

была проведена тарировка прибора в соответствии со значениями т. э.д.с. термомпар. Время контакта (прессования) фиксировали по отметчику времени, вмонтированному в осциллограф. Усилие прессования фиксировали с помощью мессдозы сжатия. Сигналы от мессдозы усиливали тензометрическим усилителем ТА-5 и также регистрировали на фотобумаге осциллографом Н700. Степень адгезии оценивалась по площади прилипания стекла к пресс-форме.

Исследовались зависимости площади прилипания стекла от температуры пресс-формы для следующих условий опыта: материал стекла - БФ16, материал пресс-формы - сталь марки Х18Н9Т, масса стекла - 8,7 г, время деформации - 10 с; усилие прессования показало, что прилипание стекла к металлу имеет место при температуре пресс-формы, равной  $570^{\circ}\text{C}$ , и составляет 9,8% от всей площади контакта. С повышением температуры пресс-формы площадь прилипания увеличивается. При температуре пресс-формы, равной  $820^{\circ}\text{C}$ , прилипание происходит практически по всей поверхности контакта.

На основании полученных данных следует, что на адгезию при прессовании значительное влияние имеет температура пресс-формы. Установлено, что при температуре до  $550^{\circ}\text{C}$  адгезии на исследованной паре материалов не наблюдается. При температурах выше  $550^{\circ}\text{C}$  адгезия усиливается пропорционально росту температуры.

УДК 531.781.2

М.А. Барановский, докт. техн. наук,  
О.М. Дьяконов

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ ПОЛОСТЕЙ

Высокоскоростное ударное деформирование характеризуется прежде всего резкой нестационарностью всех без исключения параметров и кратковременностью протекания. Изложенная в данной работе методика позволяет исследовать кинематику перемещения деформирующего инструмента и пластического течения металла в процессе закрытого высокоскоростного выдавливания полости в зависимости от изменения какого-нибудь общего параметра: времени или перемещения инструмента. Мето-

дика основана на совмещении построения диаграммы "путь-время" для инструмента и визиопластического метода при использовании безынерционной аппаратуры.

Цилиндрический образец 1 с координатной сеткой на меридиональной плоскости помещается в контейнер 2 (рис.1). Пуансон 3, форма наконечника которого соответствует форме выдавливаемой полости, удерживается нитью на определенном расстоянии от образца 1 и центрируется относительно его оси направляющей втулкой 7. Боек 6, вылетая из канала ствола 5 порохового копра, разгоняет пуансон 3, обрывая нить. Уже до момента соударения с образцом 1 пуансон 3 и боек 6 движутся как единое целое. Шайба 4 предназначена для ограничения их хода в случае, если необходимо прервать процесс деформации на определенной стадии.

Для построения диаграммы "путь-время" используется оптическая система, состоящая из источника света 1; линз 2, 3 и фотодатчика 4 (рис. 2). В качестве фотодатчика применен

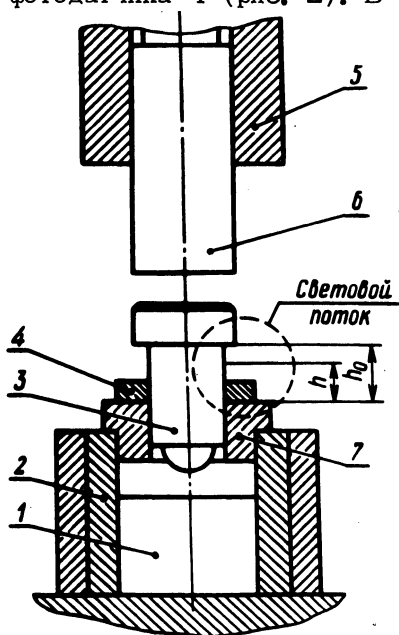


Рис. 1. Экспериментальный штамп закрытого выдавливания полостей.

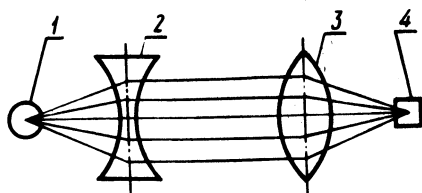


Рис. 2. Схема оптического устройства.

фотодиод ФД-9К177, который соединен с основным входом и входом синхронизации осциллографа С1-18.

Световой поток, попадающий на фотодиод, меняется при совместном движении пуансона 3 и бойка 6 за счет уменьшения

кольцевого зазора между буртом пуансона 3 и втулкой 7 (рис. 1). В результате на вход осциллографа подается переменное напряжение. Диаметр пучка света выбирается таким, чтобы осциллограмма отображала кинематику перемещения инструмента не только в процессе деформации, но и до ее начала. Это позволяет, с одной стороны, осуществить запуск развертки луча осциллографа за счет падения напряжения, подаваемого на вход синхронизации, а с другой – определить истинную, т.е. неосредненную на каком-либо участке начальную скорость деформирования.

Расшифровка осциллограммы "напряжение – время" осуществляется построением тарировочной кривой "путь – напряжение". Путь инструмента определяется по формуле

$$S = h_0 - h,$$

где  $h_0$  – начальная высота, выбранная относительно какой-нибудь неподвижной плоскости (рис. 1);  $h$  – текущая высота, фиксируемая, например, толщиной калиброванных пластин.

Каждому значению высоты ( $h_0$ ,  $h$ ), а следовательно, и пути ( $S$ ) соответствует строго определенное значение напряжения, снимаемого с фотодиода.

При построении диаграммы "путь – время" осциллографирование и тарировка осуществляются без ограничительной шайбы 4, т.е. процесс выдавливания полости не прерывается. Последовательное дифференцирование диаграммы дает зависимости скорости и ускорения инструмента от времени. При сопоставлении этих зависимостей с диаграммой можно построить графики "скорость", "ускорение", "путь".

Кинематические параметры точек пластической области определяются по изображениям координатных сеток при различных значениях пути, пройденного инструментом. С этой целью процесс выдавливания полости повторяется заново несколько раз при тех же условиях, как и при построении диаграммы "путь–время", но с перерывом на различных стадиях. Начальная скорость деформирования во всех случаях выдерживается одной и той же за счет точного дозирования порохового заряда и контролируется при помощи описанного оптического устройства.

Подбором толщины шайб 4 процесс выдавливания полости можно разбить на последовательные этапы с любой степенью дискретизации. Однако эта операция возможна лишь в том случае, если пластическое течение металла заканчивается одно-

временно с остановкой инструмента. В этом случае для любой точки пластической области по ее положению после каждого этапа строится траектория движения и определяется величина последовательных перемещений. На каждом этапе время перемещения точки равно времени перемещения инструмента и известно из диаграммы "путь - время". Отсюда кинематические параметры точек пластической области определяются в любой момент времени и при любых значениях пути, пройденного инструментом.

Деформируемый металл может получить дополнительное перемещение под действием инерционных сил после резкой остановки инструмента. Поскольку в процессе закрытого высокоскоростного выдавливания полости это перемещение незначительно, то уместно предположить, что траектории точек пластической области и синхронность их взаимного движения на этом перемещении остаются такими же, какими бы они были при непрерывном движении инструмента. Данное предположение позволяет рассматривать получаемые изображения координатных сеток как мгновенные изображения непрерывного процесса выдавливания. Таким образом, и в этом случае его можно разбить на последовательные этапы и при определении кинематических параметров точек воспользоваться диаграммой "путь - время". При этом положение инструмента в конце каждого этапа должно оцениваться не по ограничительному упору, а по контакту с деформированным образцом.

Изложенная методика позволяет получить данные для расчета деформирующих усилий и работ деформации, определения напряженно-деформированного состояния процессов высокоскоростного выдавливания полостей.

УДК 621.983.44

И.Г. Добровольский, канд. техн. наук,  
В.И. Шаповалов, В.Г. Шелканов

## ПОЛУЧЕНИЕ ГИБКИХ КОЛЕС ВОЛНОВЫХ ПЕРЕДАЧ МЕТОДОМ РОТАЦИОННОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

Целью работы являлось исследование возможности изготовления заготовки гибкого колеса пластическим деформированием для получения повышенных показателей циклопрочности волновой передачи при условии обеспечения жестких требований точности геометрических размеров колеса.