

металла с 0,6 до 0,9, сокращение сроков подготовки производства новых изделий в 1,5 раза.

Заключение

Разработанная математическая модель позволяет объективно оценить влияние скоростных и деформационных параметров на силовые режимы штамповки изделий в разъемных матрицах из алюминиевого АМг6 и титанового ВТ6С сплавов. Сравнение экспериментальных результатов исследований с теоретическими показывает удовлетворительную сходимость.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации на 2012-2014 годы и грантов РФФИ.

Литература

1. Изотермическое формоизменение анизотропных материалов жестким инструментом в режиме кратковременной ползучести / С.С. Яковлев, С.П. Яковлев, В.Н. Чудин, В.И. Трегубов, А.В. Черняев. М.: Машиностроение, 2009. 412 с.
2. Изотермическое деформирование высокопрочных анизотропных металлов / С.П. Яковлев, В.Н. Чудин, С.С. Яковлев, Я.А. Соболев. М: Машиностроение, 2004. 427 с.

Протяжка коротких заготовок без образования дефекта зажим

д. т. н. проф. Алиев И.С., Кальченко П.П., Швец А.А., к.т.н. Жбанков Я.Г., Таган Л.В.
Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.
E-mail: vzhsbankov@gmail.com

В тяжелом машиностроении значительное место занимают крупногабаритные детали ответственного назначения типа валов и роторов. Основным способом их изготовления является ковка протяжкой [1, 2]. Проанализировав технологические процессы, применяемые на отечественных предприятиях, можно прийти к выводу, что основная масса технологических процессов получения таких деталей включает в себя осадку и протяжку, в случае применения обычных кузнечных слитков, и просто протяжку, в случае применения коротких слитков [3, 4]. Осадка обычных кузнечных слитков применяется для получения высоких значений улова в изделии, что обеспечивает высокий уровень его механических свойств [5, 6]. Протяжка применяется также как формообразующая операция.

После осадки заготовка, как правило, имеет незначительную высоту. Протяжка осажженной или короткой исходной заготовки осуществляется с малыми относительными обжатиями и подачами. Это обуславливает деформирование только лишь периферийных слоев заготовки, в результате, как следствие, образуются наплывы на торцы заготовки [7], которые при дальнейшей протяжке трансформируются сначала в утяжину, а после при больших уловах могут трансформироваться в свищи на торцах поковки, что является неисправим браком и требует при создании технологии предусматривать дополнительные напуски на торец поковки.

В производстве с таким явлением могут бороться использованием специальных вогнутых сферических осадочных плит [8]. Торцы заготовки после осадки такими плитами будут выпуклыми, что будет компенсировать при протяжке наплыв металла в периферийных слоях заготовки. Однако не всегда в инструментальном парке кузнечных цехов машиностроительных предприятий имеются такие осадочные плиты, кроме того протяжку могут осуществлять без применения операции осадки, в случае использования коротких слитков и слитков ЭШП. Таким образом, исследование влияния параметров ковки на образование утяжины на торцах заготовки и разработка режима ковки, позволяющего исключить данный дефект, является актуальным.

Целью данной работы является исследование механизма образования торцевой утяжины в процессе протяжки, влияния параметров механического режима ковки на ее величину и разработка нового режима протяжки, позволяющего избежать образования данного дефекта.

Методом конечных элементов проведено моделирование процесса ковки протяжкой за-

готовки по заводским режимам. Моделирование процесса протяжки проводилось в программе, которая основана на методе конечных элементов. В качестве заготовки был принят цилиндр диаметром 1000 мм и длиной 2000 мм из материала Сталь 45. Начальная температура заготовки 1200°C, заготовка разбивалась на 50000 конечных элементов, скорость деформирования 25 мм/с, при моделировании коэффициент пластического трения Зибеля принимался равным 0,35. Протяжка осуществлялась плоскими бойками шириной $B=600$ мм радиусом скругления кромки рабочей поверхности 50 мм. Подача составляла $2/3$ ширины бойка, единичное обжатие 100 мм. Протяжка производилась по схеме круг – квадрат – восьмигранник – круг проходами. На исходной заготовке оттянуты две ступени диаметрами 800 и 900 мм. Результаты моделирования в виде поля распределения интенсивности логарифмических деформаций в поперечном сечении заготовки приведены на рисунке 1.

Как видно из рисунке 1, центральная часть заготовки имеет низкую деформацию, наибольшие деформации по сечению сосредоточены у периферийных слоев заготовки, что при дальнейшей термической обработке может привести к структурной неоднородности и неоднородности механических свойств. Кроме того, видно, что на торцевой части появилась утяжина и часть поковки с утяжиной уйдет в отход.

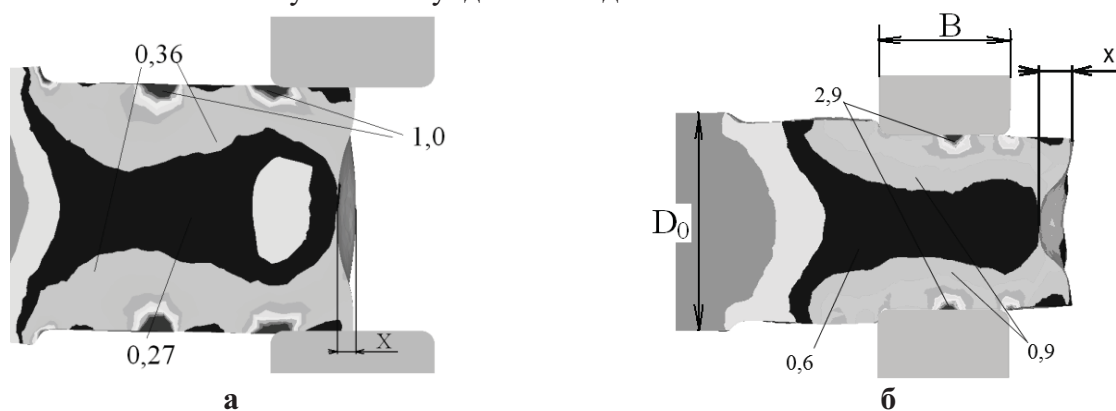


Рисунок 1. Поле распределения интенсивности логарифмических деформаций в поперечном сечении заготовки в процессе протяжки плоскими бойками с подачей 400 мм и единичным обжатием 100 мм (а – протяжка на диаметр 900 мм, б – протяжка на диаметр 800 мм)

Проведено физическое моделирование процесса протяжки заготовки плоскими бойками по заводским режимам. Моделирование проводилось на заготовках, полученных отливкой в изложнице, с последующей калибровкой в матрице до диаметра $D_0 = 36$ мм из свинца с содержанием 1% сурьмы для схожести механических характеристик модельного материала с натуральным – сталь 45.

В ходе эксперимента исследовалась зависимость глубины образования вогнутости (x) на торцевой поверхности заготовки от величины обжатия и подачи при протяжке цилиндрической заготовки плоскими бойками. Для схожести эксперимента с условиями протяжки поковки после ее осадки применялась заготовка с относительной высотой $H / D_0 = 1,5$ (H – высота заготовки, D_0 – диаметр исходной заготовки). Величина обжатия (ϵ_h) принималась равной 8 и 16 % от диаметра исходной заготовки, подача – $f = 1 / 3 \dots 2 / 3$ от ширины бойка.

Эксперимент осуществлялся следующим образом: цилиндрическая заготовка укладывалась на нижний плоский боек шириной $B = 28$ мм с подачей, равной $1 / 3$, $1 / 2$ или $2 / 3$ ширины бойка, после чего производился нажим на заготовку верхним плоским бойком такой же ширины. Величина обжатия производилась на постоянную величину, равную 3 или 6 мм, со скоростью 1 мм/с. Протяжка путем последовательных подач осуществлялась проходами по всей длине заготовки. Ковка проводилась по схеме круг – квадрат – восьмигранник – круг путем кантовки заготовки вокруг оси на 90° и 45° до диаметра $d = 15$ мм при величине обжатий, равной 3 мм, и до $d = 18$ мм при величине обжатий, равной 6 мм. Таким образом, было промоделировано 6 схем протяжки.

В процессе эксперимента наблюдалось изменение формы и размеров торцов заготовки,

на которых образовывалась вогнутость (утяжина) (рисунок 2, 3), глубина которой замерялась после каждого перехода ковки от начального до конечного диаметра с шагом 3 и 6 мм для заготовок, протягиваемых с различной величиной обжатия. Перед тем как на торцевой поверхности начинал образовываться зажим, таким образом усложняя замер глубины вогнутости, в торцевую полость заготовки вставлялся щуп, и далее в процессе протяжки замерялась длина его свободного конца (рисунок 4). По мере уменьшения длины свободного конца щупа определялась глубина зажима.

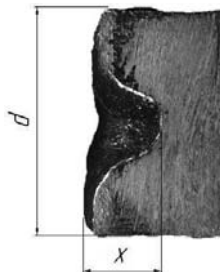


Рисунок 2. Образование вогнутости (утяжины) на торцевой поверхности поковки



Рисунок 3. Постадийное образование вогнутости торцевой поверхности заготовки в ходе протяжки



Рисунок 4. Замер глубины зажима торцевой поверхности заготовки щупом

По результатам экспериментальных исследований были построены графики зависимости относительной глубины зажимов от величины обжатия и подачи (рисунок 5) при протяжке.

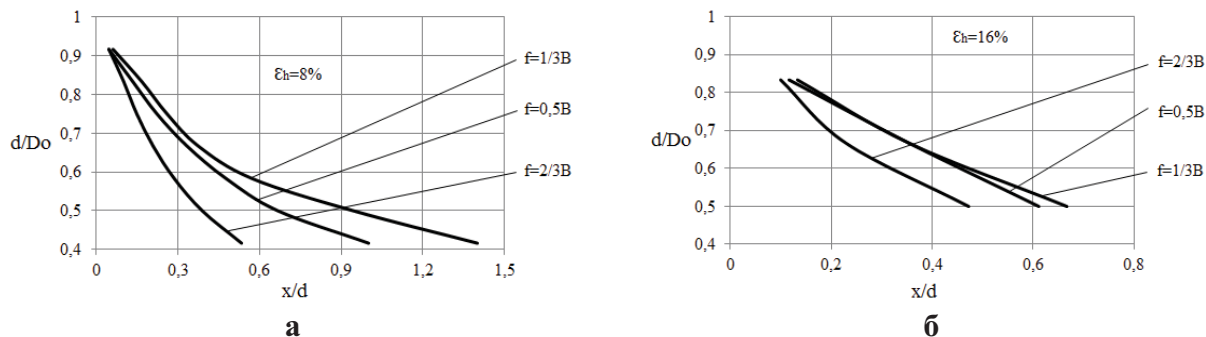


Рисунок 5. График зависимости относительной глубины утяжины (зажима) от диаметра получаемого отверстия при различных режимах протяжки

Анализ полученных данных позволил установить, что при протяжке цилиндрической заготовки плоскими бойками до диаметра, равного 0,4 от исходного (уков ≈ 6), с величиной относительного обжатия 8 % диаметра исходной заготовки и подачами, равными 1/3 от ши-

рины бойка, образуется зажим на торцевой части заготовки глубиной $1,4$ ее диаметра (рисунок 5 а). Это объясняется тем, что при таких подачах и величинах обжатия происходит течение (деформирование) лишь периферийных слоев металла заготовки, при этом осевая зона остается непроработанной. При протяжке с подачей, равной $1/2$ ширины бойка, до диаметра, равного $0,4$ от начальной длины зажима, его длина равна 1 диаметру заготовки, а при протяжке с подачей, равной $2/3$ ширины бойка, его длина уменьшается до $0,53$ диаметра заготовки.

Уменьшение утяжины с увеличением подачи объясняется увеличением пятна контакта бойка и заготовки, что, в свою очередь, способствует проникновению очага деформации в глубь заготовки. Таким образом, кроме периферийных слоев заготовки, интенсивнее течь начинают и осевые слои, что способствует меньшему опережению периферийных слоев заготовки. Кроме того, на контакте заготовки и инструмента действуют значительные силы трения, сдерживающие интенсивное течение приконтактных слоев.

При протяжке цилиндрической заготовки плоскими бойками с величиной обжатия, равной 16% от диаметра исходной заготовки и подачами $f = (1/3 \dots 2/3) \cdot B$ до диаметра, равного $0,5$ исходного, наблюдается некоторое уменьшение глубины зажима в сравнении с протяжкой с обжатиями, равными 8% диаметра исходной заготовки. Это объясняется тем, что с увеличением обжатия очаг деформации проникает глубже в объем заготовки и ее центральные слои более интенсивно текут в осевом направлении.

Установлено, что при протяжке с подачами, равными $1/3 \dots 1/2$ ширины бойка, глубина зажима заготовки при протяжке на диаметр $0,5$ от исходного, составляет $0,61 \dots 0,66$ конечного диаметра заготовки. С увеличением подачи до $2/3$ ширины бойка глубина осевого зажима уменьшается до $0,47$ конечного диаметра заготовки.

Таким образом, при протяжке по схеме круг-круг с фиксированной подачей и обжатием малой величины на торце заготовки будет образовываться утяжина, трансформирующаяся в дальнейшем при протяжке в зажим. Для уменьшения его относительной величины протяжку необходимо вести с максимально возможными обжатиями и максимальной подачей.

Для устранения дефекта утяжины, предложено осуществлять протяжку заготовки по специальному режиму. Данный режим протяжки заключается в профилировании исходной заготовки на первом этапе и доковка заготовки протяжкой на втором. Профилирование заключается в том, что короткую заготовку протягивают сначала в центральной ее части по длине таким образом, чтобы заготовка имела форму катушки. Экспериментально установлено, что профилирование должно осуществляться протяжкой с обжатиями, равными радиусу рабочей кромки бойка, при этом в заготовке должны остаться недеформированные концы длиной a , равной $10-15\%$ диаметра заготовки (D_0). На рисунке 6 представлены переходы протяжки цилиндрической заготовки с диаметра 1000 мм на диаметр 600 мм с обжатиями, не превышающими 10% от исходного диаметра заготовки.

В процессе такого профилирования заготовки по мере уменьшения диаметра ее внутренней части (d_1), очаг деформации при обжатии будет ближе расположен к осевым слоям металла, что обусловит их интенсивное продольное течение. При этом торец заготовки становится выпуклым (рисунок 6 б). Экспериментальные переходы протяжки с профилированием представлены на рисунке 7.

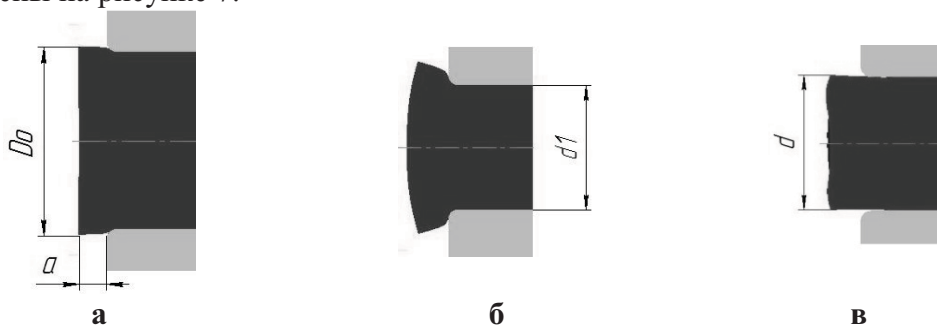


Рисунок 6. Протяжка короткой заготовки с промежуточным профилированием на катушку

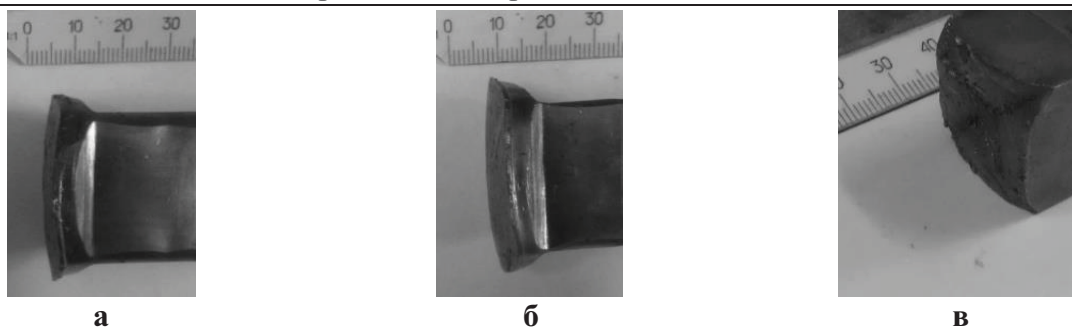


Рисунок 7. Протяжка короткой заготовки с промежуточным профилированием на катушку

Такая форма торцевой части заготовки, которую возможно получить в процессе осадки лишь специальными вогнутыми осадочными плитами, исключает возможность образования утяжины при последующей протяжке полученного фланца (рисунок 7 в) до необходимого конечного диаметра (рисунок 6 в). Кроме того, протяжка фланца на заготовке может производиться с повышенными обжатиями, что также усложнит образование утяжины.

Выводы

С использованием метода конечных элементов и физического моделирования установлено, что при протяжке заготовок по схеме круг-круг по стандартным заводским режимам на ее торцах образуется утяжина, которая в дальнейшем при ковке трансформируется в зажим.

Величина зажима зависит от механического режима протяжки, так, с увеличением относительного обжатия и подачи заготовки величина зажима существенно снижается. Таким образом, протяжку необходимо осуществлять с максимально возможными обжатиями и подачами.

Предложен способ протяжки, позволяющий получать поковки из коротких заготовок без торцевых зажимов, который заключается в предварительном профилировании короткой заготовки на катушку, формировании торцевых выпуклых фланцев и в дальнейшей ковке протяжкой фланцев по стандартным режимам.

Литература

1. Тюрин В.А. Инновационные технологииковки с применением макросдвигов / В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство, 2007, №11 – С. 15-20.
2. Жбанков Я.Г. Исследование процесса протяжки заготовок бойками со скосом / Я.Г. Жбанков, В.И. Шимко, Л.В. Таган, А.В. Шкира // Кузнечно-штамповочное производство, №1, 2013 – С. 13-18
3. Марков О.Е. Изменение размеров осевых дефектов при осадке заготовок / О.Е. Марков // Обработка металлов давлением: Сборник научных трудов – Краматорск: ДГМА, №4(29), 2011 – С. 103-110.
4. Марков О.Е. Прогрессивная схема протяжки крупных валов из укороченных слитков / О.Е. Марков // Обработка металлов давлением: Сборник научных трудов – Краматорск: ДГМА, №1(30), 2012 – С. 118-122.
5. Zhbankov I. G. Forging of Ingots Without Hot Tops / I. G. Zhbankov, A. V. Perig // Materials and Manufacturing Processes (Thomson Reuters 2011 Impact Factor: 1.058). – 2013. – Vol. 28. – Iss. 3. – pp. 229-235.
6. Дзугутов М.Я. Пластическая деформация высоколегированных сталей и сплавов / М.Я. Дзугутов // М. Металлургия, 1977, 480 с.
7. Биба Н.В., Стебунов С.А. Разработка и совершенствование технологииковки и штамповки с помощью QForm3D // Кузнечно-штамповочное производство: Перспективы и развитие (сб. научных трудов), Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2005, 884 с., ISBN 5-321-00-172-3.
8. Технологияковки : учебник для вузов / Л.Н. Соколов, И.С. Алиев, О.Е. Марков, Л.И. Алиева. Краматорск : ДГМА, 2011. - 268 с.