

УДК 621.73

**В. В. КУХАРЬ**, докт. техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ», Мариуполь

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ЗАГОТОВОК ПОСЛЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ОСАДКИ ШТАМПОВЫМИ ВСТАВКАМИ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ**

Проанализированы особенности формоизменения заготовок при осадке штамповыми вставками с плоской, выпуклой и конической геометрией рабочей поверхности. Выполнена систематизация и сопоставление конфигураций профилированных заготовок, полученных способами осадки, с базовой номенклатурой поковок, штампуемых на прессовом оборудовании. Определены структурные составляющие технологий штамповки типовых изделий различной номенклатуры на основе предварительного профилирования заготовок осадкой штамповыми вставками различной геометрии.

**Ключевые слова:** заготовка, профилирование, осадка, формоизменение, штамповые вставки, объемная штамповка, определение номенклатуры поковок.

**Введение.** В современной металлообрабатывающей отрасли особенно остро стоят вопросы энергоресурсосбережения и обеспечения конкурентоспособности продукции на внутреннем и внешнем рынках. Большую часть сортового проката простого профиля далее перерабатывают ковкой или штамповкой. При этом проблема приближения формы заготовки к конфигурации поковки, т.е. профилирования для увеличения коэффициента выхода годного, является одной из основных отраслевых проблем. Как правило, штамповка на прессовом оборудовании характеризуется меньшей материалоемкостью, чем штамповка на молотах, из-за более жестких припусков, что позволяет успешно решать другую важную проблему – приближение конфигурации поковки к форме детали.

Последовательное перераспределение металла в ручьях штампов кривошипных горячештамповочных прессов (КГШП), как это делают в ручьях штамповочных молотов, осложнено из-за постоянства величины хода КГШП и ограничения количества ручьевых вставок в штамповом блоке. При гибком многономенклатурном производстве неопределенной серийности профилирование на прессах не выполняют, что сужает их технологические возможности, вызывает перерасход металла заготовки, ускоренный износ штампов и рост энергосиловых затрат на деформирование.

Решение указанных противоречий для многих типов поковок делает необходимым научно-технологическое развитие процессов получения профилированных заготовок сложной конфигурации инструментом простой

формы, когда предварительное деформирование выполняют путем свободного формоизменения вне ручьев штампов в рабочем пространстве основного оборудования. Предварительная осадка штамповыми вставками простого профиля является одним из направлений безручьевого профилирования заготовок перед объемной штамповкой поковок разнообразной номенклатуры.

**Анализ последних исследований и литературы.** Наиболее распространенными приемами перераспределения металла заготовки в необходимом направлении при обработке металлов давлением являются обжатия инструментом заданной конфигурации. Отмечены существенные различия закономерностей распределения деформаций по объему заготовок (рис. 1), осаженных выпуклыми и вогнутыми плитами [1].



Рис. 1 – Образцы с координатной сеткой, осаженные *а* – выпуклыми и *б* – вогнутыми сферическими плитами [1]

Схема осадки выпуклыми сферическими плитами способствует лучшему закрытию дефектов в осевой зоне литых заготовок, в то время как осадка вогнутыми сферическими плитами сопровождается локальной проработкой металла [1]. В последнем случае даже обжатия до 50 % не приводили к заковке дефектов, расположенных в приконтактной зоне. В технологиях горячей штамповки, когда деформируют сортовой прокат (т.е. проработанный металл), необходимость в заковке дефектов отсутствует. При осадке на вогнутых плитах горизонтальные проекции нормального давления и силы трения складываются, а при выпуклых плитах вычитаются. Неравномерность высотной деформации при осадке сферическими вогнутыми и выпуклыми плитами приводит к тому, что изначально цилиндрическая заготовка превращается в тело вращения с профилированной боковой и торцевой поверхностью.

Несмотря на кажущуюся простоту, операция осадки обладает рядом нерешенных задач формоизменения, на которое влияют различные факторы:

условия на контакте [2], температура и её распределение по объёму заготовки [3], свойства материала заготовки [4], состояние и форма инструмента [5], скорость деформирования [4; 6] и др. Рассмотрение напряженно-деформированного состояния при различных видах осадки заготовок положено в основу разработанной А.Л. Воронцовым теории малоотходной штамповки [7]. В работе этого же автора [8] приобрели дальнейшее развитие методы прогнозирования формоизменения заготовок при осадке, причем формулы получены для свинцовых (С00) заготовок, как моделирующих горячую деформацию малоуглеродистых сталей. Формы бочкообразности (одинарная и двойная) при осадке модельных свинцовых образцов различной высоты были описаны в ряде классических трудов [9–10]. Количественные характеристики бочкообразности при осадке заготовок из других материалов, в том числе цветных металлов и сплавов, изучены не были.

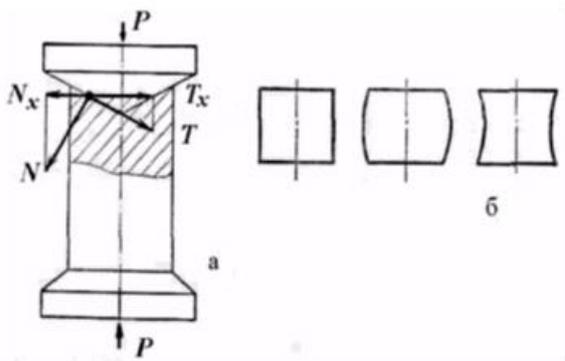


Рис. 2 – Осадка заготовок: *a* – коническими плитами; *б* – форма боковой поверхности образцов [13]

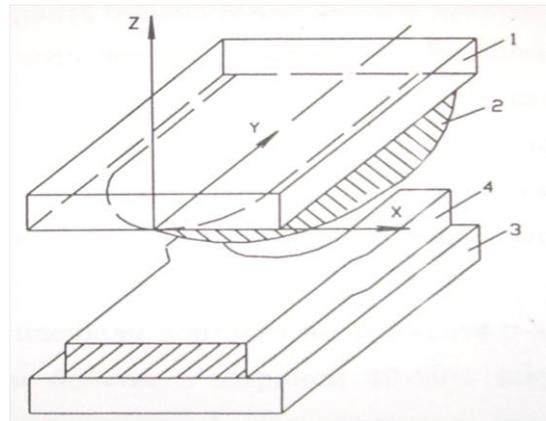


Рис. 3 – Ковка полосы эллипсоидным бойком [14]: 1 и 3 – верхняя и нижняя плоские плиты; 2 – эллипсоидный боек; 4 – заготовка

В практике штамповки осадка успешно комбинируется с другими операциями обработки материалов давлением. При постоянстве спроса на продукцию, полученную осадкой или высадкой, перспективно изменение формы исходной заготовки [11]. Использование особенностей течения металла при осадке заготовок инструментом, который имеет несимметричную относительно вертикальной оси форму давящей поверхности, позволило авторам [12] предложить способы восстановления размеров осесимметричных деталей при одностороннем износе. Осадку заготовок в выпуклых конических бойках (рис. 2) используют в методе определения коэффициента контактного

трения [13]. Технология проведения эксперимента требует предварительного изготовления в торцах заготовок выточек, а исследования обычно заключаются в проверке сохранения боковой поверхностью образцов цилиндрической формы (при угле выточки равной углу трения) или приобретения ей выпуклого или вогнутого профиля (см. рис. 2). Известен способ осадки заготовок верхним бойком [14] в виде эллиптического параболоида (рис. 3), что позволяет снизить силу деформирования, исключить образование жестких зон и повысить равномерность деформации при последующей правке плоским бойком.

Известная операция протяжки заготовок является совокупностью последовательно произведенных операций осадки, чередующихся с подачей в продольном направлении. Операции протяжки в практике штамповки реализуются в протяжных ручьях штамповочных молотов [15]. Протяжка плоскими плитами сопровождается образованием «языков», удаляемых с технологической обрэзью, величина которой может достигать 5...20 % от массы заготовки [1]. Применение выпуклых плит увеличивает выход годного за счет снижения концевых обрубков не менее чем на 3 % [16, 17], что актуально при ковке крупных поковок и крупносерийном производстве штампованных изделий.

Для эффективного приближения формы заготовки к конфигурации штампуемой поковки широко используют принципы «максимума свободных поверхностей» [18], когда уменьшают площадь контакта заготовки с инструментом, что приводит к снижению его износа, уменьшению энергосиловых затрат на деформирование. Данные принципы находятся в полном соответствии с концепцией безручьевого профилирования заготовок на прессах [19]. В работе [20] определены направления реализации безручьевого профилирования заготовок с обобщением способов осадки, продольного изгиба, растяжения с разрывом и профилирования с использованием градиентного нагрева заготовок. При этом каждое отдельное направление требует конкретизации номенклатуры поковок, которая основана на топологических и морфологических признаках.

**Цель исследования, постановка проблемы.** Целью настоящей работы является разработка направлений использования профилированных заготовок, полученных осадкой штамповыми вставками различной конфигурации. Для достижения поставленной цели необходимо сопоставить конфигурации профилированных заготовок, получаемых после осадки плитами различного

профиля, по признакам формы и выполнить систематизацию технологических способов производства типовых изделий различной номенклатуры из профилированных заготовок, получаемых на основе операций осадки.

**Материалы исследования.** Особенности формоизменения заготовок при подготовительной осадке плитами различной профилировки определяют направления её использования в технологиях производства широкой номенклатуры поковок. На рис. 4 приведены основные варианты профилирования заготовок осадкой и систематизация типовых изделий, при этом выделено три стадии прохождения полупродукта: А – заготовок, профилируемых инструментом разной конфигурации (I – плоские плиты, II – конические плиты, IIIа и IIIб – выпуклые продолговатые плиты); Б – профилированных заготовок (полуфабрикатов); В – готовых поковок.

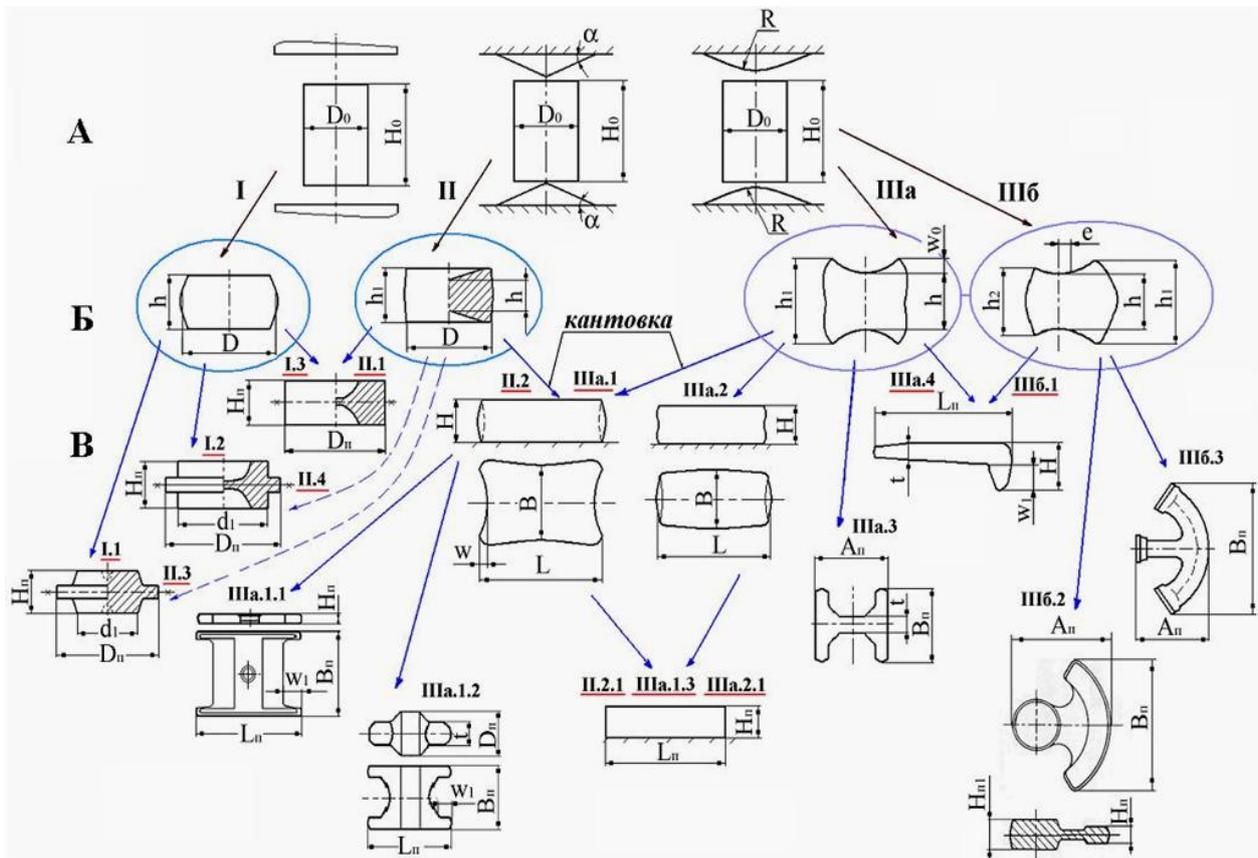


Рис. 4 – Направления использования профилированных заготовок после осадки плитами различной конфигурации

Управление бочкообразностью полуфабрикатов при осадке плоским инструментом (см. рис. 4) позволяет достигать их наилучшего приближения к конфигурации круглых в плане поковок: I.1 – дисковых сплошных (типа шестерен, зубчатых колес и т.п.); I.2 – дисковых полых (типа зубчатых колес,

крышек, муфт и т.п.); I.3 – цилиндрических (конических) полых или сплошных (втулок, сопел, колес и т.п.). Профиль бочки, получаемой при предварительной осадке, облегчает затекание металла в радиально расположенные полости верхней и нижней половин штампа, предназначенных для формирования бурта поковок типа I.1 и I.2 (см. рис. 4) диаметром  $D_{п}$ , способствует снижению энергосиловых затрат и улучшению условий финишного формообразования в технологиях производства поковок тел вращения [21].

Схема подготовительной осадки коническими плитами (II) с отсутствием бочкообразования или малым отклонением образующей от цилиндрической формы способствует сокращению машинного времени или исключению операции обкатки по диаметру при производстве дисковых поковок ковкой, а также с достаточной степенью точности приближает форму полуфабриката к конфигурации штампованных поковок типа ободьев и колес (II.1 = I.3, см. рис. 4).

Для снижения неравномерности деформации, а также при предъявлении специальных требований к проработке или макроструктуре металла по объему окончательной поковки, данная подготовительная операция может быть распространена (связь показана тонкими штриховыми линиями) на изделия типа II.3=I.1 и II.4=I.2 (см. рис. 4). Формоизменение и напряженно-деформированное состояние на начальных стадиях осадки коническими плитами и прошивки коническими прошивнями (при ковке) или прошивниками штампов (при штамповке) является равнозначным. При применении кантовки и последующего радиального обжатия осаженой заготовки достижимы условия формирования боковых и торцевых вогнутостей (II.2, см. рис. 4), которые выравниваются при производстве плоских поковок способами кузнечной протяжки или объемной штамповки (II.2.1, см. рис. 4), снижая перерасход металла с обрезью или облоем соответственно.

Качественно тот же эффект реализуется при предварительной осадке выпуклыми продолговатыми плитами с центральным (IIIa) внедрением в торцы заготовки, когда профилирование заготовки перед завершающими кузнечными операциями или штамповкой позволяет усовершенствовать технологии производства поковок пластин [17, 22]. На базе промежуточных полуфабрикатов (IIIa.1 и IIIa.2, см. рис. 4) выполняма штамповка поковок типа пластин с боковыми горизонтальными симметричными отростками (IIIa.1.1), типа цилиндрических муфт или спаренных вилок с горизонтальными

отростками (Ша.1.2), типа прямоугольных пластин (Ша.1.3 = Ша.2.1 = П.2.1), поковок с сечением близким к двутавровому (Ша.3), поковок с наличием одного или нескольких вертикальных отростков (Ша.4). Осадка выпуклыми продолговатыми плитами с эксцентриситетом внедрения в торцы заготовки приводит к формированию полуфабрикатов (Шб), на основе которых рационально штамповать поковки с тонким полотном и наличием вертикальных отростков (Шб.1 = Ша.4), поковки с изогнутой осью и наличием центрального утолщения (Шб.2) или отростка (Шб.3). Обжатие выпуклой продолговатой плитой с шириной меньшей, чем диаметр заготовки, также как и плоским сектором, способствует интенсификации радиального течения при разгонке дисковых поковок [23] и соответствует начальным условиям внедрения валкового (радиусного) инструмента в торец заготовки, что показано в работах [21, 24].

Таким образом, определена номенклатура поковок, к которым рационально применять профилирование заготовок осадкой инструментом простой конфигурации, предложены базовые технологические переходы, устройства и инструмент для совершенствования процессов их изготовления.

**Выводы.** Проанализированы особенности формоизменения заготовок при осадке штамповыми вставками различного профиля (плоские, выпуклые, конические). Выполнена систематизация и сопоставление конфигураций профилированных заготовок, полученных способами осадки, с базовой номенклатурой поковок, штампуемых на прессовом оборудовании. Показана перспектива расширения технологических возможностей кривошипных горячештамповочных прессов при использовании безручьевого профилирования заготовок перед штамповкой поковок пластин. Определены основные структурные составляющие технологических переходов штамповки типовых изделий различной номенклатуры на основе предварительного профилирования заготовок осадкой штамповыми вставками различной геометрии.

**Список литературы:** 1. *Тарновский И. Я.* Свободная ковка на прессах / *И. Я. Тарновский, В. Н. Трубин, М. Г. Златкин.* – М.: Машиностроение, 1967. – 328 с. 2. *Добров И. В.* Анализ процессов трения твердых и пластически деформируемых тел в механике машин на примере осадки симметричной заготовки плоскими бойками / *И. В. Добров* // Кузнечно-штамповочное производство – Обработка металлов давлением. – 2009. – № 3. – С. 3–9. 3. *Воронцов А. Л.* Исследование осадки цилиндрической заготовки с затрудненным течением металла на одном из торцов / *А. Л. Воронцов* // Вестник машиностроения. – 2009. – № 2. – С. 67–74. 4. Inverse analysis applied to the evaluation of friction and rheological parameters in hot forming of steel / *Szyndler D., M. Pietrzyk, J. G. Lenard, S. H. Fyke* // Proc. 8<sup>th</sup> International Conference Metal Forming' 2000, Sept. 3–7.2000. – Krakow; Poland,

2000. – Р.101–106. **5.** Биякаева Н. Т. Напряженно-деформированное состояние заготовки при штамповке в инструменте с изменяющейся рабочей формой / Н. Т. Биякаева // Кузнечно-штамповочное пр-во. Обработка материалов давлением. – 2009. – № 3. – С. 38–41. **6.** Яковлев С. П. Изменение коэффициента трения в зависимости от скорости деформирования и вида технологической смазки / С. П. Яковлев // Изв. вузов. Машиностроение. – 1987. – № 3. – С. 21–26. **7.** Воронцов А. Л. Теория малоотходной штамповки / А. Л. Воронцов. – М.: Машиностроение, 2005. – 859 с. **8.** Воронцов А. Л. Определение формы боковой поверхности заготовки при осадке / А. Л. Воронцов // Кузнечно-штамповочное пр-во. Обработка материалов давлением. – 2007. – № 3. – С. 7–16. **9.** Теория обработки металлов давлением / И. Я. Тарновский, А. А. Поздеев, О. А. Ганаго [и др.]; под ред. И. Я. Тарновского. – М.: Metallurgizdat, 1963. – 672 с. **10.** Теория и технологияковки / Л. Н. Соколов, Н. К. Голубятников, В. Н. Ефимов, И. П. Шелаев. – К.: Техніка, 1989. – 320 с. **11.** Unterschiedliche Erwartungen bei den Massivumformen // Stahlmarkleren. – 2003. 53. – № 6. – С. 99. **12.** Шибиков В. Г. Формоизменение изношенной детали при её восстановлении с помощью симметричного и несимметричного инструмента / В. Г. Шибиков [и др.] // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2009. – № 3. – С. 41–44. **13.** Грудев А. П. Трение и смазки при обработке металлов давлением: справочник / А. П. Грудев, Ю. В. Зильберг, В. Т. Тилик. – М.: Metallurgiya, 1982. – 312 с. **14.** Кузнечный боек : а.с. 837530 СССР, МКИ В 21 J 5/00, J 13/02 / А. А. Мишулин [и др.]. – № 2828916/25–27; заявл. 09.10.79; опубл. 15.06.81, Бюл. № 22. – 2с.: ил. **15.** Бойцов В. В. Горячая штамповка / В. В. Бойцов, И. Д. Трофимов. – М.: Высш. школа, 1978. – 304 с. **16.** Ковка слитков на прессах / Л. Н. Соколов [и др.]; под ред. Л. Н. Соколова. – К.: Техніка, 1984. – 127 с. **17.** Пат. 44484 Україна, МПК(2009) В21К 1/00, В21J 5/00. Спосіб штампування поковок пластин / В. В. Кухар, В. А. Бурко, О. О. Лаврентік, А. В. Дубініна. – № 200902832; заявл. 26.03.2009; опубл. 12.10.2009, Бюл. №19. – 5с.: іл. **18.** Володин И. М. Система основных принципов проектирования процессов горячей объемной штамповки и созданные на её основе технологии / И. М. Володин, А. А. Ромашев // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2008. – № 9. – С. 19–29. **19.** Гринкевич В. А. Бесштамповое профилирование на прессах с повышением точности формоизменения на окончательных операциях / В. А. Гринкевич, В. В. Кухарь, К. К. Діамантопуло // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – № 5. – 2010. – С. 19–23. **20.** Кухарь В. В. Направления реализации бесштампового профилирования заготовок на прессах / В. В. Кухарь // Metallургическая и горнорудная промышленность. – 2011. – № 7. – С. 173–179. **21.** Спосіб одержання дискових поковок [Текст]: пат. 10436 Україна, МПК<sup>7</sup>, В 21 J 5/05 / Волошин В. С., Діамантопуло К. К., Чепурний А. Д., Сердюк І. О., Кухар В. В. (Україна); заявник та патентовласник Приазовський державний технічний університет. – № u200504046; заявл. 26.04.2005; опубл. 15.11.2005, Бюл. № 11. – 3 с. **22.** Кухарь В. В. Технологические возможности подготовительного профилирования заготовок осадкой выпуклыми плитами перед горячей объемной штамповкой / В. В. Кухарь, В. А. Бурко // Обработка материалов давлением : сб. науч. тр. / ДГМА. – Краматорск, 2010. – № 4 (25). – С. 88–93. **23.** Пристрій для секційного штампування коліс [Текст]: пат. 5151 Україна, МПК<sup>7</sup> В 21 J 5/05 / Волошин В. С., Каргін Б. С., Самотугін С. С., Гришко Ю. В., Ткачов Р. О., Кухар В. В. (Україна); заявник та патентовласник Приазовський державний технічний університет. – № 20040705651; заявл. 12.07.2004; опубл. 15.02.2005, Бюл. № 2. – 2с.; іл. **24.** Пристрій для прокатування дискових поковок [Текст]: пат. 9687 Україна, МПК<sup>7</sup>, В 21 J 5/05 / Кухар В. В., Діамантопуло К. К., Сердюк І. О. (Україна); заявник та патентовласник Приазовський державний технічний університет. – № u200502108; заявл. 09.03.2005; опубл. 17.10.2005, Бюл. № 10. – 4 с.; іл.

Поступила в редколлегию 21.12.2013