

РАЗДЕЛ II ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ В МАШИНОСТРОЕНИИ

УДК 621.735.3

Алиева Л. И.
Жбанков Я. Г.
Злыгорев В. Н.
Таган Л. В.

ЭЛЕМЕНТЫ ШТАМПОВКИ В ПРОЦЕССАХ КОВКИ КРУПНЫХ ПОКОВОК

Достаточно большая часть крупногабаритных изделий имеют сложную конфигурацию, к ним предъявляются повышенные требования по механическим свойствам, поэтому они должны изготавливаться обработкой давлением.

В случае если изделия малых размеров и имеют сложную форму, особых проблем в их получении нет, приемы штамповки и их сочетание позволяет получать практически любую конфигурацию изделия. Так в случае получения относительно тонкостенных изделий широкое распространение получили процессы листовой штамповки гибкой, вытяжкой, отбортовкой и т. д. (рис. 1). Широкими возможностями в формоизменении обладают процессы объемной штамповки открытым и закрытым выдавливанием (рис. 2).

При изготовлении крупногабаритных изделий процессами ковки, применение операции штамповки усложнено необходимостью использовать специальную штамповую оснастку, которая в большинстве случаев не является универсальной и подходит только под конкретное изделия определенных размеров. Однако несмотря на этот недостаток схемы штамповки все же используют в процессах ковки крупных поковок как окончательную или заготовительную операцию [1–2].

Целью данной работы является обзор способов ковки с элементами штамповки, определение целесообразности применения таких процессов и путей дальнейшего совершенствования процессов ковки с элементами штамповки.

Условно приемы штамповки в процессах ковки можно разбить на две группы: приемы объемной штамповки и приемы листовой штамповки.

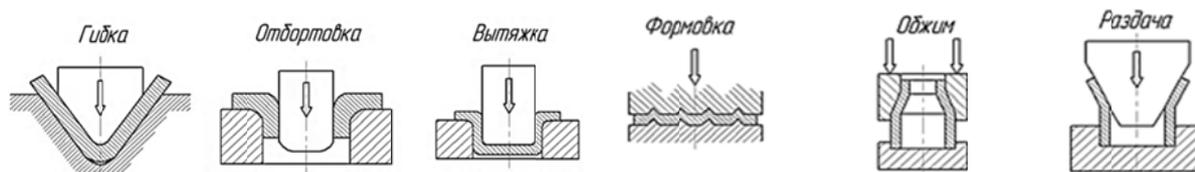


Рис. 1. Формоизменяющие операции листовой штамповки

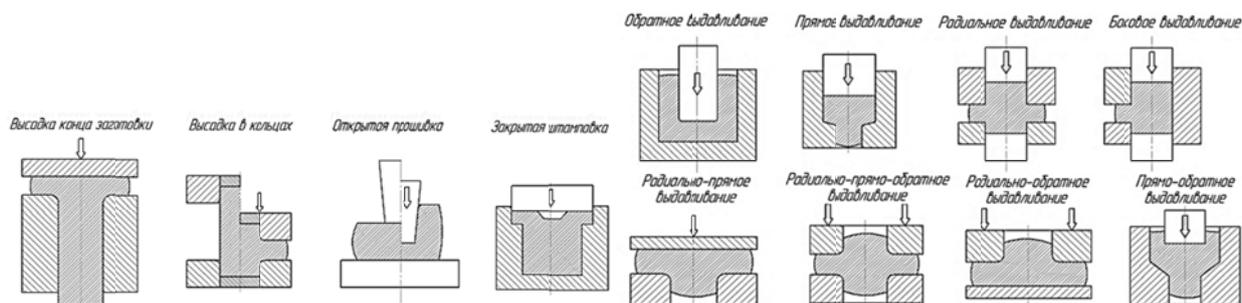


Рис. 2. Основные процессы объемной штамповки

Приемы объемной штамповки (обратное выдавливание). В работах [1–3] приведен пример применения элементов объемной штамповки при изготовлении поковок типа днищ и горловин (рис. 3). Данный способ получения изделий в первую очередь направлен на повышение коэффициента весовой точности (отношение массы детали к массе поковки). Увеличивается точность изготовления таких поковок за счет снижения припусков. Себестоимость конечного изделия снижается за счет уменьшения его металлоемкости и снижения трудоемкости дальнейшей механообработки.

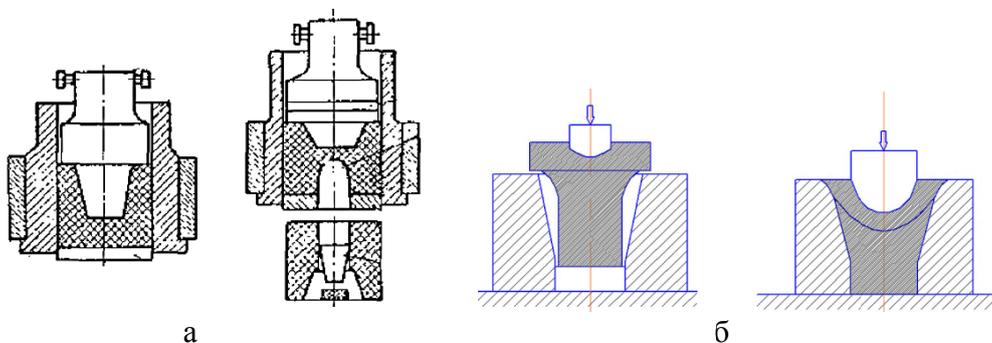


Рис. 3. Изготовление поковок типа днищ и горловин в специальных штампах

Элементы обратного выдавливания представлены в технологии, освещенной в работе [4]. Здесь в процессековки толстостенных труб большого диаметра подготовительной операцией является обратное выдавливание слитка (рис. 4). Старой технологией изготовления поковок такого типа является сочетание осадки, прошивки, раскатки и многократной протяжки на оправке, данная технология является весьма затратной с точки зрения затрат энергии на многочисленные подогревы и загруженности прессового оборудования. Кроме того, точность поковок получаемых по такой технологии является пониженной. Новый способ получения толстостенных труб состоит в отрезке прибыльной части слитка, его обратном выдавливании и протяжке на оправке. Такой способ позволяет значительно сократить технологический процесс, разгрузив прессовое оборудование, снизив количество подогревов и повысить точность получаемых поковок.

Элементы обратного выдавливания также освещены в работе [5]. Здесь приведена технология изготовления цилиндров с глухим дном (рис. 5). Традиционная технология получения таких поковок заключается в заковке дна цилиндра, что вызывает появление трещин на внутренней поверхности изделия, кроме того должны быть назначены существенные припуски и напуски, для получения после механической обработки требуемой детали.

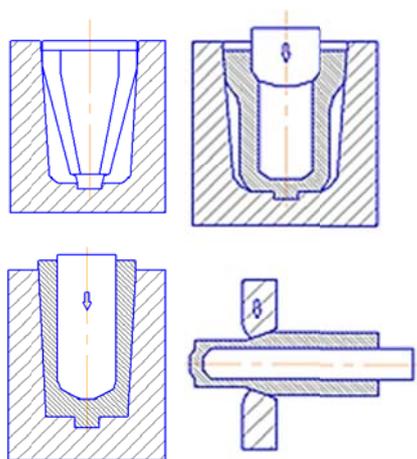


Рис. 4. Получение поковок типа днищ на основе закрытой прошивки слитка в специальном штампе

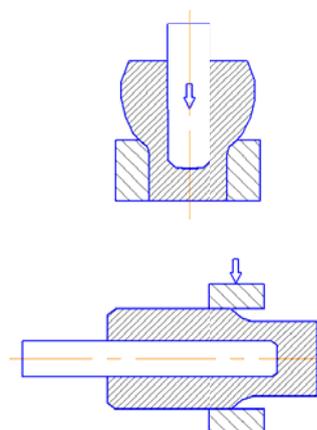


Рис. 5. Закрытая прошивка слитка в подкладном кольце

Новый способ, включающий в себя штамповку обратным выдавливанием, обеспечивает повышенную точность изделия и сниженную себестоимость.

Высадка. В работе [6] приведен пример осадки удлиненных слитков с использованием промежуточной операции высадки слитка (рис. 6). Данная операция позволяет на первой стадии осадки ограничить длину слитка и тем самым устранить возможность потери устойчивости слитка. Высадка производится специальным инструментом в виде плиты с глухим отверстием, таким образом, расширяются возможности процессовковки удлиненных слитков. Такой способ осадки слитков позволяет исключить из процесса дополнительную операцию правки слитка.

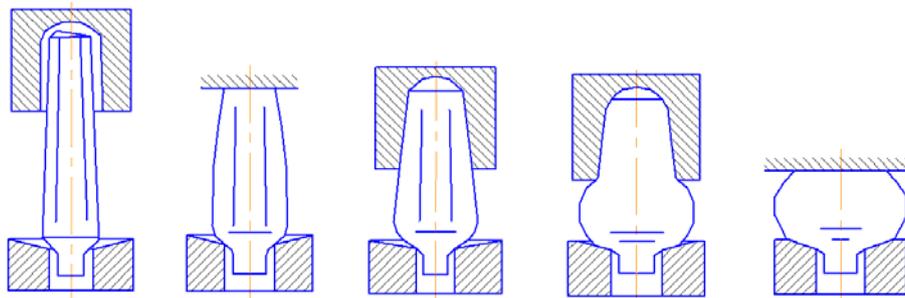


Рис. 6. Осадка удлиненного слитка специальным инструментом

В производстве широко распространено изготовление прессовых поковок в подкладном инструменте, например в кольцах или более сложном инструменте (штампах) (рис. 7). Подкладной инструмент применяется в основном для максимального приближения формы поковки к форме детали и уменьшения расхода металла и механической обработки получаемого изделия. Данные процессы сводятся к высадке заготовки и используются в основном при получении поковок типа ступенчатых дисков [2, 7].

Элементы высадки присутствуют также и в способековки поковок типа прокатных валков [8]. Предложено биллетированный слиток деформировать в кольцах (рис. 8), таким образом, за минимальное количество переходов можно получать поковки типа валков, исключив затратную по времени операцию протяжки. Данный способ позволяет снизить расходы на производство поковок типа прокатных валков, уменьшив количество переходовковки и как следствие ее время.

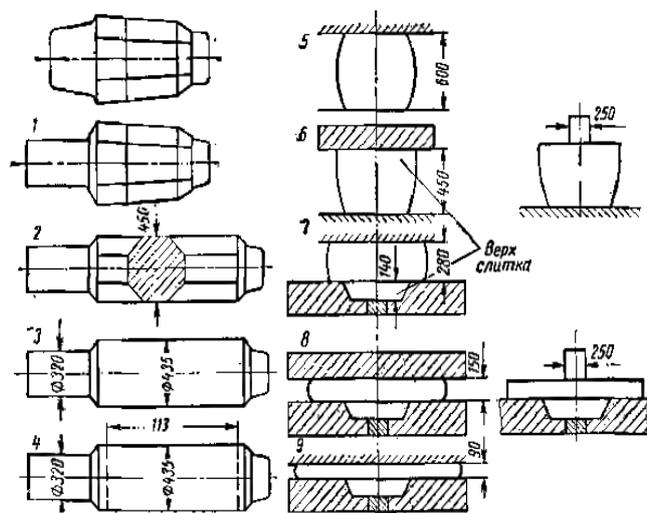


Рис. 7. Схемы получения крупногабаритных дисков в подкладных штампах

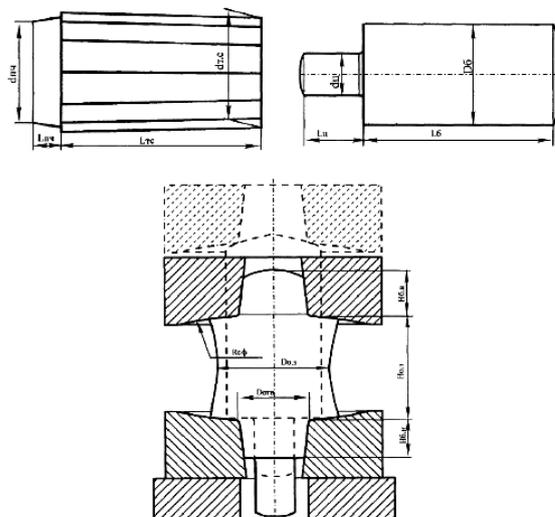


Рис. 8. Ковка поковок типа валков высадкой в кольцах

В работе [9] описан способковки поковок типа эксцентров, который основан на использовании специальных штампов (рис. 9). Технология выглядит следующим образом: ковка из слитка стержневой заготовки и высадка ее в специальном штампе. Высадка в штампе происходит за счет горизонтального движения матриц. Рабочая часть инструмента имеет несимметричную форму, при движении матриц заготовка изгибается на определенный размер и всаживается. За счет изгиба часть металла заготовки смещается относительно ее оси недеформируемой стержневой части и при высадке это приводит к образованию эксцентрика. Данный способ получения эксцентров позволяет увеличить точность поковок и производительность процесса.

Операция высадки также нашла применение при ковке крупногабаритных коленчатых валов (рис. 10). Для производства таких изделий широко применяются специальные штампы с подвижными матрицами [2, 10, 11]. Процесс состоит из предварительной протяжки слитка на профилированную заготовку (ступенчатый вал) и окончательнойковки-штамповки. Предварительное профилирование может включать в себя и механическую обработку промежуточной заготовки. Штамповка каждого колена ведется отдельно, угол между коленами обеспечивается кантовкой заготовки на соответствующую величину. Штамповка колена заключается в пердварительной высадке фланца и гибке с высадкой самого колена.

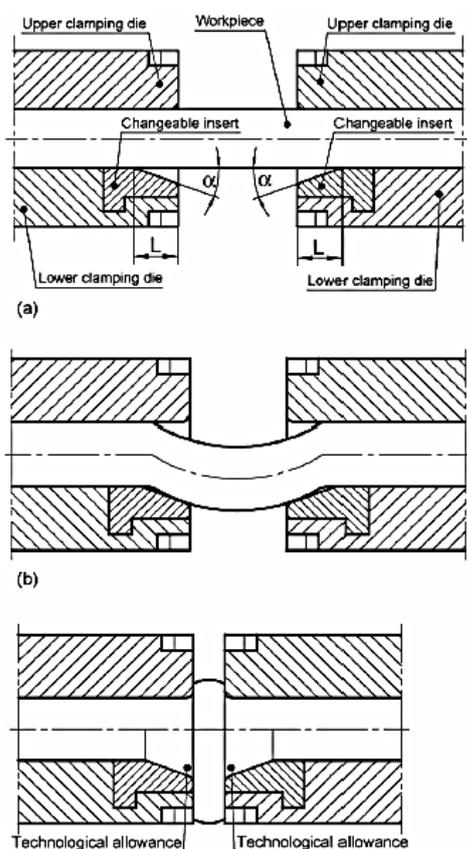


Рис. 9. Штамповка поковок типа эксцентров

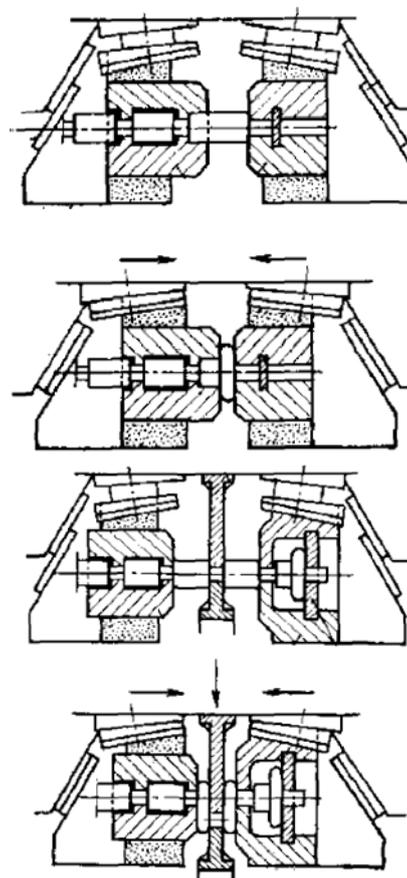


Рис. 10. Схема изготовления крупногабаритных коленчатых валов в специальных штампах

В сравнении с ковкой обычным кузнечным инструментом и операциями передачи такая ковка обеспечивает высокую точность изделия и высокое качество.

При изготовлении поковок типа валов с фланцем большого диаметра на конце широкое применение также нашла операция высадки (рис. 11) [12]. Протяжкой тонкие фланцы больших диаметров получить практически не возможно и приходится назначать дополнительные напуски, увеличивая толщину фланца, что ведет к удорожанию поковки. Прогрес-

сивная технологияковки таких поковок заключается в предварительной протяжке вала с утолщением на конце. Утолщением должно быть диаметром меньшим, нежели необходимый диаметр фланца и равным объемом. После предварительного профилирования осуществляется окончательная высадка фланца в специальной оснастке. Изготовление, таким образом, поковок с фланцем большого диаметра позволяет повысить точность изделия.

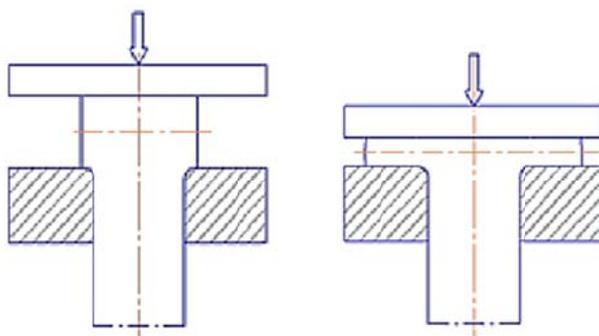


Рис. 11. Высадка широкого фланца на конце вала

Секционная штамповка. При изготовлении крупногабаритных изделий возникают некоторые трудности связанные с недостатком мощности кузнечного оборудования в сумме с требованиями по высокой точности изделия и низкой металлоемкости определенное пространство, получила секционная штамповка [2] при изготовлении таких изделий как днища, диски, ступицы и т. д. (рис. 12).

Также используется и штамповка разгонкой в специальном инструменте [13], которая позволяет на маломощном оборудовании получать крупногабаритные изделия сложных форм (рис. 13). Такие процессыковки используются для получения изделий типа днищ и крупногабаритных дисков.

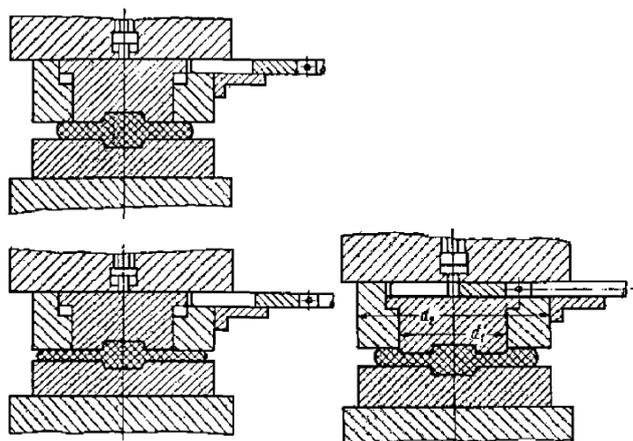


Рис. 12. Секционная штамповка крупногабаритных дисков

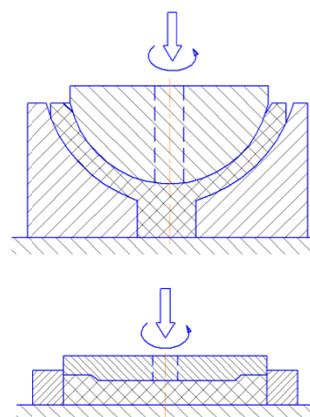


Рис. 13. Ковка разгонкой в специальных штампах

Приемы листовой штамповки (вытяжка). В работах [14–16] описаны многочисленные процессы штамповки, которые применялись на Ижорском заводе им. А. А. Жданова. Одной из поковок получаемых штамповкой является крупногабаритное сферическое днище диаметр которого составляет несколько метров. Штамповка таких днищ осуществлялась в специальных вытяжных штампах (рис. 14). Технология получения таких поковок состоит изковки цилиндра, его разрезки и развертки. Полученную заготовку подвергают вытяжке в специальном штампе. Таким образом, получают изделия высокой точности с минимальными припусками.

Подобная технология производства днищ применяется и в японском производстве. В работах [17, 18] описана технология получения днища корпуса ядерного реактора. Технология заключается в предварительной ковке-штамповке профилированной заготовки и ее вытяжке в штампе (рис. 15).

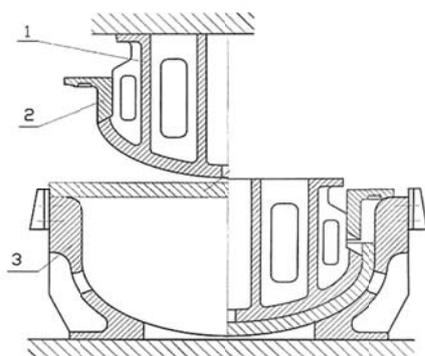


Рис. 14. Вытяжка крупногабаритной поковки в специальном штампе

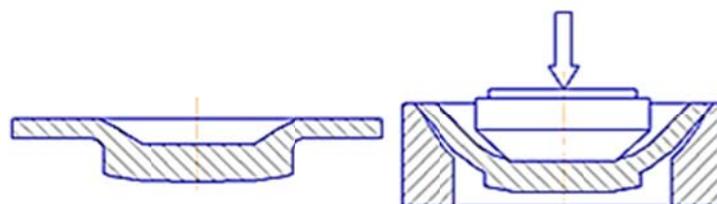


Рис. 15. Схема получения поковки дна корпуса реактора, вытяжкой в штампе

Раздача. В работе [19] описана технология изготовления поковки типа конусного кольца, которая заключается в раскатке цилиндрического кольца и его раздаче специальным коническим пуансоном (рис. 16). В сравнении с традиционным способом получения деталей такой конфигурации, который заключался в механической обработке цилиндрического кольца, данный способ позволяет существенно повысить экономию металла и снизить долю механической обработки.

Отбортовка. При изготовлении крупногабаритной обечайки с патрубками применяется операция отбортовки с подштамповкой (рис. 17) [20]. Получение таких поволок традиционными схемамиковки, возможно, лишь с существенными напусками по всей поверхности изделия, что ведет к существенному увеличению металлоёмкости изделия и трудоемкости его изготовления либо с использованием операции сварки, что является недопустимым при изготовлении поволок ответственного назначения.

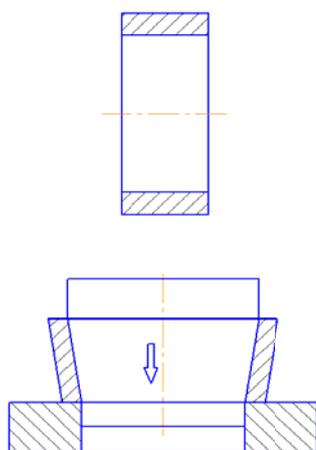


Рис. 16. Раздача конического кольца специальным инструментом

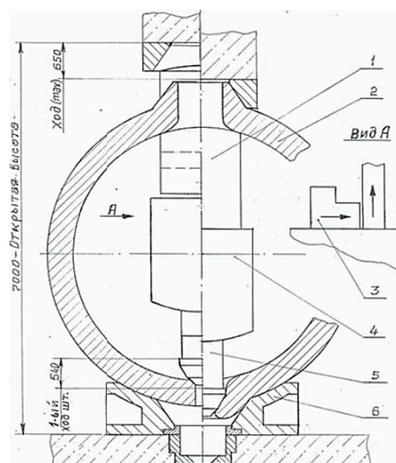


Рис. 17. Получение патрубков на крупногабаритной обечайке

Гибка. Для получения широких крупногабаритных плит используют операцию развертки, которая схожа с операцией гибки, применяемой в листовой штамповке (рис. 18). Изготовление таких плит включает в себя ковку крупногабаритного цилиндра и его разрезку специальным инструментом [21].

Как видно из проведенного обзора, элементы штамповки используются в основном при ковке уникальных изделий и позволяют достичь высокой точности. В случае традиционнойковки таких изделий пришлось бы назначать значительные напуски увеличивающие в некоторых случаях массу поковки до нескольких раз. Примеры внедрения таких процессов показали высокую экономическую эффективность. Дальнейшее совершенствование процессовковки крупных поковок должно быть неразрывно связано с освоением наработанных приемов штамповки. Это становится актуально особенно в последнее время, когда конфигурация крупных изделий усложняется, требования к их качеству повышаются и применяются новые специальные материалы.

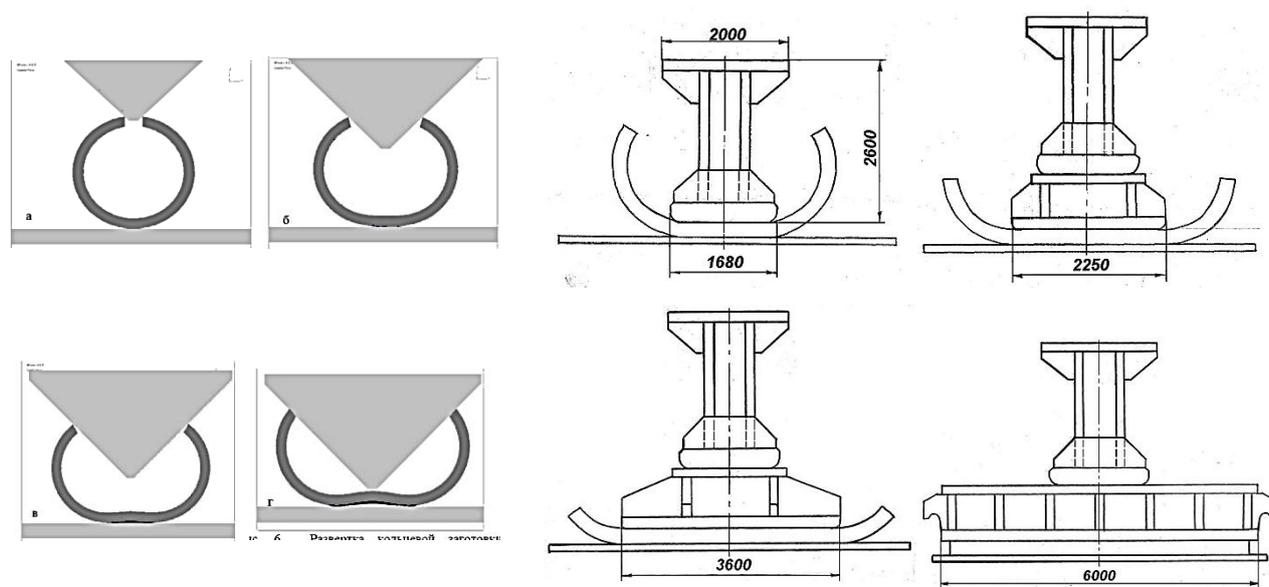


Рис. 18. Переходыковки плиты из трубной поковки с использованием специального инструмента

Приемы объемной штамповки основанные на комбинированном силовом и кинематическом воздействии инструмента на заготовку, позволяющие получить изделия сложных конфигураций, что особенно важно, снизить удельные усилия на инструмент, обеспечить интенсивные сдвиговые деформации позволят вывести процессыковки крупных поковок на новый более высокий технологический уровень.

ВЫВОДЫ

Проведен обзор процессовковки крупных поковок с элементами штамповки и установлено, что данные процессы имеют высокую эффективность при получении изделий сложных конфигураций, повышенной прочности и применяются как на отечественных так и на зарубежных предприятиях. Такие процессы позволяют существенно снизить припуски и напуски уменьшив металлоемкость и долю механической обработки при изготовлении сложнопрофильных деталей.

Дальнейшее совершенствование процессовковки крупных поковок должно быть неразрывно связано с освоением наработанных приемов штамповки, что позволит повысить уровень производства и позволит получать качественные изделия с минимальными затратами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Останин В. Г. Новая технологияковки поковок типа днищ и горловин / В. Г. Останин, Н. Е. Сидоров // Кузнечно-штамповочное производство, 1966 – № 2 – С. 7–8.
2. Охрименко Я. М. Технология кузнечно-штамповочного производства : учебник для вузов / Я. М. Охрименко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1976. – 560 с.

3. *Current forging technology for integrated type steel forgings for nuclear steam supply system components / S. Kawaguchi [et al.] // Nuclear Engineering and Design, 1984. – №. 81 – P. 219–229.*

4. *Технология изготовления толстостенных труб большого диаметра из стали 0Х18Н12Т / С. И. Данилин, В. Н. Лебедев, Г. И. Валетова, А. И. Мохов // Кузнечно-штамповочное производство, 1967 – № 5 – С. 13–15.*

5. *Способковки цилиндров с глухим дном / Ф. Н. Голиков, А. П. Юровских, Р. Ш. Рубин, И. С. Катков // Кузнечно-штамповочное производство, 1970. – № 4. – С. 46–47.*

6. *Этин И. З. Опыт внедрения малоотходной технологииковки в условиях ПО «Невский завод» им. В. И. Ленина / И. З. Этин, В. П. Колесов // Кузнечно-штамповочное производство, 1983. – № 9. – С. 4–6.*

7. *Широковский В. Г. Конструирование прессовых поковок дисков, изготавливаемых в подкладном инструменте / В. Г. Широковский, В. Н. Трубин, В. Н. Манаев // Кузнечно-штамповочное производство, 1985. – № 1. – С. 12–13.*

8. *Пат. 33423 Україна, В21К21/00. Спосіб осадження зливка увігнутими плитами з отворами / Марков О. Є.; заявник і патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 200800984; Заявл. 28.01.2008; Опубл. 25.06.2008, Бюл. № 12.*

9. *Wero'nski W. S. The research of forging process of eccentric part on three slide forging press / W. S. Wero'nski, A. Gontarz, Z. Pater // Journal of Materials Processing Technology, 2006. – №177 – P. 214–217.*

10. *Alves L. M. Flexible forming tool concept for producing crankshafts / L. M. Alves, P. A. F. Martins // Journal of Materials Processing Technology, 2011. – № 211 – P. 467–474.*

11. *Experimental and computational failure analysis of TR upset-bending equipment for heavy crankshaft with continuous grain flow / Xu Wu-jiao, Wang Kai-qing, Zhou Jie, Du Shao-gui // Engineering Failure Analysis, 2010. – № 17 – P. 546–554.*

12. *Modeling of microstructure development in forging of a windmill shaft / Sinczak J., Pietrzyk M., Skubisz P., Lukaszek-Solek A. // Metallurgy and foundry engineering, 2006. – №. 32 – P. 11–18.*

13. *Current forging technology for integrated type steel forgings for nuclear steam supply system components / S. Kawaguchi, H. Moritani [et al.] // Nuclear Engineering and Design, 1984. – №. 81 – P. 219–229.*

14. *Ромашко Н. И. Разработка технологии изготовления крупногабаритных толстых плит и вытяжки бесшовных днищ большого диаметра / Н. И. Ромашко, А. Г. Токарев, О. А. Кобелев // Кузнечно-штамповочное производство, 2008. – № 7. – С. 22–26.*

15. *Кобелев О. А. Технология изготовления цельнокованых крупногабаритных плит и бесшовных днищ / О. А. Кобелев // Металлург, 2009. – № 12. – С. 55–58.*

16. *Обработка металлов давлением на Ижорском заводе им. А. А. Жданова / О. Ф. Данилевский, Б.А. Деревянко [и др.] // Кузнечно-штамповочное производство, 1970 – № 4 – С. 6–10.*

17. *Ikuo Sato. Manufacturing and material properties of forgings for the reactor pressure vessel of the high temperature engineering test reactor / Ikuo Sato, Komei Suzuki // Nuclear Engineering and Design, 1997. – № 171. – P. 45–56.*

18. *Qiu Ma Prediction of deformation behavior and microstructure evolution in heavy forging by FEM / Qiu Ma, Zhong-qin Lin, Zhong-qi Yu // International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2009. – № 40. – P. 253–260.*

19. *Чигасов П. И. Ковка пустотелых поковок конической формы / П. И. Чигасов // Кузнечно-штамповочное производство, 1985. – № 4. – С. 38–39.*

20. *Программа «КванторФорм» [Электронный ресурс] : www.qform3d.ru*

21. *Кобелев О. А. Моделирование и совершенствование клинового инструмента для развертки кованых труб большого диаметра / О. А. Кобелев // Кузнечно-штамповочное производство, 2010. – №. 7.– С. 27–29.*

REFERENCES

1. *Ostanin V. G. Novaja tehnologija kovki pokovok tipa dnishh i gorlovin / V. G. Ostanin, N. E. Sidorov // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo, 1966 – № 2 – S. 7–8.*

2. *Ohrimenko Ja. M. Tehnologija kuznechno-shtampovochnogo proizvodstva : uchebnik dlja vuzov / Ja. M. Ohrimenko. – 2-e izd., pererab. i dop. – M. : Mashinostroenie, 1976. – 560 s.*

3. *Current forging technology for integrated type steel forgings for nuclear steam supply system components / S. Kawaguchi [et al.] // Nuclear Engineering and Design, 1984. – №. 81 – P. 219–229.*

4. *Tehnologija izgotovlenija tolstostennyh trub bol'shogo diametra iz stali 0H18N12T / S. I. Danilin, V. N. Lebedev, G. I. Valetova, A. I. Mohov // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo, 1967 – № 5 – S. 13–15.*

5. *Sposob kovki cilindrov s gluhim dnom / F. N. Golikov, A. P. Jurovskih, R. Sh. Rubin, I. S. Katkov // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo, 1970. – № 4. – S. 46–47.*

6. *Jetin I. Z. Opyt vnedrenija maloethodnoj tehnologii kovki v uslovijah PO «Nevskij zavod» im. V. I. Lenina / I. Z. Jetin, V. P. Kolesov // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo, 1983. – № 9. – S. 4–6.*

7. *Shirokovskij V. G. Konstruirovanie pressovyh pokovok diskov, izgotavlivaemyh v pod-kladnom instrumente / V. G. Shirokovskij, V. N. Trubin, V. N. Manaev // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo, 1985. – № 1. – S. 12–13.*
8. *Pat. 33423 Ukraïna, V21K21/00. Sposib osadzhenija zlivka uvignutimi plitami z otvorami / Markov O. С.; zajavnik i patentovlasnik Donbas'ka derzhavna mashinobudivna akademija. – № 200800984; Zajavl. 28.01.2008; Opubl. 25.06.2008, Bjul. № 12.*
9. *Wero'nski W. S. The research of forging process of eccentric part on three slide forging press / W. S. Wero'nski, A. Gontarz, Z. Pater // Journal of Materials Processing Technology, 2006. – №177 – P. 214–217.*
10. *Alves L. M. Flexible forming tool concept for producing crankshafts / L. M. Alves, P. A. F. Martins // Journal of Materials Processing Technology, 2011. – № 211 – P. 467–474.*
11. *Experimental and computational failure analysis of TR upset-bending equipment for heavy crankshaft with continuous grain flow / Xu Wu-jiao, Wang Kai-qing, Zhou Jie, Du Shao-gui // Engineering Failure Analysis, 2010. – № 17 – P. 546–554.*
12. *Modeling of microstructure development in forging of a windmill shaft / Sinczak J., Pietrzyk M., Skubisz P., Lukaszek-Solek A. // Metallurgy and foundry engineering, 2006. – №. 32 – P. 11–18.*
13. *Current forging technology for integrated type steel forgings for nuclear steam supply system components / S. Kawaguchi, H. Moritani [et al.] // Nuclear Engineering and Design, 1984. – №. 81 – P. 219–229.*
14. *Romashko N. I. Razrabotka tehnologii izgotovlenija krupnogabaritnyh tolstyh plit i vytjazhki besshovnyh dnishh bol'shogo diametra / N. I. Romashko, A. G. Tokarev, O. A. Kobelev // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo, 2008. – № 7. – S. 22–26.*
15. *Kobelev O. A. Tehnologija izgotovlenija cel'nokovanyh krupnogabaritnyh plit i besshovnyh dnishh / O. A. Kobelev // Metallurg, 2009. – № 12. – S. 55–58.*
16. *Obrabotka metallov davleniem na Izhorskom zavode im. A. A. Zhdanova / O. F. Danilevskij, B. A. Derevjanko [i dr.] // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo, 1970 – № 4 – S. 6–10.*
17. *Ikuo Sato. Manufacturing and material properties of forgings for the reactor pressure vessel of the high temperature engineering test reactor / Ikuo Sato, Komei Suzuki // Nuclear Engineering and Design, 1997. – № 171. – P. 45–56.*
18. *Qiu Ma Prediction of deformation behavior and microstructure evolution in heavy forging by FEM / Qiu Ma, Zhong-qin Lin, Zhong-qi Yu // International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2009. – № 40. – P. 253–260.*
19. *Chigasov P. I. Kovka pustotelyh pokovok konicheskoj formy / P. I. Chigasov // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo, 1985. – № 4. – S. 38–39.*
20. *Programma «KvantorForm» [Elektronnyj resurs] : www.qform3d.ru*
21. *Kobelev O. A. Modelirovanie i sovershenstvovanie klinovogo instrumenta dlja razvertki kovanyh trub bol'shogo diametra / O. A. Kobelev // Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo, 2010. – №. 7.– S. 27–29.*

Алиева Л. И. – докторант каф. ОМД ДГМА
Жбанков Я. Г. – канд. техн. наук, ст. преп. каф. ОМД ДГМА
Злыгарев В. Н. – зам. гл. металлурга ПАО «НКМЗ»
Таган Л. В. – аспирант каф. ОМД ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

ПАО «НКМЗ» – Публичное акционерное общество «Новокраматорский машиностроительный завод», г. Краматорск.

E-mail: yzhbnakov@gmail.com

Статья поступила в редакцию 25.01. 2014 г.