электронный научно-технический журнал
ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51036. ISSN 2307-0595

Экспериментальное исследование влияния факторов на эффективность применения смазки при холодной осадке цилиндрических заготовок

04, апрель 2017
Попова Т. В.[1,*], Вяткин А. Г.[1,**]
УДК: 621.77.016.3

[1]Россия, КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
*tanechka54321@mail.ru
**and-vyatkin@mail.ru

Введение

Одним из важнейших факторов, влияющих на эффективность холодной объемной штамповки, является контактное трение [1]. Для борьбы с этим явлением применяются различные смазочные вещества. Эффективность смазок была ранее исследована [2, 3], и результаты этих исследований показали, что эффективность смазок в большей степени зависит от геометрических параметров деформируемых заготовок.

Вследствие наличия большого числа факторов, влияющих на контактное трение, выделяют согласно обобщенному закону трения, следующие: гидростатическое давление, сопротивление деформации, скорость скольжения, температура поверхности трения и смазочного слоя [4]. В приведенных исследованиях рассматривались относительные размеры заготовок (d/h) и степень деформации (ε). Следует отметить, что скорость скольжения, температура поверхности трения и смазочного слоя также влияют на эффективность применения смазки, что обуславливает необходимость исследовать эти параметры посредством скорости деформирования.

Кроме того, исследование [2] показало, что применение смазок при холодной объемной штамповке не всегда эффективно и при осадке относительно высоких заготовок (d/h=1,5) с высокой степенью деформации (ε=0,36) привело к обратному эффекту, заготовка деформируется более эффективно без смазки, чем со смазкой. Это вызвало необходимость провести подобный эксперимент с заготовкой из другого материала.

Исследования [2, 3] показали, что наибольшее влияние на эффективность применения смазки, из исследуемых факторов, оказывают относительные размеры заготовки (d/h). При этом с увеличением значения этого фактора эффективность применения смазки возрастает. Влияние степени деформации ε значительно ниже, причем с увеличением степени деформации эффективность применения смазки уменьшается.

Данная статья посвящена экспериментальному исследованию совместного влияния на эффективность смазки относительных размеров заготовки, степени деформации и скорости деформации, что позволит исследовать контактное трение более подробно.

Материалы и методы исследования

В качестве оборудования для проведения экспериментальных исследований использовался гидравлический пресс П481А номинальной силой 100кН. Полнофакторный эксперимент 2^3 заключался в холодной осадке цилиндрических алюминиевых заготовок (материал АД31, σ_s=600МПа) на различной скорости (минимальная v=4мм/сек, максимальная v=118м/сек), с различными степенями деформации (ε=0,1; ε=0,36), и относительными размерами (d/h=1,5; d/h=3). Настройка пресса на необходимую высоту h производилась по несмазанным заготовкам. Затем производилась холодная осадка с применением смазки (животный жир). Откликом в эксперименте являлось относительное изменение высоты при штамповке со смазкой. Результаты эксперимента обрабатывались методом регрессионного анализа. Геометрические размеры заготовок полностью совпадают с размерами заготовок в исследовании [2]. В целом эксперимент совпадает с предыдущим исследованиями [2, 3], но для заготовок использовался другой материал и в качестве смазки использовался только животный жир. Это позволит подтвердить или опровергнуть выводы предыдущих исследований для различных материалов.

Результаты исследования

Результаты исследования обрабатывались по известной методике [5]. После обработки результатов исследования получилось следующее уравнение регрессионного анализа:

$$y(\delta h_\mu) = 1{,}8 - 1{,}57 \cdot x_1(\varepsilon) + 0{,}84 \cdot x_2(d/h) + 0{,}74 \cdot x_3(v) - 1{,}11 \cdot x_1(\varepsilon) \cdot x_2(d/h) - 0{,}9 \cdot x_3(v).x_2\left(\frac{d}{h}\right) - 1{,}11 \cdot x_1(\varepsilon) \cdot x_3(v) + 0{,}84 \cdot x_1(\varepsilon) \cdot x_2(d/h) \cdot x_3(v) \quad (1)$$

Уравнение (1) позволяет сделать следующие выводы: степень деформации оказывает наибольшее из рассматриваемых факторов влияние на погрешность высоты (следовательно, и на эффективность применения смазки) причем характер этого влияния отрицателен, то есть чем больше степень деформации, тем меньше эффективность применения смазки; относительные размеры заготовок оказывают меньшее влияние на эффективность применения смазки, характер этого влияния положительный; Скорость деформации оказывает на эффективность применения смазки такое же влияние, как и относительные размеры заготовок, но сила этого влияния незначительно меньше. Характер влияния на отклик степени деформации и относительных размеров соответствует исследованиям [2], однако сила такого влияния разительно отличается от предыдущих исследований. Это может быть связано с появлением нового фактора в эксперименте и совместным влиянием исследуемых факторов на отклик. Следует отметить, что совместное влияние рассматриваемых факторов ($x_1(\varepsilon) \cdot x_2(d/h), x_3(v).x_2\left(\frac{d}{h}\right), x_1(\varepsilon) \cdot x_3(v)$) по силе сопоставимо с влиянием каждого фактора в отдельности. Это говорит о том, что целесообразно разделить полно-

факторный эксперимент 2^3 на 3 полнофакторных эксперимента 2^2, то есть рассмотреть отдельно влияние степени деформации и скорости при различных относительных размерах, степени деформации и относительных размеров при различной скорости, относительных размеров и скорости при различных степенях деформации.

В результате обработки эксперимента для различных относительных размеров получилось следующие уравнения регрессионного анализа:

$$y(\delta h_\mu) = 0{,}965 - 3{,}18 \cdot x_1(\varepsilon) + 1{,}64 \cdot x_2(v) - 1{,}95 \cdot x_1(\varepsilon) \cdot x_2(v) \quad (2)$$

$$y(\delta h_\mu) = 2{,}65 + 0{,}04 \cdot x_1(\varepsilon) - 0{,}16 \cdot x_2(v) - 0{,}27 \cdot x_1(\varepsilon) \cdot x_2(v) \quad (3)$$

Уравнение (2) описывает эксперимент с относительными размерами d/h=1,5, а уравнение (3) – с относительными размерами d/h=3. Сравнивая эти уравнения нетрудно заметить, что с изменением относительных размеров изменилась не только сила влияния рассматриваемых факторов на отклик, но и характер этой силы. Для нежесткой заготовки (d/h=1,5) максимальное влияние на эффективность смазки оказывает степень деформации заготовки, характер влияния отрицательный, а влияние скорости положительно и гораздо меньше. В уравнении (3) всё наоборот – влиянием степени деформации можно пренебречь, а влияние скорости значительно больше и носит отрицательный характер. Это говорит о том, что относительные размеры заготовок оказывают решающее влияние на эффективность применения смазки. Уравнение (1) не показало этого, поскольку это значительное влияние там выразилось в виде совместного влияния относительных размеров заготовки и других факторов. Кроме того, характер влияния факторов и их относительная величина в уравнении (2) полностью соответствует уравнению (1), а в уравнении (3) – не соответствует.

Рассмотрение влияния на эффективность смазки степени деформации и относительных размеров при различных скоростях дало в результате следующие уравнения:

$$y(\Delta h) = 1{,}06 - 0{,}46 \cdot x_1(\varepsilon) + 1{,}74 \cdot x_2\left(\frac{d}{h}\right) + 0{,}77 x_1(\varepsilon) \cdot x_2\left(\frac{d}{h}\right) \quad (4)$$

$$y(\Delta h) = 2{,}54 - 2{,}68 \cdot x_1(\varepsilon) - 0{,}06 \cdot x_2\left(\frac{d}{h}\right) + 2{,}45 \cdot x_1(\varepsilon) \cdot x_2\left(\frac{d}{h}\right) \quad (5)$$

Уравнение (4) получено в результате обработки результатов эксперимента на высокой скорости, а уравнение (5) – на низкой скорости. В целом характер влияния рассматриваемых факторов в уравнениях (4, 5) соответствует уравнению (1) и результатам предыдущих исследований, но в уравнении (5) влияние относительных размеров заготовки, если его не рассматривать совместно со степенью деформации, настолько мало, что им можно пренебречь, исследовав уравнение с помощью методики [5].

Если аналогичным образом рассмотреть влияние на эффективность смазки относительных размеров и скорости при различных степенях деформации, получатся следующие уравнения:

$$y(\Delta h) = 3{,}77 - 0{,}77 x_1\left(\frac{d}{h}\right) + 1{,}85 x_2(v) - 1{,}74\left(\frac{d}{h} \cdot v\right) \quad (6)$$

$$y(\Delta h) = 1{,}22 + 2{,}45 \cdot x_1\left(\frac{d}{h}\right) - 0{,}37 \cdot x_2(v) - 0{,}065 \cdot \left(\frac{d}{h} \cdot v\right) \quad (7)$$

Уравнение (6) описывает результаты обработки эксперимента с низкой степенью деформации, а уравнение (7) - с высокой степенью деформации. В этих уравнениях различны не только силы влияния факторов на отклик, но и их характер. Это значит, что степень деформации, как и относительные размеры, оказывает влияние на характер и силу воздействия рассматриваемых факторов на отклик. При степени деформации 0,1 увеличение скорости деформирования приводит к увеличению эффективности смазки, а при степени деформации 0,36 – к уменьшению. Влияние относительных размеров заготовки, как видно из уравнений (6, 7) при низкой степени деформации носит отрицательный характер, а при высокой – положительный. Кроме того, воздействия единичных факторов не совпадают полностью с уравнением (1) ни в уравнении (6), ни в уравнении (7). То есть в ПФЭ 2^3 эффект от воздействия степени деформации нивелировался другими факторами (в большей степени, относительными размерами заготовок), поэтому, несмотря на коэффициенты в уравнении (1), можно сказать, что относительные размеры заготовок оказывают большее влияние, чем степень деформации.

Помимо результатов математической обработки эксперимента следует отметить, что применение смазки при деформировании в некоторых случаях дало обратный эффект – высота заготовок после осадки со смазкой выше, чем после осадки без смазки. Такой результат получился при деформации нежестких заготовок (d/h=1,5) и высокой степени деформации (ε=0,36) как на низкой, так и на высокой скорости деформирования. Это подтверждает результаты более ранних исследований [2] деформирования заготовок таких же размеров, но из стали 20.

Заключение

Контактное трение, для борьбы с которым применяются смазки, - сложное явление, зависящее от большого количества факторов [6], и оно не всегда является отрицательным для холодной осадки (экспериментальные результаты, при которых применение смазки дало обратный эффект). Поэтому выбор типа смазки, необходимость её применения следует назначать в зависимости от жёсткости деформируемой детали и степени её деформации. В общем случае жесткие детали деформируются со смазкой эффективнее, чем нежесткие, с низкой степенью деформации - эффективнее, чем с высокой. Скорость деформации не меняет характера воздействия других факторов на эффективность применения смазки, а характер влияния скорости на эффективность осадки со смазкой, зависит от жесткости заготовки и степени её деформации.

Таким образом, однозначного влияния рассматриваемых факторов на эффективность холодной осадки не выявлено, и эффективность смазки зависит от каждого конкретного из рассматриваемых факторов.

Список литературы

[1]. Мастеров В.А., Берковский В.С. Теория пластической деформации и обработка металлов давлением. М.: Металлургия. 1989. 400 с.

[2]. Вяткин А.Г. Сравнительная оценка точности операций холодной объемной штамповки, выполняемых на кривошипных и гидравлических прессах: дисс. …. канд. техн. наук. М.: МГТУ «Станкин». 2004. 190 с.

[3]. Антонюк Ф.И., Калмыков В.В., Сорокина И.И. Формоизменение цилиндрических заготовок при холодной осадке на кривошипном и гидравлическом прессах // Заготовительные производства в машиностроении. 2016. № 6. С. 13-18.

[4]. Антонюк Ф.И., Калмыков В.В., Мкртчян А.Б. Применение статистических методов анализа к оценке изменения диаметра цилиндра при холодной осадке. // Фундаментальные исследования. 2016. №8-1. С. 9-13.

[5]. Боровиков С.М. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности. Минск: Дизайн-про. 1998. 336 с.

[6]. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение. 1977. 424 с.

[7]. Исаченков Е.И. Контактное трение и смазки при обработке металлов давлением. М.: Машиностроение. 1978. 208 с.