред. В. С. Кравченко и В. А. Бондаря. М.: Недра, 1976.

УДК 536.46

РАСЧЕТ ТЕЧЕНИЯ РЕАГИРУЮЩЕГО ГАЗА
ЗА СТАБИЛИЗАТОРОМ ПЛАМЕНИ В ПЛОСКОМ КАНАЛЕ

В. П. Ляшенко, В. П. Ягодкин
(Москва)

Сложность физико-химических и гидромеханических процессов затрудняет чисто экспериментальное изучение отрывных течений при горении за плохообтекаемым телом и приводит к необходимости применения методов математического моделирования течений при горении. Структура течения при горении претерпевает значительные изменения по срав-