

В ходе экспериментов установлено, что обработка УЗК предварительно нанесенного покрытия из металлического порошка позволяет увеличить его адгезию к материалу проволоки; формирования порошкового слоя на поверхности проволоки в пучности колебаний не происходит; размещение формирующей волоки в пучности напряжений, а калибрующей в пучности смещений позволяет осуществлять процесс формирования покрытия по приведенной выше схеме; УЗК интенсифицируют процесс получения покрытия из металлических порошков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степаненко А.В., Сычев Е.Г., Бельский А.Т. О толщине формируемого слоя на проволоке. – Минск: БелНИИНТИ, 1982. – 8 с. 2. Основы расчета на трение и износ / И.В. Крагельский. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с. 3. Диффузионная сварка материалов / Под ред. Н.Ф. Казакова. – М.: Машиностроение, 1981. – 271 с. 4. Х о л о п о в Ю.В. Ультразвуковая сварка. – Л.: Машиностроение, 1972. – 152 с. 5. К л у б о в и ч В.В., С т е п а н е н к о А.В. Ультразвуковая обработка материалов. – Минск: Наука и техника, 1981. – 295 с.

УДК 621.777:686.4

В.Ф. БУРЕНКОВ, Е.Г. СЫЧЕВ

СИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ПЛАКИРОВАНИЯ ПРИ ПРОШИВКЕ

Производство и использование деталей с покрытиями из различных материалов и их композиций позволяет повысить эксплуатационные качества изделий и экономить материальные ресурсы.

При введении пластичного плакирующего материала в очаг деформации в процессе закрытой прошивки возможно получение тонкослойных покрытий с хорошей адгезией к основе [1].

Процесс прошивки с плакированием отличается от обычного процесса прошивки тем, что при его осуществлении деформирующий инструмент постоянно контактирует с пластичным плакирующим материалом, который является смазочным слоем.

Существующие аналитические решения определения удельного усилия прошивки в закрытой матрице сложны для практического применения [2].

Примем в качестве расчетной жесткопластическую схему деформирования и определим удельное усилие на пуансоне по методике, предложенной в [2]. При прошивке в установившейся стадии (рис. 1) зона 1 подвергается стесненной (закрытой) осадке, в кольцевой зоне 2 возникают сжимающие радиальные напряжения, часть материала из нее вытесняется вверх в зону 3. Зоны 3 и 4 рассматриваются как жесткие. Удельное усилие на пуансоне [2]

$$p = \frac{P}{\pi r^2} = p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6, \quad (1)$$

где p_1 – усилие, необходимое для деформирования осадкой зоны 1; p_2 – деформирования кольцевой зоны 2; p_3 – преодоления трения по цилиндриче-

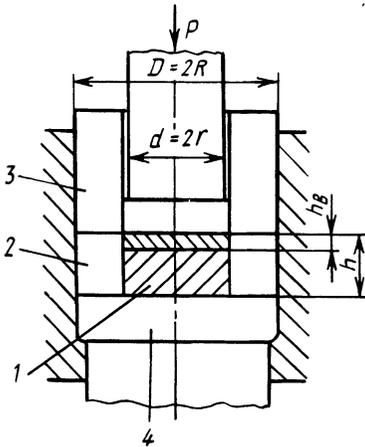


Рис. 1. Схема к расчету усилия в уставившейся стадии процесса плакирования:

1, 2 — пластические зоны; 3, 4 — жесткие зоны; P — усилие на пуансоне; D — наружный диаметр заготовки; d — диаметр пуансона; h — высота плакирующей вставки; h^B — высота пластической зоны

ской поверхности контакта зоны 2 и матрицы; p_4 — осуществления сдвига по поверхности разрыва между зонами 1 и 2; p_5 — преодоления трения между торцом пуансона и зоной 1 и сдвига по поверхности разрыва между зоной 1 и 4; p_6 — осуществления сдвига по поверхностям разрыва между зоной 2 и зонами 3 и 4.

Удельное усилие p_1 закрытой осадки зоны 1 определим на основании решения Л.Прандтля для осадки полосы [2]:

$$\sigma_z = - \frac{2\tau_k}{h} \rho + C. \quad (2)$$

Формула (2) дает хорошее согласование с экспериментальными данными, если известны граничные условия [3]. Ввиду того что плакирующая вставка из пластичного металла размещена в замкнутом объеме, а на ее боковую поверхность при деформировании действует давление p_B , одинаковое по всей высоте пластической зоны (давление p_B , необходимое для перехода материала зоны 2 в пластическое состояние, одинаково по всей высоте h кольца), полагаем, что напряженно-деформированное состояние плакирующей вставки не отличается от состояния основного материала. Следовательно, пластическую зону 1, включающую основной и плакирующий материалы, можно рассматривать как одно целое.

Радиальные σ_ρ и окружные σ_θ напряжения на границе зон 1 и 2 можно определить из условий, соответствующих переходу кольцевой зоны 2 в пластическое состояние. Для этого используем дифференциальное уравнение равно-

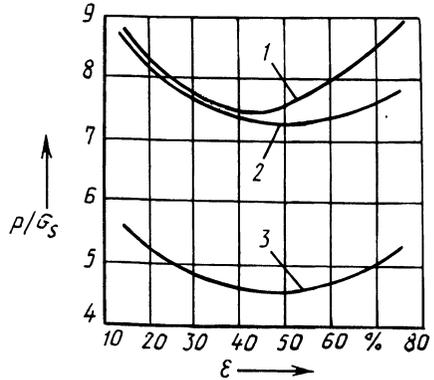


Рис. 2. Влияние степени деформации ϵ на отношение p/σ_s при прошивке с плакированием алюминиевых заготовок:

1 — экспериментальная зависимость; 2 — расчетная; 3 — расчетная по М.В.Сторожеву [2]; ϵ — степень деформации; p — удельное усилие прошивки; σ_s — напряжение текучести основного материала

веса элемента кольца [4]

$$\sigma_\rho + \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} \rho - \sigma_\theta = 0$$

и условие пластичности вида $\sigma_\theta - \sigma_\rho = \beta\sigma_s$, совместное решение которых с учетом граничного условия ($\sigma_\rho = -p_H$ при $\rho = R$) дает:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_\rho &= \beta\sigma_s \ln(\rho/R) - p_H; \\ \sigma_\theta &= \beta\sigma_s [\ln(\rho/R) + 1] - p_H. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Наружное давление p_H на стенку матрицы определяется при помощи геометрических уравнений Коши [5] для осесимметричного напряженно-деформированного состояния и обобщенного закона Гука [2]. При расположении кольца в жесткой обойме, т. е. при $\rho = R$, радиальное смещение зоны 2 $u_\rho = 0$. Допуская, что материал не сжимается ($\mu = 0,5$), получаем формулы для определения напряжений в кольцевой зоне при переходе ее в пластическое состояние:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_\rho &= \beta\sigma_s [\ln(\rho/R) - 2]; \\ \sigma_\theta &= \beta\sigma_s [\ln(\rho/R) - 1]. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Приняв контактные условия на торцах зоны 1 одинаковыми и используя условие пластичности $\sigma_z - \sigma_\rho = -\beta\sigma_s$ с учетом системы уравнений (4), получим после интегрирования и преобразований

$$p_1 = \beta\sigma_s [\ln(R/r) + r/3h + 3]. \quad (5)$$

Удельные усилия $p_2 \dots p_6$, определяемые по методу баланса работ, принимаем по формулам М.В. Сторожева [2]. Значения составляющих подставляем в формулу (1), применив принцип минимума полной энергии формоизменения для определения размеров очага деформации и перейдя от радиусов к диаметрам, получим формулу для определения удельного усилия прошивки в установившейся стадии процесса плакирования:

$$p = \beta\sigma_s \left[\frac{2D^2 - d^2}{D^2 - d^2} \ln(D/d) + 3,5 + 2\sqrt{\frac{2-d/D(1+d/D)}{6d/D(1-d/D)^2(1+d/D)}} \right]. \quad (6)$$

Согласно рекомендациям [2], можно принимать $\beta = 1,1$, а предел текучести σ_s можно взять [5] как среднее значение для неупрочненного и упрочненного материалов, т. е.

$$\sigma_s = (\sigma_{s0} + \sigma_{s\epsilon})/2.$$

Для оценки возможности применения формулы (6) в практических расчетах были проведены эксперименты по изучению зависимости силовых параметров процесса прошивки с плакированием от степени деформации $\epsilon = d^2/D^2$. Плакирование осуществляли оловом на заготовках из алюминия АДО по схеме со свободным контейнером. Заготовки выполнялись диаметром $D = 40$ мм и высотой $H_0 = 50$ мм, перед прошивкой производился их высокий сжиг. Пуансоны диаметром $d = 15, 20, 25, 30$ и 35 мм имели калибрующий поясok высотой $0,25d$.

На рис. 2 представлена зависимость отношения p/σ_s при прошивке с плакированием от степени деформации ϵ . Напряжения текучести σ_s основного материала определяли, используя экспериментальные кривые упрочнения, полученные при сжатии образцов по методике, предложенной в [6]. Зависимости имеют минимум при $\epsilon \sim 40\%$. Некоторое расхождение экспериментальной 1 и теоретической 2 зависимостей при $\epsilon > 40\%$ вызвано, по-видимому, тем, что в расчетной формуле (1) не учитывались силы трения на калибрующем пояске пуансона. Зависимость 3 построена по формуле (7.67, а) М.В. Сторожева [2].

Таким образом, получена расчетная зависимость для определения силовых параметров, которая может быть применена в практических расчетах технологического процесса плакирования прошивкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буренков В.Ф., Сычев Е.Г., Шелег В.К. Исследование процесса нанесения металлического порошкового покрытия при закрытой прошивке // Кузнечно-штамповоч. пр-во. – 1986. – № 9. – С. 4–6.
2. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.
3. Прогрессивные технологические процессы холодной штамповки/ Ф.В. Гречников, А.М. Дмитриев, В.Д. Кухарь и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 184 с.
4. Соколовский В.В. Теория пластичности. – М.: Высш. шк., 1969. – 608 с.
5. Проскуряков Ю.Г., Романов В.Н., Исаев А.Н. Объемное дорнование отверстий. – М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.
6. Креха В.А. Кривые упрочнения металлов при холодной деформации. – М.: Машиностроение, 1968. – 131 с.

УДК 621.762.2

Е.Б. ЛОЖЕЧНИКОВ, А.В. ТОЛСТИК

ДИСКРЕТНО-НЕПРЕРЫВНОЕ ВЫДАВЛИВАНИЕ КРУГЛОЙ ЗАГОТОВКИ НЕПОСРЕДСТВЕННО ИЗ ПОРОШКА

Размеры выдавливаемой из порошка заготовки определяются объемом контейнера, в который загружается порошок (рис. 1). Загрузка порошка на пресс-остаток и процесс выдавливания обеспечивает безотходную технологию, но длина заготовки при этом ограничивается массой загружаемой в контейнер порции порошка. Сглаженные пуансоном стыки сохраняются, и заготовки легко отделяются друг от друга. При использовании пуансонов с развитой торцовой поверхностью или покрытых полиуретаном незначительно увеличивается прочность стыков [1], что не позволяет получать длинномерные изделия при малых объемах контейнеров. Низкая прочность сцепления стыков обусловлена тем, что в процессе деформирования порошка не происходит существенного увеличения площади их поверхности с выходом на них порошка из глубинных слоев.

Повышение прочности стыков в процессе деформирования предварительно уплотненного в контейнере порошка может быть обеспечено существенным увеличением их площади. Это достигается при выдавливании в инструменте, имеющем расширяющуюся полость (рис. 2).