

ВЫВОДЫ

находится в пределах 9...17 %. В то же время снижение температуры цинкования до 400 °С и уменьшение содержания цинка ниже 30...40 % приводят к получению цинковых покрытий с поверхностной концентрацией железа не менее 12 %, которые характеризуются низкой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и снижением их протекторных свойств до уровня, не обеспечивающего надежную защиту стали Ст.3.

По-видимому, регламентация содержания железа в поверхностной зоне цинкового слоя в пределах 9...12 % приводит к торможению катодной реакции электрохимического процесса коррозии. Это может быть связано с легированием образующегося на поверхности оцинкованной стали в процессе коррозии оксида цинка железом и снижением его электропроводности. Как следствие, это приводит к торможению анодного процесса, т. е. к снижению скорости коррозии собственно цинкового покрытия. В этом случае срок службы покрытия определяется его толщиной. Подтверждением служат результаты испытаний в камере влажности в течение 1500 ч. Следов коррозии на оцинкованных образцах за это время не обнаружено.

1. Введение в насыщающие среды для диффузионного цинкования стабилизирующих добавок (хромсодержащего вещества и ферросилиция) не изменяет анодного характера защиты цинковых слоев по отношению к стали Ст.3.

2. Увеличение содержания количества цинка в средах для диффузионного цинкования и введение в них стабилизирующих добавок способствуют снижению скорости разрушения цинковых покрытий и склонности их к питтингообразованию.

3. Максимальные защитные свойства исследованных цинковых покрытий могут быть получены при концентрации железа в поверхностной зоне 9...12 %, что достигается регулированием состава порошковой среды и температуры химико-термической обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об унификации методов ускоренных испытаний нержавеющей стали на стойкость против питтинговой коррозии: Электрохимические испытания / Л. И. Фрейман, Я. Флик, М. Пражак и др. // Защита металлов. – 1986. – Т. 22, № 2. – С. 179.

УДК 688.1.037.97+666.271

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВОГО ПОЛЯ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПНЕВМОЦЕНТРОБЕЖНОЙ ОБРАБОТКИ ШАРИКОВ

Ассист. СУХОЦКИЙ А. А.

Белорусский национальный технический университет

При получении высокоточных стеклянных шариков для микрооптики эффективным является метод пневмоцентробежной обработки.

Схема устройства для реализации этого метода содержит два соосно расположенных инструмента, снабженных по периферии рабочими участками в виде алмазонасных конических выступов [1]. При этом на верхнем инструменте закреплена камера расширения с тангенциальными соплами.

Устройство действует следующим образом. Заготовки в виде кубиков помещают в рабочую зону, образованную инструментами, подают сжатый воздух в камеру расширения, который, проходя через тангенциальные сопла последней, разгоняет изделия до рабочей переносной скорости вдоль рабочих участков. В процессе обработки исходные кубические заготовки постепенно принимают форму шарика и при достижении требуемого диаметра выходят из

зоны обработки через зазор между инструментами.

При использовании данного метода характерной особенностью формообразования шаровидных деталей на начальной стадии является движение заготовок вдоль многоугольника, число вершин в котором равно количеству тангенциальных сопел в камере расширения. И в случае, когда диаметр рабочей зоны значительный (200 и более мм), а камера расширения снабжена небольшим количеством сопел (6...8 шт.), на длине свободного пробега между двумя вершинами многоугольника кубик среднего размера (с размерами грани около 10×10 мм) может приобретать существенную скорость, и в момент его контакта с рабочей поверхностью будет происходить выкрашивание осколков стекла недопустимой величины.

Во избежание снижения выхода годных шаровидных деталей при их пневмоцентробежной обработке можно уменьшить давление рабочей среды на входе, однако это отрицательно сказывается на производительности процесса. Более рациональным является увеличение количества тангенциальных сопел в камере расширения, что уменьшает длину свободного перемещения заготовок, и они не получают импульс, достаточный для откалывания больших осколков от основной массы стекла при соударении с рабочей поверхностью.

Для определения оптимального количества сопел в камере расширения в зависимости от диаметра рабочей зоны инструментов и размеров заготовки были проведены экспериментальные исследования закономерностей распределения давления в продольном и поперечном направлениях рабочей воздушной струи.

Определение давления в струе воздуха проводилось с помощью трубки Пито, манометра и координатного столика. Камера расширения с тангенциальными соплами устанавливалась на координатный столик, а трубка Пито с манометром закреплялась напротив тангенциального сопла на штативе. В процессе измерения камеру расширения смещали относительно трубки Пито вдоль оси сопла (расстояние OO_1 на рис. 1) и в его радиальном направлении.

Результаты измерений при давлении воздуха на входе в камеру 0,2 МПа и диаметре сопла 1,5 мм приведены на рис. 2, где OO_1 – расстоя-

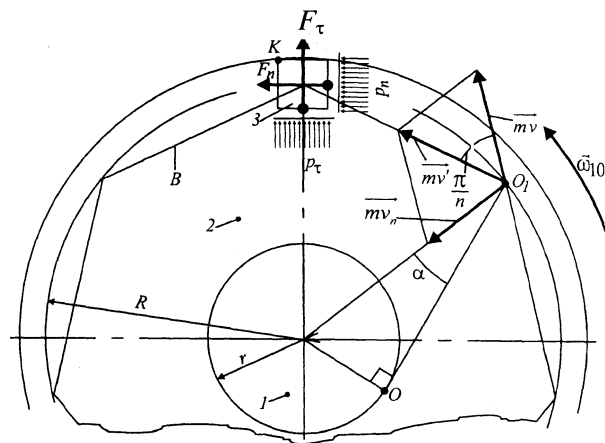


Рис. 1. Расчетная схема для определения оптимального количества тангенциальных сопел

ние вдоль оси сопла. Анализ полученных данных показывает, что в пределах диаметра струи до 4 мм давление уменьшается с удалением от сопла (кривые 3 и 4), однако при дальнейшем увеличении этого диаметра происходит возрастание давления (кривые 1 и 2). На расстоянии от сопла более 80 мм происходит резкое снижение энергии струи, которой недостаточно для поддержания процесса обработки. Поэтому исследования на расстояниях $OO_1 > 80$ мм не проводили.

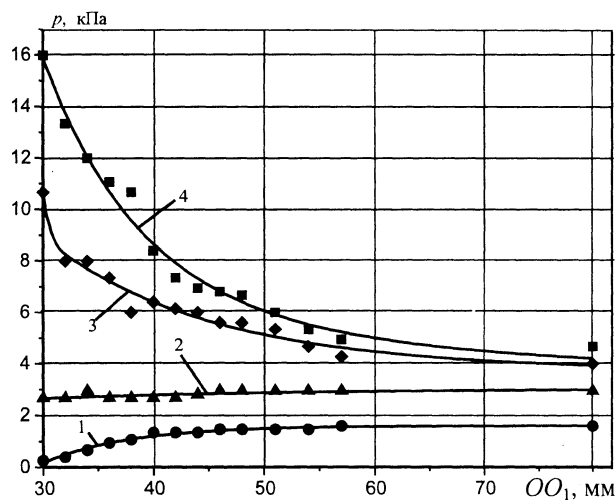


Рис. 2. Зависимость давления для различных значений OO_1 на расстоянии от оси сопла 6 (1), 4 (2), 2 (3) мм и непосредственно на оси (4)

Полученные результаты исследований распределения давления p в рабочей воздушной струе позволили смоделировать ее силовое воз-

действие на заготовку 3 (рис. 2) для различного сочетания таких конструктивных параметров инструмента, как количества n тангенциальных сопел, радиусов R и r окружностей, описанных вокруг соответственно траектории B свободного пробега заготовки и камеры расширения 1 с тангенциальными соплами.

Действующие на кубик в процессе обработки тангенциальная F_t и нормальная F_n силы вызывают крутящий момент M_k вокруг точки контакта K заготовки с инструментом, который можно записать в виде

$$M_k = \frac{A}{2}(F_t - F_n), \quad (1)$$

где A – размер грани куба, причем:

$$F_t = p_t A^2 = p \sin \alpha A^2; \quad (2)$$

$$F_n = p_n A^2 = p \cos \alpha A^2. \quad (3)$$

В этих выражениях $\alpha = \arcsin \frac{r}{R}$ – угол между нормалью, проведенной к окружности радиуса R в точке O_1 , и осью симметрии OO_1 струи сжатого воздуха.

Решив систему уравнений (1)–(3), получим

$$M_k = \frac{pA^3}{2}(\sin \alpha - \cos \alpha). \quad (4)$$

Поскольку для поворота кубика вокруг точки K крутящий момент должен быть положительным, $(\sin \alpha - \cos \alpha) > 0$, что выполняется при $\alpha \in (45^\circ, 90^\circ)$.

Используя принятое значение R , на практике выбирают камеру расширения такого радиуса r , чтобы заготовка в рабочей зоне 2 могла свободно совершать многоосное (трехосное) вращение, т. е. должно выполняться условие: $R - r > A\sqrt{3}$, а расстояние $OO_1 = \sqrt{R^2 - r^2}$ от заготовки до сопла должно быть минимальным.

В момент контакта с инструментом заготовка получает дополнительный импульс $\overrightarrow{mv_n}$

и продолжает двигаться с импульсом $\overrightarrow{mv'} = \overrightarrow{mv} + \overrightarrow{mv_n}$, причем $mv' = mv$. Тогда из векторного треугольника $\overrightarrow{mv'} \overrightarrow{mv} \overrightarrow{mv_n}$ (рис. 2) имеем

$$(mv_n)^2 = 2(mv)^2 \left(1 - \cos \frac{\pi}{n}\right), \quad (5)$$

где $mv = \rho A^3 R \omega_{10}$; $\rho = 2,4 \times 10^3$ кг/м³ – плотность материала заготовки (оптического стекла марки К8); ω_{10} – переносная угловая скорость движения заготовки вокруг оси симметрии камеры расширения, которая в начальный момент составляет, как показали эксперименты, порядка 20 с⁻¹.

При выборе оптимального количества $n_{\text{опт}}$ тангенциальных сопел в камере расширения необходимо учитывать, что с точки зрения образования сколов допустимой величины, в случае оптического стекла марки К8, приемлемой является нормальная составляющая импульса движения заготовки mv_n , не превышающая, как показали экспериментальные исследования, $1,3 \times 10^{-3}$ Н·м/с. Тогда с учетом выражения (5) получим

$$n_{\text{опт}} = \frac{\pi}{\arccos \frac{2(mv)^2 - (mv_n)^2}{2(mv)^2}}.$$

Назначение количества сопел, большего $n_{\text{опт}}$, приводит к неоправданному повышению себестоимости инструмента и увеличению расхода сжатого воздуха. Уменьшение количества сопел до $n < n_{\text{опт}}$ неизбежно ведет к увеличению значения mv_n , превышающему $1,3 \times 10^{-3}$ Н·м/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козерук А. С., Филонов М. И. Инструмент для пневмоцентробежной обработки шариков // СТИН. – 1995. – № 10. – С. 46–48.