

УДК 621.73

Каргин С. Б.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОВКИ ВАЛОВ

Поковки типа валов, изготавливаемые ковкой на гидравлических прессах занимают достаточно большой объем от общей номенклатуры поковок, поэтому вопросы совершенствования процесса их изготовления являются весьма актуальными.

В качестве заготовки дляковки валов используется кузнечный слиток 8, 12 и 24-гранной формы поперечного сечения который имеет пороки в виде ликвации элементов и дефектов усадочного происхождения. Для получения требуемых механических свойств, макростроения, заковки дефектов литой структуры слитка используются различные технологические приемы и операцииковки. Основной операцией, применяемой в настоящее время для улучшения качества осевой зоны поковок валов, считается промежуточная осадка. Однако, введение в технологиюковки операции осадки значительно повышает трудоемкость и удлиняет технологический цикл изготовления поковок валов. В связи с этим возникает задача сокращения технологического циклаковки при сохранении качества конечного продукта.

Решение этой задачи возможно при внедрении технологииковки, обеспечивающей при небольших укувах при протяжке формирование заданной структуры металла по сечению поковок. Эта задача особенно важна в отношенииковки крупных поковок ответственного назначения таких как валы.

Разработанный в МИСиС [1] метод макросдвигов позволяет управлять течением металла, принципиально по новому воздействовать на металлы при пластической деформации. В процессахковки крупных поковок нашло воплощение осуществлять это регулирование, например, за счет создания кузнечного трехлепесткового слитка [2]. Приводятся данные [3], что применение трехлепесткового слитка массой 7 т позволяет увеличить (до 40 %) местные деформации в осевой зоне поковок при укуве всего 1,5 и исключить применение осадки. По нашему мнению литому трехлучевому слитку во многом присущи недостатки литых заготовок и кроме того, для отливки таких слитков требуются изложницы специальной формы, что связано с дополнительными затратами [4].

Цель настоящей работы – совершенствование процессаковки валов за счет применения специальных профилированных бойков, позволяющих улучшить деформационную проработку металла по сечению слитка и тем самым повысить качество поковок при небольших коэффициентах укува. Обжатие литого кузнечного слитка предлагаемыми профилированными комбинированными и профилированными вырезными бойками кроме получения 3-х и 4-х лучевой формы заготовки становится одним из этапов проработки металла по сечениюковки, в том числе, и в осевой зоне. Эксперименты на стальных и свинцовых заготовках проводили на гидравлическом прессе усилием 0,63 МН.

На рис. 1 представлена конструкция профилированных комбинированных бойков для получения трехлучевой заготовки и схема процесса обжатия.

На рис. 2 представлена конструкции профилированных вырезных бойков для получения трехлучевой заготовки, а также схема процесса обжатия этими бойками. Исходная заготовка, моделирующая кузнечный слиток, была выбрана диаметром  $d_0 = 30$  мм и длиной  $l_0 = 30$  мм. Обжатие производилось по всей длине заготовки. Радиус выпуклостей бойков принимали равным  $R_6 = 15; 12; 9$  мм, т. е.  $R_6/R_3 = 15/15 = 1$ ;  $R_6/R_3 = 12/15 = 0,8$ ;  $R_6/R_3 = 9/15 = 0,6$ . Пределы радиусов рабочей поверхности профилированных бойков  $R_6$  от  $0,6R_3$  до  $R_6 = 1,0R_3$  обусловлены следующим положением. Значительное уменьшение  $R_6 \leq 0,6R_3$  может привести при последующих обжатиях к образованию зажимов на поверхности заготовки, что является неприемлемым.

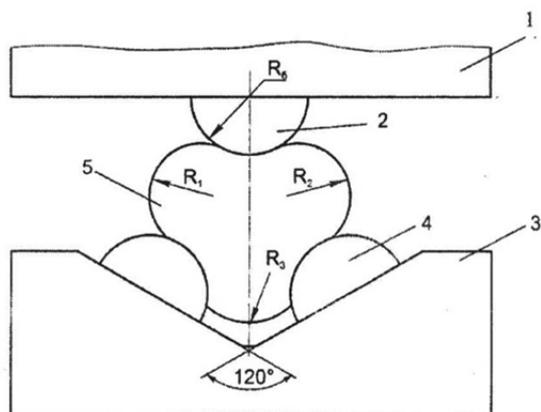


Схема процесса

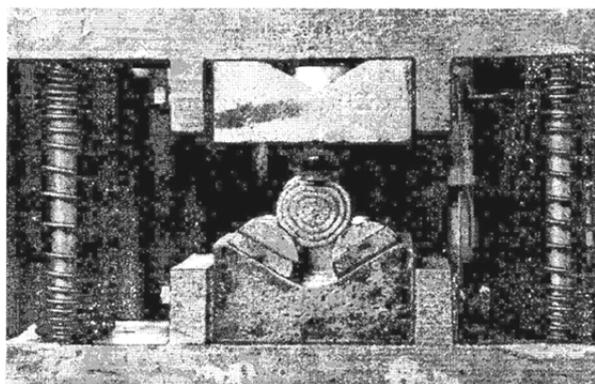


Фото процесса

Рис. 1. Обжатие заготовки комбинированными профилированными бойками:  
1 – боек верхний плоский; 2 – вставка выпуклая верхняя; 3 – боек вырезной нижний;  
4 – две выпуклые вставки; 5 – заготовка

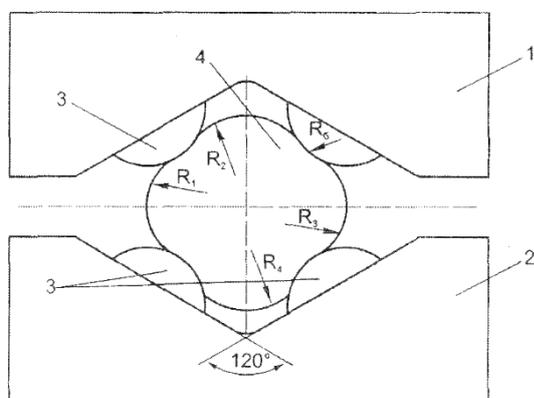


Схема процесса

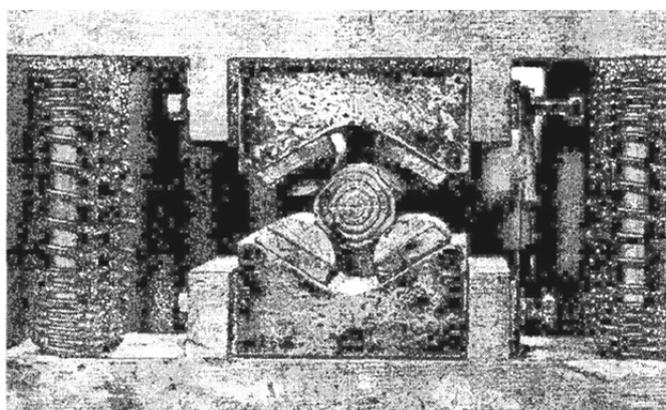


Фото процесса

Рис. 2. Обжатие заготовки вырезными профилированными бойками:  
1 – боек вырезной верхний; 2 – боек вырезной нижний; 3 – четыре выпуклые вставки;  
4 – заготовка

Значительное увеличение радиуса рабочей поверхности бойка  $R_6 > 1,0R_3$  приводит к уменьшению криволинейности фронта бойка, что в свою очередь ведет к уменьшению образования дополнительных плоскостей сдвига при последующей ковке, т. е. к необходимости увеличения степени обжатия для раздробления литой структуры в слитке. В результате исследований было установлено, что для получения трехлучевой заготовки правильной формы ( $R_1 = R_2 = R_3$ ) см. рис. 1, а также четырехлучевой заготовки правильной формы ( $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ ) (см. рис. 2) величина обжатия должна находиться в пределах  $\varepsilon \approx 23 \div 25\%$  ( $\varepsilon = \Delta h/d_0$ , где  $\Delta h$  – ход пресса) при  $R_6 = R_3$ .

Методом конечных элементов (МКЭ) с использованием программы OForm-2D (лицензия ДГМА № U1221) и методом линий скольжения были проведены теоретические исследования протяжки цилиндрической заготовки комбинированными профилированными бойками и вырезными профилированными бойками [5–8], которые показали возможность регулирования течения металла, а именно сосредоточение деформации в осевой зоне за счет изменения исходной формы заготовки.

Как известно, усадочная раковина удаляется с прибыльной частью слитка, а осевая рыхлость и пористость остаются в теле слитка. Важно было установить поведение осевого дефекта при ковке по предлагаемой и существующей (стандартной) технологии.

Эксперты проводили на стальных образцах (Сталь 40Х) диаметром  $d_0 = 30$  мм и длиной  $l_0 = 30$  мм в которых выполняли сверлением сквозное отверстие  $d_1 = 2,2$  мм ( $\approx 7\% d_0$ ). Отверстие заваривали по торцам (для предотвращения окисления при нагреве). Послековки образцы разрезали поперек оси на части, приготавливали микрошлифы, травили и изучали под микроскопом. Были исследованы такие технологические вариантыковки.

Вариант 1. Из цилиндрической заготовки за одно обжатие  $\varepsilon = 23 \div 25\%$  профилированными комбинированными бойками ( $\varphi = 120^\circ$ ) получали кованую трехлучевую заготовку, которую затем протягивали на круг обычными комбинированными бойками ( $\psi = 0,5$ ;  $\varepsilon = 13 \div 15\%$ ) до укова 1,5.

Вариант 2. Из цилиндрической заготовки за одно обжатие  $\varepsilon = 23 \div 25\%$  профилированными вырезными бойками ( $\varphi_1 = \varphi_2 = 120^\circ$ ) получали кованую четырехлучевую заготовку, которую затем протягивали на круг обычными вырезными бойками ( $\psi = 0,5$ ;  $\varepsilon = 13 \div 15\%$ ) до укова 1,5.

Вариант 3. Цилиндрическую заготовку протягивали по стандартной технологии комбинированными бойками ( $\psi = 0,5$ ;  $\varepsilon = 13 \div 15\%$ ) до укова 1,5.

Вариант 4. Цилиндрическую заготовку протягивали по стандартной технологии вырезными бойками ( $\varphi_1 = \varphi_2 = 120^\circ$ ;  $\psi = 0,5$ ;  $\varepsilon = 13 \div 15\%$ ) до укова 1,5.

Анализ полученных результатов показал, чтоковка по вариантам 1, 2 обеспечивает полную заварку внутренних дефектов при  $u = 1,5$ . При ковке по вариантам 3, 4 осевой дефект закрывается соответственно на 75% и 85%.

Ковка слитков на 3-х и 4-лучевые заготовки представляет собой предварительное профилирование. Для технологов представляет интерес схема окончательной протяжки профиля комбинированными и вырезными бойками.

#### *Ковка трехлучевой заготовки*

Протяжку в этом случае возможно проводить по двум схемам: с укладкой выступа трехлучевого слитка в вырез нижнего бойка или в сторону верхнего плоского бойка (рис. 3, а, б).

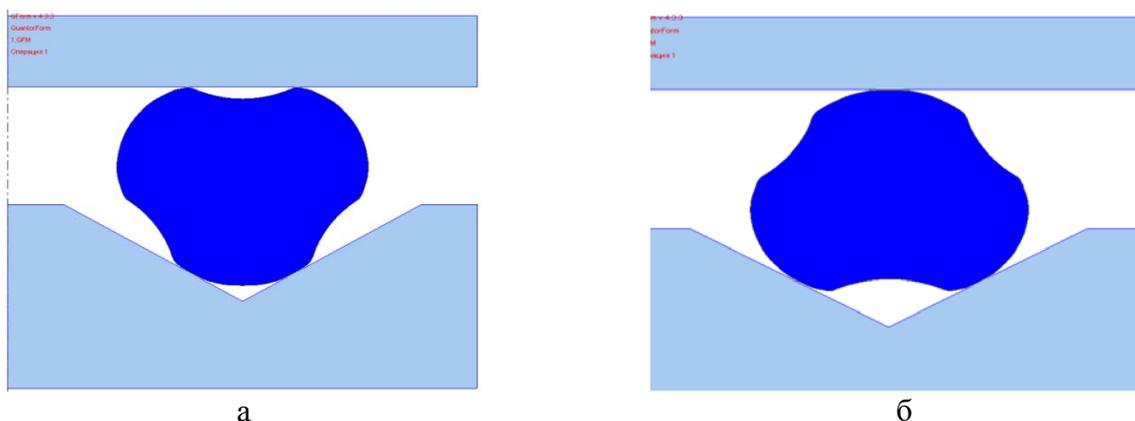


Рис. 3. Варианты расположения трёхлучевой заготовки в комбинированных бойках

Теоретически установлено, что обжатие по второй схеме (рис. 3, б) обеспечивает более равномерное распределение деформаций по сечению заготовки, чем по первой схеме (рис. 3, а). Здесь меньшая площадь застойных зон, что объясняется наличием значительных деформация сдвига, за счет смещения макрообъемов металла в вырез нижнего бойка. При обжатии на одну и ту же степень деформации за нажим прессы величина накопленной деформации примерно одинакова для двух схем (рис. 4, а, б). При этом по второй схеме форма заготовки больше приближена к симметричной, что уменьшает трудоемкость дальнейшей протяжки на круг.

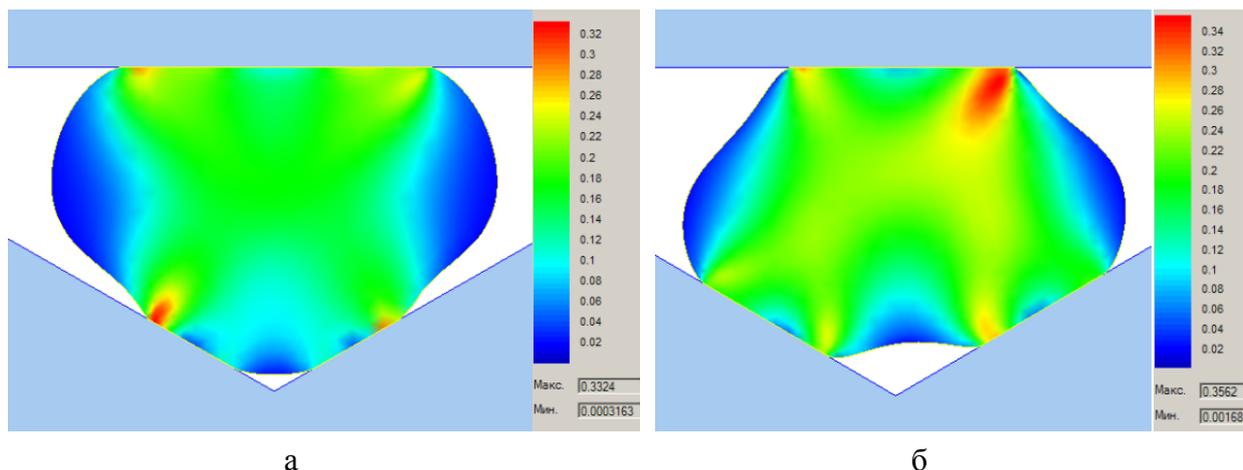


Рис. 4. Распределение деформаций при обжати трёхлучевой заготовки с различным расположением в комбинированных бойках

После кантовки на  $90^\circ$  полуфабриката, полученного на предыдущем переходе по второй схеме и дальнейшем обжатии получаем почти округленную форму поперечного сечения заготовки (рис. 5, а, б).

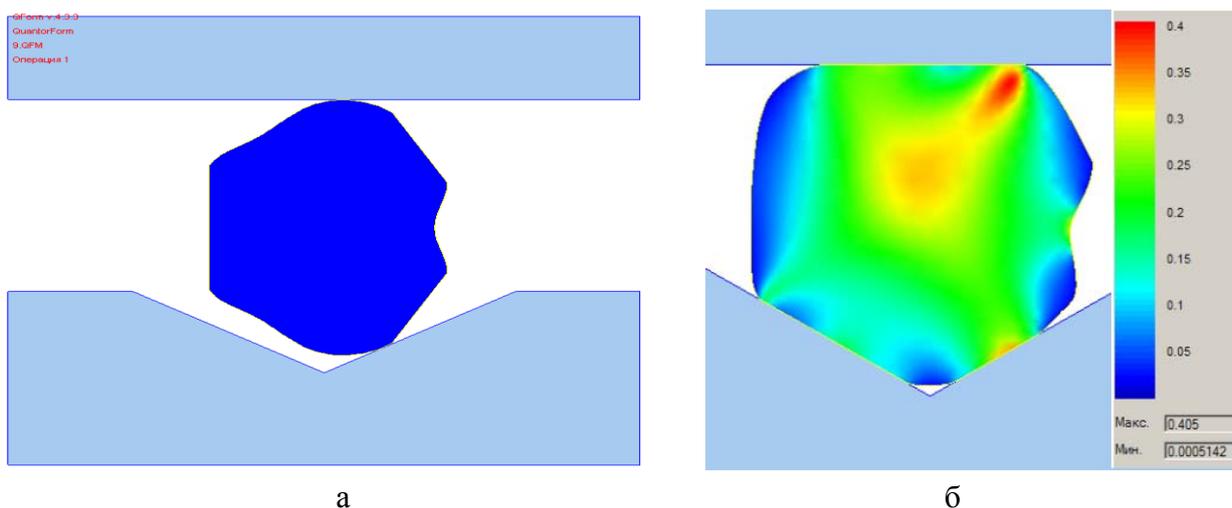


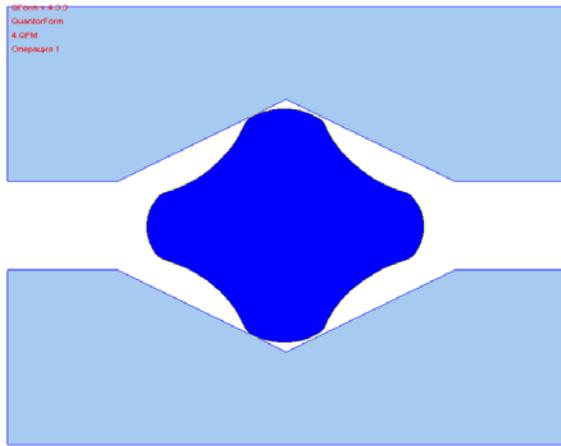
Рис. 5. Распределение деформаций по сечению поковки после кантовки на  $90^\circ$  (а) и обжатия (б)

Полученный профиль требует незначительной шлихтовки для получения сечения, близкого к кругу.

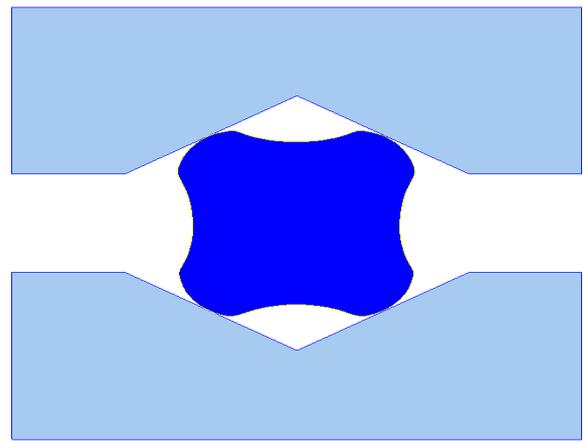
#### *Ковка четырехлучевой заготовки*

Протяжку в этом случае ведем вырезными бойками. В этом случае также имеет два варианта расположения четырехлучевой заготовки в вырезных бойках (рис. 6, а, б). Протяжка по схеме вдоль диагонали с кантовкой на  $90^\circ$  позволяет получить за два прохода практически круглое сечение (рис. 7, а, б), что повысит производительность процесса ковки валов.

Вторая же схема протяжки вдоль стороны сечения с последующей кантовкой на  $90^\circ$  будет приближать форму заготовки к многогранной (рис. 8, а, б), что потребует дополнительных кантовок и обжатий для получения поковки круглого поперечного сечения. Было установлено (МКЭ), что уровень и равномерность распределения деформаций для последних двух вариантов протяжки практически одинаков.



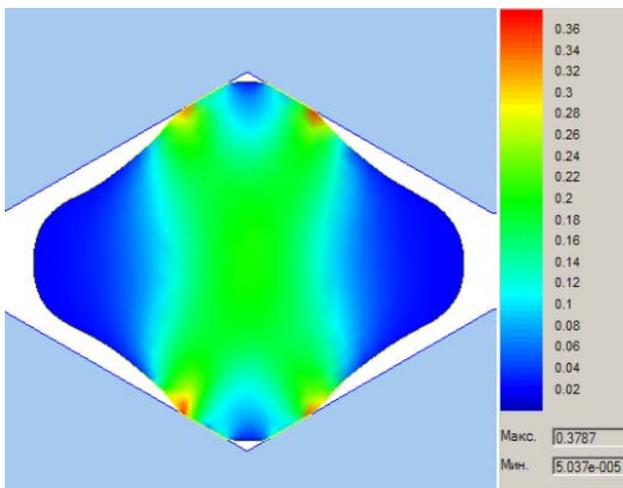
а



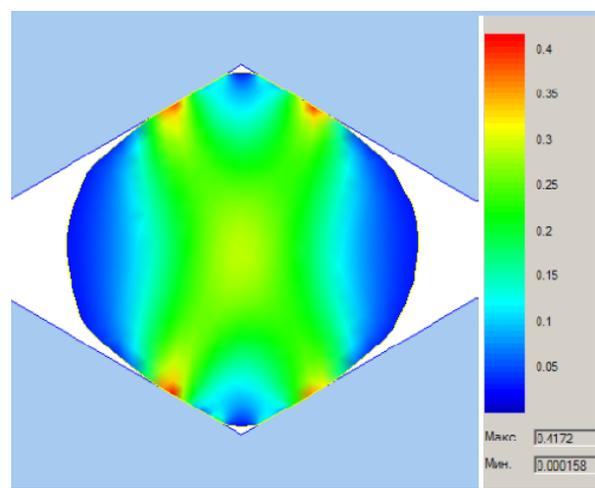
б

Рис. 6. Варианты расположения заготовки в вырезных бойках после протяжки на четырёхлучевой профиль:

а – вдоль диагонали сечения; б – вдоль стороны сечения

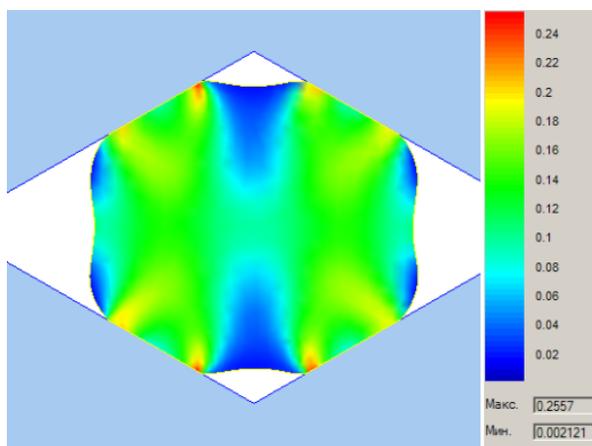


а

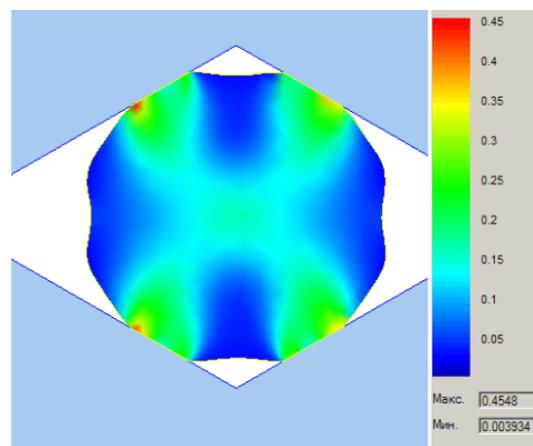


б

Рис. 7. Распределение деформаций при обжатии вырезными бойками вдоль диагонали (а) и обжатие после кантовки заготовки на 90 ° (б)



а



б

Рис. 8. Распределение деформаций при обжатии вырезными бойками вдоль стороны сечения (а) и обжатие после кантовки заготовки на 90 ° (б)

Необходимо отметить, что результаты полученных исследований по оптимальному расположению трехлучевой заготовки в обычных комбинированных бойках, а четырехлучевой заготовки в обычных вырезных бойках при окончательной протяжке валов, позволят технологам свести к минимуму число основных и шлихтовочных обжати. Учитывая, что дляковки валов широко применяются автоматические ковочные комплексы (АКК), снабженные устройством для смены бойков, в том числе механизмом быстрого дистанционного крепления верхнего бойка и инструментальным столом, где может размещаться до пяти комплектов бойков, смена предлагаемых нами профилированных бойков на стандартные (традиционные) не будет вызывать затруднений.

Следовательно, совершенствование процессаковки валов за счет применения специальных профилированных бойков позволит улучшить деформационную проработку металла по сечению слитка при небольших коэффициентах укова и повысить производительностьковки за счет снижения числа нажимов прессы.

### ВЫВОДЫ

Разработана конструкция комбинированных и вырезных профилированных бойков, применяя которые можно за одно обжатие ( $\varepsilon \approx 23\div 25\%$ ) получить из обычного слитка 3-х или 4-лучевую заготовку.

Теоретический анализ методом конечных элементов и методом линий скольжения дал возможность установить характер распределения деформаций и предложить оптимальный вариант расположения трехлучевой заготовки в комбинированных и четырехлучевой – в вырезных бойках при ковке валов.

Установлено, что предварительное обжатие слитка на 3-х и 4-лучевую заготовку способствует лучшей заварке внутренних дефектов при последующей протяжке.

Применение разработанного инструмента и технологии позволит повысить производительностьковки валов за счет исключения трудоемкой операции осадки и уменьшения числа нагревов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тюрин В. А. *Инновационные технологииковки с применением макросдвигов* / В. А. Тюрин // *Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением.* – 2007. – № 11. – С. 15–20.
2. А. с. 648446 (СССР). М. Кл. В 21 d 22/02 / Я. М. Охрименко, В. А. Тюрин. – 1669201/25; заявл. 16.06.71; опубл. 14.06.73, Бюл. № 26. – 4 с.
3. Тюрин В. А. *Новая технологияковки валов из трехлучевого слитка* / В. А. Тюрин, С. А. Балугев // *Кузнечно-штамповочное производство.* – 1979. – № 8. – С. 9–10.
4. Соколов Л. Н. *Состояние и развитие технологииковки крупных слитков* / Л. Н. Соколов // *Кузнечно-штамповочное производство.* – 1985. – № 8. – С. 21–23.
5. Каргин С. Б. *Построение полей линий скольжения при протяжке круглой заготовки в вырезных бойках* / С. Б. Каргин // *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» : зб. наук. пр. – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – № 45. – С. 55–61.*
6. Каргин С. Б. *Построение полей линий скольжения при протяжке круглой заготовки в комбинированных профилированных бойках* / С. Б. Каргин // *Захист металургійних машин від поломок : зб. наук. пр. – Маріуполь : ПДТУ, 2011. – № 13. – С. 125–130.*
7. Каргин С. Б. *Теоретический анализ напряженно-деформированного состояния слитка при ковке на трехлучевую заготовку* // С. Б. Каргин, О. Е. Марков, В. В. Кухарь // *Обработка металлов давлением : сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 2011. – № 1 (26). – С. 17–21.*
8. Каргин С. Б. *Теоретический анализ напряженно-деформированного состояния слитка при ковке на четырехлучевую заготовку* / С. Б. Каргин // *Вісник НТУУ «КПІ». – 2011. – № 62. – С. 197–199. – (Серія «Машинобудування»)*

Каргин С. Б. – аспирант ПГТУ.

ПГТУ – Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь.

E-mail: gefest.2007.44@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.03.2012 г.