

стабілізації гармати при отриманих значеннях варійованих параметрів регулятора  $k_{\varphi}^*$  і  $k_{\omega}^*$  для випадку з урахуванням  $W_{H_1}(A_{H_1})$  і  $W_{H_2}(A_{H_2})$ . Величина перерегулювання  $\varphi_2(t)$  склала 0.1%.

Для ще більш позитивного результату при використанні змінної структури необхідно використовувати більш складний закон зміни структури системи, але це може знизити надійність системи в цілому, за рахунок додаткових елементів і зв'язків.

### **Виводи**

В статті здійснено параметричний синтез інформаційно-керуючої підсистеми електрогідравлічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів високої прохідності, що знаходяться під впливом зовнішніх випадкових збурень, з урахуванням нелінійних характеристик об'єкту керування.

**Список літератури:** 1. *Алексієв В.О.* Управління розвитком транспортних систем / В.О. Алексієв. – Харків: ХНАДУ, 2008. – 268 с. 2. *Алексієв О.П.* Телематика, мехатроника та синергетика на автомобільному транспорті / О.П. Алексієв, В.О. Алексієв, О.І. Туренко // Автомобильный транспорт. – 2009. – №25. – С. 266-270. 3. *Александров Е.Е.* Параметрическая оптимизация многоканальных систем автоматического управления / Александров Е.Е., Борисюк М.Д., Кузнецов Б.И. – Харьков: Основа, 1995. – 272 с. 4. *Адлер Ю.П.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. – М.: Наука, 1976. – 280 с. 5. *Александрова И.Е.* Имитационное моделирование / Александрова И.Е. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2000. – 93 с. 6. *Рутковская Д.* Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 452 с. 7. *Fogel D.B.* Evolutionary Computation. Towards a New Philosophy of Machine Intelligence / D.B. Fogel – IEEE Press, 1995. – 236 p. 8. *Holland J.H.* Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control, and artificial intelligence / J.H. Holland. – London: Bradford book edition, 1994. – 211 p. 9. *Александров Е.Е.* Параметрический синтез систем стабилизации танкового вооружения / Александров Е.Е., Богаенко И.Н., Кузнецов Б.И. – К.: Техника, 1997. – 112 с. 10. *Ніконов О.Я.* Розроблення інформаційно-структурної схеми електрогідравлічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів / О.Я. Ніконов, В.Ю. Улько // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков: НТУ «ХПИ», 2010. – № 57. – С. 214-220. 11. *Ніконов О.Я.* Побудова нелінійної математичної моделі електрогідравлічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів / О.Я. Ніконов, В.Ю. Улько // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – № 9. – С. 108-113.

*Поступила в редколлегию 12.05.2011*

### **УДК 621.73**

**С.Б. КАРГИН**, аспирант, ПГТУ, Мариуполь

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ КОВКИ ВАЛОВ**

Розглянуті питання кування валів із застосуванням трьохпроменевих і чотирипроменевих заготовок. Методом кінцевих елементів за допомогою програми Qform встановлений характер розподілу деформацій при обтисканні заготовок. Запропонована оптимальна технологія кування валів комбінованими і вирізними бойками, що дозволяє збільшити продуктивність і якість поковок.

Рассмотрены вопросыковки валов с применением трехлучевых и четырехлучевых заготовок. Методом конечных элементов с помощью программы Qform установлен характер распределения деформаций при обжатии заготовок. Предложена оптимальная технологияковки валов комбинированными и вырезными бойками, позволяющая увеличить производительность и качество поковок.

The questions of forging of billows are considered with the use of three-radial and quadriradiate purveyances. The method of eventual elements by the program Qform is set character of distributing of deformations at wringing out of purveyances. Optimum technology of forging of billows the combined and carved firing-pins is offered, allowing to increase the productivity and quality of pokovok.

На современном этапе развития промышленности для изготовления ответственных и крупных уникальных валовковка является единственным способом производства. Поэтому интенсификация процессаковки и дальнейшее его совершенствование отвечает насущным требованиям высокоразвитой промышленности. Основными операциями, применяемыми в настоящее время для улучшения качества осевой зоны поковок типа валов, являются осадка и протяжка. Введение в технологиюковки операции осадки значительно повышает трудоемкость и удлиняет технологический цикл изготовления поковок. В связи с этим возникает задача сокращения технологического процессаковки при сохранении качества конечного изделия.

Перспективным направлением следует считатьковку крупных слитков без осадки. Используются инновационные технологии [1, 2] с применением литой трехлучевой заготовки. Успешное применение таких слитков [3] свидетельствует о том, что при этом можно исключить биллетировку и осадку, значительно сократить продолжительностьковки, уменьшить количество выносов и угар металла. Однако, как отмечается в работе [4], применение литого трехлучевого слитка не всегда обосновано с экономической точки зрения, учитывая необходимость изготовления специальных изложниц.

Нами разработана конструкция специальных профилированных бойков используя которые были получены кованая трехлепестковая и четырехлепестковая заготовки [5, 6]. Исследования показали, что применение предложенных бойков способствует сосредоточению максимальных деформаций в осевой зоне исходного слитка на начальной стадииковки за счет изменения формы поперечного сечения исходной заготовки [7]. Целью настоящей работы было определение оптимальной технологииковки трехлучевого слитка в комбинированных бойках и четырехлучевого – в вырезных бойках.

Для исследования характера распределения деформаций при протяжке применили метод конечных элементов (МКЭ, программа Qform). Протяжку слитка с трехлучевым сечением можно проводить по двум схемам: с укладкой выступа трёхлепесткового слитка в вырез нижнего бойка или в сторону верхнего плоского бойка (см. рис. 1 а, б).

Установили, что обжатие по второй схеме (см. рис. 1 б) обеспечивает более равномерное распределение деформаций по сечению заготовки, чем по первой (см. рис. 1 а) – меньшую площадь застойных зон, что объясняется наличием

значительных деформаций сдвига, за счёт смещения макрообъёмов металла в вырез нижнего бойка.

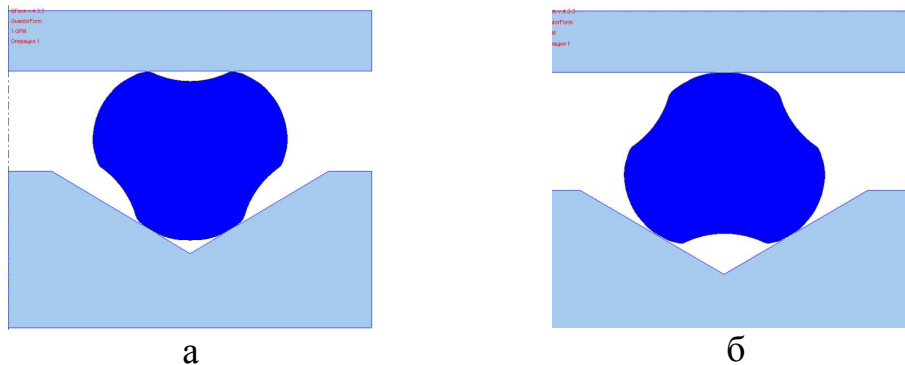


Рис. 1 Варианты расположения трёхлучевой заготовки в комбинированных бойках

При обжатии на одну и ту же степень деформации за нажим прессы величина накопленной деформации примерно одинакова для двух схем. При этом по второй схеме форма заготовки больше приближена к симметричной, что уменьшит трудоёмкость дальнейшейковки при перетяжке на круг. Поэтому дальнейшее исследование проработки структуры металла по результатам распределения деформаций целесообразно проводить для второй схемы (см. рис. 1 б).

После кантовки полуфабриката, полученного на предыдущем переходе, на  $90^\circ$  и дальнейшем обжатии получаем округлую форму поперечного сечения заготовки (см. рис. 3). Полученный профиль требует незначительной обкатки до получения сечения, близкого к кругу, при этом не произойдёт значительного накопления деформаций в теле поковки, поэтому дальнейшая кантовка и моделирование не представляет исследовательского интереса. Можно предположить, что этого перехода достаточно для получения информации о деформированном состоянии при протяжке по предложенной схеме.

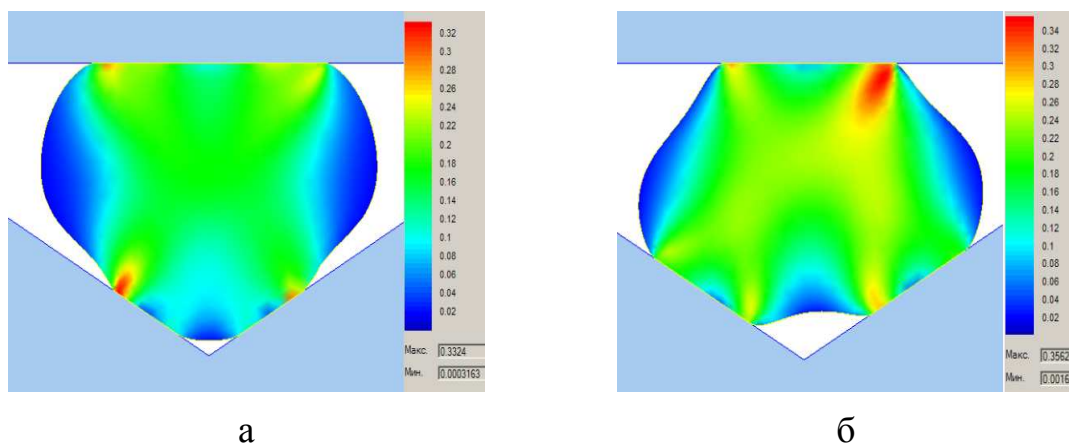


Рис. 2 Распределение деформаций при обжатии трёхлучевой заготовки с различным расположением в комбинированных бойках

Для получения окончательных значений уровня накопленных деформаций в теле поковки необходимо просуммировать логарифмические деформации, полученные при протяжке на трёхлучевую заготовку, и при обкатке этого профиля комбинированными бойками с промежуточной кантовкой на  $90^\circ$  (см. рис. 2 б и 3 б).

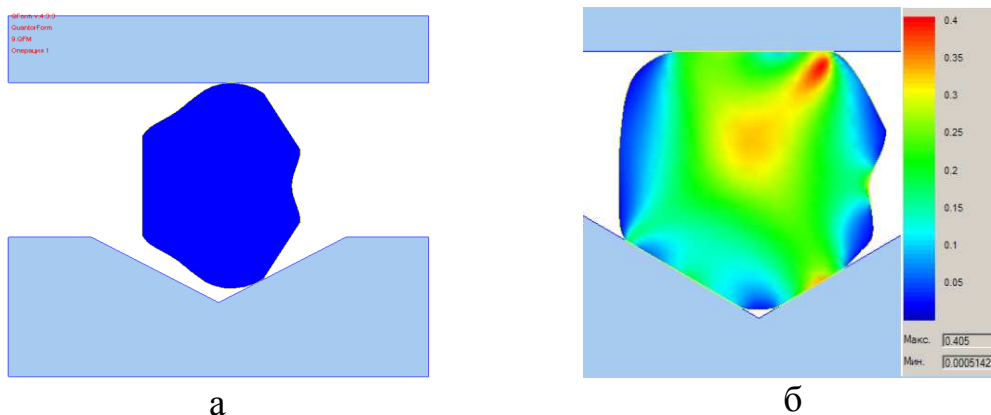


Рис. 3 Распределение деформаций по сечению поковки после кантовки на  $90^\circ$  (а), и обжатии (б).

Значительный интерес представляет схема обжатия четырёхлучевой заготовки на круглое сечение, так как эта схема может конкурировать с протяжкой трёхлучевой (см. рис. 1–3) по равномерности распределения деформаций, что служит критериям получения равнопрочностных свойств в поковке. Особенностью этой схемы является то, что ковку необходимо производить не комбинированными бойками, а вырезными. В этом случае также имеем два варианта расположения четырёхлучевой заготовки в вырезных бойках (см. рис. 4).

Протяжка по схеме через диагональ с кантовкой на  $90^\circ$  позволяет получить за два прохода практически круглое поперечное сечение (см. рис. 5 б), что обеспечит для поковки меньшие припуски на механическую обработку, меньшее число переходов, и в конечном итоге повысит производительность процессаковки валов.

Вторая же схема протяжки вдоль стороны сечения с последующей кантовкой на  $90^\circ$  будет приближать форму заготовки к многогранной (см. рис. 6 б), что потребует дополнительных кантовок и обжатий для получения поковки круглого поперечного сечения.

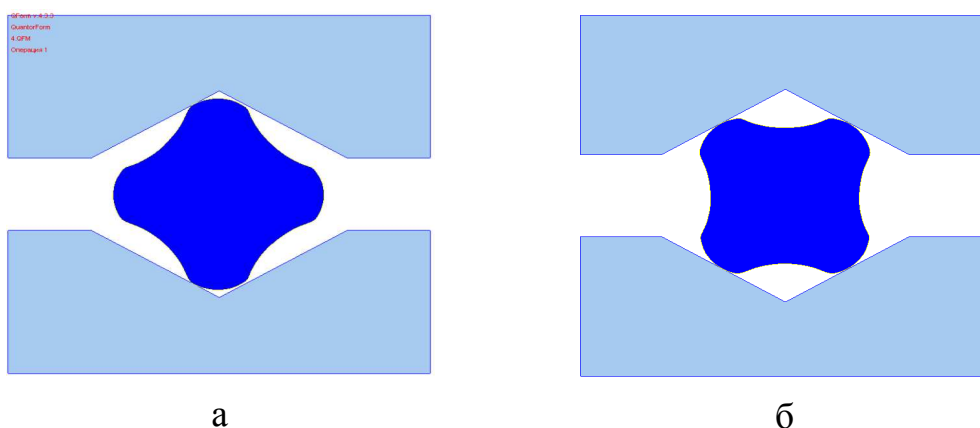


Рис. 4 Варианты расположения заготовки в вырезных бойках после протяжки на четырёхлучевой профиль:  
а – вдоль диагонали сечения; б – вдоль стороны сечения.

Уровень и равномерность распределения деформаций для последних двух схем протяжки практически одинаковый (также определяется суммирование интенсивности логарифмических деформаций на всех переходахковки).

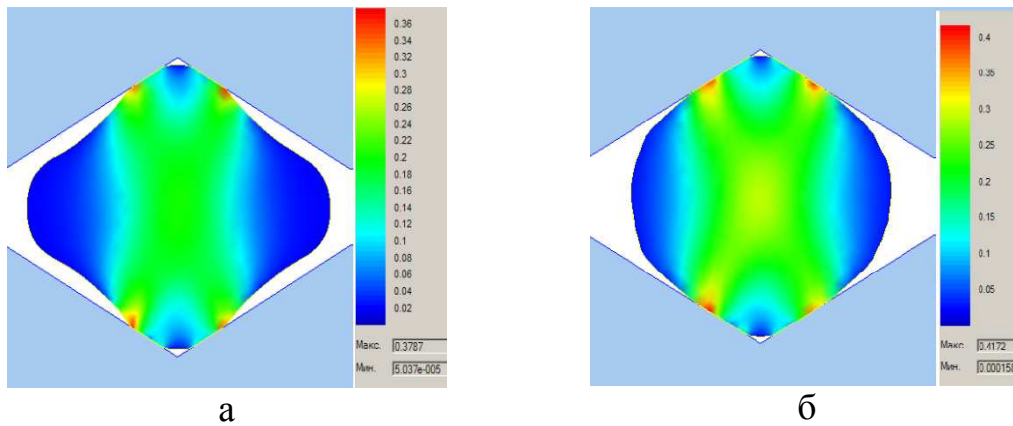


Рис. 5 Распределение деформаций при обжатии вырезными бойками вдоль диагонали (а) и обжатие после кантовки заготовки на 90° (б).

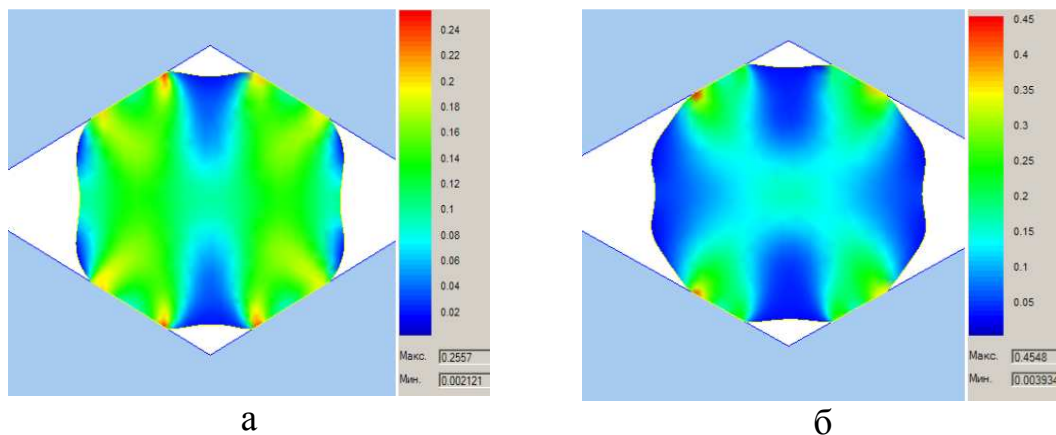


Рис. 6 Распределение деформаций при обжатии вырезными бойками вдоль стороны сечения (а) и обжатие после кантовки заготовки на 90° (б).

**Выводы.** Предложена технология ковки трехлучевой заготовки комбинированными бойками и четырехлучевой заготовки вырезными бойками, обеспечивающая повышение производительности при изготовлении валов.

Методом конечных элементов установлен характер распределения деформации при ковке трех- и четырехлучевых заготовок.

Внедрение предлагаемой технологии рационально с точки зрения использования автоматизированных ковочных комплексов в кузнечных цехах при изготовлении валов.

**Список литературы:** 1. Тюрин В.А. Инновационные технологии ковки с применением макросдвигов / Тюрин В.А. - Кузнечно-штамповочное производство., 2007. - №11. - с. 15-20. 2. Тюрин В.А. Новая технология ковки валов из трехлучевой заготовки / Тюрин В.А., Балувев С.А. - Кузнечно-штамповочное производство., 1979. - №8. - с. 9-10. 3. Балувев С.А., Тюрин В.А. Влияние формы слитка и технологии его ковки на качество поковок валков / Балувев С.А., Тюрин В.А. - Кузнечно-штамповочное производство., 1985. - №1. - с. 7-10. 4. Соколов Л.Н. Состояние и развитие технологии ковки крупных слитков / Соколов Л.Н. Кузнечно-штамповочное производство., 1985. - №8. - с. 21-23. 5. Каргин Б.С. Пристрій для протяжки поковок. Патент на корисну модель № 50412, МПК (2009), B21J5/00 / Каргин Б.С., Каргин С.Б., Титаренко А.В., Тихоненко Р.І., Семенова Н.В. (ІА). Заявка №И200912274., Дата подання заявки 30.11.2009., Дата публікації 10.06.2010., Бюл. №11. 6. Каргин Б.С. Пристрій для ковальської протяжки. Патент на корисну модель № 52289, МПК (2009), B21J5/00 / Каргин С.Б., Каргин Б.С., Тихоненко Р.І. (ІА). Заявка №201000628., Дата подання заявки 22.01.2010., Дата публікації 25.08.2010., Бюл. №16. 7. Каргин С.Б. Инновационные технологии ковки крупных поковок / Каргин С.Б. - Весник НТУУ та КПІ. - Машинобудування., м. Київ. - 2010. - №60. - с. 165-168.

Поступила в редколлегию 15.05.2011