

УДК 621.73.043

Марков О. Е.  
Станков В. Ю.  
Шарун А. О.  
Ковалевский С. В.  
Косилов М. С.

## РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА КОВКИ ДНИЩ

Анализ существующего опыта по изготовлению деталей ответственного назначения позволил выявить достоинства и недостатки некоторых способов, а также открыть новые направления в исследовании технологических процессов ковки днищ.

Существующие способы производства данного вида продукции включают многооперационную вытяжку [1], формовку заготовки по участкам с последующей вытяжкой [2], изготовление заготовки раскаткой в виде полый сферы с последующим разрезанием её на части [3], а также получение пустотелого стакана с дном с последующей раздачей его сферической плитой [4].

Эти методы успешно зарекомендовали себя на производстве, но все же нуждаются в дальнейшем изучении и совершенствовании. Сложность проектирования заключается в трудности прогнозирования формоизменения и утонения в процессе раздачи заготовки, а также в необходимости устранения дефектов металлургического происхождения для получения поковок высокого качества.

В предыдущих работах были созданы конечно-элементные модели раздачи сферической плитой пустотелой глухондонной заготовки, что позволило установить оптимальную геометрию заготовки до раздачи сферической плитой, которая могла бы обеспечить минимальную разнотолщинность получаемой поковки.

Анализ геометрии полученной заготовки позволил установить, что заданная форма может быть получена при отливке слитка специальной геометрии. Однако такая конструкция слитка не является технологичной по форме. Более того, полученный слиток после раздачи не обеспечивает накопление достаточной величины деформации в теле заготовки, что снизит проковку литой структуры и не будет способствовать повышению ударной вязкости стали поковки.

Цель работы – усовершенствование технологического процесса раздачи днища с целью получения более технологичной конструкции слитка, которая, повысит уровень накопленных деформаций при раздаче конической и сферической плитой.

Поставленную цель предполагается достигнуть за счёт разработки новой конструкции пустотелого слитка и введения в технологический процесс ковки днища дополнительной операции раздачи конической плитой.

Раздача конической плитой будет приводить к утонению стенки в верхней части слитка. В связи с этим необходимо провести дополнительное исследование, которое позволит установить влияние операции раздачи конической плитой на утонение стенки заготовки, а, следовательно, на рациональную геометрию исходной заготовки (слитка) до раздачи конической плитой (рис. 1). На основании этого была разработана конечно-элементная модель, которая позволит установить оптимальную геометрию слитка.

Для определения геометрических параметров заготовки необходимо исходить из технологических возможностей получения слитка. Для возможности извлечения стержня из слитка необходимо обеспечить угол конусности  $\alpha = 15^\circ$ . Диаметр  $d0_{\text{отв}}/D_{\text{сф}}$  рекомендуется принять 0,2, параметр  $d0/D_{\text{сф}}$  принимаем 0,25. Параметры  $D0$  и  $D0_{\text{отв}}$  получаются исходя из известных углов  $\alpha$  и  $\beta$ . Для нахождения угла  $\beta$  необходимо провести дополнительное

моделирования в программе Qform 2D для различных углов. Результаты моделирования формоизменения и НДС представлены в табл. 1. Параметр  $\beta$  принимал значение 22°; 26°; 27,5°; 29° и 32°. Данный диапазон выбирался исходя из условия получения различных толщин стенки. Исследовалось влияние угла  $\beta$  на относительный наружный диаметр пустотелой заготовки  $D/D_{сф}$  после раздачи конической плитой.

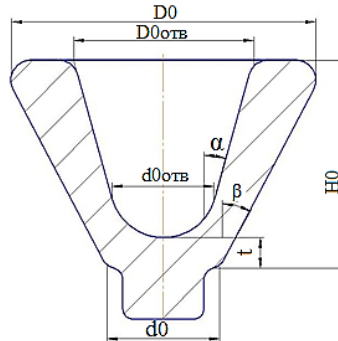


Рис. 1. Эскиз слитка до раздачи конической плитой

Таблица 1

Формоизменение и распределение деформации в процессе раздачи конической плитой слитка с различным углом конусности  $\beta$

$\beta, ^\circ$	Распределение деформаций	$\beta, ^\circ$	Распределение деформаций
22	<p><math>D/D_{сф} = 0,77</math></p>	26	<p><math>D/D_{сф} = 0,867</math></p>
27,5	<p><math>D/D_{сф} = 0,895</math></p>	29	<p><math>D/D_{сф} = 0,917</math></p>
32	<p><math>D/D_{сф} = 0,978</math></p>		

Раздача заготовки со сферическим дном позволяет исключить образование утяжины в нижней части днища за счет повышения жесткости стенки в донной части пустотелой заготовки. Предложенная заготовка для раздачи конической и сферической выпуклыми плитам позволяет рекомендовать её в качестве возможной заготовки для получения бездефектной поковки.

Распределение деформаций в теле поковки позволило оценить проработку структуры металла, а формоизменение в процессе раздачи позволило установить оптимальную геометрию слитка. Кроме того, при раздаче конической плитой максимальные напряжения возникают в донной части заготовки, что вызвано максимальными растягивающими напряжениями в этой зоне. С целью исключения трещин и зажимов в этой зоне необходимо подогревать заготовку перед раздачей до температуры 1000–1200 °С, а раздачу производить с паузами между нажимами. Ковка с паузами позволяет управлять НДС заготовки за счет её разупрочнения.

Анализ полученных результатов позволил определить оптимальное значение параметра  $D_{отв}/D_{сф}$ , который будет гарантировать образование минимальной разнотолщинности и исключение образования складок и зажимов на поковке. Рациональный диапазон этого параметра составляет 0,6 ... 0,8. На основании этого была установлена графическая зависимость относительной конечной толщины стенки  $S_k/D_{сф}$  от относительного наружного диаметра заготовки  $D/D_{сф}$  (рис. 2). Полученная закономерность позволяет определить внутренний и наружный диаметр заготовки после раздачи конической плитой. Используя полученное соотношение  $S_k/D_{сф}$  заданной поковки, при пересечении с кривой, которая соответствует относительному внутреннему диаметру заготовки  $D_{отв}/D_{сф}$ , определяем относительный наружный диаметр заготовки  $D/D_{сф}$ . Высоту заготовки перед раздачей сферической плитой находим исходя из равенства объёмов заготовки и получаемой поковки.

По известному промежуточному относительному наружному диаметру заготовки  $D/D_{сф}$ , который получен по результатам предыдущего моделирования (рис. 2), находим угол  $\beta$  (рис. 3). На основе результатов моделирования было установлено, что высота незначительно влияет на разнотолщинность заготовки, поэтому параметр  $H_0$  подбираем исходя из равенства объёмов поковки и слитка.

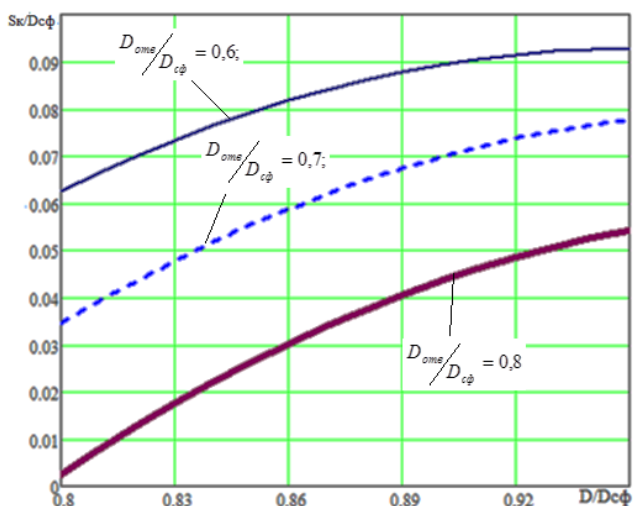


Рис. 2. Изменение относительной конечной толщины стенки ( $S_k/D_{сф}$ ) от относительного наружного диаметра заготовки ( $D/D_{сф}$ ) при различных относительных внутренних диаметрах заготовки ( $D_{отв}/D_{сф}$ )

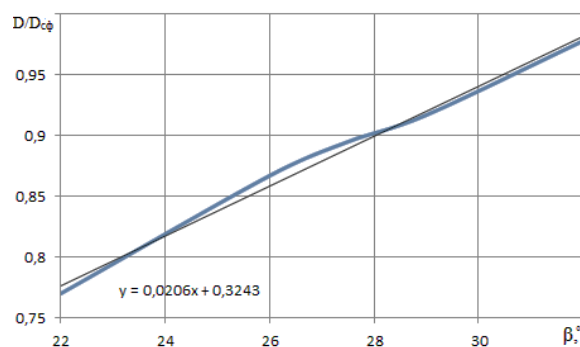


Рис. 3. Изменение промежуточного относительного наружного диаметра  $D/D_{сф}$  заготовки от угла конусности слитка  $\beta$

## ВЫВОДЫ

На основании результатов моделирования был исследован и усовершенствован новый технологический процесс получения днищ ковкой с использованием операции раздачи конической и сферической плитой. В результате моделирования была установлена оптимальная геометрия слитка, которая исключает появление складок.

После проведение теоретического исследования была выбрана эффективная схема раздачи, которая обеспечивает минимальную разнотолщинность в процессековки днища. Установлена оптимальная геометрия заготовки перед раздачей сферической плитой, на основании которой определена рациональная геометрия слитка до раздачи конической плитой. Эти параметры соответствуют:  $d_{отв}/D = 0,2$ ;  $d/D = 0,25$ ;  $\alpha = 15^\circ$ ;  $\beta = 28$ .

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 1204296 СССР, МПК В 21 D 22/20. Способ штамповки куполообразных днищ / О. А. Смирнов, Э. Л. Мельников, А. А. Сафронов, В. С. Головин (СССР). – № 3668651/25–27 ; заявл. 2.12.83 ; опубл. 15.01.86, Бюл. № 2. – 2 с. : ил.
2. Пат. 871900 СССР, МПК В 21 D 22/20. Способ изготовления крупногабаритных днищ / С. Т. Лиш, Ю. И. Козлов, М. С. Сапотницкий, Ю. Г. Токарев, И. Г. Трухин (СССР). – № 2755434/25-27 ; заявл. 18.04.79 ; опубл. 15.10.81, Бюл. № 38. – 2 с. : ил.
3. Пат. 102649 Україна, МПК В21J 5/06. Спосіб кування днищ / О. Є. Марков, П. П. Кальченко, Н. О. Руденко, П. І. Різак. – № 04736 ; заявл. 15.05.2015 ; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 21. – 5 с. : ил.
4. Пат. 2412777 Российская федерация, МПК В21К21/02, В21J1/04 Способ изготовления поковки днища (крышки) реактора из слитка / Онищенко А. К. – № 2009139368/02 ; заявл. 27.10.2009 ; опубл. 27.02.2011, Бюл. № 20. – 6 с. : ил.

## REFERENCES

1. Pat. 1204296 SSSR, MPK B 21 D 22/20. Sposob shtampovki kupoloobraznyh dnishh / O. A. Smirnov, Je. L. Mel'nikov, A. A. Safronov, V. S. Golovin (SSSR). – № 3668651/25–27 ; zajavl. 2.12.83 ; opubl. 15.01.86, Bjul. № 2. – 2 s. : il.
2. Pat. 871900 SSSR, MPK B 21 D 22/20. Sposob izgotovlenija krupnogabaritnyh dnishh / S. T. Lii, Ju. I. Kozlov, M. S. Sapotnickij, Ju. G. Tokarev, I. G. Truhin (SSSR). – № 2755434/25-27 ; zajavl. 18.04.79 ; opubl. 15.10.81, Bjul. № 38. – 2 s. : il.
3. Pat. 102649 Ukraïna, MPK B21J 5/06. Sposib kuvannja dnishh / O. Є. Markov, P. P. Kal'chenko, N. O. Rudenko, P. I. Rizak. – № 04736 ; zajavl. 15.05.2015 ; opubl. 10.11.2015, Bjul. № 21. – 5 s. : il.
4. Pat. 2412777 Rossijskaja federacija, MPK B21K21/02, B21J1/04 Sposob izgotovlenija pokovki dnishha (kryshki) reaktora iz slitka / Onishhenko A. K. – № 2009139368/02 ; zajavl. 27.10.2009 ; opubl. 27.02.2011, Bjul. № 20. – 6 s. : il.

Марков О. Е. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедры МПФ ДГМА;

Станков В. Ю. – зам. техн. дир. ПАО «ЭМСС»;

Шарун А. О. – аспирант кафедры МПФ ДГМА;

Ковалевский С. В. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. ТМ ДГМА;

Косилов М. С. – аспирант кафедры МПФ ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

ПАО «ЭМСС» – Публичное акционерное общество «Энергомашспецсталь», г. Краматорск.

E-mail: [mto@digma.donetsk.ua](mailto:mto@digma.donetsk.ua)