

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,

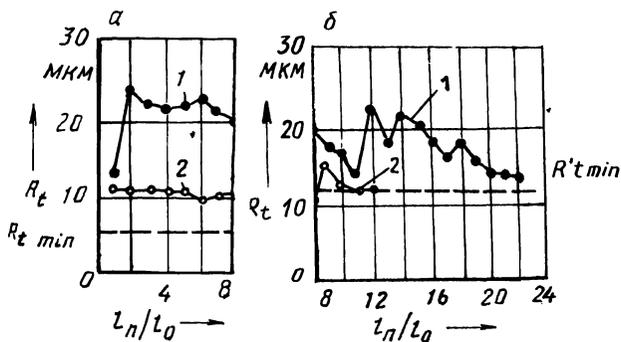


Рис. 1. Зависимость максимального параметра шероховатости  $R_t$  от относительного пути деформирования при вытяжке нефосфатированных (а) и фосфатированных (б) заготовок: 1 — задир А; 2 — задир Б

полученных из нефосфатированной и фосфатированной полос соответственно.

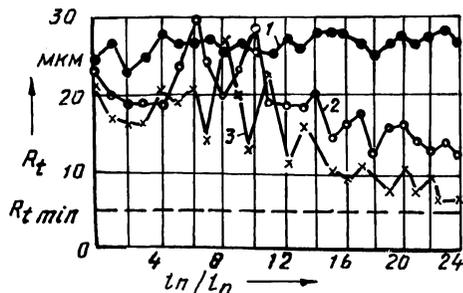
Из рисунка видно, что процесс образования нароста на матрице и соответствующего задира на заготовке можно разбить на две стадии: интенсивного роста и стабилизации; а процесс ликвидации нароста — на три стадии: интенсивного уменьшения, нестабильного поведения и ликвидации (или стабилизации) нароста, причем для небольших наростов стадия нестабильного поведения отсутствует.

Высокая интенсивность образования нароста при вытяжке нефосфатированных заготовок объясняется большой степенью сдвиговой деформации поверхностных слоев мягкого металла и соответственно высокой степенью упрочнения [1]. К тому же на вершинах микронеровностей инструмента развивается температура, достаточная для активации адгезионных механизмов, что способствует быстрому развитию зародышей нароста и их прочностным связям с материалом инструмента.

Стадия стабилизации нароста, характеризующаяся то его некоторым увеличением, то уменьшением, подтверждает теоретические положения о кинетике его развития [1]: нарост сначала углубляется при своем тангенциальном движении в мягкий материал, принимая на себя значительную часть нормальной нагрузки и увеличиваясь в размерах, а затем благодаря увеличению в размерах и росту сопротивления своему движению как бы выталкивается из мягкого материала, уменьшаясь в размерах.

Стадия интенсивного уменьшения нароста при вытяжке фосфатированных заготовок объясняется тем, что сдвиговая деформация локализуется в гораздо более тонких приповерхностных слоях (в основном фосфатного покрытия), благодаря чему там развивается температура, при которой происходит разупрочнение и размазывание (смыв) нароста. Однако высота оставшейся части нароста, наиболее прочно связанного благодаря адгезионному взаимодействию с материалом инструмента, еще достаточна (в данном случае 17–18 мкм, рис. 1) для того, чтобы "пробивать" толщину фосфатного покрытия (обычно 8–16 мкм) с последующим взаимодействием ювенильных металлов нароста и заготовки. Таким образом возникает стадия нестабильного поведения нароста, когда он может увеличиваться до некоторых размеров, а затем резко

Рис. 2. Зависимость максимального параметра шероховатости  $R_t$  от относительного пути деформирования и применяемых смазочных материалов: 1 — веретенное масло; 2 — сульфофрезол + 10 %  $\text{Mo}_2\text{S}$ ; 3 — сульфофрезол + 30 %  $\text{Mo}_2\text{S}$



уменьшаться. Однако постепенно из-за высокой температуры, развиваемой в тонких приповерхностных слоях, нарост полностью размягчается и окончательно размазывается (смывается). Из теории резания известно, что нарост из стали пропадает при температурах порядка 550–600 °С [1, 2].

Способность фосфатного покрытия ликвидировать наросты на инструменте легла в основу оригинальной методики исследования различных смазочных материалов и композиций с целью определения их экранирующих свойств. Методика состоит в том, что сначала необходимо произвести деформирования нескольких заготовок без покрытий и смазочных материалов до появления стабильных задиров, а затем использовать заготовки, покрытые исследуемым смазочным материалом.

Состав исследуемых смазочных материалов выбирался согласно рекомендациям [3], из которых следует, что при введении 10 % (по массе) твердых наполнителей (графит, дисульфид молибдена) их экранирующие свойства повышаются незначительно. Лишь при увеличении наполнителя до 30 % экранирующие свойства повышаются существенно. В настоящей работе исследовались смазочные композиции "сульфофрезол + 10 %  $\text{Mo}_2\text{S}$ " и "сульфофрезол + 30 %  $\text{Mo}_2\text{S}$ " в сравнении с веретенным маслом, обладающим хорошими антифрикционными свойствами. Однако его экранирующие свойства при высоких удельных давлениях резко снижаются.

На рис. 2 показаны результаты исследований веретенного масла и смазочных композиций "сульфофрезол + 10 %  $\text{Mo}_2\text{S}$ " и "сульфофрезол + 30 %  $\text{Mo}_2\text{S}$ ", причем отражена лишь зависимость максимальных параметров шероховатости  $R_t$  от относительного пути деформирования.

Веретенное масло не оказывает практически никакого влияния на развитие задиров. С использованием композиции "сульфофрезол + 10 %  $\text{Mo}_2\text{S}$ " задирки несколько уменьшаются:  $R_t \approx 13$  мкм ( $R_{t\min} = 6$  мкм), причем стадия их стабилизации длится примерно в 2 раза больше, чем при фосфатном покрытии. Применение композиции "сульфофрезол + 30 %  $\text{Mo}_2\text{S}$ " практически устраняет наросты:  $R_t \approx 7,5$  мкм ( $R_{t\min} = 6$  мкм).

Способность исследованных смазочных композиций ликвидировать наросты можно объяснить тем, что они образуют на поверхности заготовки прочную пленку, выдерживающую большие нормальные удельные давления, прочность на сдвиг которой, однако, значительно меньше, чем у материала заготовки. В таком слое смазочной пленки локализуются значительные сдвиговые деформации, деформируемая область сужается, суммарное тепловыделение также снижается, однако его локализация в тонком слое приводит к более высокой температуре, достаточной для разупрочнения и смыва неболь-

ших наростов. Низкая эффективность применения веретенного масла объясняется тем, что оно практически полностью выдавливается из зоны деформаций, которые развиваются в объеме материала, прилегающем к зоне контакта с наростом. Температура объема металла при этом выше, чем в первом случае, а поверхностная — ниже. В результате нарост имеет возможность развиваться или оставаться в стабилизированном состоянии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Макушок Е.М., Калиновская Т.В., Белый А.В. Массоперенос в процессах трения. — Мн., 1978. — 272 с. 2. Кузнецов В.Д. Наросты при резании и трении. — М., 1956. — 416 с. 3. Манегин Ю.В., Сцепура В.И., Осейко Н.И., Артамошин А.В. Исследование смазок и условий трения при холодном гидропрессовании сталей // Кузнечно-штамповоч. пр-во. — 1979. — № 2. — С. 10—18.

УДК 65.011.55

М.А.ГАЛЬБУРТ, М.К.ДОБРОВОЛЬСКАЯ,  
А.В.ОВСЕНКО, Г.Г.ХРИСТЕНКО

### АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

Процесс разработки технологии изготовления деталей методом холодной листовой штамповки можно разбить на следующие основные этапы:

ознакомление с чертежом детали и разработка требований, предъявляемых к ней при изготовлении (отработка на технологичность);

выбор действующего типового технологического процесса или поиск аналога единичного технологического процесса;

составление технологического маршрута, который определяет последовательность технологических операций, состав средств технологического оснащения;

разработка технологических операций с определением последовательности переходов в операциях, средств технологического оснащения;

разработка и оформление задания на проектирование штампов;

оформление технологического процесса, включающее вычерчивание необходимых эскизов и заполнение комплекта технологических документов, нормоконтроль содержания документов, нормирование операций и согласование со всеми необходимыми службами, утверждение технологического процесса.

Большинство указанных этапов в процессе разработки технологии могут выполняться параллельно или в виде ряда итераций. Характерной чертой традиционных методов проектирования является низкий уровень формализации процесса принятия решений при составлении описания технологического процесса изготовления листовых деталей. Так, на различных предприятиях сложились разные подходы в отношении детализации при описании одних и тех же операций и переходов холодной штамповки.

Поэтому на первом этапе программно-методические комплексы (ПМК) автоматизированного проектирования технологии изготовления листовых де-