

УДК 621.777.01

Алиева Л. И.

ПРОЦЕССЫ КОМБИНИРОВАННОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ И ВЫДАВЛИВАНИЯ

Разработка и освоение новых наукоемких технологических процессов – одно из наиболее важных направлений интенсификации машиностроительного производства.

В машиностроении все большее распространение приобретают комбинированные и гибридные методы обработки, основанные на сочетании традиционных методов механического воздействия на обрабатываемую поверхность с методами электрофизикохимического (теплового, электромагнитного, химического, ультразвукового и т.п.) воздействия [1, 2]. Более широкое распространение они приобрели в технологиях механической обработки резанием, листовой штамповки и поверхностной пластической обработки.

В обработке давлением совмещение процессов прокатки-прессования с процессами литья привело к развитию высокоэффективного способа совмещенного литья и прокатки-прессования (СЛИПП), основанного на одновременно осуществляемой кристаллизации жидкого металла и пластической деформации [1].

В прокатном производстве освоены комбинированные методы обработки давлением, более полно использующие полезные силы трения в очаге деформации и обеспечивающие «выполнение дополнительных функций за счет использования скрытых возможностей» совмещения операций, таких как деформирование в неприводной клетки, продольное разделение делительным инструментом и др. [2].

Управление пластическим течением и свойствами получаемых изделий одними технологическими факторами затруднительно и требует создания более сложных воздействий и режимов обработки давлением. Комбинирование такими воздействиями, приемами и условиями деформирования, активного регулирования режимов деформирования по пути и по времени открыло широкие возможности в направлении повышения качества продукции, получения деталей ранее недоступных сложных форм в оптимальном силовом режиме.

В обработке металлов давлением (ОМД) это привело к предложению ряда оригинальных технологий комбинированного воздействия и обработки, таких как, тиксоштамповка, изотермическая штамповка, валковая и термофрикционная штамповка, локальное деформирование, гидро- и винтовая экструзия. Известны альтернативные процессы деформирования с комбинированным нагружением: осадки с кручением, вибрационной штамповки, знакопеременного деформирования, деформирования с противодавлением, с натяжением, а также с полезным использованием сил (активного, реактивного и реверсивного) трения. Сочетание формоизменяющих операций между собой, а иногда и с разделительными операциями позволило расширить технологические возможности процессов деформирования и существенно повысить производительность обработки.

Среди процессов точной объемной штамповки (ТОШ) традиционные способы продольного (прямого и обратного) выдавливания показали себя достаточно эффективными методами получения прецизионных заготовок и деталей. Совмещение способов прямого и обратного выдавливания в процессе комбинированного деформирования сопровождается заметным снижением удельных и полных нагрузок и повышением производительности штамповки [3].

Одним из перспективных направлений развития процессов ТОШ является получение сложнопрофилированных деталей за счет применения способов комбинированного выдавливания, сочетающих схемы продольного выдавливания со способами поперечного (радиального и бокового) выдавливания [4].

Обобщение и анализ разновидностей таких способов, инструментов и режимов деформирования является необходимым условием для их эффективного освоения и расширения технологических возможностей.

Целью работы является обобщение способов комбинированного деформирования применительно к процессам объемного пластического деформирования.

Процесс обработки можно считать комбинированным, если в нем кроме основного действия (приема) использовано дополнительное воздействие на деформируемую заготовку. Это дополнительное воздействие на данную заготовку на данной позиции может быть в первую очередь силовым и (или) кинематическим воздействием.

Под кинематическим воздействием следует понимать влияние на кинематику процесса течения деформирующей заготовки путем целенаправленного регулирования (управления) направления подачи и истечения металла, характера (способа) деформирования, деформированного состояния, степени свободы истечения, а также обеспечения преобладания тех или иных схем деформации, как-то интенсивных сдвигов, обжатий, растяжения и др.

Кинематика процесса деформирования не связана однозначно с силовым воздействием на заготовку, а может быть предопределена конструкцией (геометрией) инструмента, степенью его подвижности, податливостью, возможностью поэтапного включения потоков [4, 5].

При изготовлении крупных поковок из исходных заготовок с литой структурой целесообразно путем комбинирования механических схем деформации обеспечить преобладающее влияние сдвиговой компоненты деформации. Способы деформирования с созданием интенсивных деформаций сдвига, основанных на управлении кинематикой течения металла заготовки за счет использования заготовок и инструментов специальной формы и комбинирования кинематического и силового воздействия инструмента в процессе деформирования нашли применение в производстве крупных заготовок. Деформирование по таким схемам позволяет эффективно преобразовать литую структуру заготовки в деформированную и получить качественные детали сложной формы за минимальное количество переходов [5].

Для процессов холодного деформирования с характерными высокими полными и удельными нагрузками одной из основных целей кинематического воздействия является повышение степени свободы истечения деформируемого металла. Комбинированное одновременное течение в нескольких направлениях, протекаемое в оптимальном саморегулируемом силовом режиме, способствует повышению производительности и стойкости инструмента, расширению возможностей за счет усложнения формы, а также точности штампуемых деталей за счет осуществления нескольких переходов (операций) деформирования заготовки, при ее нахождении в одной и той же матрице.

Генерирование и классификация способов комбинированного выдавливания выполнено на основе анализа кинематических структур, исходя из обобщенной схемы выдавливания (рис. 1, а), содержащей по две пары наружных 1, 2 и внутренних 3 и 4 матриц (верхние, нижние) и две пары пуансонов (верхние 5 и нижние 6), а также обойму 7 и оправку 8, участвующих в формообразовании деталей отдельных групп. Пуансоны (матрицы) могут быть объединены как друг с другом, так и между инструментами другого вида (оправкой, обоймой или матрицей). Частный случай деформирования исходной сплошной заготовки требует удаления оправки и внутренних матриц (рис. 1, б).

Если условно отбросить периферийные очаги деформации разворота, то можно показать основные способы совмещенного продольно-поперечного выдавливания сплошных заготовок (рис. 2). Трехстороннее совмещенное радиально-обратно-прямое выдавливание предполагает применение разъемной матрицы (схемы группы А) и одновременное течение металла в прямом, радиальном и обратном выдавливании. Прогнозирование характера заполнения полости матрицы при таком свободном выдавливании важно для конструирования штампов и управления процессом.

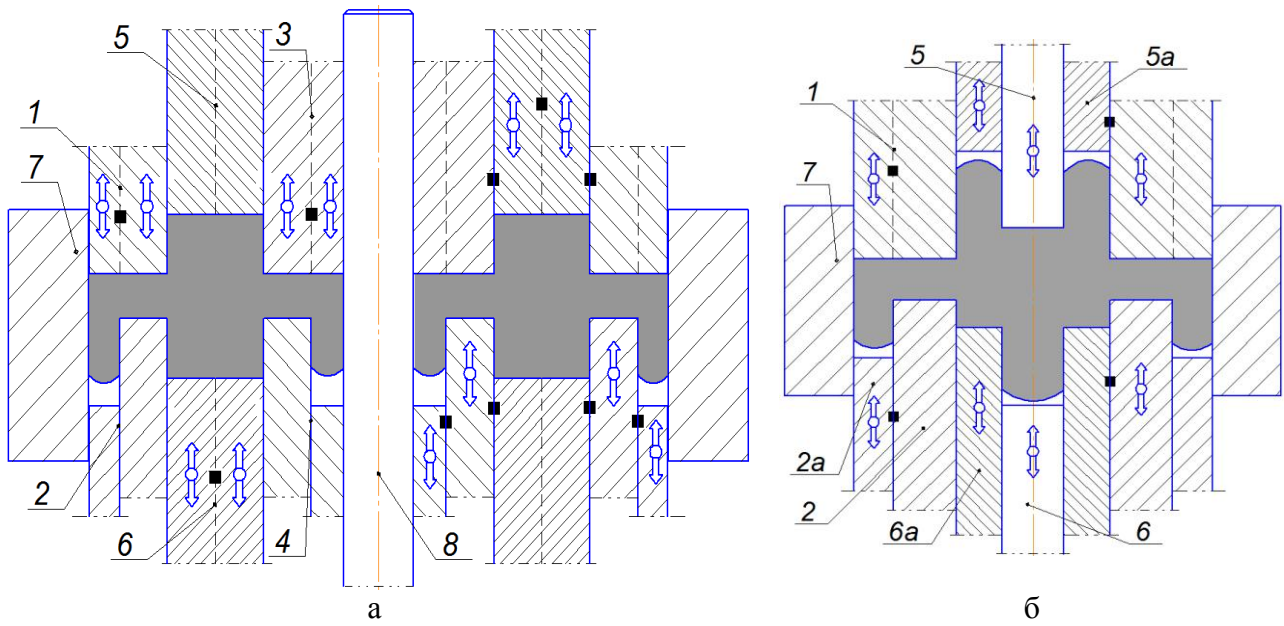


Рис. 1. Обобщенные схемы комбинированного поперечно-продольного выдавливания из полых (а) и сплошных (б) заготовок

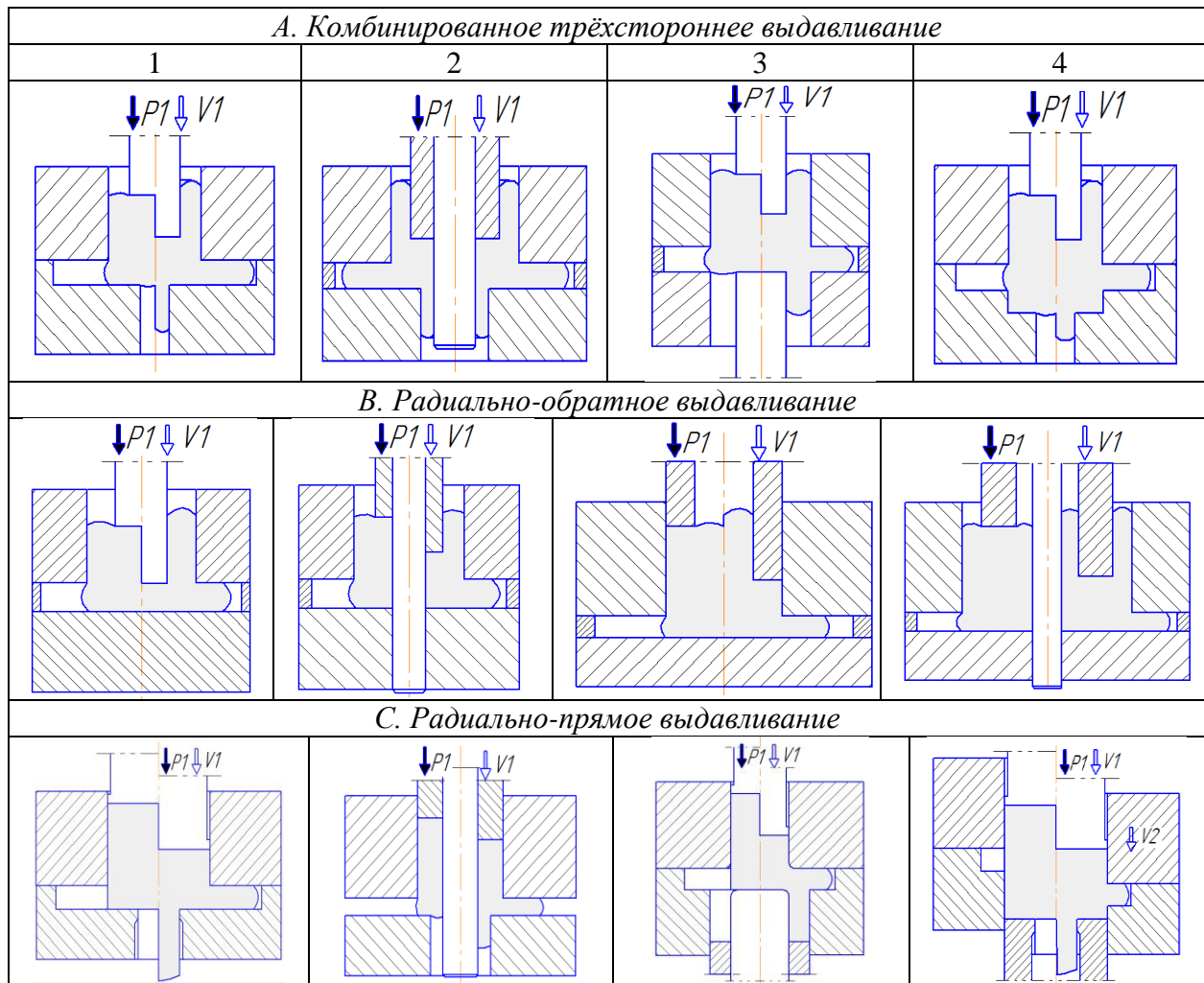


Рис. 2. Способы комбинированного совмещенного поперечно-продольного выдавливания

Способы группы *B* комбинированного радиально-обратного выдавливания (РОВ) занимают в ряду рассматриваемых процессов предпочтительное место ввиду относительной простоты реализации способов и низких рабочих нагрузок; поэтому они могут быть рекомендованы для материалов с повышенным сопротивлением деформированию. При этом выдавливанием получают детали типа стакана или стержня с фланцем (рис. 3), а исходными заготовками могут служить сплошные и полые полуфабрикаты. Ограничение в необходимости подготовки калиброванной заготовки и в пониженной деформируемости металла во фланцевой зоне [6, 7]. Получение стержней с фланцем возможно из легкодеформируемых сплавов, т.к. полый пуансон имеет пониженную стойкость.

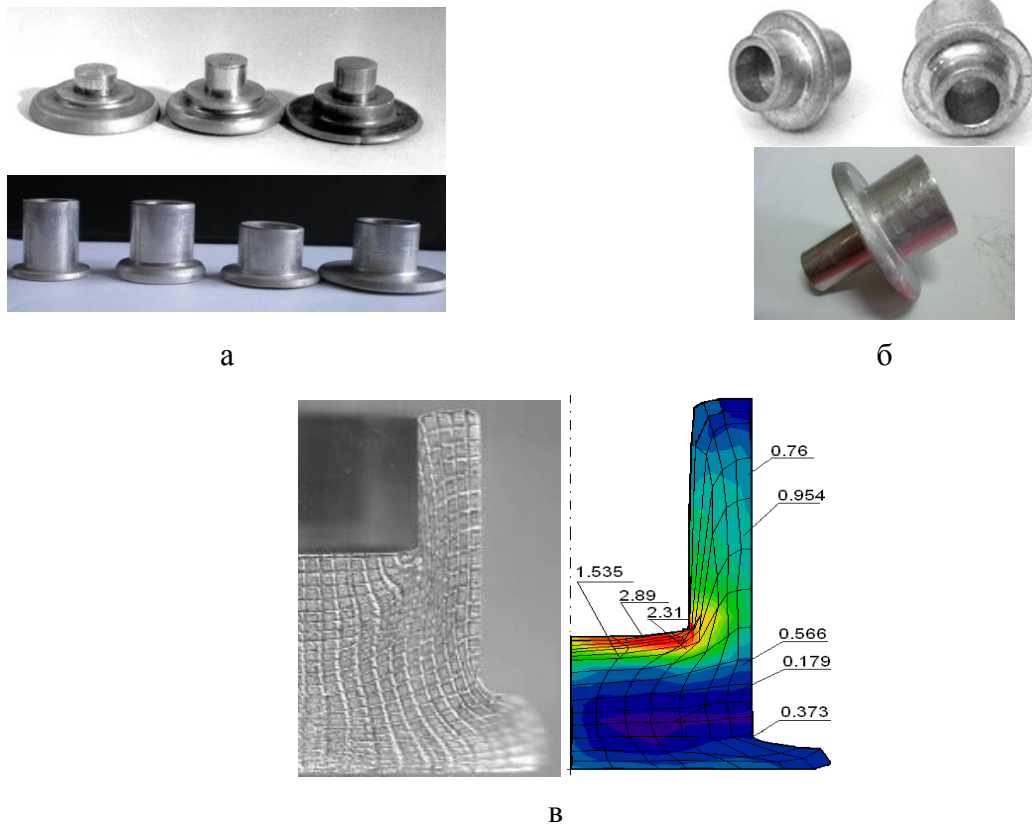


Рис. 3. Детали, полученные РОВ (а) и РПВ (б), деформированное состояние при РОВ (в)

Наиболее трудными в реализации схемами могут быть способы (группа *C*) радиально-прямого (совмещенного по времени и по очагу деформации) выдавливания (РПВ), при котором на границах раздела течения в прямом и радиальном направлениях возникают значительные сдвиговые деформации, вызывающие разделение частей заготовки. В этих процессах для управления течением можно использовать как геометрические параметры матриц, так и регулирование подачи способом выдавливания с подвижным очагом деформации (ОД).

Последовательное радиально-прямое выдавливание (рис. 4), лишённое этого ограничения, весьма эффективно для формообразования удлиненных трубчатых деталей с переменной толщиной стенки и большим перепадом ступенчатых частей (рис. 5).

Способы последовательного РПВ включают две принципиально отличающиеся группы с преобладающим направлением выдавливания (истечения) и характером деформации: с раздачей металла [8–12] (см. рис. 4, верхний ряд) и обжимом (нижний ряд) [13]. В первом случае металл заготовки, выдавленный (в направлении от центра) в радиальную полость постоянной (а при необходимости и переменной) высоты при достижении обоймы, претерпевает разворот и далее выдавливается в прямом направлении. Во втором случае металл течет в радиальном направлении к центру и разворачивается в прямом направлении при помощи центральной оправки.

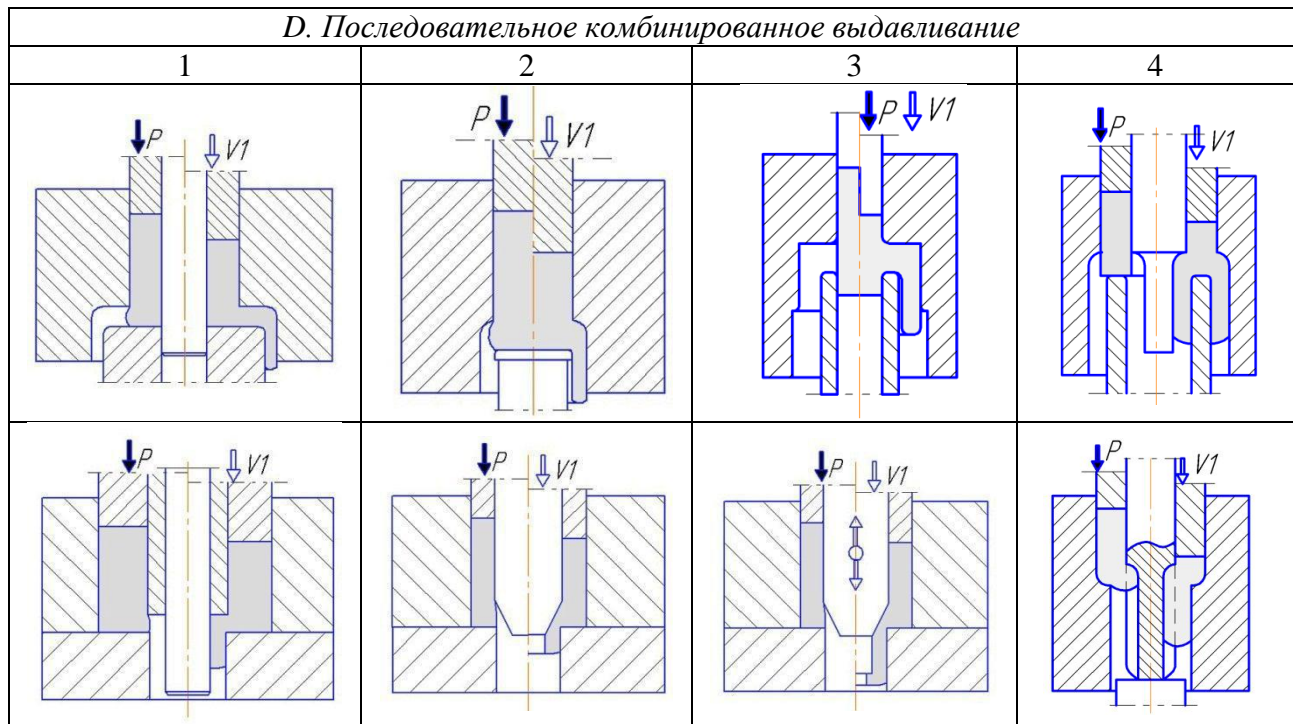


Рис. 4. Способы комбинированного последовательного РПВ

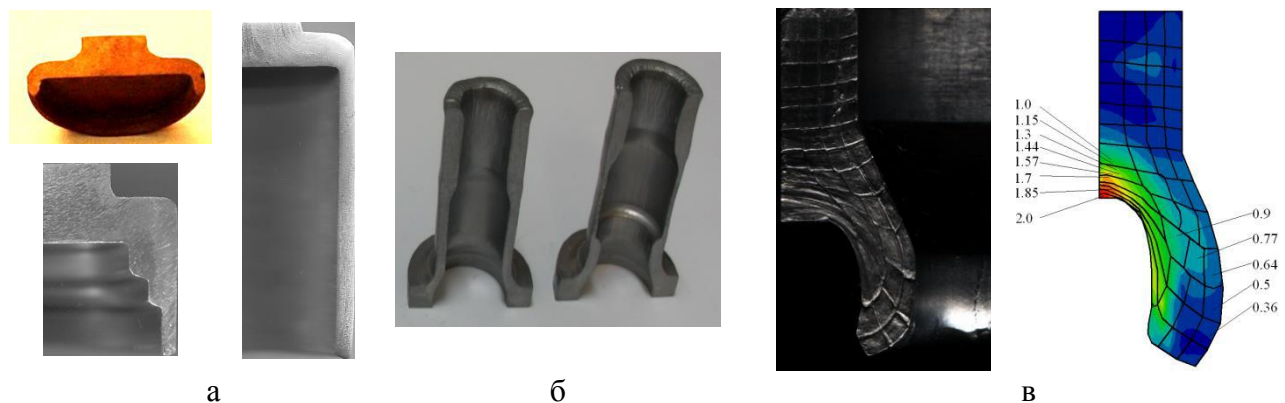


Рис. 5. Детали, полученные РПВ с раздачей (а) и обжимом (б), и деформированное состояние заготовки при РПВ с обжимом (в)

К ним примыкают способы выдавливания с раздачей (схема 2), безматричного выдавливания [8, 11, 12] и выдавливания в штампах с подвижной оправкой (схема 3) или с подвижными матрицами, позволяющие снизить энергетические затраты и получить заготовки с профилированными поверхностями.

Более сложной кинематикой движения инструмента отличаются способы поэтапного комбинированного поперечно-продольного выдавливания и выдавливания со встречным движением инструмента и деформирования заготовки (рис. 6). Но эти способы создают возможность изготовления деталей более сложных пространственных форм и с меньшими удельными и полными нагрузками на инструмент. Эти комбинации встречных и поэтапных движений формообразующих инструментов требуют создания специальных штампов, в которых недостаточно наличия одного активного деформирующего подвижного инструмента-пуансона. Помимо него подвижность должна быть и у дополнительных частей как деформирующего (активного), так и формообразующего инструмента [14, 15]. Эти штампы отличаются сложностью кинематики и требуют активного управления и могут быть прообразом специализированного прессового оборудования, означающего качественный скачок в развитии кузнечно-прессового производства. Повышение сложности формы получаемых таким

путем деталей способствует резкому росту технико-экономических показателей и конкурентоспособности новых технологий.

Способы комбинированного деформирования включают наряду с формоизменяющими операциями и разделительные операции по отрезке исходной заготовки, по отделению готовой детали от непрерывной исходной заготовки или перемычки (отхода) от готовой детали (рис. 7).

Способы комбинирования формообразующих и разделительных операций (см. рис. 7) позволяют получить отформованные исходные заготовки от прутка и готовые полые детали типа втулок и колец от исходной сплошной заготовки [16].

Введение предварительного поперечного выдавливания полуфабриката при обработке многоступенчатой прутковой заготовки позволило повысить качество отрезки штучной заготовки [17], но и безотходно получить полуфабрикат, а иногда и детали типа колец [16].

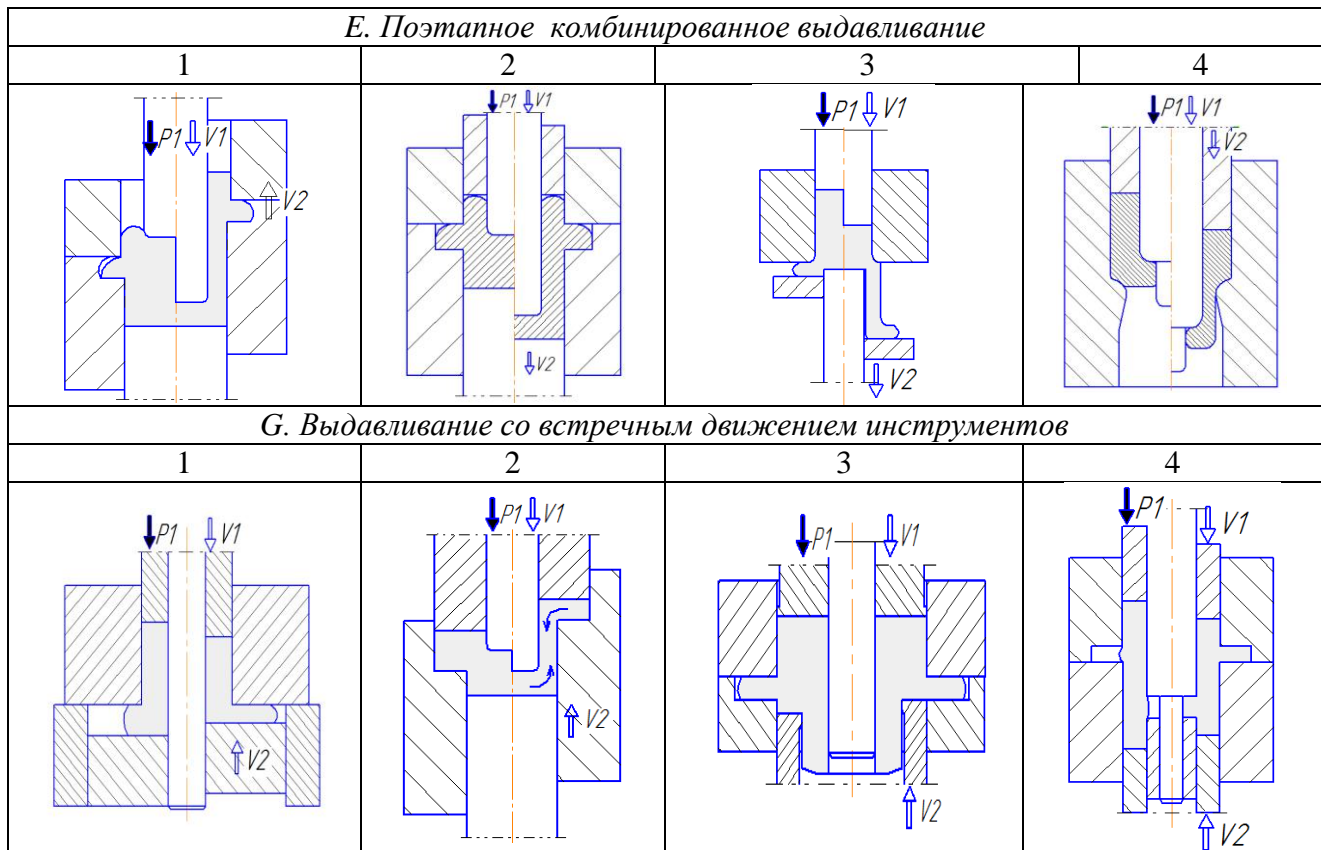


Рис. 6. Схемы выдавливания со сложной кинематикой перемещения инструментов

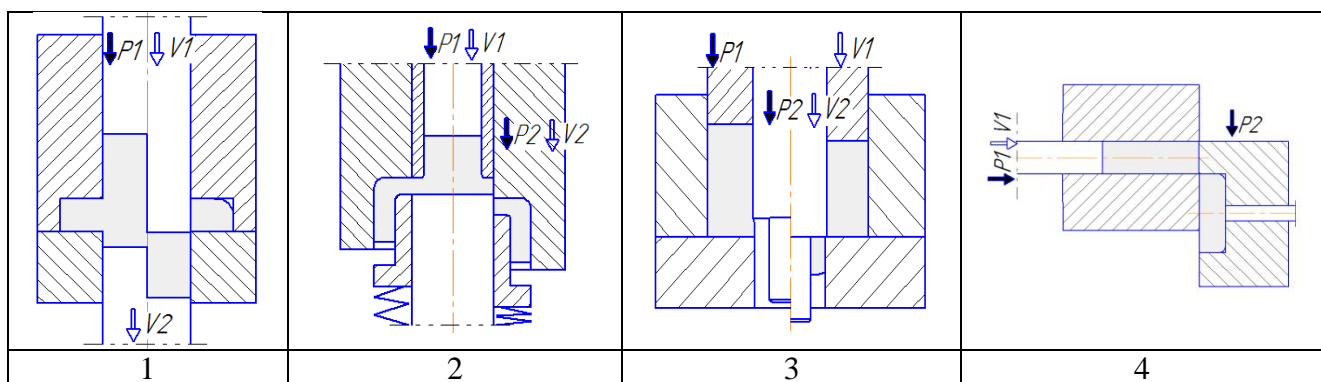


Рис. 7. Способы комбинированного выдавливания-разделения

Различные сочетания движений пуансонов и нагрузжений заготовки позволили создать ряд технологических способов, которые регулируют положение зоны максимального упрочнения металла по высоте ОД, степень заполнения приемной полости матрицы и форму выдавливаемого фланца (рис. 8, схемы 1–4) [18]. При двустороннем поперечном выдавливании

ОД имеет симметричную форму и меньшую высоту и объем, что может быть в ряде случаев недостатком, так как на переходных нагруженных участках металл может оказаться недостаточно упрочненным.

Для устранения опасности разрушения детали на переходном к фланцу участке при одновременном обеспечении достаточной прочности предложено дополнять одностороннее выдавливание двусторонним боковым выдавливанием на заключительной стадии (см. рис. 8, схема 1) [19]. Устранению и дефектов типа утяжин, и грибовидности фланцев, а также повышению равномерности упрочнения детали способствует комбинированное радиальное выдавливание, включающее предварительный набор металла в полость подвижной матрицы и последующую высадку фланца (схема 2). Способ позволяет управлять траекторией (историей) деформирования и избежать опасной жесткой зоны напряженного состояния. В целом это приводит к повышению в 1,5–2 раза предельных диаметров фланцев, формообразуемых на стержневых заготовках.

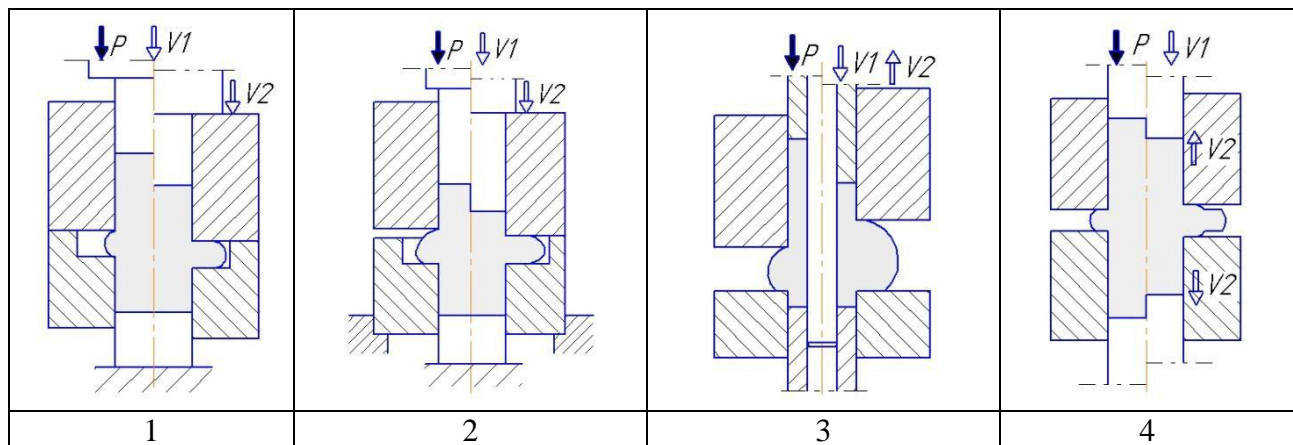


Рис. 8. Способы регулирования кинематики радиального выдавливания

Для этой же цели радиальное выдавливание фланца предваряют высадкой, выполняемой на том же переходе. В тех случаях, когда из-за конструктивных особенностей детали двустороннее выдавливание неосуществимо, эффективна схема комбинированного деформирования, когда на первом этапе выполняют высадку, а затем – одностороннее радиальное выдавливание [20]. Приемы кинематического воздействия являются эффективным путем повышения качества штампуемых деталей, получаемых в процессах точной объемной штамповки выдавливанием. Для процессов поперечного выдавливания создается возможность управляемого деформирования с регламентацией качества получаемых изделий. Устранению дефектов типа утяжин способствует комбинированное радиальное выдавливание, включающее предварительный набор металла в полость матрицы с пониженной высотой с последующим по ходу процесса постепенным возрастанием высоты, обеспечиваемого приведением в движение одной или обеих полуматриц (схема 3) [4].

ВЫВОДЫ

Рассмотрены особенности способов комбинированной обработки, совмещающих различные методы воздействий на обрабатываемую заготовку. В ОМД управление процессами деформирования производится изменением напряженно-деформированного состояния заготовки путем силовых и кинематических воздействий. Систематизированы разновидности технологических схем комбинированного поперечно-продольного выдавливания. В зависимости от пути и времени осуществления выделены группы совмещенного, последовательного и поэтапного комбинированного выдавливания. Дана оценка возможностям и ограничениям новых технологических приёмов управления течением металла и качеством деформируемой заготовки. Предложен ряд технологических способов, которые регулируют положение зоны максимального упрочнения металла по высоте очага деформации, степень заполнения

приемной полости матрицы и форму выдавливаемой детали. К этим способам относятся выдавливание с комбинированной подачей металла в полость подвижной матрицы, выдавливание, дополненное предварительной или последующей высадкой фланца, и радиальное выдавливание с двусторонней и последовательно двусторонней подачей металла заготовки в полость матрицы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидельников С. Б. *Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов: монография* / С. Б. Сидельников, Н. Н. Довженко, Н. Н. Загиров // М. : МАКС Пресс, 2005. – 344 с.
2. Фастыковский А. Р. *Совмещенные процессы, использующие резервные силы трения в очаге деформации при прокатке: монография* / А. Р. Фастыковский. – Новокузнецк : Изд-во НПК, 2007. – 246 с.
3. Оленин Л. Д. *Анализ комбинированного выдавливания через три канала в режиме управления течением (квазистационарная стадия)* / Л. Д. Оленин // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 1997. – № 2. – С. 25–29.
4. Алиев И. С. *Технологические возможности новых способов комбинированного выдавливания* / И. С. Алиев // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 1990. – №2. – С. 7–9.
5. *Комбинированная пластическая деформация со сдвигом для получения крупных заготовок* / Л. И. Алиева, Я. Г. Жбанков, М. А. Маркова, Л. В. Таган // *Обработка материалов давлением : сборник научных трудов*. – Краматорск : ДГМА, 2013. – № 3 (36). – С. 3–9.
6. Филиппов Ю. К. *Кинематический анализ процесса комбинированного выдавливания детали типа стакан с внутренней и внешней конической поверхностью* / Ю. К. Филиппов, В. И. Ерфилов, П. А. Петров // *Сборник научных трудов*. – Тула, 1999. – Выпуск 1. – С. 102–108.
7. Aliieva L. *Analysis of billet deformation during the combined radial-backward extrusion* / L. Aliieva, N. Grudkina, I. Zhbankov // *New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering*. – Czestochowa : Quick-druk, 2012. – P. 389–396.
8. Воронцов А. Л. *Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением : учеб. пособие : в 2 т.* / А. Л. Воронцов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – ISBN 978-5-70038-3916-4.
9. Ренне И. П. *Технологические возможности процесса свободного выдавливания (без матрицы) полых деталей* / И. П. Ренне, А. И. Сумарокова // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 1987. – №6. – С. 25–26.
10. Osen W. *Kombiniertes Quer-Hohl-Worwarts-Fließpressen* / W. Osen // *Draht*. – 1986. – №3. – S. 133–137.
11. Алиева Л. И. *Технологические возможности процессов радиально-прямого выдавливания с раздвиганием* / Л. И. Алиева, О. В. Чучин // *Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Энергосбережение. Экология. Новые технологии» 25–27 ноября 2015*. – Старый Оскол : СТИ НИТУ «МИСиС», 2015. – С. 148–153.
12. Данилин Г. А. *Теория и расчеты процессов комбинированного пластического формоизменения* / Г. А. Данилин, В. П. Огородников. – СПб. : БГТУ, 2004. – 304 с.
13. Aliieva Leila. *Radial-direct extrusion with a movable mandrel* / Leila Aliieva, Yaroslav Zhbankov // *Metallurgical and Mining Industry. «International scientific conference «RELIABILITY SAFETY TECHNOLOGIC EQUIPMENT» RSTE-2015»*. – Dnipropetrovsk, 2015. – № 11. – P. 175–183.
14. Пат. 71184 Україна, В 21 К 5/00. *Спосіб виготовлення порожнистих деталей з фасонною зовнішньою поверхнею* / І. С. Алієв, А. А. Носаков, Л. І. Алієва, М. В. Косенко; власник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 20031110738; заявл. 27.11.2003; опубл. 15.11.2004. Бюл. № 11.
15. Пат. 8620 Україна, В21К21/00. *Спосіб видавлювання деталей зі складним профілем* / Л. І. Алієва, Р. С. Борисов; власник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 200500452; заявл. 17.01.2005; опубл. 15.08.2005., Бюл. №8.
16. *Новые способы выдавливания для безотходного изготовления полых деталей типа втулок и колец* / Л. И. Алиева, О. В. Чучин, Е. Н. Бондарева, Я. Г. Жбанков // *Обработка материалов давлением : сборник научных трудов*. – Краматорск : ДГМА, 2010. – № 3 (24). – С. 86–91.
17. Пат. 32102 Україна, МПК В 21 К 21/00. *Спосіб розділення сортового прокату на заготовки* / І. С. Алієв, Л. І. Алієва, Я. Г. Жбанков, М. В. Косенко; власник Донбаська державна машинобудівна академія. – № и 200711369 ; заявл. 12.05.2008 ; опубл. 12.05.2008, Бюл. № 9. – 3 с.
18. Алиев И. С. *Технологические процессы холодного поперечного выдавливания* / И. С. Алиев // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 1988. – №6. – С. 1–4.
19. Пат. 84078 Україна, МПК В 21 К 21/00. *Спосіб виготовлення деталей з бічними відростками* / Л. І. Алієва, О. М. Бровкін, І. А. Деревенько, О. А. Жукова, В. В. Цимбаліст; заявник та патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № и201304310; заявл. 05.04.13; опубл. 10.10.13, Бюл. № 19.
20. Пат. 104817 Україна, МПК В 21 К 22/04. *Спосіб виготовлення деталей з фланцем* / Л. І. Алієва; заявник та патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № и201506428; заявл. 30.06.15; опубл. 25.02.16, Бюл. № 4.

REFERENCES

1. Sidel'nikov S. B. *Kombinirovannnye i sovmeshhennnye metody obrabotki cvetnyh metallov i splavov: monografija* / S. B. Sidel'nikov, N. N. Dovzhenko, N. N. Zagirov // M. :MAKS Press, 2005. – 344 s.
2. Fastykovskij A. R. *Sovmeshhennnye processy, ispol'zujushhie rezervnye sily trenija v ochage deformacii pri prokatke: monografija* / A. R. Fastykovskij. – Novokuzneck : Izd-vo NPK, 2007. – 246 s.
3. Olenin L. D. *Analiz kombinirovannogo vydavlivaniya cherez tri kanala v rezhime upravlenija techeniem (kvazistacionarnaja stadija)* / L. D. Olenin // *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo*. – 1997. – № 2. – S. 25–29.
4. Aliiev I. S. *Tehnologicheskie vozmozhnosti novyh sposobov kombinirovannogo vydavlivaniya* / I. S. Aliiev // *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo*. – 1990. – №2. – S. 7–9.
5. *Kombinirovannaja plasticheskaja deformacija so sdvigom dlja poluchenija krupnyh zagotovok* / L. I. Aliieva, Ja. G. Zhbankov, M. A. Markova, L. V. Tagan // *Obrabotka materialov davleniem : sbornik nauchnyh trudov*. – Kramatorsk : DGMA, 2013. – № 3 (36). – S. 3–9.
6. Filippov Ju. K. *Kinematicheskij analiz processa kombinirovannogo vydavlivaniya detali tipa stakan s vnutrennej i vneshnej konicheskoy poverhnost'ju* / Ju. K. Filippov, V. I. Erfilov, P. A. Petrov // *Sbornik nauchnyh trudov*. – Tula, 1999. – Vypusk 1. – S. 102–108.
7. Aliieva L. *Analysis of billet deformation during the combined radial-backward extrusion* / L. Aliieva, N. Grudkina, I. Zhbankov // *New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering*. – Czestochowa : Quick-druk, 2012. – P. 389–396.
8. Voroncov A. L. *Teorija i raschety processov obrabotki metallov davleniem : ucheb. posobie : v 2 t.* / A. L. Voroncov. – M. : Izd-vo MGTU im. N. Je. Baumana, 2014. – ISBN 978-5-70038-3916-4.
9. Renne I. P. *Tehnologicheskie vozmozhnosti processa svobodnogo vydavlivaniya (bez matricy) polyh detalej* / I. P. Renne, A. I. Sumarokova // *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo*. – 1987. – №6. – S. 25–26.
10. Osen W. *Kombiniertes Quer-Hohl-Worwarts-Fliepressen* / W. Osen // *Draht*. – 1986. – №3. – S. 133–137.
11. Aliieva L. I. *Tehnologicheskie vozmozhnosti processov radial'no-prjamogo vydavlivaniya s razdachej* / L. I. Aliieva, O. V. Chuchin // *Materialy XII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Sovremennye problemy gorno-metallurgicheskogo kompleksa. Jenergosberezhenie. Jekologija. Novye tehnologii» 25–27 nojabrja 2015*. – Staryj Oskol : STI NITU «MISiS», 2015. – S. 148–153.
12. Danilin G. A. *Teorija i raschety processov kombinirovannogo plasticheskogo formoizmenenija* / G. A. Danilin, V. P. Ogorodnikov. – SPb. : BGTU, 2004. – 304 s.
13. Aliieva Leila. *Radial-direct extrusion with a movable mandrel* / Leila Aliieva, Yaroslav Zhbankov // *Metallurgical and Mining Industry. «International scientific conference «RELIABILITY SAFETY TECHNOLOGIC EQUIPMENT» RSTE-2015»*. – Dnipropetrovsk, 2015. – № 11. – R. 175–183.
14. Pat. 71184 Ukraina, B 21 K 5/00. *Sposib vigotovlennja porozhnistih detalej z fasonnoju zovnishn'oju poverhneju* / I. S. Aliiev, A. A. Nosakov, L. I. Aliieva, M. V. Kosenko; vlasnik Donbas'ka derzhavna mashinobudivna akademija. – № 20031110738; zajavl. 27.11.2003; opubl. 15.11.2004. Bjul. № 11.
15. Pat. 8620 Ukraina, B21K21/00. *Sposib vidavljuvannja detalej zi skladnim profilem* / L. I. Aliieva, R. S. Borisov; vlasnik Donbas'ka derzhavna mashinobudivna akademija. – № 200500452; zajavl. 17.01.2005; opubl. 15.08.2005., Bjul. №8.
16. *Novye sposoby vydavlivaniya dlja bezothodnogo izgotovlenija polyh detalej tipa vtulok i kolec* / L. I. Aliieva, O. V. Chuchin, E. N. Bondareva, Ja. G. Zhbankov // *Obrabotka materialov davleniem : sbornik nauchnyh trudov*. – Kramatorsk : DGMA, 2010. – № 3 (24). – S. 86–91.
17. Pat. 32102 Ukraina, MPK B 21 K 21/00. *Sposib rozdilennja sortovogo prokatu na zagotovki* / I. S. Aliiev, L. I. Aliieva, Ja. G. Zhbankov, M. V. Kosenko; vlasnik Donbas'ka derzhavna mashinobudivna akademija. – № u 200711369; zajavl. 12.05.2008; opubl. 12.05.2008, Bjul. № 9. – 3 s.
18. Aliiev I. S. *Tehnologicheskie processy holodnogo poperechnogo vydavlivaniya* / I. S. Aliiev // *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo*. – 1988. – №6. – S. 1–4.
19. Pat. 84078 Ukraina, MPK B 21 K 21/00. *Sposib vigotovlennja detalej z bichnimi vidrostkami* / L. I. Aliieva, O. M. Brovkin, I. A. Dereven'ko, O. A. Zhukova, V. V. Cimbalist; zajavnik ta patentovlasnik Donbas'ka derzhavna mashinobudivna akademija. – № u201304310; zajavl. 05.04.13; opubl. 10.10.13, Bjul. № 19.
20. Pat. 104817 Ukraina, MPK B 21 K 22/04. *Sposib vigotovlennja detalej z flancem* / L. I. Aliieva; zajavnik ta patentovlasnik Donbas'ka derzhavna mashinobudivna akademija. – № u201506428; zajavl. 30.06.15; opubl. 25.02.16, Bjul. № 4.

Алиева Л. И. – канд. техн. наук, доц. каф. ОМД ДГМА, докторант

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: omd@dgma.donetsk.ua

Статья поступила в редакцию 04.12.2015 г.