

УДК 621.771

**Жбанков Я. Г.
Алиев И. С.**

РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ КОВКИ ВАЛОВ И ДИСКОВ И ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЙ ИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как отмечалось в работах [1–3], количество способов ковки поковок типа валов, плит, колец и труб, получаемых на основании метода морфологических карт, достигает нескольких тысяч, однако многие из них априори не могут быть реализованы. Для упорядоченности всех этих способов, определения новых потенциально перспективных способов необходимо составить общую классификацию. Классификация позволит упорядочить все способы, отбросить сложно реализуемые и наметить пути развития знаний в области ковки.

Таким образом, целью данной работы является разработка классификаций способов ковки крупных поковок осадкой и протяжкой.

На основании проведенного информационного обзора для морфологических карт факторы были разбиты еще подробнее. Так, например форма инструмента для ковки валов и плит имеет две характеристики: продольную и поперечную форму. Аналогично и для формы заготовки. Выполним классификации для различных процессов: протяжки валов (плит), осадке дисков, раскатке колец, протяжке труб и прошивке заготовок.

Процессы протяжки слитков бойками (рис. 1). На первом уровне классификации будут находиться характеристики заготовки. Для компактного представления классификации будем шифровать все характеристики процессов согласно морфологических карт. На основе предыдущих исследований установлено, что поперечное сечение заготовки может быть круглым (Г1), квадратным (Г2), прямоугольным (слябовая заготовка Г3), иметь трехлучевую (Г4) и многогранную (Г5) форму. Каждая из этих заготовок может иметь как цилиндрическую (В1), подготовленную заранее, так и коническую (В2) форму.

На следующем уровне располагается такая характеристика заготовки, как температурное поле. Для заготовок, которые имеют цилиндрическую, квадратную многогранную форму, температурное поле может быть однородным с температурной заготовки ниже температуры рекристаллизации (Ж1), однородным с температурной выше температуры рекристаллизации (Ж2), неравномерным симметрично (Ж3) и несимметрично (Ж4). Ковка заготовок слябовой и трехлучевой формы с несимметричным температурным полем представляется бессмысленным. Поэтому для заготовок Г3.В1-2 и Г4.В1-2 представляются возможными поля Ж1-3.

На следующем уровне классификации располагается форма инструмента продольная (А) и поперечная (Б). Заготовки, описанные выше, могут быть откованы бойками со следующей формой продольного сечения: плоское сечение (А1), бойки с фасками (А2), с вогнутым радиусом (А3), ступенчатым симметричным сечением (А4) и несимметричным сечением (А5). Форм разновидностей поперечного сечения бойков гораздо больше.

Это плоские (Б1), комбинированные (Б2), вырезные (Б3), радиусные (Б4), выпуклые клиновые (Б5), ступенчатые (Б6), нижний плоский – верхний косой (Б7), нижний вырезной – верхний косой (Б8), верхний и нижний косые разнонаправленные (Б9), вырезные несимметричные (Б10), радиусные несимметричные (Б11), выпуклые радиусные (Б12), выпуклые клиновые несимметричные (Б13), выпуклые радиусные несимметричные (Б14). Не все формы поперечного сечения бойков представляется возможным сочетать с любой продольной формой. Так например для заготовок круглой цилиндрической и конической формы (Г1.В1-2) и заготовок с многогранным поперечным сечением (Г5.В1-2) плоские бойки (А1), бойки с фаской (А2) и вогнутым радиусом (А3) могут сочетаться с любой формой поперечного сечения (Б1-14). Бойки, имеющие ступенчатую форму продольного сечения А4 и А5, представляются сочетаниями для данной заготовки только лишь с поперечными сечениями Б1 и Б6. Сочетание же их с остальными бойками, например вырезными, видится абсолютно бессмысленным и практически не реализуемым.

Для заготовок, имеющих форму поперечного сечения в виде квадрата (Г2.В1-2) и прямоугольника (Г3.В1-2), форма бойков А1-3 может сочетаться с плоской формой поперечного сечения (Б1), выпуклой клиновидной формой (Б5), ступенчатой (Б6) и выпуклой радиусной (Б12), несимметричной клиновидной (Б13) и несимметричной радиусной (Б14) формой.

Трехлучевую заготовку представляется возможным ковать бойками плоскими (А1), с фаской (А2) и с вогнутым радиусом (А3). При этом форма поперечного сечения бойков не может быть только лишь ступенчатой, т. е. возможны варианты Б1-5, Б7-14.

На следующем уровне находится кинематика движения инструмента. Для всех вариантов бойков и заготовок возможны вертикальное движение бойков (Д1), вертикально-поперечное (Д2) и вертикально-продольное (Д3).

На рис. 1 приведена классификация процессов протяжки валов и плит в зашифрованном виде. Для примера на рис. 2 приведена подробная (расшифрованная) часть общей классификации.

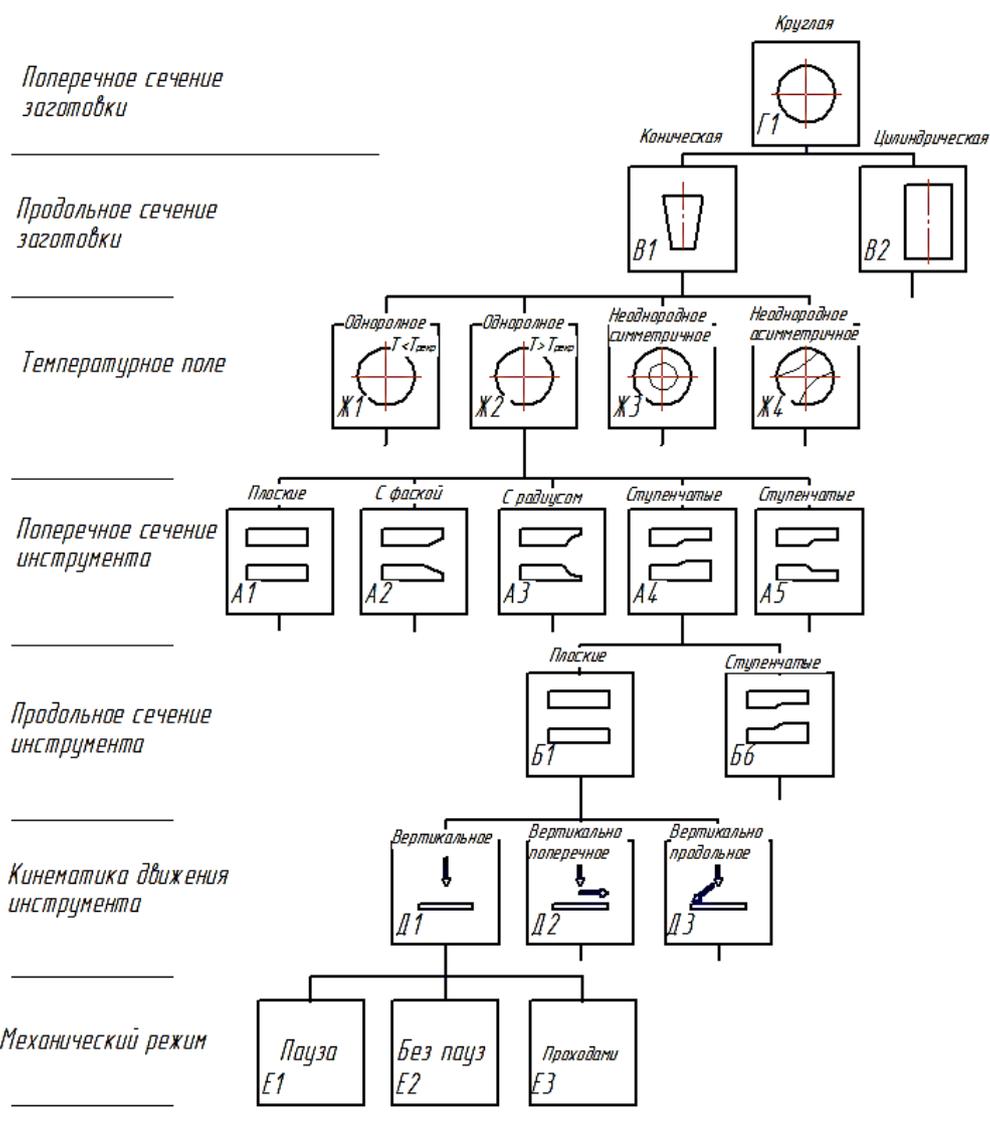


Рис. 2. Расшифрованная часть классификации процессов ковки протяжкой

Коническая заготовка круглого сечения Г1.В1 с однородным температурным полем и температурой выше температуры рекристаллизации (Ж2) может быть откована ступенчатыми в продольном сечении бойками (А4) и плоскими в поперечном (Б1). Ковка может вестись с вертикальным перемещением верхнего бойка (Д1) без пауз (Е2). Формула этого способа выглядит следующим образом Г1.В1.Ж2.А4.Б1.Д1.Е2.

В качестве направления исследований подберем несколько схем ковки поковок типа валов и плит протяжкой.

Основная масса заготовок под ковку протяжкой имеет круглое поперечное сечение Г1, в продольном сечении такие заготовки имеют цилиндрическую форму В1. Наиболее просто в ковке при нагреве заготовки обеспечивать температурное поле, максимально приближенное к однородному (без значительных перепадов температур по сечению) Ж1. Наиболее часто используемые бойки имеют плоское продольное сечение А1. Как показал анализ схем ковки, проведенный в работах [4–8], инструмент, обладающий ассиметричной формой, обеспечивает макросдвиговые деформации в заготовке, что позволяет повышать качество литого металла. В качестве такого инструмента возьмем косые бойки с формой поперечного сечения Б9. Механический режим будем реализовывать по традиционной схеме Д1Е2. Таким образом, формула схемы ковки будет выглядеть как Г1В1Ж1А1Б9Д1Е2. Также интерес для исследований будут составлять и другие схемы ковки протяжкой основанные на использовании специального инструмента: Г1В1Ж1А1Б8Д1Е2 – косые комбинированные бойки, Г1В1Ж1А1Б10Д1Е2 – косые вырезные бойки, Г1В1Ж1А1Б6Д1Е2 – ступенчатые бойки. Данные типы бойков обеспечат сдвиговые деформации в заготовке при ковке. Кроме того для ковки ступенчатыми бойками возможно применение заготовки с прямоугольным поперечным сечением Г3В1Ж1А1Б6Д1Е2.

Для расширения области знаний о влиянии температурного поля на НДС заготовки в процессах протяжки также большой интерес представляют схемы ковки заготовок с неравномерным температурным полем: Г1В1Ж3А1Б1Д1Е2 – ковка плоскими бойками заготовки с симметричным неравномерным полем, Г1В1Ж3А1Б2Д1Е2 – ковка комбинированными бойками заготовки с неравномерным симметричным температурным полем, Г1В1Ж4А1Б1Д1Е2 – ковка плоскими бойками заготовки с несимметричным неравномерным температурным полем.

Кроме того, без внимания нельзя оставлять и известные способы ковки, хорошо зарекомендовавшие себя, но мало применяемые из-за недостатка информации о закономерностях НДС заготовки. К таким способам относится протяжка плоскими бойками со скосами плоской заготовки Г3В1Ж1А2Б1Д1Е2. Предлагаемые способы ковки приведены на рис. 3.

Процессы ковки слитков осадкой (рис. 4). Для осадки могут использоваться заготовки круглого поперечного сечения (Г1), квадратного (Г2), полые заготовки (Г3), заготовки трехлучевой (Г4) и многогранной (Г5) формы. При этом круглые (Г1), квадратные (Г2) и полые (Г3) заготовки могут быть в продольном сечении прямоугольными (В1), с вогнутой боковой поверхностью (В2), коническими (В3), с выпуклой боковой поверхностью (В4), и иметь профилированную форму (В5). Заготовки с более сложной поперечной формой, например трехлучевая (Г4) и многогранная (Г5), могут иметь коническую и цилиндрическую форму.

Заготовки с круглым, квадратным, трехлучевым и многогранным поперечным сечением, а также полые заготовки могут иметь однородное температурное поле с температурой выше температуры рекристаллизации (Ж1), ниже температуры рекристаллизации (Ж2), неравномерное симметричное (Ж3) и неравномерное несимметричное поле (Ж4) в поперечном сечении. Что же касается продольного сечения заготовки, то температурное поле может быть следующим. Для заготовок Г1, 2, 4, 5 продольное температурное поле может быть также однородным (И1), неравномерным с различными температурами на торцах и в середине заготовки (И2), неравномерным несимметричным полем (И3), неравномерным симметричным в виде оболочки (И4) и неравномерным дискретным (И5). Полая заготовка в продольном сечении не может иметь форму И5 из-за особенностей ее геометрии.

Для деформирования заготовки может использоваться инструмент с такой формой продольного сечения: плоские плиты (А1), нижняя плоская плита верхний узкий боек (А2), верхний и нижний плоские бойки (А3). Поперечное сечение инструмента может быть следующим: гладкие плоские плиты (Б1), полый верхний и нижний инструмент (Б2), верхний полый, нижний плоский (Б3), верхний и нижний вогнутый инструмент (Б4), верхний и нижний выпуклый (Б5), верхний и нижний полый инструмент, верхний скошенный (Б6), нижний плоский

верхний выпуклый (Б7), верхний и нижний ступенчатые (Б8), верхний выпуклый клиновой
нижний вогнутый клиновой (Б9), верхний выпуклый радиусный нижний вогнутый радиусный
(Б10). Сочетание всех форм продольного и поперечного сечения инструмента возможно.

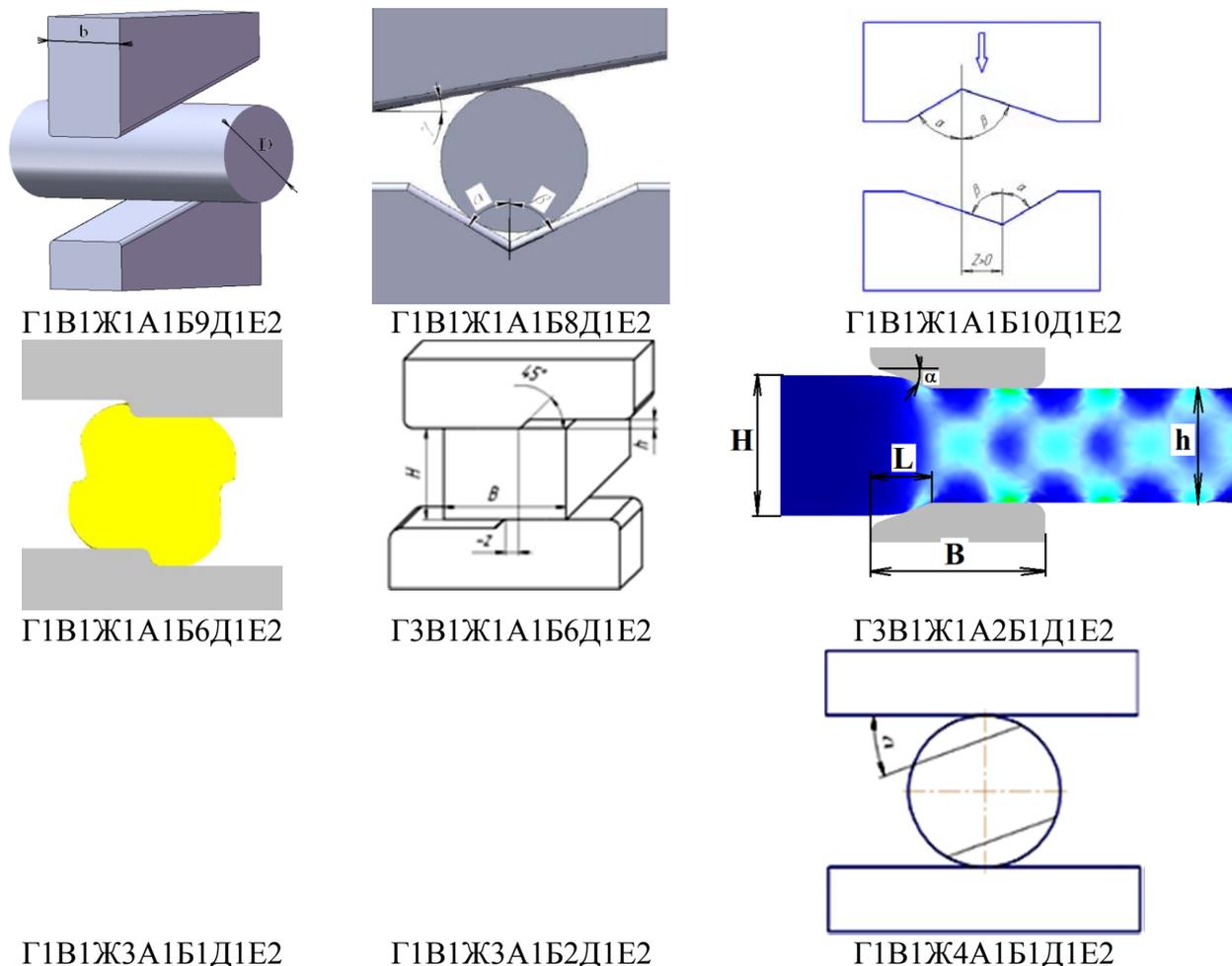


Рис. 3. Схемыковки поковок типа валов и плит, полученные на основе морфологического анализа

Кинематика движения инструмента существенно зависит от его формы. Так, например, для инструмента в виде плит (А1) различной конфигурации (Б1-10) возможно применение разнообразной кинематики движения: вертикальное перемещение верхнего инструмента (Д1), вертикально поперечное движение верхнего инструмента (Д2), встречное движение верхнего и нижнего инструмента (Д3), вертикальное движение с вращением (Д4), встречное движение с вращением (Д5) и вертикальное движение верхнего инструмента с поперечным движением нижнего (Д6).

Для инструмента с верхним узким бойком (А2) и нижним узким бойком (А3) существуют некоторые ограничения. Здесь реалистичным видится только циклическое перемещение верхнего узкого бойка в вертикальном направлении с постоянным поворотом на определенный угол (Д4) и такое же, только встречное, движение (Д5). Для всех выше перечисленных схем деформирование возможно проводить с паузами (Е1) и без них (Е2).

Более подробная часть классификации приведена на рис. 5. Заготовка для осадки может иметь круглое поперечное сечение (Г1) и профилированную продольную форму (Б5) с неравномерным температурным полем (Ж3И4). Верхний и нижний инструмент в виде плоских осадочных плит (А1Б1). Движение инструмента может быть вертикальным без пауз (Д1Е2).

Для дальнейших исследований процессовковки осадкой воспользовавшись классификацией, выберем наиболее перспективные схемы деформирования.

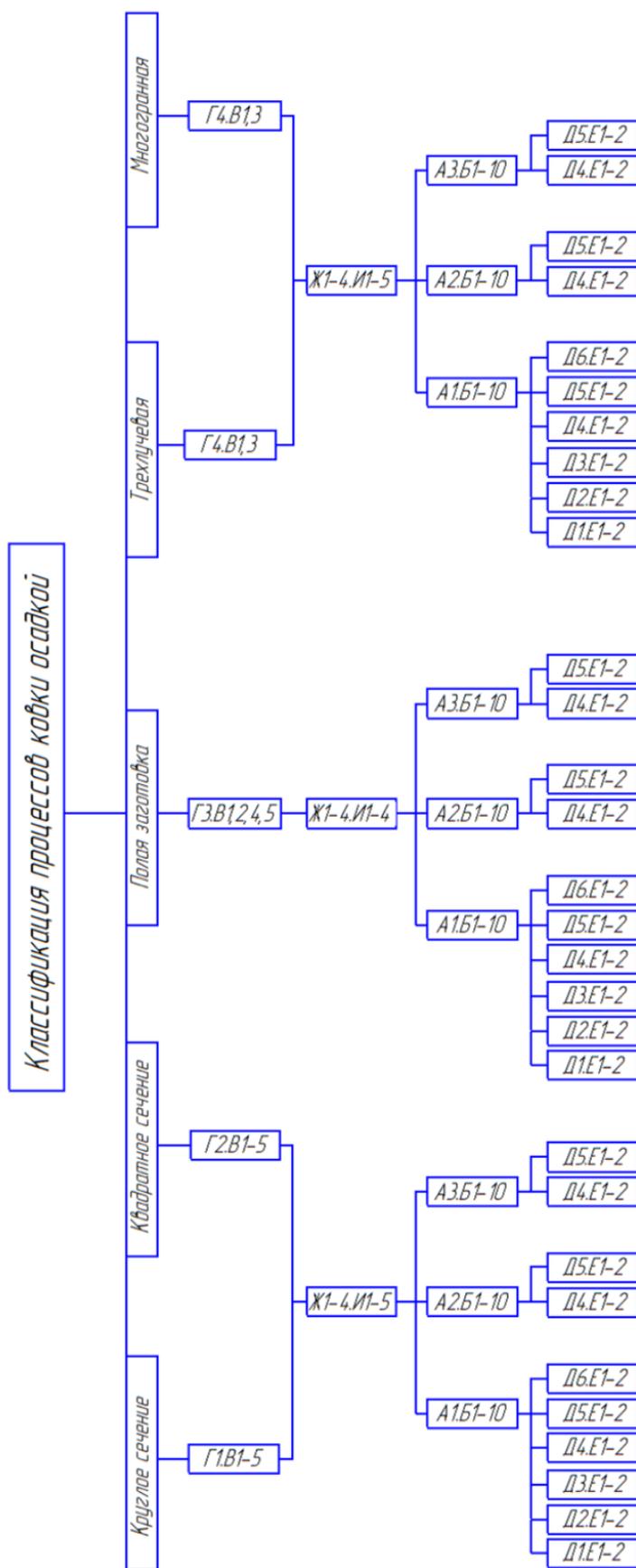


Рис. 4. Классификация процессовковки ковки осадкой

Для получения специальных изделий, к которым можно отнести эксцентрики, необходимо использовать либо специальный инструмент, либо специальный режимковки. Чтобы получать изделия типа эксцентриков, одним из приемов может быть управление течением металла заготовки за счет специальной формы инструмента. Используя обычную цилиндрическую заготовку Г1В1 с однородным температурным полем Ж1И1, необходимо использовать осадочные плиты А1, причем одна из них должны иметь несимметричный скос Б6. Деформирование будет осуществляться по обычному режиму Д1Е2. В целом формула процесса будет выглядеть как Г1В1Ж1И1А2Б6Д1Е2.

Основной проблемой традиционного процесса осадки заготовки является неравномерное распределение деформаций по сечению заготовки, которое выливается в низкую точность и качество изделия. Для устранения данных недостатков попробуем воспользоваться специальной заготовкой, режимом деформирования и специальным инструментом. Такими способами могут быть: Г1В5Ж1И1А1Б1Д1Е2 – осадка плоскими плитами заготовки профилированной формы с однородным температурным полем, Г1В1Ж1И1А2Б1Д4Е2 – осадка цилиндрической заготовки с однородным температурным полем разгонкой узким бойком, Г1В1Ж1И1А1Б9Д1Е2 – осадка выпукло вогнутыми коническими плитами. Для осадки особо крупных заготовок применяют осадку протяжкой заготовки в торец. Не смотря на то, что способ известен, информации по его реализации в виде механических режимовковки практически нет. Данный способ имеет код Г1В1Ж1И1А2Б1Д2Е2 и заслуживает определенного внимания.

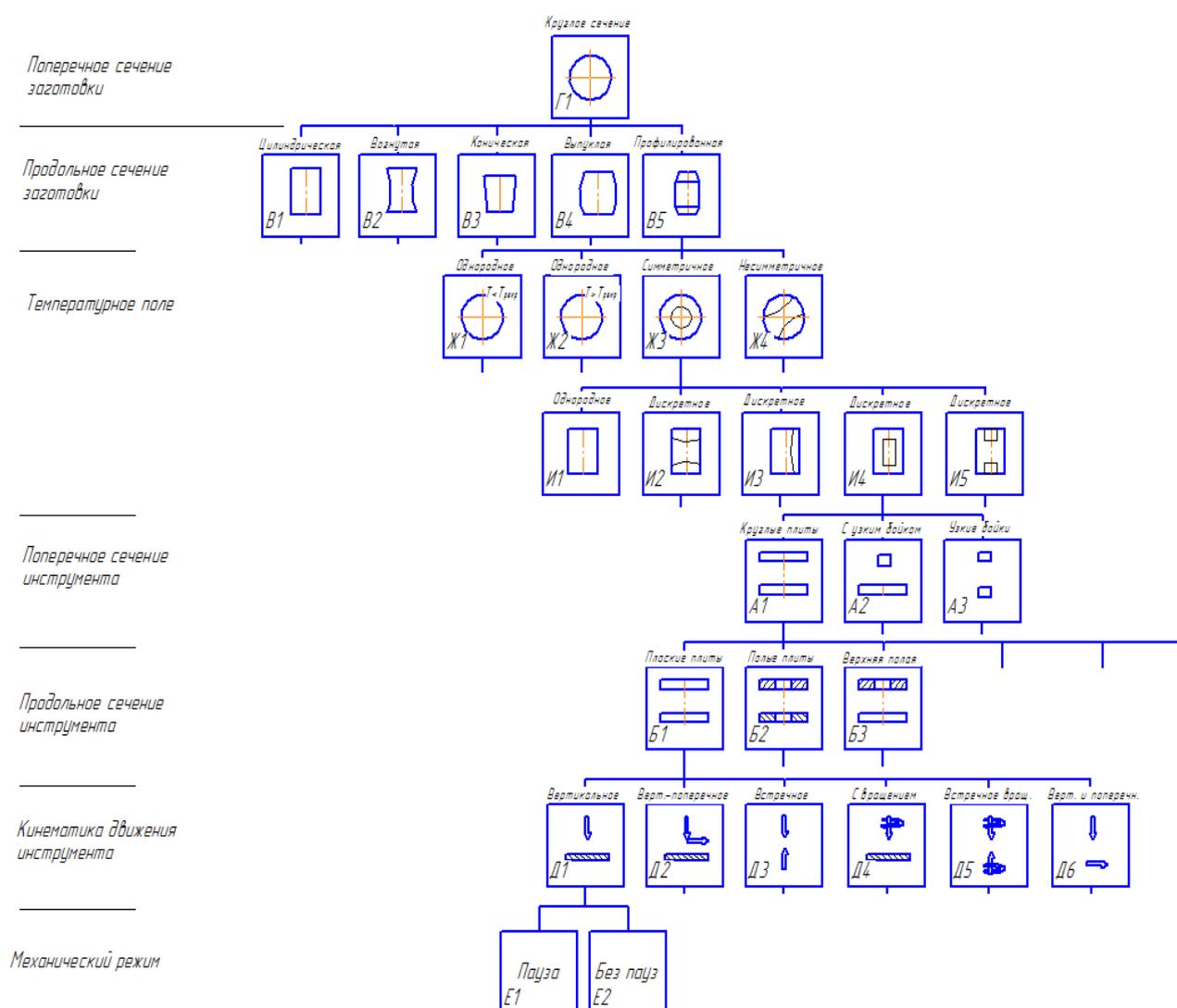


Рис. 5. Расширенная часть классификации процессовковки осадкой

С целью расширения информации о влиянии температурного поля заготовки на НДС следует также обратить внимание на такие способы как: Г1В1Ж3И4А1Б1Д1Е2 – осадка заготовки с неравномерным симметричным температурным полем плоскими плитами, Г1В1Ж1И2А1Б1Д1Е2 – осадка цилиндрической заготовки с охлажденными/нагретыми торцами плоскими плитами.

Кроме того осадка, применяется как заготовительная операция перед прошивкой дляковки поковок типа колец и труб. Часто для поковок таких типов применяют бесприбыльные слитки Г1В3, основным недостатком которых является наличие усадочной раковины в теле слитка и некачественного металла. Новые способы, позволяющие повысить качество таких поковок на стадии осадки, достойны особого внимания. К таким способам можно отнести осадку бесприбыльного слитка полой плитой Г1В3Ж1И1А1Б3Д1Е2. Предлагаемые способы приведены на рис. 6.

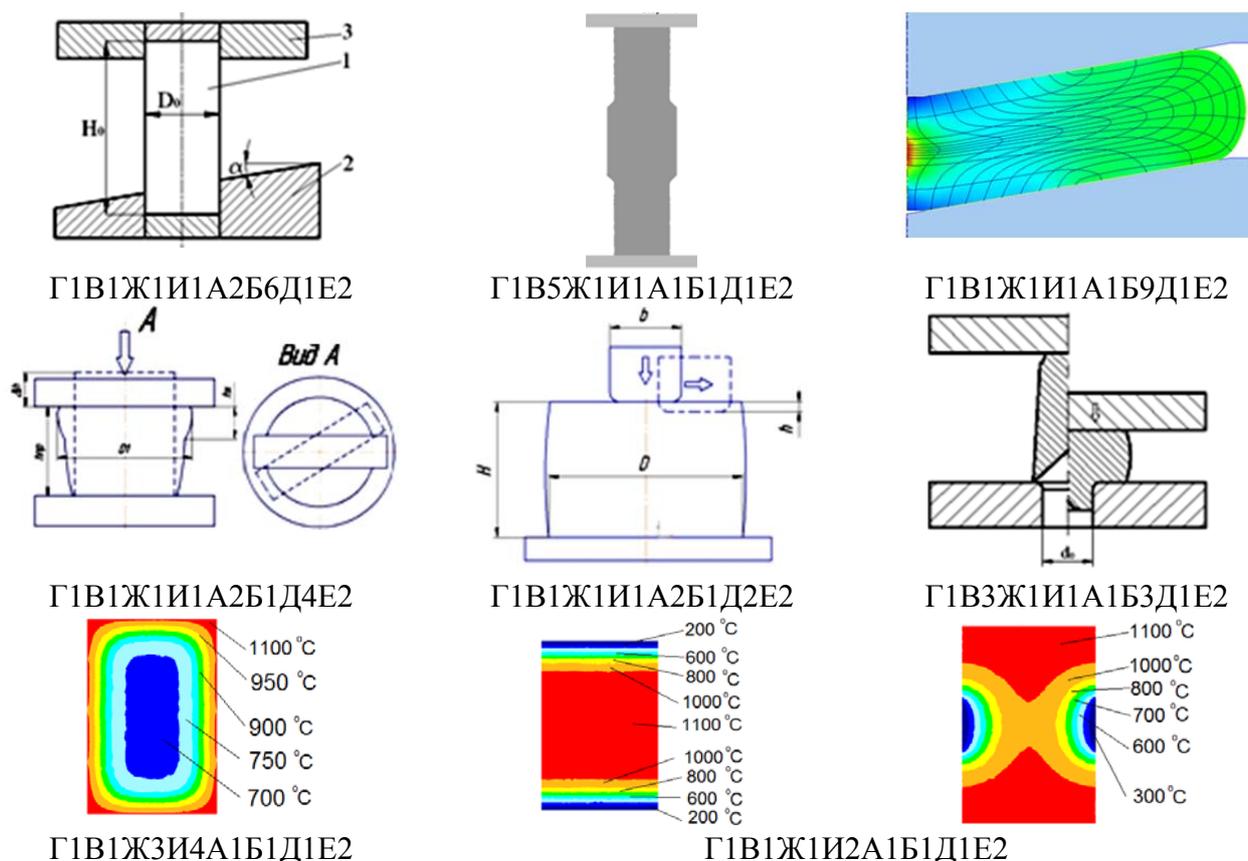


Рис. 6. Схемыковки слитков осадкой, полученные на основе морфологического анализа

ВЫВОДЫ

На основе метода морфологических карт расширена область поиска рациональных схем деформирования, позволяющих получать основные типы поковок, такие как валы и диски. Установлено, что на основании метода морфологических карт общая численность способовковки по некоторым из деталей представителей доводится до нескольких тысяч. Определены основные из направлений создания и исследования новых схемковки крупных поковок.

Созданы наиболее полные классификации процессовковки поковок типа валов и дисков. Классификации составлены на основании выделенных факторах технологического процесса: фактора формы, температурного и кинематического фактора. Подобраны новые, наиболее перспективные способыковки поковок основных типов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев И. С. Факторы, влияющие на параметрыковки крупных поковок / И. С. Алиев, Я. Г. Жбанков, А. В. Периг // *Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение.* – 2013. – № 1. – С. 27–45.
2. Факторы управления напряженно-деформированным состоянием заготовки при ковке крупных поковок / И. С. Алиев, О. Е. Марков, Я. Г. Жбанков [и др.] // *Тезисы докладов V научно-технической конференции молодых специалистов «Энергомашспецсталь-2013», 22–24 травня 2013.* – Краматорск. 2013. – С. 39–41.
3. Алиев И. С. Факторы управления напряженно-деформированным состоянием заготовки в процессахковки крупных поковок / И. С. Алиев, Я. Г. Жбанков // *Международный промышленный журнал «Мир техники и технологий».* – Чугуев, 2013. – № 10–11 (142–143). – С. 38–46.
4. Алиев И. С. Протяжка заготовок с дополнительными сдвиговыми деформациями / И. С. Алиев, Я. Г. Жбанков, Л. В. Таган // *Кузнечно-штамповочное производство.* – 2012. – № 7. – С. 18–24.
5. Исследование процесса протяжки заготовок бойками со скосом / Я. Г. Жбанков, В. И. Шимко, Л. В. Таган, А. В. Шкира // *Кузнечно-штамповочное производство.* – 2013. – № 1. – С. 13–18.
6. 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.
7. Aliiev I. Strong shear deformations in billet during heavy forging by special anvils / I. Aliiev, I. Zhibankov, L. Tagan // *XIII International Scientific Conference. New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering, Czestochowa.* – 2012. – Pp. 348–355.
8. Zhibankov I. G. Intensive Shear Deformation in Billets During Forging with Specially Formed Anvils / I. G. Zhibankov, A. V. Perig // *Materials and Manufacturing Processes (Thomson Reuters 2011 Impact Factor: 1.058).* – 2013. – Vol. 28. – Pp. 577–583.

REFERENCES

1. Aliiev I. S. Faktory, vlijajushhie na parametry kovki krupnyh pokovok / I. S. Aliiev, Ja. G. Zhibankov, A. V. Perig // *Vestnik PNIPU. Mashinostroenie, materialovedenie.* – 2013. – № 1. – S. 27–45.
2. Faktory upravlenija naprjazhenno-deformirovannym sostojaniem zagotovki pri kovke krupnih pokovok / I. S. Aliiev, O. E. Markov, Ja. G. Zhibankov [i dr.] // *Tezisy dokladov V nauchno-tehnicheskoy konferencii molodyh specialistov «Jenergomashspecstal'-2013», 22–24 travnja 2013.* – Kramatorsk. 2013. – S. 39–41.
3. Aliiev I. S. Faktory upravlenija naprjazhenno-deformirovannym sostojaniem zagotovki v processah kovki krupnyh pokovok / I. S. Aliiev, Ja. G. Zhibankov // *Mezhdunarodnyj promyshlennyj zhurnal «Mir tehniki i tehnologij».* – Chuguev, 2013. – № 10–11 (142–143). – S. 38–46.
4. Aliiev I. S. Protjazhka zagotovok s dopolnitel'nymi sdvigovymi deformacijami / I. S. Aliiev, Ja. G. Zhibankov, L. V. Tagan // *Kuznechno-shtampovocnoe proizvodstvo.* – 2012. – № 7. – S. 18–24.
5. Issledovanie processa protjazhki zagotovok bojkami so skosom / Ja. G. Zhibankov, V. I. Shimko, L. V. Tagan, A. V. Shkira // *Kuznechno-shtampovocnoe proizvodstvo.* – 2013. – № 1. – S. 13–18.
6. Kombinirovannaja plasticheskaja deformacija so sdivgom dlja poluchenija krupnyh zagotovok / L. I. Aliieva, Ja. G. Zhibankov, M. A. Markova, L. V. Tagan // *Obrabotka materialov davleniem : sbornik nauchnyh trudov.* – Kramatorsk : DGMA, 2013. – № 3 (36). – S. 3–9.
7. Aliiev I. Strong shear deformations in billet during heavy forging by special anvils / I. Aliiev, I. Zhibankov, L. Tagan // *XIII International Scientific Conference. New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering, Czestochowa.* – 2012. – Pp. 348–355.
8. Zhibankov I. G. Intensive Shear Deformation in Billets During Forging with Specially Formed Anvils / I. G. Zhibankov, A. V. Perig // *Materials and Manufacturing Processes (Thomson Reuters 2011 Impact Factor: 1.058).* – 2013. – Vol. 28. – Pp. 577–583.

Жбанков Я. Г. – д-р техн. наук, доц. каф. ОМД ДГМА;

Алиев И. С. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. ОМД ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: yzhibankov@gmail.com

Статья поступила в редакцию 20.09.2018 г.