

В результате штамповки поковок в штампах с разъемными матрицами были получены шестерни с довольно высокой точностью. Измерения показали, что колебания эвольвенты шестерен стартеров, отштампованных в заводских условиях, составляли 20...28 мкм, биение по роликам 0,04 мм, отклонения межцентрового расстояния при обкатке в беззазорном зацеплении 0,18 мм, длины общей нормали 0,04...0,06 мм.

Для повышения точности штампуемых шестерен разработан комплексный технологический процесс: штамповка поковок шестерен с минимальным припуском по эвольвенте и последующим чистовым фрезерованием зубчатого контура резцовыми головками с нулевым углом профиля резцов. Способ характеризуется большой исправляющей способностью и с успехом заменяет шевингование. Опыт показал, что шестерни, полученные штамповкой с последующим чистовым фрезерованием, имели 6...7-ю степень точности.

В Физико-техническом институте АН БССР разработан процесс получения цилиндрических шестерен, заключающийся в штамповке с последующей чистовой обкаткой зубчатого венца рейками таких шестерен и механической обработкой торцов и отверстия шестерни. Процесс высокопроизводительный и позволяет получать шестерни с повышенной прочностью.

Испытания на статическую прочность зубьев шестерни стартера СТ-15 из стали 15ХР, термообработанных по заводской технологии (нитроцементация при 920°C , закалка с температуры 840°C в масло, отпуск 200°C), показали, что величина разрушающей силы на изгиб в 1,3...1,5 раза выше, чем для долбленых шестерен. В результате стендовых испытаний установлено, что долговечность таких шестерен в 2...2,2 раза выше долговечности аналогичных деталей, изготовленных по заводской технологии.

УДК 621.77

В.С. Ивашко, Г.М. Яковлев, докт.техн.наук

К ВОПРОСУ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО УПЛОТНЕНИЯ ТВЕРДЫХ САМОФЛЮСУЮЩИХСЯ СПЛАВОВ

Для предотвращения укрупнения твердых составляющих напыленного покрытия из самофлюсующегося сплава в процессе оплавления, исключения последующей механической обработки оплавленных поверхностей применяют высокотемпературное уп-

лотнение напыленного покрытия специальными пуансонами [3]. Для деталей типа тел вращения в качестве инструмента используется обкатник [4].

Припуск при уплотнении зависит от толщины и коэффициента усадки напыленного слоя. Коэффициент усадки можно определить по следующей формуле

$$\delta = \frac{D_H - D_0}{D_H - D_{II}}, \quad (1)$$

где D_H - диаметр заготовки после напыления; D_0 - диаметр заготовки после оплавления; D_{II} - диаметр заготовки после проточки.

Напыление производилось модернизированной плазменной горелкой при режимах, соответствующих максимальному коэффициенту использования материала. Напылялся сплав грануляции 160...200 мкм; 200...250; 250...300; 300...350 мкм. Толщина напыленного слоя составляла 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 мм. После напыления образцы оплавливались газокислородным пламенем. Полученные данные представлены на рис. 1.

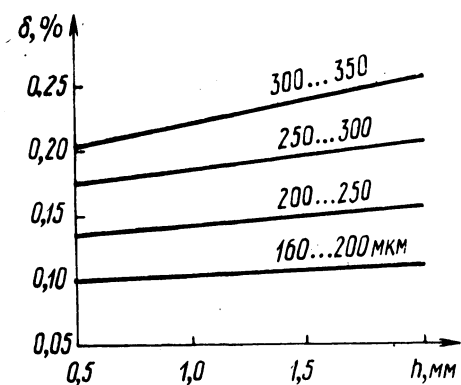


Рис. 1. Зависимость пористости от толщины напыленного слоя для разных грануляций.

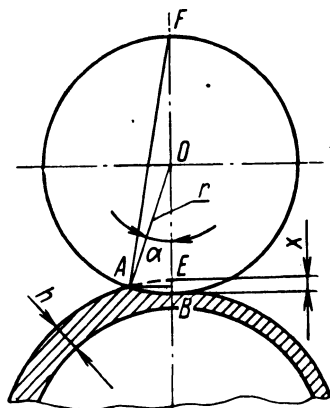


Рис. 2. Расчетная схема для определения усилия при высокотемпературном уплотнении.

Усилие Q на уплотняющем ролике определим, решив дифференциальное уравнение движения системы уплотняемый материал — обкатываемый ролик для области пластических деформаций [2]. Оно имеет вид

$$\left(\frac{Q}{g} + m_M \right) \frac{d^2x}{dt^2} + \sigma F = 0, \quad (2)$$

где m — масса уплотняемого материала; σ — динамический предел прочности материала; F — площадь контакта; g — ускорение свободного падения.

Для определения площади контакта воспользуемся расчетной схемой, представленной на рис. 2:

$$F = \pi s l, \quad (3)$$

где s — продольная подача;

$$l = r \sin \alpha. \quad (4)$$

Из треугольника ABE

$$l = \sqrt{AB^2 - BE^2}. \quad (5)$$

Длину хорды AB находим из подобия треугольников ABE и ABF, учитывая, что $x^2 \ll 2rx$ и $x = \delta h$;

$$l = \sqrt{2r\delta h}. \quad (6)$$

Считая $\frac{Q}{g} \gg m_M$ и расписывая F , получаем

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{\sigma \pi s \sqrt{2r}}{\frac{Q}{g}} x^{\frac{1}{2}} = 0. \quad (7)$$

Это уравнение не имеет решения в элементарных функциях, но содержит при $x=0$ и

$$u_0 = \frac{dx}{dt} \quad (8)$$

первую производную. Тогда

$$\frac{dx}{dt} = \sqrt{u_0^2 - \frac{4\sigma\pi s \sqrt{2r}}{3\frac{Q}{g}} x^{3/2}}. \quad (9)$$

Решая уравнение (9), при $x = \delta h$, $\frac{dx}{dt} = 0$ получим

$$Q = \frac{4\pi s g \sigma \delta h \sqrt{2r\delta h}}{3u_0^2}. \quad (10)$$

Учитывая, что уплотнение происходит только за счет пластического течения, запишем скорость уплотнения следующим образом:

$$u_0 = \frac{P_{\text{эф}} x}{\eta} \quad (11)$$

где $P_{\text{эф}} = \frac{Q}{\pi s \sqrt{2 r \delta h}}$ — эффективное давление в месте

контакта (12); $\eta = \frac{kT}{D a} \left(\frac{L}{a}\right)^2$ — коэффициент сдвиговой вязкости [1] (13); k — постоянная Больцмана; T — температура; D — коэффициент самодиффузии; a — параметр решетки; L — размер блоков.

После подстановки уравнений (11), (12), (13) в выражение (10) и преобразований найдем усилие на уплотняющем ролике

$$Q = \sqrt[3]{\frac{4 s^3 g \pi^3 \sigma k^2 r T^2 \sqrt{2 r \delta h}}{3 D^2 a^2}} \left(\frac{L}{a}\right)^4 \quad (14)$$

Таким образом, проведено исследование коэффициента усадки напыленного покрытия по отношению к оплавленному. В результате теоретического анализа процесса уплотнения получена связь усилия прижима уплотняющего элемента в зависимости от радиуса ролика и параметров уплотнения.

Л и т е р а т у р а

1. Дорожкин Н.Н. Упрочнение и восстановление деталей машин металлическими порошками. Минск, 1975. 2. Милов В.А. Устройства для контроля прочности. М., 1976. 3. Оканэ Исаму, Усуп Дэюк, Китагава Сигэру. Способ спекания под давлением высокотемпературных покрытий. Патент Японии № 49-32173 по кл. 12A241 (С23 с 7/00). 4. Яковлев Г.М. и др. Исследование процессов формирования напыленных самофлюсующихся покрытий. — В сб.: Эффективное использование научных разработок — важнейший резерв повышения производительности и качества. Минск, 1977.