

Средний коэффициент корреляции для исследованных партий зубчатых колес $r_{xy} = 0,88$.

Высокое значение этого коэффициента говорит о тесной связи между исследуемыми параметрами.

Анализ экспериментальных данных позволил предположить, что между исследуемыми значениями микронапряжений существует линейная взаимосвязь. Поэтому в качестве математической модели был принят полином 1-й степени. Была выполнена оценка адекватности принятой модели с помощью критерия Фишера

Уравнение регрессии для трех партий зубьев имеет вид

$$\bar{y}_x = 0,68\bar{x} + 40,3.$$

Оно показывает, что величина микронапряжений при шевинговании складывается из двух компонентов: из исправленной в 0,68 раза их величины после зубофрезерования и дополнительного значения 40,3 МПа, возникающего при шевинговании.

УДК 621.7

О.С.Кобяков, канд.техн.наук,
Е.Г.Гинзбург (БПИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ НАГРЕВА Порошковых износостойких сплавов

На стабильность и эффективность нагрева частиц в процессе газотермического напыления большое влияние оказывают такие факторы, как неоднородность и неустойчивость температурных полей нагревателя, нестабильность подачи газа и порошка, несферичность и различие гранулометрического состава порошков и др.

В связи с этим оценка теплофизических условий нагрева частиц, а также нахождение оптимального их размера весьма важны при получении однородных и качественных напыленных покрытий.

В первом приближении оптимальный размер частиц можно получить из формулы, выражающей критерий Фурье:

$$Fo = (4a\tau_{\Pi})/d^2, \quad (1)$$

где Fo - критерий Фурье; a - коэффициент температуропроводности, m/s^2 ; τ_{Π} - время пребывания частиц в зоне нагрева, $ч$; d - диаметр частиц, $м$.

Критерий Фурье выразим в безразмерной критериальной форме, исходя из методики расчета, изложенной в работе [1]. Приняв, что нагрев центра частицы $t_{ч} = 0,9$ от температуры плавления $t_{пл}$ частицы, получим $t_{ч} = 0,9t_{пл}$.

Тогда значение коэффициента Фурье $f(F_0) = 0,1$, найденное из номограммы, составит значение $F_0 = 0,3$.

Входящий в формулу (1) коэффициент температуропроводности определим по формуле

$$a = \lambda / c\gamma, \quad (2)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); c – удельная весовая теплоемкость, Дж/(кг·К); γ – удельный вес, Н/м³.

Для самофлюсующихся твердых сплавов на основе никеля коэффициенты, входящие в формулу (2), имеют следующие значения: $\lambda = 27,17$ Вт/(м·К); $c = 647,9$ Дж/(кг·К); $\gamma = 88000$ Н/м³.

Приняв форму частиц близкой к сферической, найдем выражение для оптимального размера частиц. Для этого подставим в формулу (1) выражение (2). Расчетную формулу запишем в следующем виде:

$$d = \sqrt{\frac{4a\tau_{\text{п}}}{F_0}} = \sqrt{\frac{4\lambda\tau_{\text{п}}}{c\gamma F_0}}. \quad (3)$$

Время пребывания частиц в активной зоне нагрева ($\tau_{\text{п}}$) оценим, исходя из того, что при заданной мощности газового разряда порядка 20 кВт, расходе азота $3,3 \cdot 10^{-4} - 4,1 \cdot 10^{-4}$ м³/с высокотемпературная зона $l_{\text{ф}}$ нагрева составляет не более 0,02 м, а среднемассовая температура азота не превышает 5000 К. Скорость частиц $S_{\text{ч}}$ на данном участке составляет в среднем $2,5 \cdot 10^2$ м/с. Время пребывания частиц в зоне нагрева определим по формуле

$$\tau_{\text{п}} = l_{\text{ф}} / S_{\text{ч}}. \quad (4)$$

Время, найденное по формуле (4), составляет $\tau_{\text{п}} = 8 \cdot 10^{-5}$ с. Подставив значения коэффициентов λ , c , γ в расчетную формулу (3), найдем, что оптимальный размер частиц $d = 8 \cdot 10^{-5}$ м = 80 мкм.

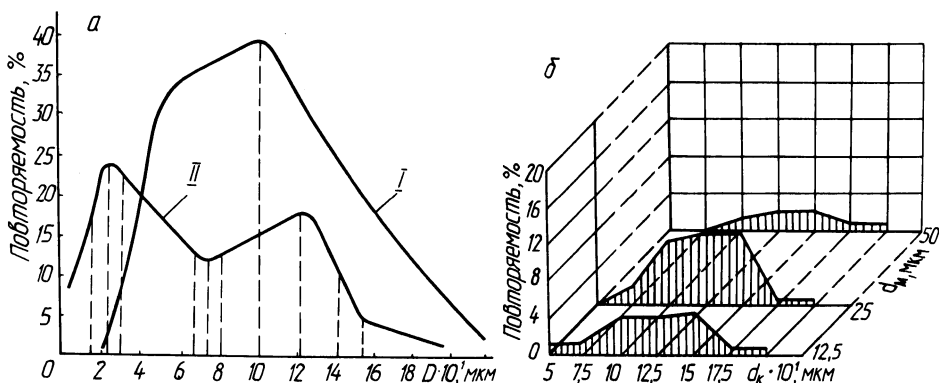


Рис. 1. Статистическое распределение granulометрического состава частиц сплава ПГ-ХН80-СР 4-ОМ до (кривая I) и после (кривая II) напыления (а) и характер распределения крупной $d_{\text{к}}$ и мелкой $d_{\text{м}}$ фракций частиц в процессе коагуляции (б).

Для экспериментальной проверки найденного размера частиц нами исследован гранулометрический состав сплава (рис. 1, а) типа ПГ-ХН80-СР4-ОМ до (кривая I) и после (кривая II) напыления. Путем обработки статистических данных получены кривые распределения фракционного состава частиц. Как видно из графика, в результате напыления существенно изменяется первоначальный (кривая I) состав частиц. Участок кривой, характеризующий гранулометрический состав частиц, напыленных на подложку (кривая II), приходится на частицы диаметром 75 мкм, что достаточно хорошо согласуется с данными, полученными расчетным путем.

Напыление частицами, не разделенными на фракции, и частицами диаметром, близким к расчетному, с дистанции 0,15 м показывает, что в первом случае наблюдается налипание и "замуровывание" крупных частиц (рис. 2, а), во втором формировалась однородная качественная поверхность (рис. 2, б). Максимум для частиц диаметром 20–25 мкм (кривая II, рис. 1, а) объясняется остыванием мелкой фракции, а также некоторым испарением более крупных частиц.

В процессе исследований обнаружено значительное количество частиц несферической формы, а также скоагулированных частиц. Некоторое их количество наблюдалось и в исходных порошках, однако после напыления их количество существенно воз-

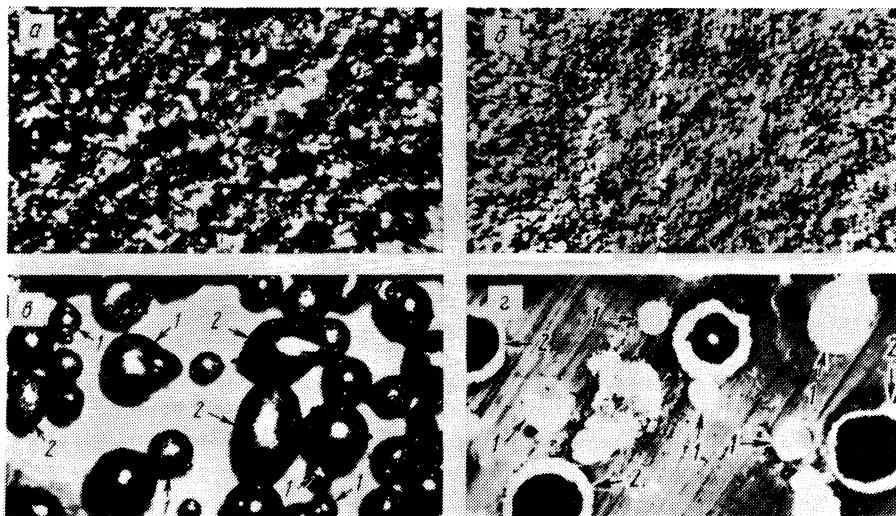


Рис. 2. Структура покрытия при нанесении сплава ПГ-ХН80-СР 4-ОМ, не разделенно на фракции. X25 (а); структура напыленного покрытия при нанесении частиц диаметром 80 мкм. X 25 (б); частицы искаженной формы (2). Скоагулированные частицы порошка (1) (в); частицы с внутренней порой (2). Частицы без пор (1). X 30 (г).

растает. Наиболее характерной формой, которую частицы приобретают в высокотемпературном потоке, является форма, близкая в сечении к эллипсу (рис. 2, в).

Как показывает статистический анализ, на долю частиц несферической формы приходится до 25–30% от общего их количества, причем значительное количество частиц образуется за счет коагуляции. На графике (рис. 1, б) показан характер сваривания крупной и мелкой фракции частиц в процессе коагуляции. Значительное количество частиц исходных порошков имеет внутреннюю полость (рис. 2, г).

Таким образом, для исследованных порошковых сплавов и выбранных режимов напыления наиболее эффективно напыляются частицы диаметром 75–80 мкм и менее эффективно – диаметром 115–125 мкм. С наименьшей эффективностью напыляются частицы малого диаметра, порядка 20–25 мкм.

Л и т е р а т у р а

1. Краснов А.И., Шаривкер С.Ю. Плазменные покрытия. – В сб.: Высокотемпературные покрытия. Л., 1967, с. 161–173.

УДК 621.793.7:621.78

В.С.Ивашко, канд. техн. наук,
А.С.Никитина (БПИ)

РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЧАСТИЧНОГО ОПЛАВЛЕНИЯ НАПЫЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

Для получения покрытия, обладающего высокой износостойкостью и одновременно хорошими механическими свойствами, можно применить способ оплавления нанесенного слоя, заключающийся в чередовании оплавленных и неоплавленных участков покрытия. Оплавленные участки обеспечивают прочность слоя, неоплавленные повышают износостойкость покрытия вследствие большей маслоудерживающей способности. Поры являются как бы резервуарами смазки, которая равномерно распределяется по всей трущейся поверхности.

Определим минимальную ширину неоплавленных участков покрытия, исходя из равнопрочности наплавленной зоны во всех направлениях (рис. 1): b – ширина неоплавленного участка; B – ширина оплавленного участка; h – толщина покрытия.

Тогда можно записать $P_1 + P_2 = P_3 + P_4$, (1)
где $P_1 = \sigma_1 b l$ – необходимое усилие для отрыва напыленного слоя от основы детали; $P_2 = 2\sigma_2 l h$ – необходимое усилие сдвига неоплавленного участка по отношению к оплавленным;