

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫСАДКИ С НАЛОЖЕНИЕМ ИМПУЛЬСОВ ЭЛЕКТРОТОКА

В настоящее время широкое распространение получает пластическое деформирование металлических материалов с наложением интенсивных физических полей. Одним из таких процессов является формоизменение с наложением импульсного электрического тока (ИЭТ). При пропускании через очаг деформации ИЭТ плотностью $j \sim 10^9$ А/м² и длительностью $\tau \sim 10^{-4}$ с наблюдается так называемый электропластический эффект, который заключается в существенном снижении сопротивления деформированию и повышении предельной пластичности [1, 2]. В работе [3] было установлено, что пропускание ИЭТ через очаг деформации в момент активного деформирования медных сплавов (ЛС59-1, Л63, БрБ2) при высадке приводит к снижению усилия деформирования и повышению предельной пластичности в 2–3 раза.

Процесс высадки происходил следующим образом. Цилиндрический образец нагружался в штампе постоянной в процессе деформирования нагрузкой, которая создавала напряжения, меньшие предела текучести. Через очаг деформации параллельно сжимающей нагрузке пропускался одиночный ИЭТ с параметрами $j = (3...5) \cdot 10^9$ А/м² и $\tau = (25...30) \cdot 10^{-3}$ с. В момент пропускания импульса происходила высадка образца.

В ходе экспериментов была установлена зависимость формы высаженного венца образца от места подвода ИЭТ. При подводе тока непосредственно к границам очага деформации высаженный венец заготовки имел форму "луковицы" с радиусом кривизны на экваторе боковой поверхности значительно меньшим, чем у бочки, полученной механической высадкой. Поэтому напряженное состояние на экваторе боковой поверхности приближалось к всестороннему растяжению, что способствовало появлению трещин. Образование "луковицы" связано с неравномерным распределением электрического тока в очаге деформации, так как ток распределяется равномерно по сечению образца лишь на некотором расстоянии от токоподвода.

Экспериментально было установлено, что получение венца, совпадающего по форме с венцом, получаемым при холодной высадке (плоскопараллельные торцы, небольшая бочка), достигается при подводе тока на расстоянии $l \approx d_3$ (d_3 — диаметр заготовки) от границ очага деформации. Конструктивно это выполнялось установкой на торцах токоподводящих губок, примыкающих к очагу деформации, шайб из титанового сплава ВТЗ-1. Удельное электросопротивление шайб $\rho_{ш} \gg \rho_3$ (где ρ_3 — удельное электросопротивление материала заготовки) и для нашего случая составляло $\rho_{ш}/\rho_3 = 10$.

При проведении экспериментов исследовались кинематика бочкообразования при высадке и максимально достижимая степень деформации. Деформирование проводилось поэтапно. На каждом этапе измерялись диаметр бочки и степень бочкообразования. Установлено, что с увеличением степени деформации скорость бочкообразования уменьшается и асимптотически приближается к нулю.

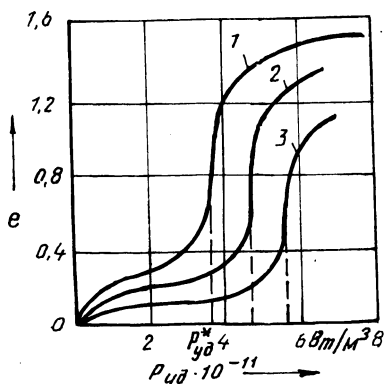


Рис. 1. Влияние начального напряжения сжатия и удельной мощности импульса электрического тока на достижимую степень деформации при высадке сплава ЛС59-1

метры образца. По оси абсцисс — удельная мощность импульса электрического тока $\rho_{уд}$. Экспериментальные данные, приведенные на рис. 1, показывают, что удельная мощность импульса оказывает значительное влияние на максимально достижимую степень деформации при высадке.

На экспериментальных кривых выделяются характерные зоны, разделяемые $\rho_{уд}^*$. При удельной мощности импульса $\rho_{уд}^*$ происходит значительный рост предельной степени деформации. Значение $\rho_{уд}^*$ зависит от уровня приложенного напряжения σ_0 . При $\sigma_0 = \sigma_T$ $\rho_{уд}^* = 3,5 \cdot 10^{11}$ Вт/м³, при $\sigma_0 = 0,5\sigma_T$ $\rho_{уд}^* \sim 4,5 \cdot 10^{11}$ Вт/м³ и при $\sigma_0 = 0,2\sigma_T$ $\rho_{уд}^* \sim 5,5 \cdot 10^{11}$ Вт/м³.

Механизм такого влияния $\rho_{уд}$ на пластичность не вполне ясен. Можно предположить, что при мощностях $\rho_{уд} < \rho_{уд}^*$ основным механизмом является срыв потоком электронов дислокаций, заторможенных на преодолимых стопорах, что способствует реализации возможной пластической деформации [1].

При $\rho_{уд} > \rho_{уд}^*$, видимо, существенное влияние на пластичность оказывает также джоулево тепло, выделяющееся в очаге деформации. Джоулево тепло в основном выделяется в тех местах образца, где происходит наибольшая концентрация электрического тока [2]. Энергия же импульса концентрируется, как правило, около различного рода дефектов, микротрещин и пор. Такая концентрация энергии приводит к оплавлению и "залечиванию" дефектов. Интегрально это выражается в существенном повышении предельной деформации материала. В нашем случае предельная пластичность латуни ЛС59-1 повышается в 3—5 раз.

Проведенные исследования по выбору способа подвода тока, приложенных напряжений сжатия и удельной мощности импульса позволили оптимизировать процесс получения формы высаженного венца, близкой к цилиндрической, и повысить качество изделий за счет устранения трещинообразования на свободной поверхности бочки. Из результатов работы видно, что стимулирование пластической деформации импульсным электрическим током явля-

В качестве параметров, влияющих на степень деформации, исследовались начальное напряжение сжатия σ_0 , приложенное к образцу, удельная энергия и удельная мощность импульса. На рис. 1 представлены результаты экспериментального исследования влияния импульса тока на пластичность сплава ЛС59-1. Кривая 1 соответствует начальному напряжению $\sigma_0 = \sigma_T$ (где σ_T — предел текучести материала в холодном состоянии), кривая 2 — $\sigma_0 = 0,5\sigma_T$ и кривая 3 — $\sigma_0 = 0,2\sigma_T$. По оси ординат отложена логарифмическая степень деформации $e = 2 \ln(d/d_0)$, где d_0 и d — соответственно начальный и конечный диа-

ется перспективным направлением создания технологических процессов, позволяющих существенно уменьшать усилие деформирования и значительно повышать предельную пластичность обрабатываемых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спицын В.И., Троицкий О.А. Электропластическая деформация металлов. — М., 1985. — 160 с. 2. Климов К.М., Новиков И.И., Шнырев Г.Д. Сб электропластичности металлов // Докл. АН СССР. — 1974. — Т. 219. — С. 323—324. 3. Красневский С.М., Лазаревич Г.И., Каченко А.И. Высадка медных сплавов, стимулированная электрическим током // Сб. тезисов докл. 5-й Всесоюз. конф. "Получение и обработка материалов высоким давлением". — Мн., 1987. — С. 82—83.

УДК 621.891

А.В.АЛИФАНОВ

РАЗВИТИЕ НАРОСТОВ В ПРОЦЕССЕ ХОЛОДНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Целью данной работы являлось изучение развития и смыва наростов на инструменте, а соответственно, и задиrow на изделиях, а также влияния на этот процесс смазочных прослоек. Исследования наросто- и задиrowобразования производились применительно к процессу холодной вытяжки ярма реле стартера РС14151 на Борисовском заводе автотракторного электрооборудования (БАТЭ). Вытяжка ярма осуществлялась на кривошипном прессе КБ-262 усилием 1600 кН. Скорость деформирования — 0,2 м/с. Материал — стальная полоса толщиной 3 мм (сталь 08). Размеры ярма: диаметр — 67 мм, высота — 46 мм, диаметр фланца — 90 мм. Материал матрицы — твердый сплав ВК-20. После вытяжки на внешней стороне изделия остаются задиры двух групп А и Б, имеющие вид продольных царапин. Исследования показали, что предварительное фосфатирование стальной полосы способствует смыву наростов на матрице и устранению задиrow. Для исследования наросто- и задиrowобразования сначала производилась вытяжка изделий из нефосфатированной полосы, а затем из фосфатированной до практически полного удаления задиrow. Поскольку изучение развития наростов в производственных условиях представляет известные сложности в связи с трудоемкостью снятия и установки матриц, а процесс наростообразования полностью соответствует процессу задиrowобразования, дальнейшие исследования были связаны с изучением последнего.

Образовавшиеся на изделиях задиры исследовали на профилографе-профилометре МЕ-10 (ГДР), причем измерялись максимальные параметры шероховатости R_t и средние R_a задиrow А и Б в трех сечениях.

На рис. 1. показана зависимость R_t от относительного пути деформирования l_n/l_0 (где l_0 — высота одной заготовки, $l_n = kl_0$, k — число деформированных заготовок) при вытяжке заготовок ярма из нефосфатированной и фосфатированной полос. Значения $R_{t\min}$ и $R'_{t\min}$ соответствуют максимальным параметрам шероховатости гладкой (без задиrow) поверхности заготовок,