

**Bibliography:**

1. Shifrin M.Y. Production of rolled wheels and tires / M.Y. Shifrin, M.Y. Solomovich. – М. : «Metallurgy», 1954. – 501 p. (Rus.)
2. Yakovchenko A.V., Ivleva N.I., Golyshkov R.A. Design and calibration sections of railway wheels : Monograph. – Donetsk : Donetsk National Technical University, 2008. – 491 p. (Rus.)
3. Yakovchenko A.V., Snitko S.A. Method of forming wheel blanks with the rim, disc and hub. Patent Ukraine no 79312. (Ukr.)

Рецензент: Е.Н. Смирнов  
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ДонНТУ»

Статья поступила 05.05.2012

УДК 621.73.016-043

©Бурко В.А.\*

**ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОФИЛИРОВАННЫХ  
ЗАГОТОВОК В РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ  
ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ**

*В статье рассмотрены проблемы получения профилированных заготовок малозатратными способами под объемную штамповку. Установлена необходимость разработки новых способов профилирования заготовок, прогнозирования предварительного формоизменения и разработки конструкций экономичного штампового инструмента для получения фасонных заготовок.*

**Ключевые слова:** штамповка, заготовка, ресурсосбережение, профилирование, пресс, облой, деформирующий инструмент.

*Бурко В.А. Основні способи отримання профільованих заготовок в ресурсозберігаючих технологіях об'ємного штампування. В статті розглянуті проблеми отримання профільованих заготовок малозатратними способами під об'ємне штампування. Встановлена необхідність розробки нових способів профілювання заготовок, прогнозування попередньої формозміни і розробки конструкцій економічного штампового інструменту для отримання фасонних заготовок.*

**Ключові слова:** штампування, заготовка, ресурсозбереження, профілювання, прес, облой, деформуючий інструмент.

*V.A. Burko. Basic methods of production of shaped billets in resource saving technologies of die forging. The problems of production of shaped billets by low cost methods for die forging were considered in the article. The necessity of development of new methods of shaping of billets, prediction of preliminary form changing and development of constructions of economical forming tools for the production of the shaped billets was set.*

**Keywords:** forming, billet, resource saving, profiling, press, fin, deforming tools.

**Постановка проблемы.** В настоящее время в отечественной промышленности особенно остро стоит вопрос энерго- и ресурсосбережения, при этом очевидна необходимость перехода на новые энергоэкономичные и металлосберегающие технологии. Не исключением является и отрасль кузнечно-штамповочного производства, обладающая огромным потенциалом для реализации принципов повышения качества и конкурентоспособности, снижения себестоимости продукции за счет использования новых и совершенствования существующих технологических процессов. Перспективным направлением является также малозатратная, но высокоэффектив-

\* канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

ная модернизация используемого оборудования и инструмента.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Непостоянство объемов заказов на машиностроительную продукцию в современных условиях народного хозяйства Украины требует внедрения гибких технологических решений для сохранения рентабельности производства [1], что определяет первоочередность задач экономии металла и энергоресурсов. Величина отходов металла, в том числе отделяемого с облоем и обрезью, характеризует техническую культуру производства в цехах и является одним из основных технико-экономических показателей производства деталей машин [2].

**Цель статьи** – проведение литературного обзора наличия рациональных профилирующих операций, применимых к технологиям штамповки на прессовом оборудовании.

**Изложение основного материала.** Наиболее распространенными штампованными поковками являются такие, которые, в общем случае, относят к круглым или вытянутым в плане. Согласно ряду классификаций [3], на кривошипных прессах, в том числе в штампах с съемными матрицами, штампуют также поковки с отрезками, фланцами, развилками, с изогнутой осью и др. При этом поковки типа пластин зачастую не находят своей классификационной принадлежности, считаясь малотехнологичными для условий штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП). Не упомянуты поковки типа пластин и пластин с отрезками и в широкоизвестной классификации Е.И. Семенова [4], на основе которой проводят назначение переходов штамповки на КГШП. Однако производство поковок данного типа на кривошипных прессах достаточно распространено. Например, в условиях ЗАО «Азовэлектросталь» (г. Мариуполь), являющегося структурным подразделением ПАО «Азовмаш», штампуют поковки пластин и пластин с отрезками для производства деталей поглощающих аппаратов для автосцепки вагонов и полувагонов. В классификации [5], составленной с вербальным описанием типа поковок, предпочтительного вида формообразования и применяющихся при штамповке на КГШП ручьев, указано, что поковки прямоугольной или близкой к ней формы целесообразно штамповать способами осадки. В случае штамповки перпендикулярно оси поковок пластин с наличием незначительных отрезков рационально проектировать штампы, обеспечивающие элементы выдавливания. При штамповке деталей на основе осадки, согласно с классификацией [6], разделяют круглые и прямоугольные в плане изделия. Несмотря на сравнительную легкость исполнения, относительную простоту деформирующего инструмента и высокую его стойкость при штамповке осадкой, методы проектирования технологических процессов развиты недостаточно.

Методики расчета переходов штамповки и конструирования ручьев для круглых и плоских штампованных изделий имеют свои особенности, при этом количество традиционных способов придания исходной заготовке профилированной формы весьма ограничено [2]. Реализация перспективных малозатратных методов приближения формы заготовки к конфигурации поковки связана с решением научно-технических задач, основанных на расширении области применения известных способов деформирования, разработки конструкций профилирующего инструмента.

Исходным материалом под объемную штамповку чаще всего служит прокат различного сортамента по размерам и профилям, причем выделяют прокат нормальной и повышенной точности. Штамповка из последнего экономически целесообразна только при массовом и крупносерийном производстве поковок в закрытых штампах, при наличии дорогостоящих дозаторов по массе или объему на этапе резки заготовок, косина реза которых должна быть исключена или сведена к минимуму [2, 9, 10].

Применение слитков в качестве исходных заготовок является традиционным для процессовковки на гидравлических прессах и при штамповке используется крайне редко. Исходным материалом для штамповки также может служить обжатая заготовка в виде блюмсов, которые в последнее время заменяют сортовым прокатом квадратного поперечного сечения. Однако при производстве поковок усложненной конфигурации из такого проката необходимо введение подготовительных операций.

Штамповка из заготовок в виде пруткового проката круглого или квадратного поперечного сечения возможна только при получении поковок простой конфигурации. Чтобы отштамповать поковку с наличием отрезков, перепадов поперечного сечения, утолщений и т.п. без дефектов, сократить излишний расход металла и уменьшить износ штампов, необходимо нача-

льную форму заготовки максимально приблизить к конфигурации поковки. Это производят посредством заготовительных (для штамповки на молотах) или подготовительных (для штамповки на прессах) профилирующих операций, после которых выполняют формообразование изделия в окончательных (чистовых) ручьях.

Получение профилированной заготовки традиционно осуществляют следующими методами [2, 11, 12]: литьём фасонной заготовки или предварительной ковкой заготовки требуемой формы; прокаткой, т.е. применением проката требуемого профиля; вальцовкой на ковочных вальцах; предварительной штамповкой на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ), паровоздушных штамповочных молотах (ПШМ), на специализированном оборудовании и т.п., а также в ручьях штампов.

Из заготовок, полученных литьём, производят поковки для деталей машин, которые работают при небольших нагрузках. Как известно, у истоков способа получения фасонных литых заготовок стояли отечественные ученые В.М. Аристов, Н.И. Корнеев, М.И. Рынин и др., данный способ был применен на Ворошиловградском (сейчас Луганском) тепловозостроительном заводе [13] и на Уральском вагоностроительном заводе [14]. В качестве наиболее удачного примера литья с последующей штамповкой следует назвать высокопроизводительный (до 500 поковок в час) автоматизированный процесс, получивший название AutoForge [15] и разработанный корпорацией Rockwell (США). Однако данная технология, реализованная на базе быстрого гидравлического пресса, применима только для условий штамповки мелких деталей и связана с эксплуатацией сложных электромеханических систем, подверженных частым отказам.

Процессы штамповки металлов в период кристаллизации получили широкое распространение [16, 17] при производстве изделий из стали и цветных металлов. При этом штамповке жидкого металла характерны такие недостатки, как трудность выбора материалов оснастки из-за быстрого её износа, сложность точной дозировки металла (в связи с усадкой при кристаллизации) и его подготовки, отсутствие четких методик подбора и оптимизации технологических параметров процесса, частое сваривание деформируемой стали со штампом и т.д.

Известны технологические решения, основанные на отливке специализированных по форме слитков, что применяют в основном при ковке крупных поковок [17]. Изменение и совершенствование конструкций слитков связано с разработкой рациональной формы их поперечного сечения [17], необходимого для достижения требуемого укова.

Малопроизводительную ковку фасонных заготовок под молотами применяют только для условий единичного или мелкосерийного производства. Е.И. Семенов в работе [20] приводит пример технологического решения И.В. Замбурского, когда процессковки коленчатого вала был заменён технологией штамповки в трехсекционном штампе на гидравлическом прессе. В данном случае кузнечные операции применяли на стадии получения фасонного полуфабриката. При этом если в качестве заготовки дляковки данного вала по старой технологии требовался слиток массой 9 т, то применение вышеописанного технологического приёма позволило снизить массу исходного слитка до 2,5 т. В работе [18] также описан способковки профилированной заготовки, используемой для секционной штамповки поковок кривошипного вала.

Особое внимание уделяют процессам штамповки заготовок из проката периодического профиля [2, 12, 19]. В данном случае технологическая цепочка сокращается за счет исключения заготовительных операций. Катаный прут с периодически повторяющимся профилем применяют при штамповке поковок сложной конфигурации с наличием утолщений, бобышек и т.п. Наибольший вклад в развитие теории, технологии и оборудования поперечной прокатки внесли ученые Всесоюзного научно-исследовательского института металлургического машиностроения (ВНИИМетМаш) под руководством А.И. Целикова [20, 21].

В диссертационной работе С.Н. Добровлянского [22] выполнен анализ Разнообразных способов поперечной прокатки (рис. 1). При этом сделан вывод о том, что такие способы не адаптированы к условиям изменения серийности производства и требуют больших расходов на обслуживание парка энергоёмкого оборудования, содержание дополнительных производственных площадей или предполагают направление заказов на металлургические предприятия.

Получение фасонной заготовки вальцовкой в ковочных вальцах (рис. 2) относят к традиционным способам профилирования, причем ковочные вальцы располагают в непосредственной близости со штамповочным оборудованием. Данное условие объясняется экономически выго-

дним вариантом вальцовки и штамповки с одного нагрева заготовки [2, 12, 18, 23,24].

В работах [23, 24] высказано мнение, что до 30% поковок машиностроительного назначения могут быть переведены на технологию с применением предварительного профилирования и последующей одноручьеовой штамповки.

Основными недостатками процессов вальцовки являются трудности переналадок, ограничение по длине вальцуемых заготовок (не более 2/3 длины окружности вала [23, 24]), интенсивный износ секторных штампов и экономическая целесообразность применения только при крупных производственных программах. Причем в работе [34] установлены величины «критических программ», при которых применение ковочных вальцов становится нерентабельным, в зависимости от размеров, конфигурации, массы поковки и вида окончательного штамповочного оборудования. В Киевском политехническом институте был разработан способ продольно-копировальной прокатки (рис. 3) для получения заготовок периодического профиля. Достижения в данном направлении позволили подготовить и защитить ряд диссертационных работ [22, 25] под руководством Т.М. Голубева и А.А. Низкова.

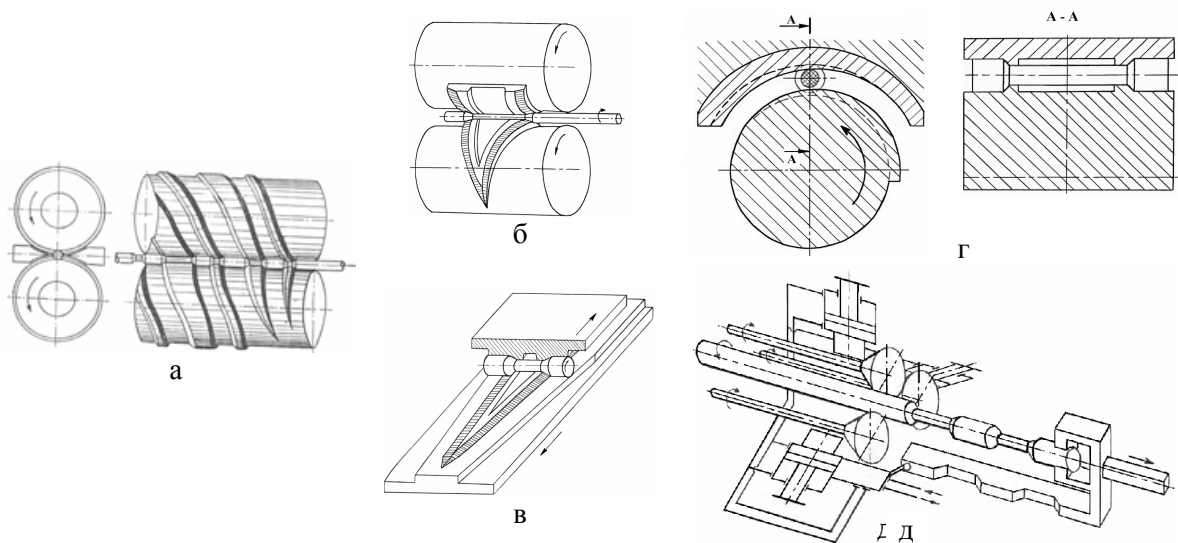


Рис. 1 – Способы получения профилированных заготовок поперечной прокаткой (по С.Н. Добровлянскому [22]): а) поперечно-винтовая прокатка; б) поперечно-клиноватая прокатка в валках; в) поперечно-клиноватая прокатка в досках (плитах); г) валкосегментная прокатка; д) прокатка в трехвалковых станах конструкции ВНИИМетМаша

Основной способа является вертикальное возвратно-поступательное перемещение верхнего вала в процессе продольной прокатки, что позволяет получать переменный по высоте профиль (см. рис. 3). Разработанные конструкции прокатных станов [26, 27] позволяют получать профили различного переменного поперечного сечения, однако энергоёмкость такого оборудования, из-за необходимости монтажа мощных нажимных механизмов, существенно выше, чем у прокатных станов сопоставимых габаритных размеров. Согласно классификации различных способов профилирования заготовок прокаткой и вальцовкой (рис. 4), разработанной К.А. Гогаевым в работе [27], реализация данных способов профилирования требует применения мощного оборудования, которое относят к специализированным прокатным станам с усложненными конструкциями валков и калибров.

Существенного перепада поперечного сечения по длине заготовки достигают при операциях высадки утолщений на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ), при этом в формообразовании участвует ограниченная часть длины полуфабриката. Известно использование ГКМ на окончательных переходах последовательной штамповки для оформления утолщений или фланцевых частей поковок, отштампованных на кривошипных горячештамповочных или винтовых фрикционных прессах [17, 28-30]. Применение ГКМ для профилирования заготовок оправдано лишь в условиях массовых заказов.

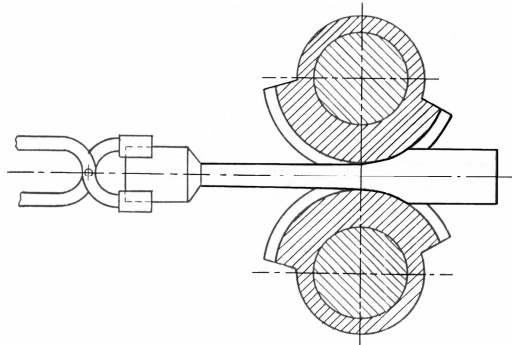


Рис. 2 – Вальцовка заготовки

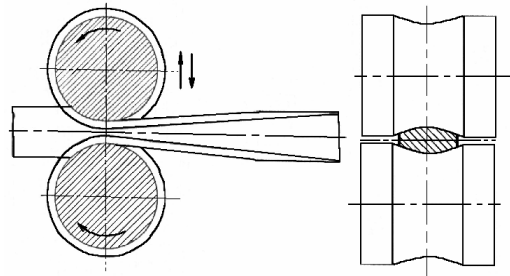


Рис. 3 – Продольно-копировальная прокатка заготовок



Рис. 4 – Классификационная схема способов профилирования прокаткой и вальцовкой (по К.А. Гогаеву [27])

Штамповка малыми партиями поковок со значительной разницей поперечного сечения по длине наиболее целесообразна на паровоздушных штамповочных молотах (ПШМ), штампы которых снабжены заготовительными ручьями. Наличие протяжных, подкатных, гибочно-формовочных ручьев требует использования высококвалифицированных кузнецов, которые работают в тяжелых условиях с повышенным уровнем шума и вибраций. При этом профилируемые в штампах заготовки не устраняют недостатка повышенного расхода металла из-за значительных припусков и штамповочных уклонов [2, 17, 19, 28, 29, 30].

Подготовительные ручьи при штамповке на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) выполняют в количестве не более двух-трех штук для обеспечения высокой производительности и упрощения конструкции штампового инструмента. Для осуществления полноценного профилирования на КГШП, так, как это выполняют на ПШМ, вместо одного протяжного или подкатного ручья потребовалось бы несколько таких ручьев, расположенных последовательно, что связано с постоянством хода кривошипного механизма. Поэтому протяжку и подкатку на КГШП не выполняют [2], а для получения профилированной заготовки используют специализированные методы производства фасонной заготовки. При нерентабельности

применения дополнительного оборудования принята практика отказа от профилирующих операций, что снижает стойкость штампов, повышает расход металла и негативно сказывается на себестоимости поковок. Однако, по утверждению отечественных [28] и зарубежных [32] исследователей, использование КГШП для штамповки предпочтительнее, чем ПШМ, из-за возможности получения более точных поковок, а так же из соображений гуманизации и снижения требований к квалификации кузнецов-штамповщиков.

Для получения заготовок различной конфигурации с заданным комплексом механических свойств целесообразно применение технологий предварительной формовки заготовок из порошковых материалов с дальнейшей штамповкой в закрытых штампах. Такие способы рассмотрены, например, в работах [31, 33]. Разнообразные технологии позволяют обрабатывать порошковые материалы из углеродистых, легированных сталей и цветных металлов, на предварительное истирание которых требуется содержание дополнительного оборудования и персонала. Кроме того, технологии штамповки в порошковой металлургии сопровождаются сложными работами по обеспечению защитной газовой (взрывоопасной) атмосферы, а для поковок сложной конфигурации из порошков необходимо формировать предварительную заготовку такой же по сложности конфигурации, но большей толщины [34, 35].

### Выводы

Проведенный обзор показал отсутствие рациональных профилирующих операций, применимых к технологиям штамповки на КГШП (и на прессовом оборудовании в целом). В связи с комплектацией большинства кузнечно-штамповочных цехов КГШП необходимо ориентирование на энерго- и ресурсосберегающее усовершенствование технологических процессов штамповки с использованием имеющегося оборудования. Установка дополнительного специализированного оборудования (ковочных вальцев, станов поперечно-клиновой, продольно-копировальной прокатки и т.п.) экономически нецелесообразна и зачастую технически невозможна. В связи с этим возникает необходимость разработки новых способов профилирования заготовок, прогнозирования предварительного формоизменения и разработки конструкций экономичного штампового инструмента для получения фасонных заготовок под штамповку непосредственно в штампах КГШП.

### Список использованных источников:

1. Ипатов М.И. Рентабельность машиностроительной продукции при изменении объема продаж / М.И. Ипатов // Вестник машиностроения. – 1993. – № 2. – С. 59-61.
2. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства / Я.М. Охрименко. – М. : Машиностроение, 1966. – 599 с.
3. Акаро И.Л. Классификация поковок и технологических переходов горячей штамповки / И.Л. Акаро // Кузнечно-штамповочное пр-во. – 1980. – № 1. – С. 8-11.
4. Ковка и штамповка : справочник : в 4 т. Т. 2. Горячая объемная штамповка / под ред. Е.И. Семенова. – М. : Машиностроение, 1986. – 592 с.
5. Иванюк А.В. Классификация поковок, штампуемых на кривошипных горячештамповочных прессах / А.В. Иванюк // Вестник машиностроения. – 1988. – № 1. – С. 45-48.
6. Кондратенко В.Г. Классификация деталей, получаемых осадкой / В.Г. Кондратенко, В.Н. Гречищев // Вестник машиностроения. – 1988. – № 5. – С. 54-58.
7. Бойцов Б.В. Повышение качества в кузнечно-штамповочном производстве / Б.В. Бойцов // Кузнечно-штамповочное пр-во. – 2000. – № 7. – С. 6-9.
8. Возможность повышения качества поковок ответственного назначения / В.А. Тюрин [и др.] // Кузнечно-штамповочное пр-во. – 1993. – № 12. – С. 2-4.
9. Эдуардов М.С. Штамповка в закрытых штампах / М.С. Эдуардов. – Л. : Машиностроение, 1971. – 240 с.
10. Журавлёв А.З. Основы теории штамповки в закрытых штампах / А.З. Журавлёв. – М. : Машиностроение, 1973. – 224 с.
11. Гликин Н.М. Технология горячей обработки металлов / Н.М. Гликин, М.Н. Сосенко. – М. : Машгиз, 1961. – 280 с.
12. Безручко И.И. Обработка металлов давлением / И.И. Безручко, М.Е. Зубцов, Л.Н. Балакина. – Л. : Машиностроение, 1967. – 311 с.

13. Мылко С.Н. Штамповка роликов трактора С–80 из литых заготовок / С.Н. Мылко, Ф.Ф. Рубашин. – М. : Машгиз, 1954. – 104 с.
14. Ширяев А.Ф. Опыт работы кузнечного цеха / А.Ф. Ширяев. – М. : Машгиз, 1953. – 127 с.
15. AutoForge combined casting and forging process // Metal Forming. – 1969. – № 7 (July). – P. 196-198.
16. Быков П.А. Жидкая штамповка металлов при изготовлении инструмента для опытного и мелкосерийного производства / П.А. Быков // Кузнечно-штамповочное пр-во. – 1971. – № 4. – С. 41-42.
17. Семенов Е.И. Ковка и объемная штамповка / Е.И. Семенов. – М. : Высшая школа, 1972. – 352 с.
18. Шапошников Д.Е. Изготовление поковок на горячештамповочных прессах / Д.Е. Шапошников. – М. : Машгиз, 1962. – 179 с.
19. Охрименко Я.М. Основы технологии горячей штамповки / Я.М. Охрименко. – М. : Машгиз, 1957. – 328 с.
20. Станы для прокатки равнопрочных профилей переменного сечения / А.И. Целиков [и др.]. – М. : Машгиз, 1949. – 39 с.
21. Шор Э.Р. Новые процессы прокатки / Э.Р. Шор. – М. : Metallurgizdat, 1960. – 385 с.
22. Добровлянский С.Н. Исследование процесса профилирования заготовок под штамповку вальцовкой в валках с калибрами постоянного сечения : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / С.Н. Добровлянский. – Киев, 1980. – 173 с.
23. Атрошенко А.П. Технология горячей вальцовки / А.П. Атрошенко. – Л. : Машиностроение, 1964. – 210 с.
24. Смирнов В.К. Вальцовка заготовок под штамповку / В.К. Смирнов. – М. : Машиностроение, 1964. – 214 с.
25. Омельченко П.П. Исследование удельных давлений и крутящего момента при прокатке полос в гладких валках с переменным обжатим : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / П.П. Омельченко. – Киев, 1966. – 192 с.
26. Стан для прокатки профилей переменного сечения : а.с. 821010 СССР, МКИ В 21 Н 8/00 / А.А. Низков [и др.]. – № 2726024/25–27; заявл. 20.02.79; опубл. 15.04.81, Бюл. № 14. – 4 с.
27. Гогаев К.А. Исследование гидропривода нажимного механизма стана для вальцовки : дис. канд. техн. наук : 05.03.05 / К.А. Гогаев. – Киев, 1980. – 195 с.
28. Крымский И.И. Горячая штамповка / И.И. Крымский. – М. : Трудрезервиздат, 1958. – 255 с.
29. Мансуров А.М. Технология горячей штамповки / А.М. Мансуров. – М. : Машиностроение, 1971. – 415 с.
30. Брюханов А.Н. Ковка и объемная штамповка / А.Н. Брюханов. – М. : Машиностроение, 1975. – 408 с.
31. Хмара С.М. Определение области рационального применения КГШП и ПШМ / С.М. Хмара, Н.Н. Марюта, В.А. Алеев // Кузнечно-штамповочное пр-во. – 1970. – № 1. – С. 35-37.
32. Winch R.E. Hot forging processes / R.E. Winch // Metal forming. – 1970. – № 7 (July). – P. 190-196.
33. P/M forging preforms // Metal Forming. – 1969. – № 11 (December). – P. 352.
34. Стоянов А.А. О Влиянии технологии производства на свойства заготовок из порошковых низколегированных сталей / А.А. Стоянов // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні : зб. наук. пр. – Луганськ : вид-во СНУ ім. В. Даля, 2002. – С. 248-253.

**Bibliography:**

1. Ipatov M.I. Profitableness of machine-building products at the change of sales volume / M.I. Ipatov // Announcer of mashinostroenie. – 1993. – № 2. – P. 59-61. (Rus.)
2. Ohrimenko I.M. Tehnology of blacksmith–stamping production / I.M. Ohrimenko. – М. : Mashinostroenie, 1966. – 599 p. (Rus.)
3. Akaro I.L. Classification of forging and technological transitions of the hot stamping / I.L. Akaro // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. – 1980. – № 1. – P. 8-11. (Rus.)
4. Forging and stamping: reference book: in 4 t. T. 2. Hot die forging / under red. E.I. Semenova. – М. : Mashinostroenie, 1986. – 592 p. (Rus.)

5. Ivanyuk A.V. Classification of forging, stamped on crank hot forming presses / A.V. Ivanyuk // Announcer of mashinostroenie. – 1988. – № 1. – P. 45-48. (Rus.)
6. Kondratenko V.G. Classification of details getting with sinking / V.G. Kondratenko, V.N. Grechishev // Announcer of mashinostroenie. – 1988. – № 5. – P. 54-58. (Rus.)
7. Boytsov V.B. Increase of qualities in blacksmith–stamping production / B.V. Boytsov // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. – 2000. – № 7. – P. 6-9. (Rus.)
8. Possibility of upgrading of forging of responsible setting / V.A. Tyurin [and oth.] // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. – 1993. – № 12. – P. 2-4. (Rus.)
9. Eduardov M.S. Forming in closed stamps / M.S. Eduardov. – L. : Mashinostroenie, 1971. – 240 p. (Rus.)
10. Zhuravlev A. Z. Basis of theories of stamping in the closed stamps / A. Z. Zhuravlev. – M.: Mashinostroenie, 1973. – 224 p. (Rus.)
11. Glikin N.M. Technology of hot treatment of metals / N.M. Glikin, M.N. Sosenko. – M. : Mashgiz, 1961. – 280 p. (Rus.)
12. Bezruchko I.I. Working of metals with pressure / I.I. Bezruchko, M.E. Zubtsov, L.N. Balakina. – L. : Mashinostroenie, 1967. – 311 p. (Rus.)
13. Mulko S.N. Forming of rollers of the tractor S–80 from the casting billets / S.N. Mulko, F.F. Rubashin. – M. : Mashgiz, 1954. – 104 p. (Rus.)
14. Shiryaev A.F. Experience of works of blacksmith's workshop / A.F. Shiryaev. – M. : Mashgiz, 1953. – 127 p. (Rus.)
15. AutoForge combined casting and forging process // Metal Forming. – 1969. – № 7 (July). – P. 196-198.
16. Bukov P.A. Liquid stamping of metals at making of instrument for experimental and small series production / P.A. Bukov // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. – 1971. – № 4. – P. 41-42. (Rus.)
17. Semenov E.I. Pressing and die forging/ E.I. Semenov. – M. : High school, 1972. – 352 p. (Rus.)
18. Shaposhnikov D.E. Produce of forging on hot forming presses / D.E. Shaposhnikov. – M. : Mashgiz, 1962. – 179 p. (Rus.)
19. Ohrimenko I.M. Basis of technologies of hot stamping / I.M. Ohrimenko. – M. : Mashgiz, 1957. – 328 p. (Rus.)
20. Figures for rolling of equal solid types of variable section / A.I. Tselikov [and oth.]. – M. : Mashgiz, 1949. – 39 p. (Rus.)
21. Shor E.R. The new processes of rolling / E.R. Shor. – M. : Metallurgizdat, 1960. – 385 p. (Rus.)
22. Dobrovlyanskiy S.N. Investigation of process of profiling of billets for stamping by forge-rolling in felling with the calibers of permanent section : dis. kand. tehn. sciences : 05.03.05 / S.N. Dobrovlyanskiy. – Kiev, 1980. – 173 p. (Rus.)
23. Atroshenko A.P. Technology of hot rolling / A.P. Atroshenko. – L. : Mashinostroenie, 1964. – 210 p. (Rus.)
24. Smirnov V.K. Forge-rolling of billets for stamping / V.K. Smirnov. – M. : Mashinostroenie, 1964. – 214 p. (Rus.)
25. Omelchenko P.P. Investigation of specific pressures and twisting moment at rolling of stripes in the smooth fellings with the variable wringing out : dis. kand. tehn. sciences : 05.03.05 / P.P. Omelchenko. – Kiev, 1966. – 192 p. (Rus.)
26. Figure for rolling of types of variable section: a.s. 821010 USSR, MKI In 21 N 8/00 / A.A. Nizkov [and oth.]. – № 2726024/25–27; zayavl. 20.02.79; opubl. 15.04.81, Byul. № 14. – 4 p. (Rus.)
27. Gogaev G.A. Investigation of hydraulic driver of pressure mechanism of figure for forge-rolling : dis. ... kand. tehn. sciences : 05.03.05 / K.A. Gogaev. – Kiev, 1980. – 195 p. (Rus.)
28. Krumskiy I.I. Hot stamping / I.I. Krumskiy. – M. : Trudrezervizdat, 1958. – 255 p. (Rus.)
29. Mansurov A.M. Technology of hot stamping / A.M. Mansurov. – M. : Mashinostroenie, 1971. – 415 p. (Rus.)
30. Bryuhanov A.N. Pressing and die forging / A.N. Bryuhanov. – M. : Mashinostroenie, 1975. – 408 p. (Rus.)
31. Hmara S.M. The determination of the field of rational application of KGSHP and PSHM / S.M. Hmara, N.N. Maryuta, V.A. Aleev // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. – 1970. – № 1. – P. 35-37. (Rus.)



32. Winch R.E. Hot forging processes / R.E. Winch // Metal forming. – 1970. – № 7 (July). – P. 190-196.
33. P/M forging preforms // Metal Forming. – 1969. – № 11 (December). – P. 352.
34. Stoyanov A.A. About the influence of technology of production on properties of billets from powder-like low alloyed steels / A.A. Stoyanov // Resursozberigayuchi tehnologiyi virobnitstva ta obrobki tiskom materialiv u mashinobuduvanni : zb. sciences. pr. – Lugansk : to vid-vo EUNU of name aft. V. Dalya, 2002. – P. 248-253. (Rus.)

Рецензент: С.С. Самогугин  
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 28.04.2012