

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ШТАМПОВКИ ОБКАТЫВАНИЕМ КОЛЬЦЕВЫХ И ФЛАНЦЕВЫХ ЗАГОТОВОК

Сурков В.А., Корякин Н.А., Галимов Э.Р., (КГТУ им. А.Н. Туполева, ИжГТУ,
г.Казань, г. Ижевск, Россия)

Deformation methods of rod and square initial blanks using roll forging to produce flange and circular products are presented. Roll forging owing to the decrease of general deformation force significantly extends the field of use of die forging methods.

1. Введение(Introduction).

Машиностроение является одним из ведущих отраслей промышленности, в различных областях которого широкое применение находят кольцевые и фланцевые детали из металлов и их сплавов в виде зубчатых колес, колец подшипников, деталей фланцевых соединений труб и т.п.

Кольцевые и фланцевые детали, получаемые различными методами формообразования, отличаются большим разнообразием форм и размеров, условиями эксплуатации и производства, пластичностью и прочностью металла заготовок. При выборе того или иного способа изготовления основным определяющим фактором является задача максимального приближения формы и размеров поковок к форме и размерам готовых деталей, что в конечном итоге приводит к увеличению коэффициента использования металла (КИМ) и повышению технико-экономической эффективности процесса.

Для решения указанной проблемы можно использовать технологии, основанные на методах обработки металлов давлением. При выборе технологических процессов, оснастки, инструмента и оборудования, кроме технико-экономической эффективности, необходимо учитывать технологические возможности процессов и их энергосиловые параметры, определяющие мощность привода рабочих механизмов, габаритные размеры, массу оборудования и др. параметры.

В связи с вышеизложенным значительный интерес представляют методы обработки, основанные на локализации очага пластической деформации в небольшой части обрабатываемой заготовки: винтовая прокатка, прокатка валками, роликами, шариками, кольцевыми матрицами, торцовая раскатка, а также штамповка обкатыванием. Среди указанных методов особый интерес по перспективности применения представляет штамповка обкатыванием, которая выполняется на специализированном и традиционном кузнечно-прессовом оборудовании после его модернизации. При этом локализация очага пластической деформации достигается колебательным (обкатывающим) движением инструмента [1].

Возможность управления граничными условиями, создания различных схем напряженно – деформированного состояния в локальных зонах, изменения характера течения металла (вплоть до волнового), обеспечения относительно низких уровней остаточных напряжений и анизотропии механических свойств в продольном и поперечном направлениях позволяют штамповать обкатыванием заготовки, упрочняющая термическая обработка которых (например, закалка и отпуск) выполняется заранее. После выполнения процесса штамповки обкатыванием, заготовки в полной мере отвечают термину «точные заготовки деталей».

Значительный вклад в развитие и исследование физических и технологических основ штамповки обкатыванием внесли К.К.Екимов, Н.А.Корякин, К.Н.Богоявленский, Н.П.Агеев, Л.Т.Кривда, В.П.Глухов, А.П.Ништа и многие другие ученые.

Широкое промышленное освоение этого перспективного процесса сдерживается отсутствием единой теории, методик расчета технологических параметров (энергосиловых, кинематических, предельных степеней деформации и др.), специализированного оборудования и технологической оснастки.

Целью данной работы является разработка и оптимизация прогрессивных технологических процессов изготовления плоских кольцевых и фланцевых заготовок для получения деталей, обеспечивающих повышение надежности изделий, снижение расхода металла и трудоемкости изготовления.

2. Основное содержание и результаты работы (The main contents and outcomes of activity).

В процессе объемной штамповки обкатыванием (рис.1), в каждый момент времени исходная заготовка находится в контакте с инструментом только частью торцевой поверхности, образуя при этом локальный очаг деформации. Расположение центра колебаний в вершине конического (обкатывающего) инструмента определяет зависимость общего усилия штамповки P от угла наклона оси инструмента θ , подачи заготовки S , форм и геометрических размеров исходной заготовки.

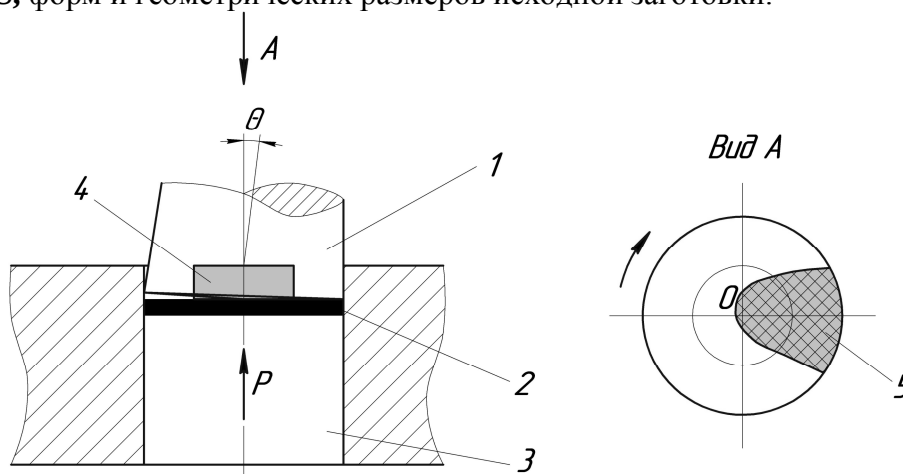


Рис. 1. Схема процесса объемной штамповки обкатыванием:

- 1 – обкатывающий инструмент; 2 – заготовка; 3 – инструмент с осевым перемещением;
4 – исходная заготовка; 5 – проекция поверхности контакта на торец заготовки
обкатывающего инструмента с деформируемой заготовкой
(→ – направление обкатывания)

Сложными в изготовлении представляют круглые в плане детали с относительно малой высотой: $h/d \leq 0,03$ при диаметре не более 300–350 мм.

Штамповку обкатыванием можно проводить по двум вариантам:

- 1) при постоянном усилии, когда требуемое формоизменение достигается при определенном числе циклов обкатывания под нагрузкой;
- 2) при постоянной осевой подаче инструмента (заготовки) S за один цикл качения.

Как правило, по первому варианту штамповку ведут на маломощном оборудовании. В начальной стадии процесса прессу придают максимальное значение усилия, подача при этом будет неизбежно уменьшаться из-за увеличения размеров заготовки. При проведении такого процесса имеет место неравномерность деформации по высоте и перенаклеп поверхностных слоев заготовки, контактирующих с обкатывающим инструментом. Доштамповка, т.е. окончательная операция полного формообразования

заготовки, ведется на очень малых подачах, коэффициент локальности λ увеличивается, а производительность при этом значительно снижается.

Во втором варианте усилие штамповки будет возрастать до максимального к концу штамповки, однако к этому моменту формоизменение закончится, выдержки под полной нагрузкой не требуется, привод качения не будет испытывать пиковых нагрузок в начальный момент штамповки, а производительность будет более высокой.

В связи с этим целесообразно вести процесс с постоянной подачей S , при этом осевое усилие $P_{ос}$ увеличивается с каждым циклом обкатывания, а коэффициент локальности λ будет сохранять постоянное значение и процесс поддается расчетам.

Расчетная подача S при постоянном числе обкатывания сферодвижного механизма несколько меньше фактической подачи, несмотря на это «скачка» усилия не наблюдается, так как «местная подача» не успевает проявить себя за цикл обкатывания. В результате повышается производительность, снижается вероятность появления дефектов, возникающих в случае ведения процесса при постоянном усилии штамповки, а следовательно предъявляются специфические требования к оборудованию (силовому прессу и механизму обкатывания).

На основании изложенного были рассмотрены характерные особенности штамповки круглых фланцев из квадратных и полосовых заготовок при постоянной подаче S . На рис. 2 приведены схемы процесса штамповки обкатыванием из квадратной и полосовой заготовок.

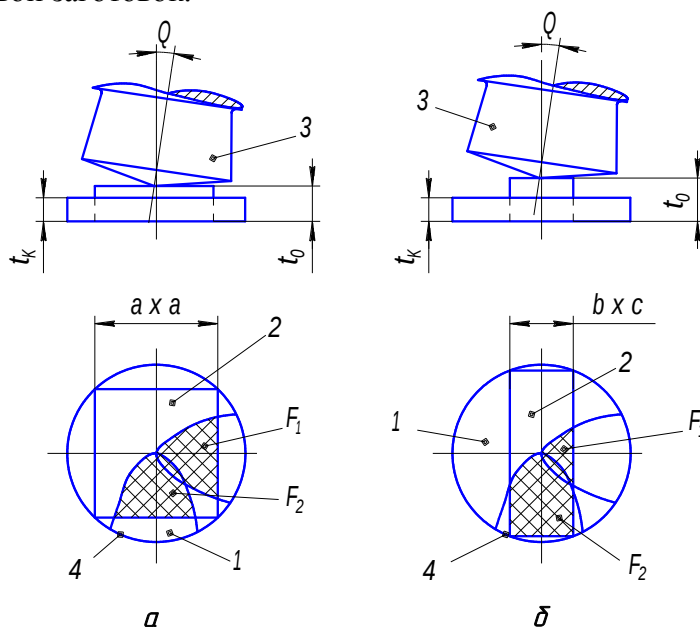


Рис. 2. Схемы штамповки обкатыванием плоских дисков:

a – штамповка из листа; b – штамповка из полосы; 1 – штампуемый кружок;

2 – исходная заготовка; 3 – пуансон; 4 – матрица

Для расчета площади локального очага пластической деформации (пятна контакта) F_k использовали формулу, приведенную в работе [2]:

$$F_k = 0,45R_{заг} \left(a_k + \frac{S}{tg\theta} \cos \frac{a_k}{R_{заг}} \right)$$

где $R_{заг}$ – радиус заготовки, мм; a_k – длина дуги пятна контакта, мм; θ – угол наклона оси инструмента, град; S – подача, мм/об.

Необходимо отметить, что при штамповке обкатыванием не соблюдается закон наименьшего периметра при штамповке круглых заготовок из квадратных или

полосовых заготовок. В связи с этим грани квадратной и полосовой заготовок остаются практически прямолинейными, это позволяет определить локальный очаг деформации (пятно контакта) в направлении перпендикулярно грани квадратной или полосовой заготовок.

Соотношение площади пятна контакта F_k в разных направлениях составляет примерно 20% в начальной стадии штамповки, а по мере заполнения штампа в круглое сечение штампуемой заготовки соотношение уменьшается и при полном заполнении во всех направлениях выравнивается (это конечная стадия штамповки). Соответственно меняется контактное давление q_n при изменении площадей контакта в локальном очаге пластической деформации, т.е. легко проштамповывается металл в направлении грани. Этим объясняется появление «язычков».

На рис. 3 показан характер течения металла от его начальной стадии до конечной заготовки, на которых видно, как металл перераспределяется по окружности штампа. Разница в площадях контакта в направлении грани и угла заготовки приводит к увеличению подачи S в области граней, с которой уже инструмент накатывается на угловую зону. Это вызывает интенсивное тангенциальное течение металла в угловых зонах квадратной или полосовой заготовки, а языки, достаточно выраженные перпендикулярно грани, исчезают по мере заполнения штампа и следствием этого обеспечивается высокая точность по толщине заготовок.

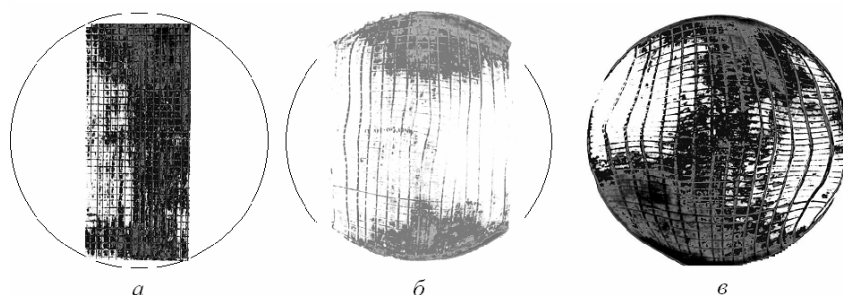


Рис. 3. Характер течения металла при штамповке обкатыванием полосовой заготовки: а – начальная стадия штамповки(исходная заготовка); б – характер течения металла в промежуточной стадии; в – конечная стадия штамповки(готовая заготовка)

В процессе исследования разработано устройство для изготовления штамповкой обкатыванием дисков из квадратной заготовки. Принцип работы устройства показанный на рис. 4 заключается в том, что исходную заготовку с квадратным поперечным сечением перед установкой в матрицу предварительно фиксируют относительно нее углами.

Заготовку устанавливают в матрицу при осевом воздействии обкатывающего пуансона. При этом происходит отделение углов заготовки до получения размера диагонали, равной диаметру готового изделия. Затем деформируют заготовку обкатывающим пуансоном до получения круглого в плане изделия. Оптимальные возможности использования квадратных заготовок при их изменяющихся толщинах определяются отношением внутреннего и наружного диаметров готовой детали D_1D и толщиной перемычки $h = H_0 - H_1$, которые характеризуются предельными возможностями силовых характеристик прессы. Данное обстоятельство обусловлено тем, что процесс штамповки обкатыванием квадратных заготовок допускает деформирование до разрыва центральной части по внутреннему диаметру D_1 , т.е. $h = 0$. Но с увеличением степени деформации значительно возрастает усилие деформирования и, как следствие, снижается

стойкость штамповой оснастки, что в свою очередь приводит к увеличению производственных затрат.

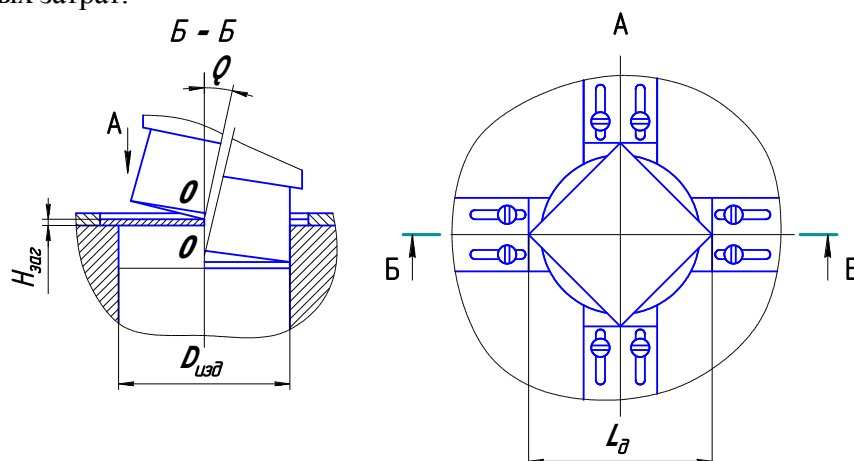


Рис. 4. Схема устройства для изготовления дисков штамповкой обкатыванием из квадратной заготовки

Длину диагонали поперечного сечения заготовки выбирали из приведенного соотношения:

$$D_{изд.} + H_{заг.} \leq L_d \leq 1,41 \cdot D_{изд.}$$

где $D_{изд.}$ – диаметр готового изделия, мм; $H_{заг.}$ – высота заготовки, мм; L_d – длина диагонали, мм.

На рис. 5 приведен график оптимального использования листовых заготовок.

Расчета высоты заготовки проводился по формуле:

$$H_{заг.} = 1,57(H_d - B^2 H_1)$$

где $H_{заг.}$ – высота заготовки, мм; H_d – высота детали, мм; B – отношение $D_1 D$; H_1 – высота внутреннего диаметра, мм

Использование этой формулы упрощает подготовку заготовок рубкой, облегчает центровку при укладке в штамп и обеспечивает высокую точность размера по высоте.

Устойчивость заготовки при высадке определяется коэффициентом высадки:

$$k_0 = \frac{H_0}{d_0}$$

где H_0 и d_0 – начальные высота и диаметр высаживаемой заготовки, мм.

Практически установлено, что в процессе высадки величина k_0 должна быть не более 1,5 – 2,5 при обработке изделий за один переход. Максимальное значение коэффициента высадки достигается при механически обработанных торцах заготовки и высокой чистоте поверхности инструмента.

Схема разработанного процесса высадки обкатыванием с защемлением одного конца заготовки приведена на рис. 6. На торце обкатывающего инструмента делается небольшое центрирующее углубление по диаметру исходной заготовки, однако это не является случаем защемления второго конца заготовки, поэтому в качестве исходного критерия принимаем коэффициент условия ведения процесса при различных схемах закрепления заготовки $\beta = 0,7$ [3].

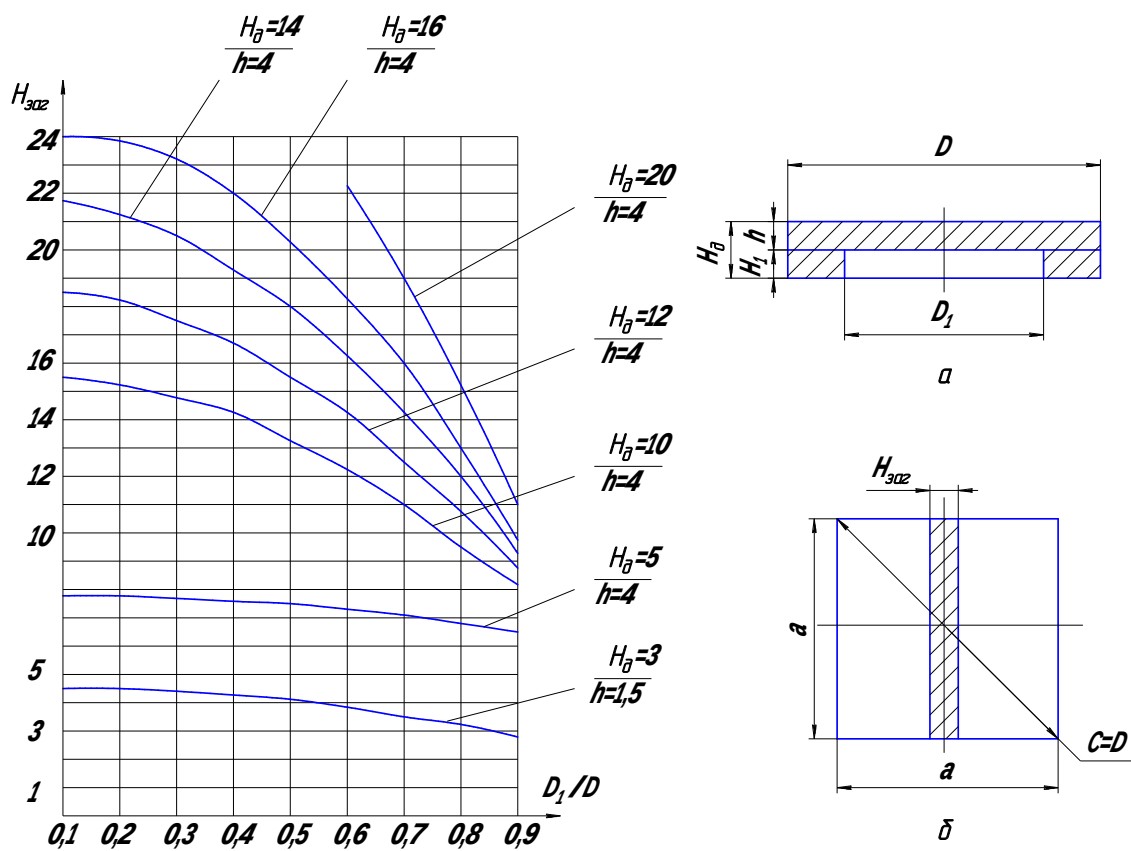


Рис. 5. График оптимального использования листовых заготовок:
 a – готовая деталь; b – исходная заготовка.

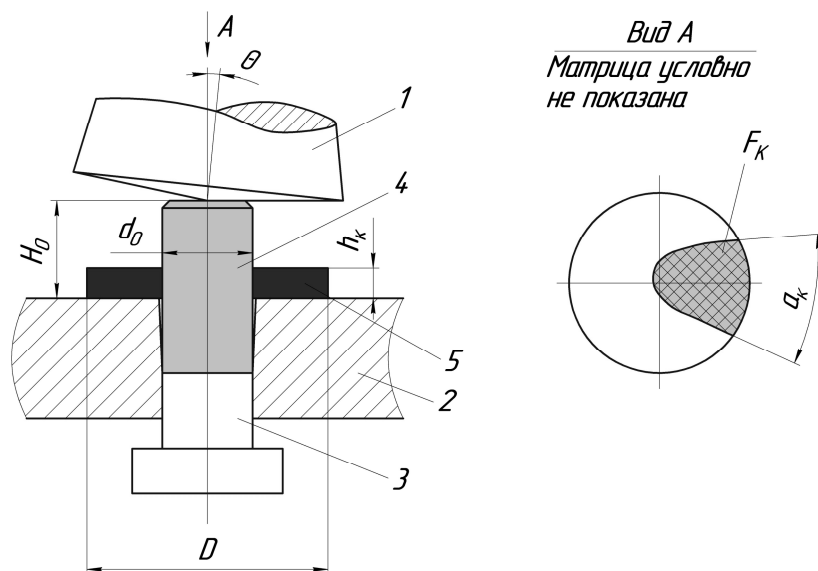


Рис. 6. Схема высадки штамповкой обкатыванием
 1 – пуансон; 2 – матрица;
 3 – выталкиватель; 4 – исходная заготовка; 5 – заготовка после осадки

При оценке возможности ведения процесса при малых и повышенных подачах использовалась исходная заготовка из стали 10 диаметром $d_0 = 20$ мм, которая устанавливалась в коническую матрицу с внутренним диаметром $D_{\text{вн}}$, выполненным с зазором в пределах $0,1 \div 0,2$ мм, позволяющим свободно устанавливать в нее исходную

заготовку для надежного защемления. Начальная высота заготовки под высадку H_0 изменялась в пределах $K = 2 - 5$. Во всех случаях высадка проходила без потери устойчивости заготовки и при малых подачах процесс проходил с четко проявляющимся грибообразованием в объеме заготовки, контактирующей с обкатывающим инструментом. При этом наблюдалось ярко выраженная неравномерность деформации, а также шелушение на торцах заготовки, вызванное многократным обкатыванием инструмента по упрочненному наклепом металлу заготовки. В процессе высадки при повышенных подачах ярко выраженного грибообразования не отмечалось.

Экспериментальные исследования позволили установить, что высадка обкатыванием при повышенных подачах вплоть до полного исчезновения очага пластической деформации не приводит к резкому увеличению усилия штамповки (рис.7), а глубина очага деформации может быть резко увеличена, что расширяет возможности бездефектной штамповки, связанной с грибообразованием. Оптимальная величина глубины очага деформации H , при которой можно увеличить коэффициент высадки, определяется формулой:

$$H = \arccos\left(1 - \frac{S \cdot \operatorname{ctg} \theta}{R_{\text{заг}}}\right) R_{\text{заг}}$$

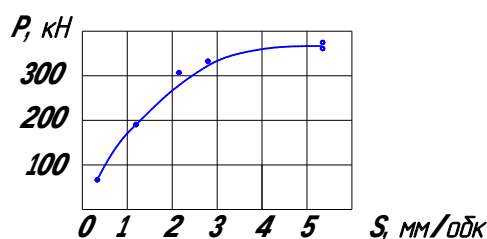


Рис 7. Влияние подачи заготовки на усилие штамповки обкатыванием.

Однако при высадке с повышенным значением K имеет место раскрытие поверхностных дефектов на заготовке и поэтому такой процесс высадки обкатыванием может быть рекомендован для производства только с введением дополнительной операции обдирки наружной поверхности заготовки для удаления поверхностных дефектов.

В связи с этим был разработан процесс штамповки кольцевых и фланцевых заготовок деталей из прутка обратным выдавливанием из контейнера, исследование которого проводилось на штамповочном оборудовании УНЦ «Технология» ИжГТУ, в состав которого входят специализированные прессы штамповки обкатыванием усилием до 10 МН (П0440ШО, П2940ШО), оснащенные установками для придания инструменту обкатывающего движения.

На рис. 8 показана принципиальная схема данного процесса. При выдавливании из контейнера длина исходной заготовки $L_{\text{заг}}$ не ограничена общепринятыми условиями высадки, это позволяет выдавливать фланцевые и кольцевые изделия со значительно большим соотношением h_k / D . Раскрытие наружных дефектов при этом отсутствует, так как процесс происходит в замкнутом контуре, обеспечивающем равномерное распределение металла. В процессе выполнения работ изменяли угол наклона оси инструмента (пуансона) θ , а также подачу S заготовки в контейнере путем изменения скорости перемещения толкателя.

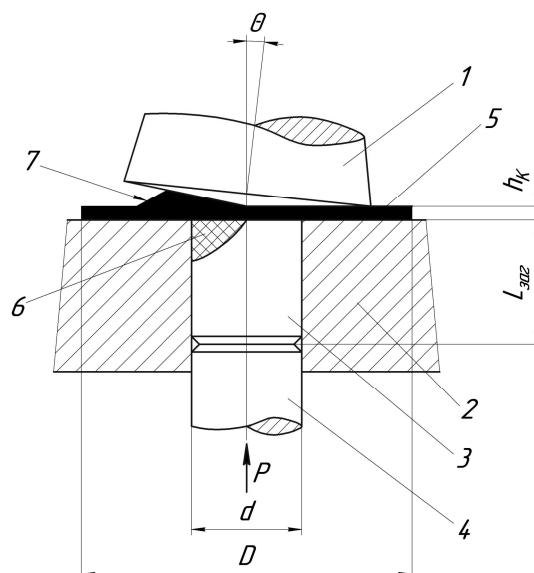


Рис. 8. Схема штамповки обкатыванием кольцевых и фланцевых заготовок деталей из прутка обратным выдавливанием из контейнера: 1 – пуансон; 2 – контейнер; 3 – исходная прутковая заготовка; 4 – толкатель; 5 – готовая заготовка детали; 6 – очаг пластической деформации в прутке; 7 – наплыв металла, выдавленного из контейнера

На рис. 9 приведена зависимость усилия штамповки от угла наклона оси инструмента. Видно, что с увеличением угла наклона примерно до $2,5^\circ$, усилие штамповки заметно снижается, а затем наблюдается менее интенсивное уменьшение, что позволяет сделать вывод о нецелесообразности дальнейшего увеличения θ° .

Важным в этом процессе является:

1. Возможность штамповки крупных фланцев, т.к. объем металла ограничен только диаметром прутка и величиной хода толкателя.

2. Основное усилие штамповки обкатыванием фланца обеспечивается между торцом контейнера и обкатывающим инструментом, что достигается на прессах двойного действия.

3. Характер течения металла – односторонний, в зазор между торцом контейнера и отклоненным обкатывающим инструментом (очаг деформации в прутке условно заштрихован).

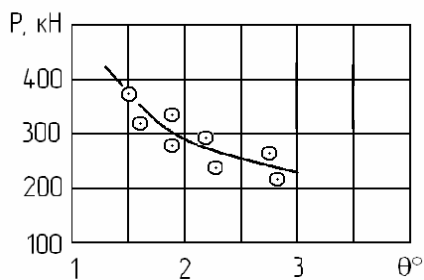


Рис. 9. Влияние угла наклона на усилие штамповки обкатыванием.

Для проведения исследования процесса штамповки использовали заготовки из сплава алюминия марки АД1 диаметром 50 мм, длиной 70 мм. Заготовки нужной длины обрезали на токарном станке, наружную поверхность не обрабатывали, а в качестве смазки применяли машинное масло.

Для повышения производительности процесса наиболее эффективно применение комбинированных процессов. Приведенная на рис.10 схема комбинированного процесса рубки и штамповки обкатыванием плоских заготовок деталей из полосы, позволила определить условия и оптимальную ширину полосы В, обеспечивающие наиболее равномерное заполнение круглого штампа при достаточно сложной конфигурации отрубленной в нем заготовки, что гарантирует высокую точность дисков по высоте.

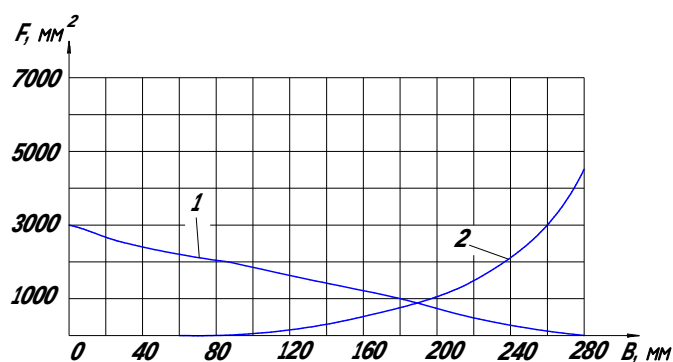
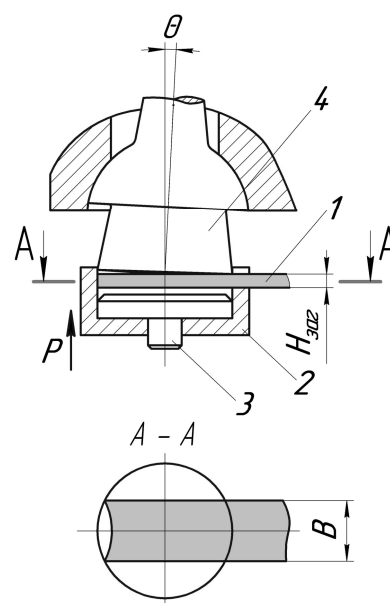


Рис. 10. Схема комбинированного процесса рубки и штамповки обкатыванием плоских заготовок и график для определения оптимальной исходной полосовой заготовки: 1 – исходная заготовка, 2 – матрица, 3 – толкатель, 4 – пуансон; (из графика ширина полосы $B = 190$ мм, 1 – площадь бокового сегмента матрицы, 2 – площадь двойного сегмента заготовки при диаметре кружка $D = 300$ мм).



Параметры проведения технологического процесса (табл.1) определялись по результатам ранее выполненных работ [2] с учетом того, что рубка при больших подачах не является регламентирующей по усилию, так как штамповка проводилась в одном штампе.

Расчеты энергосиловых параметров проводились по формулам:

$$P_{руб} = (1,25 \div 1,30) B \cdot \sigma_{ср} \cdot H_3,$$

где B – ширина полосы, мм; $\sigma_{ср}$ – сопротивление срезу, МПа; H_3 – высота заготовки, мм.

Однако фактическое усилие среза на 10-15% ниже, чем расчетное.

Удельное давление рассчитывается по формуле:

$$\rho = H \sigma_s (1,28 + 0,2 \cdot \mu \frac{R}{h_k}),$$

где R – радиус отштампованной заготовки, мм; μ – коэффициент трения ($\mu = 0,12$); H – коэффициент неравномерности напряженного состояния; σ_s – напряжение текучести, МПа; h_k – конечная высота деформируемой части заготовки, мм.

Подача при рубке S_p определяется по формуле:

$$S_p = 0,5 D t g 2\theta$$

где D – диаметр инструмента, мм; θ – угол конусности инструмента, град.

Внедрение комбинированного процесса позволит значительно повысить производительность труда при исключении дополнительных операций и снизить трудоемкость изготовления.

Таблица 1. Параметры комбинированного процесса рубки и штамповки обкатыванием плоских заготовок

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение	Единица измерения	Величина
1	Подача на один оборот	S	мм/обк	1,7
2	Угол наклона инструмента	θ	град	1,5
3	Максимальное усилие рубки	$P_{руб.}$	кН	2700
4	Максимальное усилие штамповки	$P_{шт.}$	кН	4200

Разработан технологический процесс штамповки обкатыванием сложных по конфигурации фланцев на примере деталей газотурбинного двигателя (ГТД) типа «зубчатое колесо» из легированной труднодеформируемой стали 12ХН4А. Опробовано несколько схем штамповки обкатыванием, окончательный вариант приведен на рис. 12. Исследования позволили установить, что такие фланцы целесообразно штамповать в два перехода.

На рис. 12 приведены фотографии полуфабриката после первого перехода и готовый фланец. В процессе исследования технологического процесса был опробован вариант штамповки заготовки в холодном состоянии. Проведенные расчеты усилия при штамповке обкатыванием показали довольно высокую величину осевого усилия, составляющую 5,45 МН. Но так как в данной схеме штамповки на втором переходе присутствует схема калибровки, не учитываемая в расчетной формуле, то действительное усилие штамповки еще выше. В итоге при штамповке полуфабриката на втором переходе для полного заполнения формирующих полостей матриц усилия прессы оказалось недостаточно.

В связи с этим дальнейшие работы выполнялись в условиях полугорячей штамповки (температура нагрева заготовок составляла 720 – 800°С), толщина полотен фланцев варьировалась от 5,0 до 8,0 мм. Для изменения толщины полотна фланца менялась настройка прессы по величине хода ползуна, а конструкция штампа не изменялась.

Анализ полученных результатов показал стабильность размеров как полуфабриката, так и окончательного фланца. Параметры процесса приведены в табл. 2.

Предложена конструкция штампа (рис. 12), исключающая возможность искажения тонкого полотна фланца при удалении заготовки из штампа.

Таблица 2. Параметры технологического процесса штамповки обкатыванием детали типа «зубчатое колесо»

1-й переход						
Р (кН)	θ (град)	n (кол/мин)	S (мм/об)	t _м (сек)	ε	T, °С (град)
3200	2	200	2,3	15	0,8	800
2-й переход						
Р (кН)	θ (град)	n (кол/мин)	S (мм/об)	t _м (сек)	ε	T, °С (град)
4000	2	200	7,2	10	0,3	800

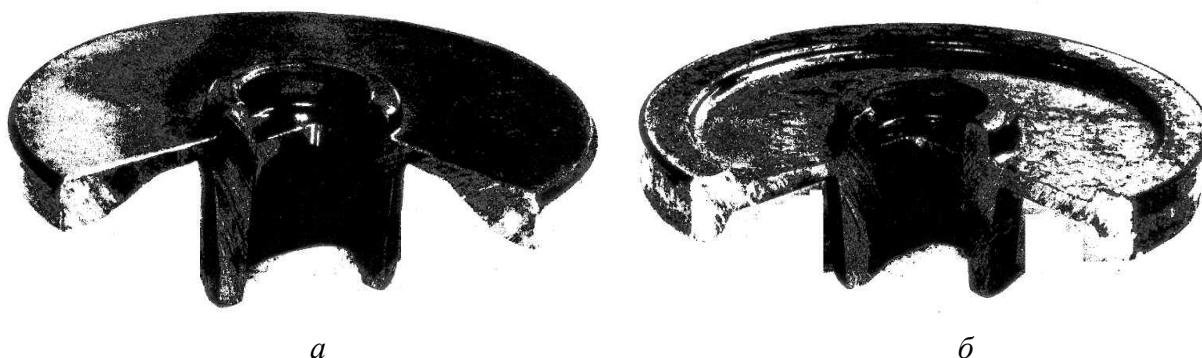


Рис.11. Полуфабрикат заготовки штамповки обкатыванием детали типа «зубчатое колесо»

а – полуфабрикат 1-го перехода; *б* – полуфабрикат 2-го перехода (готовый фланец)

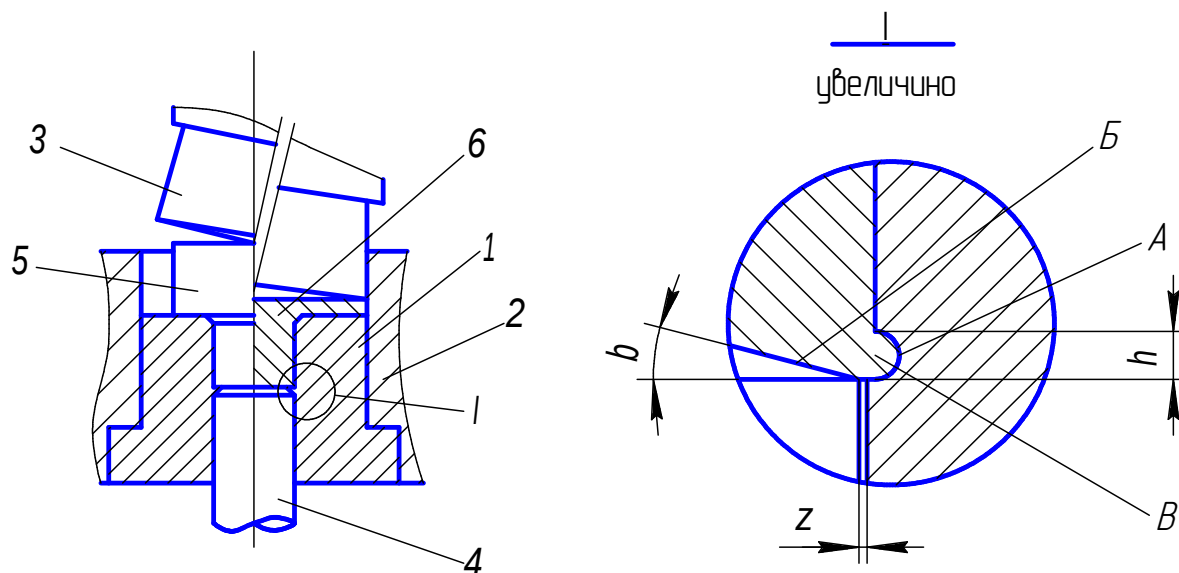


Рис. 12. Устройство для штамповки обкатывающим инструментом заготовок фланцевых деталей:

1 – матрица; 2 – матричное кольцо; 3 – пуансон; 4 – выталкиватель; 5 – заготовка; 6 – готовое изделие.

Принцип работы устройства состоит в том, что на зеркало матрицы 1 устанавливают заготовку 5 и деформируют ее пуансоном 3, формируя прямым выдавливанием стержневую часть и раскаткой фланца изделия 6. При достижении поверхности нижнего торца стержня изделия торцевой поверхности выталкивателя 4 металл заготовки 5 течет вдоль конической поверхности Б выталкивателя 4 и заполняет кольцевой зазор, образованный поверхностями Б выталкивателя и канавкой А матрицы, оформляясь в кольцевой бурт В на стержне изделия 6.

В связи с тем, что кольцевой бурт имеет коническую поверхность со стороны выталкивателя, силы выталкивания, направленные перпендикулярно поверхности Б, прижимают металл бурта В к внутренней поверхности кольцевой канавки А, обеспечивая полное заполнение кольцевого зазора и, создавая тем самым надежное соединение матрицы 1 и выталкивателя 4 с металлом.

При выталкивании изделия из штампа наблюдалось четкое разделение этапов выталкивания. Первоначально совместным движением матрицы, выталкивателя и изделия выталкивалась фланцевая часть, а затем после остановки матрицы выталкивался стержень изделия, при этом изгиб фланца исключается.

3. Заключение (Conclusion).

1. Разработан и экспериментально обоснован способ изготовления деталей типа дисков из квадратных заготовок, полученных штамповкой обкатыванием, использование которого позволило штамповать детали безотходно, расширить их номенклатуру, а также снизить затраты на их изготовление. Анализ результатов исследования штамповки обкатыванием дисков позволил установить, что процесс целесообразно проводить с постоянной подачей.

2. Проведено исследование процессов штамповки обкатыванием кольцевых и фланцевых заготовок деталей из прутка с защемленным концом. Установлено, что высадка обкатыванием при повышенных подачах вплоть до полного исчезновения очага пластической деформации не приводит к резкому увеличению усилия штамповки, а глубина очага деформации может быть заметно увеличена, что расширяет возможности бездефектной штамповки.

3. Исследованы процессы штамповки кольцевых и фланцевых заготовок деталей бездефектным обратным выдавливанием прутка из контейнера. Установлено, что при пластической деформации металл заготовки выходит не по всему торцу, а только в той части, где инструмент отклонен от поверхности заготовки. Это позволяет снизить требуемое усилие штамповки и расширить номенклатуру штампуемых деталей по диаметру, не изменяя диаметра выдавливаемого прутка.

4. Проведено исследование комбинированных технологических процессов рубки и штамповки обкатыванием плоских заготовок и выявлены условия наиболее равномерного заполнения круглого штампа. Анализ характера течения металла заготовок позволил определить оптимальную ширину полосы, обеспечивающую наименьшее перемещение металла при штамповке кружка и гарантирующую высокую точность по высоте. Комбинированный процесс позволяет значительно повысить производительность труда за счет исключения дополнительных операций и снизить трудоемкость изготовления.

5. Проведено исследование процесса штамповки обкатыванием сложных по конфигурации фланцев на примере деталей ГТД. Установлено, что фланцы целесообразно штамповать в два перехода в условиях полугорячей штамповки (температура нагрева заготовок составляет 720 – 800°C). Разработаны конструкции штампов, исключающие возможность искажения тонкого полотна фланца при выталкивании заготовок.

Список литературы (Referances): 1. Корякин Н.А. Штамповка обкатыванием, состояние и перспективы. Сб. 50-летие кафедры М и ТОМД ГОУ ВТО ИжГТУ, Ижевск, 2004. стр 155. 2. Корякин Н.А., Лебедев В.Н. – М.: ЦНИИ информации, 1987. – 204с.:ил. 3. Паршин В.Г., Картак Б.Р. К расчету устойчивости цилиндрических заготовок при холодной высадке // КШП.1990. №12. С.15. 4. Сурков В.А., Корякин Н.А., Галимов Э. Р. Технология штамповки кольцевых и фланцевых заготовок обкатывающим инструментом // Заготовительные производства в машиностроении. 2005. № 7. стр 28 – 30. 5. Сурков В.А., Корякин Н.А. Разработка и исследование технологии изготовления точных заготовок зубчатых колес газотурбинных двигателей с применением штамповки обкатыванием // Всеросс. межвуз. науч.-техн. конф. КФМБАУ: Тез. докл. Казань, 2004. Ч.1. С. 118 – 119. 6. Сурков В.А., Галимов Э.Р. Разработка технологии штамповки кольцевых и фланцевых заготовок обкатыванием // Сб. материалов XVII Всеросс. науч.-техн. конф. КФМБАУ: Казань, 2005. Ч.2, С. 134 – 135.

Сдано в редакцию 29.01.07