

УДК 621.735.3

Алиев И. С.
Марков О. Е.
Олешко М. В.
Злыгорев В. Н.

ПРИМЕНЕНИЕ СПОСОБА ОСАДКИ СЛИТКОВ КОЛЬЦАМИ В ПРОЦЕССАХ КОВКИ ВАЛОВ

При проектировании технологических процессов обработки металлов давлением необходимо разрабатывать новые ресурсосберегающие технологические процессы, которые обеспечивают высокое качество продукции, для конкурентоспособности на международных рынках. Особенно это касается металлургического производства и тяжелого машиностроения, так как эти направления являются приоритетными для Украины, при этом качество продукции этих отраслей остается низким, в частности крупные детали, которые изготавливаются из слитков ковкой на гидравлических прессах. Распространенными поковками, которые пользуются широким спросом, как на Украине, так и за рубежом, считаются прокатные валки.

Технологияковки прокатных валков включает в себя следующие кузнечные операции: оттяжка цапфы, обкатка слитка, рубка поддона, осадка и последующая протяжка плоскими и комбинированными бойками до поковочных размеров [1]. При этом производится два, три подогрева заготовки, что в целом делает технологию трудо- и энергоемкой и увеличивает себестоимость таких поковок. Качество таких поковок оценивается коэффициентом укова, который зависит от количества операций и степени деформации на каждой операции. Для увеличения коэффициента укова применяется осадка слитка. Степень деформации при осадке сильно влияет на величину укова, а также на затраты при ковке. Поэтому степень деформации при осадке определяет качество и рентабельность технологииковки крупных поковок. Эта величина должна быть оптимальной, чтобы обеспечивались заданные механические свойства поковки, при этом себестоимость поковки должна быть минимальной.

Осадкаслитка на сегодняшний день является неоднозначной операцией с точки зрения влияния на качество поковок. С одной стороны, деформация при осадке увеличивает проработку литой структуры слитка, с другой – способствует появлению неблагоприятного напряженно-деформированного состояния в дефектной осевой зоне слитка из-за действия на оси заготовки растягивающих напряжений, которые разрывают и растягивают осевую рыхлость. Контактные и периферийные зоны слитка при осадке остаются не деформированными. При осадке на поверхности бочки образуются трещины от действия растягивающих напряжений. Устранить обозначенные недостатки можно, изменив схему напряженно-деформированного состояния при осадке, так как эта операция является основополагающей при ковке прокатных валов.

Существует большое разнообразие способов осадки, все они основаны на применении специального инструмента, что позволяет изменить течение металла и распределение деформаций по сечению заготовки [2]. Но только осадка выпуклыми плитами и плитами с осевыми отверстиями способны обеспечить в центральной зоне и на боковой поверхности заготовки состояние неравномерного сжатия, что будет способствовать повышению качества литой заготовки. Процесс осадки заготовок в кольцах известен более ста лет и получает сегодня новое представление в связи с появлением программных продуктов на основе метода конечных элементов (МКЭ) [3], которые позволяют с высокой степенью достоверности определить термо- деформационные параметры процесса. Исследование процесса осадки слитка на плите с отверстием описано в работе [4], где указано, что наибольшее приращение длины отростка достигается при использовании низких заготовок с $H/D < 1.0$ и значительного относительного диаметра отверстия кольца, особенно при $do/D > 0.6$. Металл отростков получает незначительную проработку в виду его расположения в зоне затрудненной деформации.

Целью работы является исследование напряженно деформированного состояния при осадке в кольцах, установление формы инструмента и размеров исходной заготовки, для применения данного технологического процесса дляковки крупных поковок типа ступенчатых валов.

В данной работе предлагается изменить технологический процессковки, как предложено в работе [5]. После оттяжки цапфы из прибыльной части слитка и его биллетировки осадку необходимо осуществлять верхней не плоской плитой, как это производится по базовой технологии, а вогнутой плитой с отверстием (рис. 1). Пунктиром на рис. 1 показана заготовка и положение инструмента до деформации. В этом случае будет наблюдаться комбинированное течение металла с образованием вогнутой боковой поверхности, что обеспечит повышенную проработку центральной части слитка, улучшит заварку внутренних дефектов, исключит бочко- и трещинообразование. При этом ожидается снижение усилия деформирования по сравнению с осадкой плоскими плитами за счет комбинированного течения металла в осевом и радиальном направлениях и уменьшения диаметра, связанного с бочкообразованием.

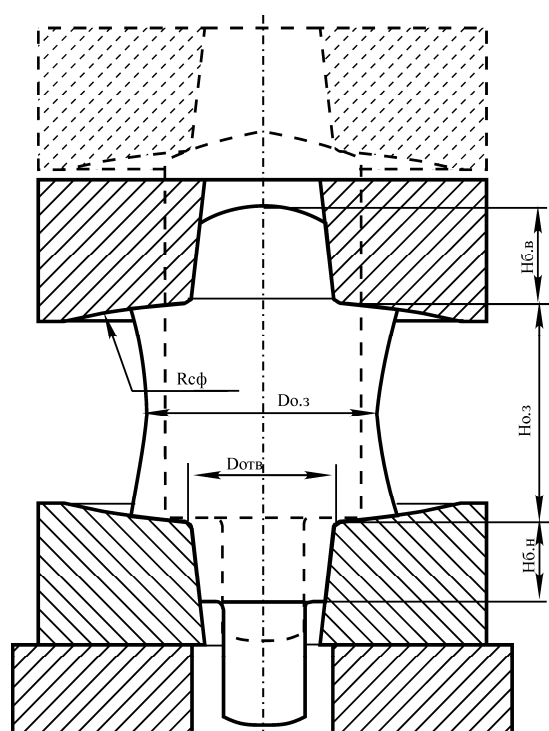


Рис. 1. Схема процесса осадки биллета вогнутыми плитами с отверстиями

Результаты моделирования для угла конусности плит 160° представлены в табл. 1. Полученные результаты показывают, что при осадке в кольцах действительно происходит образование вогнутой бочки, за счет течения центральной зоны заготовки в отверстия плит, но для невысоких заготовок ($H/D < 2,0$). Распределение деформаций в продольном сечении заготовки показывает повышенную проработку периферийной зоны заготовки, а при осадке высоких заготовок ($H/D = 2,0$) еще и центральной зоны. Повышенная проработка периферии бочки вала на глубину половины радиуса бочки повысит механические свойства этой части

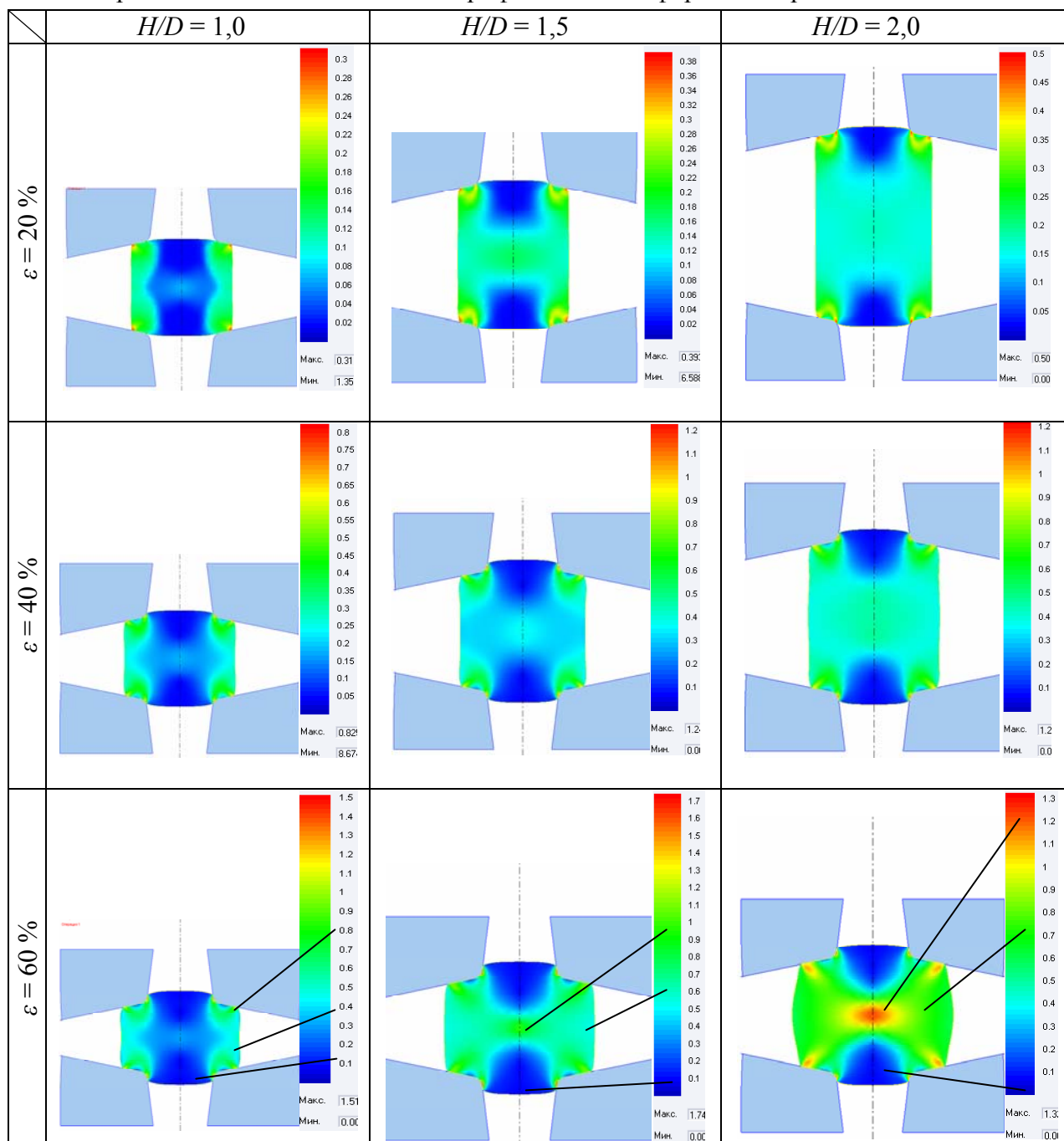
Реализация технологического процессаковки подобных поковок предполагают наличие цапфы для удержания заготовки манипулятором. Поэтому нижняя осадочная плита должна устанавливаться на подставку для возможности истечения металла в нижнее отверстие плиты. Сложность данного технологического процесса заключается в обеспечении соосности заготовки с верхним и нижним отверстиями плит. Эксцентриситет заготовки и инструмента приведет к увеличению неравномерности проработки и затекания металла. Устранить данный недостаток возможно за счет формирования в процессе биллетировки на краях заготовки уступов, которые по диаметру совпадают с диаметрами отверстий в плитах.

Для предварительной оценки напряженно-деформированного состояния процесса осадки заготовки в кольцах был проведен теоретический анализ с помощью программного обеспечения «QForm-2D» (лицензия ДГМА № U1221). Заготовка задавалась цилиндрической стальной диаметром 850мм с относительной высотой 1,0; 1,5; 2,0. Данный выбор основан на основе номенклатуры слитков, применяемых в кузнечнопрессовых цехах. Материал заготовки – сталь 40X, температурный интервалковки 1200–800 °С. Отверстие в плитах имеет угол конусности 7° на сторону, который служит для облегчения извлечения осажженной заготовки из плиты и составляет $do/D=0,66$ по рекомендациям [5]. Степень деформации по высоте 20 %, 40 % и 60 %.

детали, что уменьшит механический износ бочки вала. Не проработанными во всех исследуемых случаях остаются объемы металла, которые вытесняются в отверстие плиты. Течение металла в отверстия плиты не значительно при разных соотношениях высот заготовок и степенях деформации.

Таблица 1

Распределение интенсивности логарифмических деформаций при осадке в кольцах



Полученные результаты проверялись на свинцовых моделях с использованием метода координатных сеток (рис. 2). Исходные заготовки имеют такую же относительную высоту, как и при теоретическом исследовании 1.0, 1.5, 2.0. Осадка в кольцах была исследована на свинцовых образцах диаметром 42 мм и высотой 42, 63 и 84 мм, полученные путём спая двух половинок сплавом Розе ($T_{пл} = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$) на одной из которых нанесена делительная сетка с шагом ячейки равным 3 мм. Оценка деформированного состояния велась по величине

интенсивности логарифмических деформаций в поперечном сечении по методике И. П. Ренне [6]. Заготовка после поэтапного ($\varepsilon = 10\%$ за каждый нажим пресса) деформирования с соотношением $H/D = 1,5$ представлена на рис. 2. По измененной координатной сетке была подсчитана интенсивность логарифмических деформаций (рис. 3). Полученные результаты качественно и количественно совпадают, по распределению логарифмических деформаций, с результатами расчета МКЭ, однако эксперимент показывает большее затекание металла в отверстие плиты, чем конечно-элементное моделирование. Также для полученных результатов характерно образование вогнутой бочки и повышенной проработке периферийных и центральных зон заготовки. Максимальные деформации также возникают на боковой поверхности и в центральной осевой зоне заготовки.

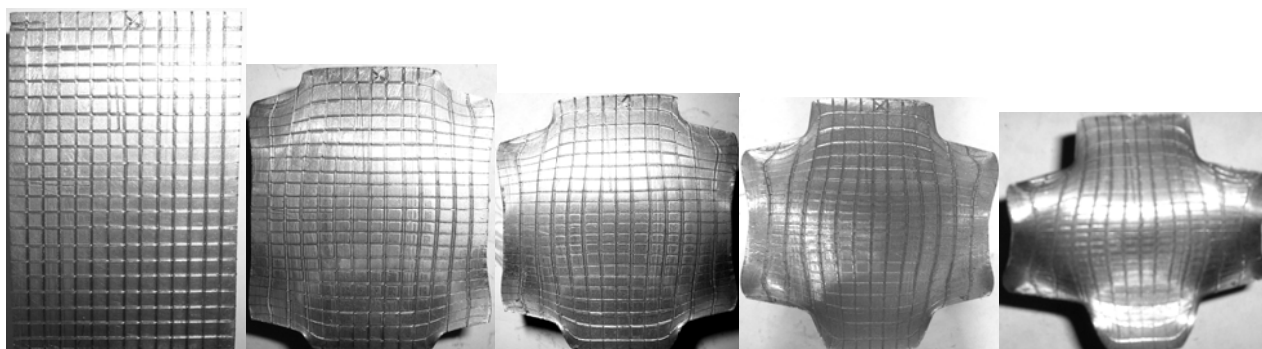


Рис. 2. Поэтапное изменение формы заготовки и координатной сетки

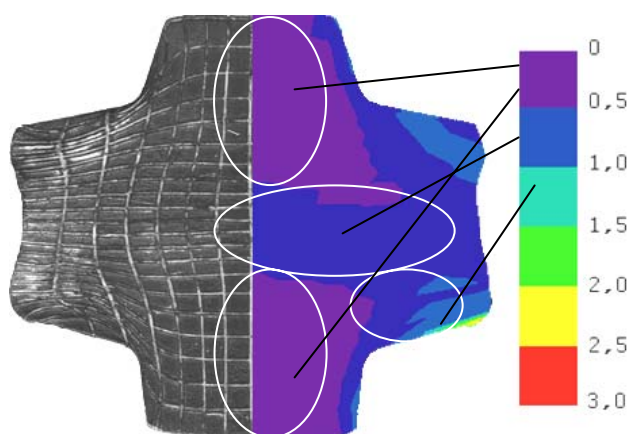


Рис. 3. Сетка и распределение интенсивности логарифмических деформаций на свинцовой заготовке

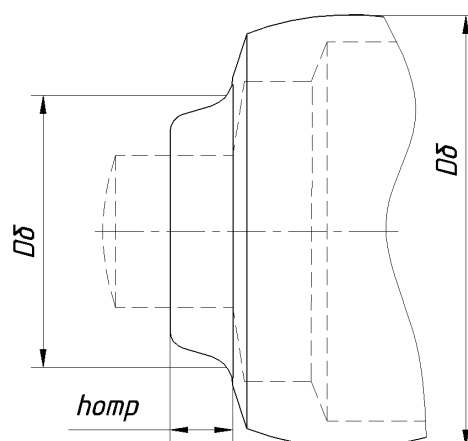


Рис. 4. Схема получения шеек вала протяжкой после осадки в кольцах

Получение после осадки полуфабриката близкого по форме к прокатному валу позволяет уменьшить последующую трудоемкостьковки и повысить производительность процесса за счет затекания металла в отверстие плиты и формирования при осадке опорных шеек вала. Однако необходимо управлять кинематикой течения металла в осевое отверстие плиты, для обеспечения возможности набора необходимых объемов металла под будущие шейки вала. Не исключен вариант, когда для получения длинной шейки вала возможно производить осадку на плитах с отверстием большим, чем диаметр шейки. Получение требуемых размеров возможно после протяжки этого участка комбинированными бойками (рис. 4). В этом случае необходимый уков достигается в процессе осадки в кольцах и дальнейшей протяжки. Основной уков для таких поковок регламентируется в бочке вала.

Таким образом, по сравнению с традиционной технологиейковки поковок типа валов, технологияковки с использованием осадки в кольцах сокращает количество протяжных

операций ковки на 10–15 % (в зависимости от типа поковки). Протяжку следует вести с максимально возможной степенью деформации, чтобы очаг деформации проникал как можно глубже к оси поковки, а заканчивать её следует при температуре близкой к нижней границе интервала ковки.

ВЫВОДЫ

При осадке в кольцах металл отростков претерпевает незначительную деформацию. Осевая часть металла прорабатывается для поковок, у которых начальное соотношение $H/D > 1,0$. Значительную деформацию получает периферийная часть бочки, где интенсивность деформаций достигает значений порядка 1,5...2,0, что повысит работоспособность вала. Однако лучшее затекание металла в отверстие плиты обеспечивают короткие заготовки с $H/D < 1/5$.

Рассмотренный технологический процесс может быть применён при ковке поковок типа ступенчатых валов с дополнительной протяжкой получаемых шеек. Осадка в кольцах обеспечивает снижение усилия деформирования по сравнению с осадкой в вогнутых или плоских плитах, а также снижение количества протяжных работ при ковке поковок типа валов на 10–15 %. Схема осадки с вогнутой бочкой исключает появление растягивающих напряжений, а, следовательно, поверхностных трещин на боковой поверхности недокова и внутренних разрывов.

Исследования показывают, что сложность процесса заключается в ограниченности затекания металла в осевое отверстие плиты. Усилить течение металла заготовки в осевом направлении возможно при увеличении диаметра отверстия в плите. Однако при этом необходимо увеличивать диаметр заготовки для исключения складкообразования на боковой поверхности заготовки. В связи с этим применение осадки в кольцах для процессов ковки прокатных валков становится возможным только с применением укороченных слитков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потапов А. И. Выбор геометрии бойков и режима протяжки при изготовлении поковок валов / И. А. Потапов // Кузнечно-штамповочное производство. – 2009. – № 6. – С. 19–26.
2. Марков О. Е. Процес утворення утяжини при осадці дисків на плиті з отвором / О. Е. Марков, С. В. Янчук, С. В. Куценко // Обработка материалов давлением : сб. научн. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2008. – № 1 (19). – С. 189–192.
3. Тюрин В. А. Стадийность процесса и потокораспределение при осадке плитами с осевым отверстием вала / В. А. Тюрин, М. Б. Савонькин // Кузнечно-штамповочное производство. – 2009. – № 3. – С. 17–20.
4. Тарновский И. Л. Свободная ковка на прессах / И. Л. Тарновский, В. Н. Трубин, М. Г. Златкин. – М. : Машиностроение, 1967. – 328 с.
5. Пат. 33423 Україна, МПК(2006) В 21 J1/00. Спосіб осадження зливка увігнутими плитами з отворами / Марков О.Є. – Заявл. 28.01.08 ; опубл. 25.06.08, Бюл. № 12.
6. Рене И. П. Экспериментальные методы исследования пластического формоизменения в процессах обработки металлов давлением с помощью делительной сетки / И. П. Рене. – Тула, 1970. – 147 с.

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

Марков О. Е. – канд. техн. наук, доц. кафедры ОМД ДГМА;

Олешко М. В. – зам. нач. цеха ЗАО «НКМЗ»;

Злыгорев В. Н. – зам. гл. металлурга ЗАО «НКМЗ».

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск;
ЗАО «НКМЗ» – ЗАО «Новокраматорский машиностроительный завод», г. Краматорск.

E-mail: omd@digma.donetsk.ua