

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ  
СКОРОСТЬЮ И ТЕМПЕРАТУРОЙ НАПЫЛЯЕМЫХ ЧАСТИЦ  
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ГАЗОДЕТОНАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Разработка оптимальных технологических процессов должна основываться на выборе рационального соотношения между скоростью и температурой напыляемых частиц. При этом необходимо, чтобы частицы нагревались в стволе детонационной установки выше температуры плавления материалов порошка, но не достигали температуры кипения. Оптимальные значения температур частиц - в пределах  $1,3 T_{пл} \dots 0,8 T_{кип}$  ( $T_{пл}$ ,  $T_{кип}$  - температуры плавления и кипения материала частиц). При этом для получения плотных покрытий с высокой прочностью сцепления скорость частиц должна быть максимальной.

Все используемые для напыления порошки можно условно разбить на две группы. Первая группа - это порошки в состав которых входят легкоплавкие материалы с температурой плавления до 2000 К. Эта группа характеризуется тем, что наряду с необходимостью подогрева частиц выше температуры плавления легкоплавкого материала необходимо недопускать интенсивного испарения последнего. Такие порошки необходимо напылять при объемном соотношении кислорода к ацетилену в исходной смеси, близком к эквимолярному, т.к. при таком соотношении частицы разгоняются до максимальных скоростей. Технологический процесс для этой группы порошков строится следующим образом. На первом этапе из имеющегося в наличии порошка выбирается размер частиц. Преимущество при выборе размера частиц порошка следует отдавать более мелким фракциям, т.к. из таких частиц формируются более плотные покрытия с минимальной пористостью и шероховатостью поверхности. Минимальный размер ограничивается способностью стабильной транспортировки фракции порошка в ствол установки и определяется конструктивными особенностями дозатора. Кроме этого, минимальная фракция порошка легкоплавкого материала ограничивается таким размером, при котором не происходит ин-

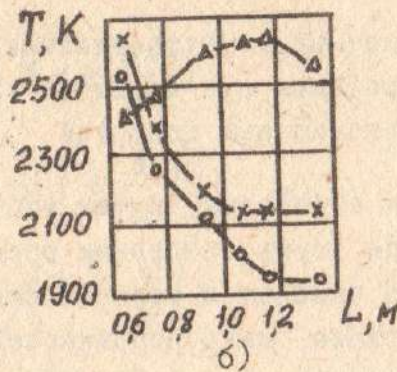
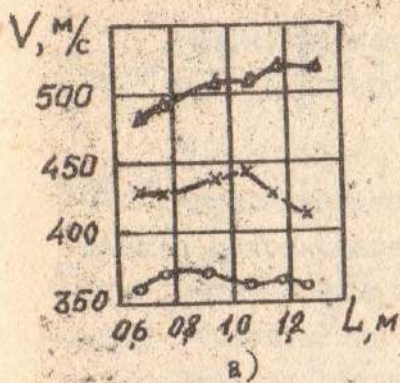
тенсивное испарение порошка. Затем определяется ориентировочный состав смеси. Объемное соотношение  $O_2/C_2H_2$  для таких порошков выбирается в пределах  $1,051 \dots 1,4$ , т.е.  $1,051 < K_v, T < 1,4$ . Для порошков, температура плавления которых близка к  $2000\text{ К}$ , соотношение выбирается близким к  $1,4$ , т.е.  $K_v, T \approx 1,4$ . Для более легкоплавких порошков оно изменяется в сторону уменьшения. Исходя из типа дозатора определяется максимальная навеска порошка на выстрел, обеспечивающая качественный расплыв материала в стволе установки. По выбранным параметрам производится расчет динамики разгона и нагрева частиц вдоль ствола с заведомо меньшим оптимальным значением начального положения частиц. Если температура частиц легкоплавкого материала превышает температуру плавления, но не достигает температуры кипения (оптимальное значение температуры  $1,3 T_{\text{пл}} \dots 0,8 T_{\text{кип}}$ ), то состав смеси, первоначально выбранный, оставляют без изменения. Для снижения температуры частиц в пределах  $1000\text{ К}$  используют недозаполнение ствола, т.е. путем повторных расчетов определяют необходимую степень заполнения ствола горючей смесью. Это позволяет понизить температуру частиц практически без снижения их скорости. Для более сильного понижения температуры исходную взрывную смесь разбавляют нейтральным газом. Степень разбавления определяется также путем повторных расчетов. Если необходимо повысить температуру частиц, увеличивает соотношение  $C_2/C_2H_2$  в исходной смеси. Последним этапом построения технологического процесса является выбор оптимального значения начального расположения частиц в стволе установки. Ориентировочное значение этой величины можно установить по графикам разгона и нагрева частиц вдоль ствола с заведомо меньшим оптимальным значением начального положения частиц. На этих графиках выбирается необходимое значение температуры и скорости частиц и на оси абсцисс определяется расстояние для приобретения частицами заданной скорости и температуры. Затем, изменяя величину начального положения частиц в пределах  $0,7 \dots 1,3$  ориентировочного значения, выбирают оптимальное значение, которое обеспечивает необходимое значение скорости и температуры частиц на открытом конце ствола. Результаты расчетов для частиц порошка КХН-15 приведены на рис. 1 а, б.

Технологический процесс для второй группы материалов порошков, у которых температура плавления выше 2000 К, строится в такой же последовательности, как и для первой группы. Однако ориентировочный состав смеси  $O_2/C_2H_2$  выбирается в пределах 1,4... 2,5, т.е.  $1,4 < K_{V,T} < 2,5$ , причем, чем выше температура плавления частиц, тем большим выбирается соотношение кислорода к ацетилену. В величина анвески порошка определяется таким образом, чтобы она практически не снижала энергетические параметры частицы.

По предложенной методике оптимизированы режимные параметры нанесения покрытий из порошков  $WC + 15\% Co$ ,  $NC + 20\% NiAl_2O_3$ ,  $ZrO_2 + 7\% Y_2O_3$ ,  $Ni + 20\% Cr$  для установки типа УДК-П. Для проверки достоверности разработанной методики проведены экспериментальные исследования по определению прочности сцепления покрытий из указанных материалов. Прочность сцепления оценивали методом отрыва штифта.

В табл. I в числителе приведены используемые для данных порошков режимы напыления, а также технические характеристики процесса – прочность сцепления и производительность, а в знаменателе – оптимизированные по представленной методике новые режимы напыления, а также технические характеристики процесса. Для всех исходных материалов порошков наблюдается улучшение представленных характеристик либо по прочности сцепления, либо по производительности, что подтверждает эффективность представленной методики. Проведенные металлографические исследования покрытий, нанесенных при старых и новых режимах напыления, показывают, что структура покрытий в обоих случаях практически одинакова. Это говорит о том, что в обоих случаях происходили аналогичные химические процессы при формировании покрытий, а увеличение прочности сцепления при использовании новых режимов достигается за счет более оптимальных энергетических параметров частиц. Повышение производительности для некоторых видов порошков достигнуто за счет расчетно обоснованного выбора большей навески порошка, вводимой в ствол установки на каждый выстрел.

Зависимость скорости и температуры частиц на выходе из ствола от начального расположения частиц



Частицы КХН-15;  $m = 0,2 \text{ г}$ ; Состав смеси:  $\text{O}_2/\text{C}_2\text{H}_5 = 1,1 + 20\% \text{ N}_2$ ;  
 $\circ$  - диаметр 80 мкм;  $\times$  - диаметр 40 мкм;  $\Delta$  - диаметр 20 мкм

Рис. I

Результаты оптимизации параметров напыления

Параметр:	Напыляемый материал					
ри и ха-:						
рактерис:	В-15	ВН-20	КХН-15	Х20Н80	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{ZrO}_2 + 7\% \text{ Al}_2\text{O}_3$
тики про:						
цесса нан:						
пыления :						
1. Диаметр частиц порошка, мм	20-40	20-40	40-60	20-60	10-30	20-40
2. Состав смеси $\text{O}_2/\text{C}_2\text{H}_2$	1,2	1,2	1,2	1,1	2,8	2,8
	1,1	1,1	1,1	1,1	2,5	2,5
3. Разбавление смеси азотом, %	15	15	15	15	10	10
	20	20	25	25	15	20
4. Велич. навески порошка, г/выстр.	0,3	0,3	0,2	0,15	0,1	0,15
	0,4	0,4	0,3	0,15	0,1	0,1
5. Начальное положение частиц порошка, м	0,6-0,7	0,6-0,7	0,6-0,7	0,6-0,7	0,6-0,7	0,6-0,7
	0,8-1,0	0,8-1,0	0,9-1,2	1,0-1,2	0,8-1,0	1,0-1,2
6. Прочность сцепления, МПа IO-I	15,0	17,0	17,0	10,0	3,7	-
	17,0	18,0	8,0	12,0	4,2	3,0
7. Производ. г/выстрел	0,1	0,1	0,0	0,03	0,02	-
	0,15	0,15	0,0	0,04	0,02	0,02