

ции получали картину линий равных смещений  $U_x$  и  $U_y$  соответственно в направлении оси X и Y (рис. 1). Используя формулу для конечных деформаций, вычисляли компоненты тензора деформированного состояния  $\epsilon_x$ ;  $\epsilon_y$ ;  $\gamma_{xy}$ ; , а также интенсивность деформации сдвига  $H_1$ .

$$H_1 = \sqrt{\frac{4}{3} (\epsilon_x^2 - \epsilon_x \epsilon_y + \epsilon_y^2) + \gamma_{xy}^2} .$$

Распределение компонент тензора деформированного состояния, а также интенсивности деформации сдвига представлены на рис. 2. Из него видно, что использование скоростей инструмента в диапазоне 20–40 м/с приводит к более однородному распределению деформаций в направлении осей X и Y и увеличению интенсивности деформации сдвига на 20–30% по сравнению со статическим деформированием, что приводит к увеличению плотности изделия и соответственно повышает его прочность.

#### Л и т е р а т у р а

1. С е г а л В.М., М а к у ш о к Е.М., Р е з н и к о в В.И. Исследование пластического формоизменения металлов методом муара. — М., 1974.

УДК 621.983.048.6

*В.С.Пашенко, В.А.Варавин*

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫТЯЖКИ С РАДИАЛЬНЫМИ УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ НА ПЕРВОМ ПЕРЕХОДЕ

Среди существующих способов интенсификации процесса вытяжки можно выделить вытяжку с наложением ультразвуковых колебаний. В настоящее время проведены исследования по определению влияния различных технологических факторов на предельные возможности вытяжки [1]. Особое внимание привлекает вытяжка с наложением радиальных ультразвуковых колебаний на матрицу возможностью использования этого способа для более широкого диапазона типоразмеров вытягиваемых деталей. Однако этот способ не нашел широкого применения в промышленности. Основная причина заключается в недостаточной изученности явлений, связанных с воздействием ультразвука на пластическую деформацию в процессе вытяжки.

На основе дополнительных исследований в настоящей работе обсуждаются результаты влияния некоторых факторов на технологические возможности вытяжки с наложением радиальных ультразвуковых колебаний на матрицу.

Наложение радиальных ультразвуковых колебаний в процессе вытяжки характеризуется проявлением двух эффектов: объемным и поверхностным (рис. 1). Под объемным эффектом понимается воздействие ультразвука на внутреннее состояние металла и его структуру, под поверхностным — влияние ультразвука на контактные силы трения. Действие каждого из них определяется прежде всего интенсивностью колебаний. Поэтому внимание исследователей было направлено на повышение интенсивности колебаний в очаге деформации. Однако, как показали экспериментальные данные при вытяжке в мощном ультразвуковом поле, пропорциональная зависимость предельной степени формоизменения от интенсивности колебаний сохраняется лишь в определенных пределах.

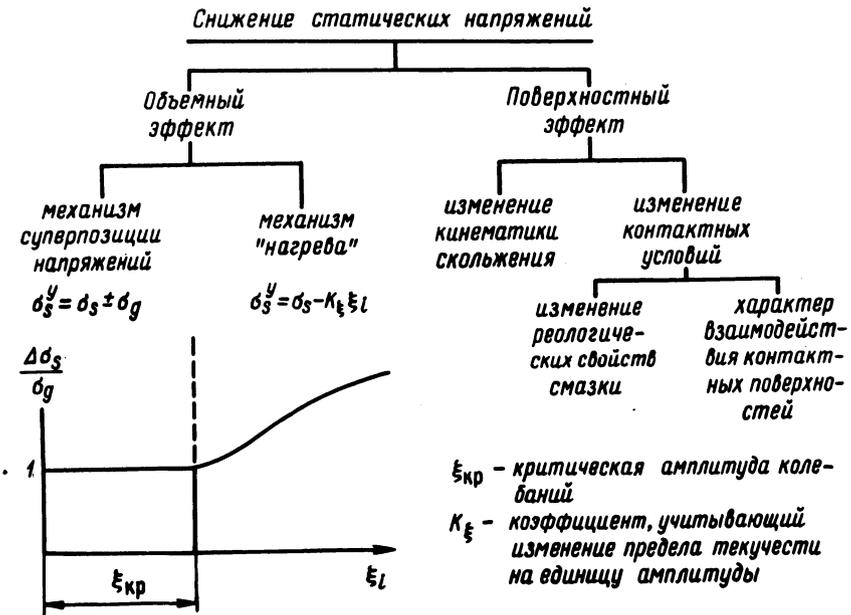


Рис. 1. Влияние ультразвуковых колебаний на пластическую деформацию металлов.

Рассматривая последовательность формоизменения заготовки на первом переходе вытяжки, можно выделить две стадии [2]. Первая характеризуется пространственным изгибом с растяжением заготовки на свободном участке, заключенном между пуансоном и матрицей, при неподвижном фланце, который находится под давлением прижима. На этой стадии наряду с постепенным нарастанием технологического усилия происходит образование опасного сечения в зоне перехода данной части заготовки к цилиндрической. Вторая стадия характеризуется пластической деформацией фланце-

вой части заготовки, которая сопровождается ростом технологического усилия вытяжки до максимального значения и последующим снижением его. Положение максимума усилия определяется способностью металла к упрочнению. Причем для более интенсивно упрочняющегося металла максимум смещен в большей степени в направлении увеличения хода пуансона.

На первой стадии вытяжки возможно проявление лишь объемного эффекта. Оно выражается в разупрочнении металла на свободном участке заготовки, что приводит к снижению несущей способности опасного сечения. Такое явление наблюдалось лишь при больших интенсивностях колебаний; при этом на свободном участке образуются одновременно два опасных сечения. Одно из них расположено в пучности знакопеременных акустических напряжений, другое – в зоне основания вытягиваемой заготовки. Как правило, обрыв наблюдался в пучности напряжений. Как известно, переход от начальной к завершающей стадии вытяжки определяется моментом, когда интенсивность напряжений на свободном участке достигает предела текучести фланцевой части заготовки.

В случае применения ультразвука момент перехода определяется соотношением интенсивностей колебаний в зоне плоского фланца и на вытяжном ребре матрицы.

При малой степени деформации переход от первой ко второй стадии происходит раньше, а при более высоких степенях деформации наложение ультразвука приводит к увеличению длительности начальной стадии вытяжки, причем с повышением интенсивности колебаний степень роста длительности этой стадии увеличивается, а это вызывает увеличение интенсивности деформации свободного участка.

Таким образом, на первой стадии ультразвук оказывает двоякое влияние: отрицательное с точки зрения снижения несущей способности опасного сечения; положительное с точки зрения повышения пластичности фланца. Согласно экспериментальным данным, первое оказывает решающее влияние. Поэтому начальную стадию вытяжки следует проводить при отсутствии колебаний в зоне вытяжного ребра матрицы.

На второй стадии ультразвуковые колебания вызывают снижение контактных сил трения и повышение пластичности заготовки в зонах затрудненной деформации. Эта стадия характеризуется дальнейшим развитием опасного сечения. Следовательно, в этот период вытяжки присутствие колебаний на вытяжном ребре матрицы также нежелательно.

Нормальное протекание процесса может происходить только при определенном соотношении прочности металла в зоне образования опасного сечения и сопротивлением деформированию в очаге деформации. Наложение ультразвуковых колебаний позволяет улучшить это соотношение. Однако существующие колебательные системы, применяемые в процессах вытяжки [1], не позволяют использовать в полной мере возможности ультразвука.

Таким образом, анализ процесса вытяжки показал, что при существующих схемах вытяжки с радиальными ультразвуковыми колебаниями предельная степень формоизменения может быть увеличена на 20–30% по сравнению с вытяжкой в обычных условиях. Для повышения эффективности использования ультразвука необходимо создание таких колебательных систем, которые исключат или сведут к минимуму отрицательное влияние ультразвука на образование и развитие опасного сечения. Вторая задача заключается в создании акустических систем, позволяющих получить неравномерное поле сопротивления в зоне фланца.

#### Л и т е р а т у р а

1. Северденко В.П., Пашенко В.С., Кособуцкий Б.С. Листовая штамповка с ультразвуком. — Минск, 1975. 2. Романовский В.П. Анализ напряженно-деформированного состояния в начальной стадии вытяжки. — Кузнечно-штамповочное производство, 1967, № 12.

УДК 532.516

*В.Г.Кангин, К.В.Брехов*

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕГО ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

Высокая степень деформационного упрочнения быстрорежущих сталей приводит к увеличению работы деформирования и повышению неоднородности напряженно-деформированного состояния, вследствие чего изделия имеют резко выраженную анизотропию свойств за счет неоднородности структуры, и приводит к нарушению сплошности заготовки и интенсивному износу штампового инструмента. Для успешной обработки давлением этих сталей требуется создание особых условий деформирования.

Разработанный в ФТИ АН БССР способ горячего гидродинамического выдавливания (ГГДВ) позволяет осуществлять пластическую деформацию высоколегированных сталей и сплавов, особенно чувствительных к изменению температурно-скоростных условий деформирования [1].

Горячее гидродинамическое выдавливание по сравнению с обычным имеет следующие основные преимущества:

- 1) наличие активного радиального давления в начальной стадии деформирования;
- 2) отсутствие в процессе деформирования непосредственного контакта горячего металла с деформирующим инструментом;
- 3) уменьшение внешнего трения в режимах гидродинамического выдавливания.