

УДК 539.374.001.8

ЛЕГОТКИН Г. И.¹, пред. наблюд. совета завода
 СЛЕПЫНИН А. Г.¹, зам. пред. наблюд. совета завода
 КОЗЛОВ В. И.¹, зам. ген. директора завода
 ЧИГИРИНСКИЙ В. В.², д.т.н., профессор

¹ Колесный завод, г. Кременчуг, Украина

² Днепропетровский государственный технический университет, г. Каменское, Украина

РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА КОЛЕС АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УКРАИНЕ

Введение. Единственным заводом в Украине, который производит колеса автотранспортных средств и сельскохозяйственной техники, является Кременчугский колесный завод. В настоящее время на заводе стремятся расширить ассортимент выпускаемой продукции с выходом на рынки ближнего и дальнего зарубежья, включая двигатели для сельскохозяйственной техники.

В условиях рыночных отношений, когда были утрачены связи с торговыми партнерами, потребляющие продукцию завода, остро встал вопрос «выживаемости» предприятия. Возникла необходимость коренной перестройки внутренних служб завода, всего производства. Во главу встали вопросы производства той продукции, которая востребована рынком, ее качество. Для этого необходимо было выявить общие тенденции развития колесного производства в Украине, странах СНГ и особенно за рубежом. На базе этого разработать концепцию развития производства в условиях отечественного и зарубежного рынков, и в дальнейшем реализовать ее. Реализация такой схемы является успешной, если завод обеспечен заказами на долгую перспективу, стабильно функционирует в условиях неблагоприятных экономических отношений. Анализу были подвергнуты конструкции колес и технологические схемы производства.

Постановка задачи. На рис. 1 показано колесо грузового автомобиля в сборе с шиной. Состоит из разъемного обода 2, на котором устанавливают пневматическую шину 1, и диска 3, соединяющего обод со ступицей.

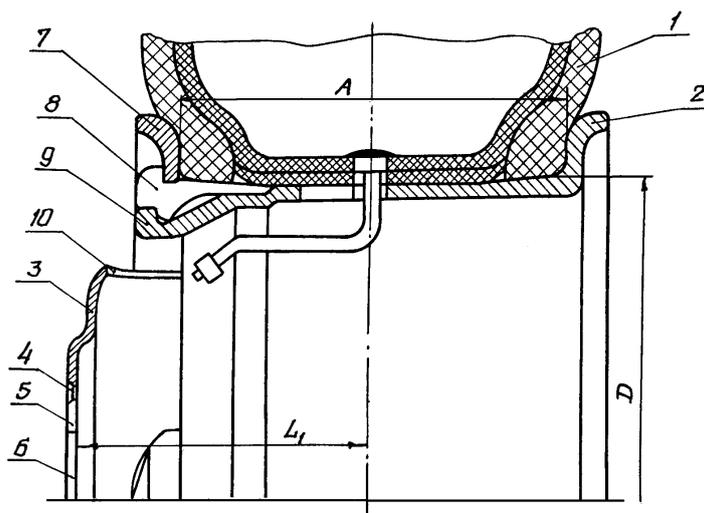


Рисунок 1 – Колесо грузового автомобиля

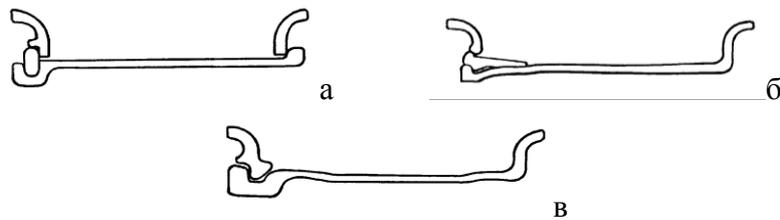
Покажем, что снижение массы – эффективное направление развития конструкций колес грузовых автомобилей. Развитие конструкций колес грузовых автомобилей во многом становится понятным, если подойти к решению данной проблемы с точки

зрения его металлоемкости [1]. Известно [2], что при увеличении веса и момента инерции колес расход топлива возрастает:

- при установившемся режиме движения по ровной дороге на 0,8 %;
- при разгоне автомобиля на 4,5 %.

Таким образом, с одной стороны, существует необходимость снижения массы колес при их эксплуатации, а с другой – экономическая целесообразность использования облегченных профилей в автомобильном производстве. Анализ, проведенный в работе [2], показывает, что при создании новых конструкций ободьев колес уменьшение их веса может быть достигнуто за счет многих факторов. Совершенствования распределения металла по сечению профиля, устранения взаимного перекрытия деталей обода. Использование конструкций колес с регулируемым давлением и снижением расхода проката при производстве дисковых колес и их креплений. Применения бездисковых колес, использование широкопрофильных ободьев, новых конструкционных материалов.

Результаты работы. Устранение взаимного перекрытия деталей колеса. У трехкомпонентного обода в замочной части основание на всей ширине посадочной полки перекрыто замочным кольцом, а выступ замочного кольца перекрывается бортовым. Такие перекрытия, не повышая прочности, увеличивают металлоемкость колеса. На рис. 2 показаны конструкции ободьев колес разной компонентности. Действительно эффективным решением, исключающим перекрытие деталей колеса, является снижение компонентности обода. В настоящее время внедрен в производство для грузовых автомобилей однокомпонентный обод с 15° посадочной полкой, рис. 3.



а – обод колеса РW-202; б – трехкомпонентный обод;
в – двухкомпонентный обод

Рисунок 2 – Ободья колес разной компонентности

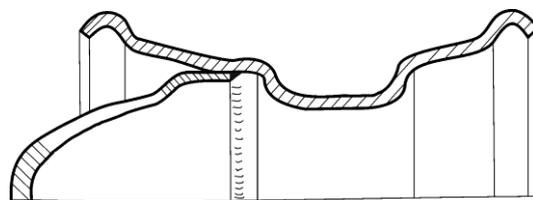


Рисунок 3 – Однокомпонентный обод в сборе с диском

Совершенствование распределения металла по сечению профиля обода. В этом случае необходимо знать силовое взаимодействие шины с ободом, напряженное состояние обода колеса [3]. Поперечные и кольцевые напряжения по сечению обода распределены крайне неравномерно, рис. 4. Анализ показывает, что существует возможность перераспределения металла по сечению профиля, т.е. создания равнопрочного обода. В элементах минимальных внутренних нагрузок количество металла может быть меньше, чем в зонах большего нагружения.

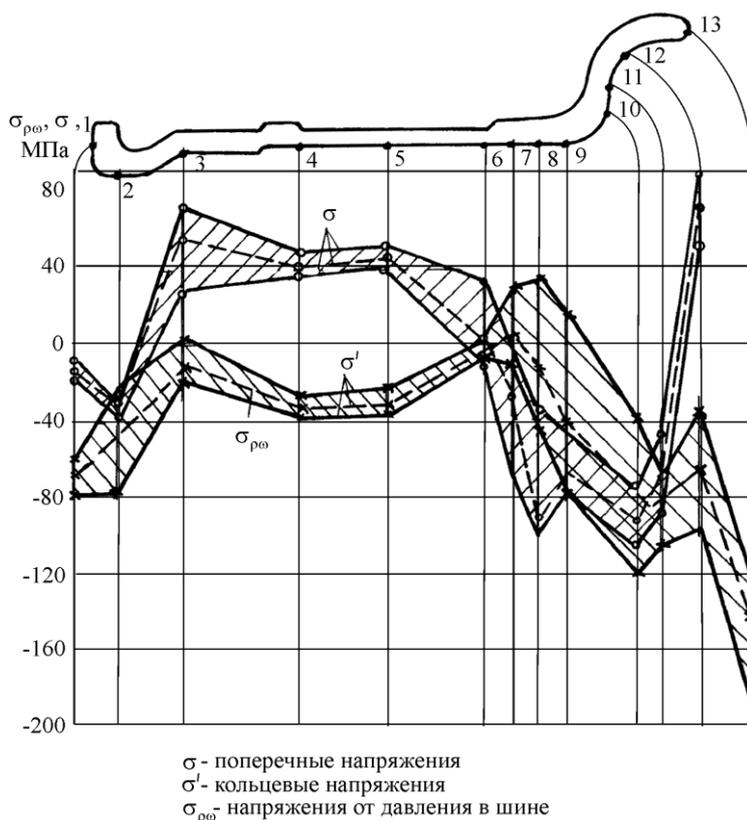


Рисунок 4 – Распределение поперечных и кольцевых напряжений

Как видно, рис. 4, наименее нагруженной частью обода является центральная его часть, называемая полотном. В соответствии с этим изменялись конструкции ободьев колес, рис. 5. Находились решения позволяющие снизить металлоемкость обода. По сравнению с вариантом (а), в замочной части обода появилась закраина, что позволило отказаться от упора в правой части 4-х компонентного обода, снизило компонентность обода. Вариант (в), предусматривает утонение центральной части с минимальной нагрузкой. Профиль с нижней волновой поверхностью позволяет реализовать дальнейшее снижение металлоемкости. Однако в технологическом отношении его производство более перспективно, т.к. при прокатке удастся стабилизировать температурный режим.

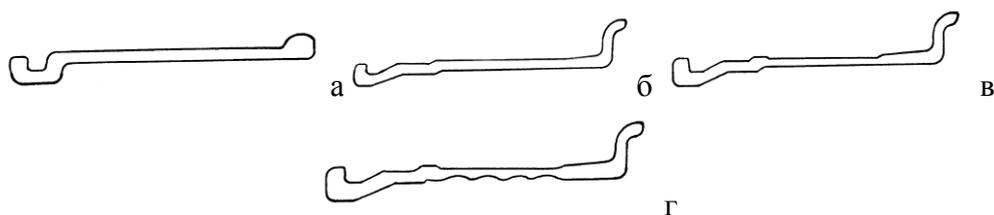
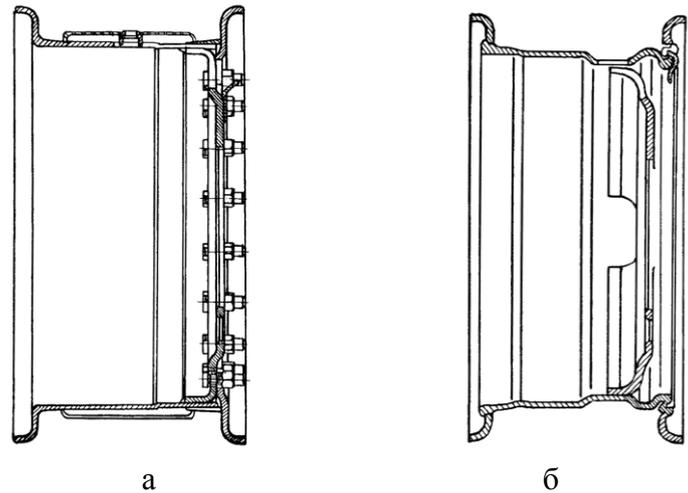


Рисунок 5 – Горячекатаные профили ободьев колес грузовых автомобилей

Снижение расхода металлопроката в производстве колес для шин с регулируемым давлением. Эти колеса имеют один из самых низких показателей удельной грузоподъемности. Колесо включает в себя обод, состоящий из двух частей, с 5°-ю коническими посадочными полками, диск и распорное кольцо, необходимое для удержания бортов шины на полках. Колесо такой конструкции характеризуется большим весом. В конструкции обода с тороидальной посадочной полкой [4] отсутствует распорное кольцо, а надежная посадка шины осуществляется за счет увеличенного радиального натяга на тороидальную посадочную полку, рис. 6.



а – обод колеса с распорным кольцом;
 б – обод колеса с тороидальными полками

Рисунок 6 – Колесо для шин с регулируемым давлением

Снижение расхода проката в производстве дисковых колес и их креплений. Диск является самой недолговечной деталью колеса. В настоящее время разработаны надежные технологии и оборудование, позволяющие изготавливать колеса с крутыми посадочными полками и раскатным диском. Периферийная часть имеет утонения по сравнению с центральной, что достигается раскаткой диска, рис. 7. Получают разнотолщинный диск на раскатных станах. Это позволяет значительно снизить металлоемкости колеса и улучшить эксплуатационных характеристик.

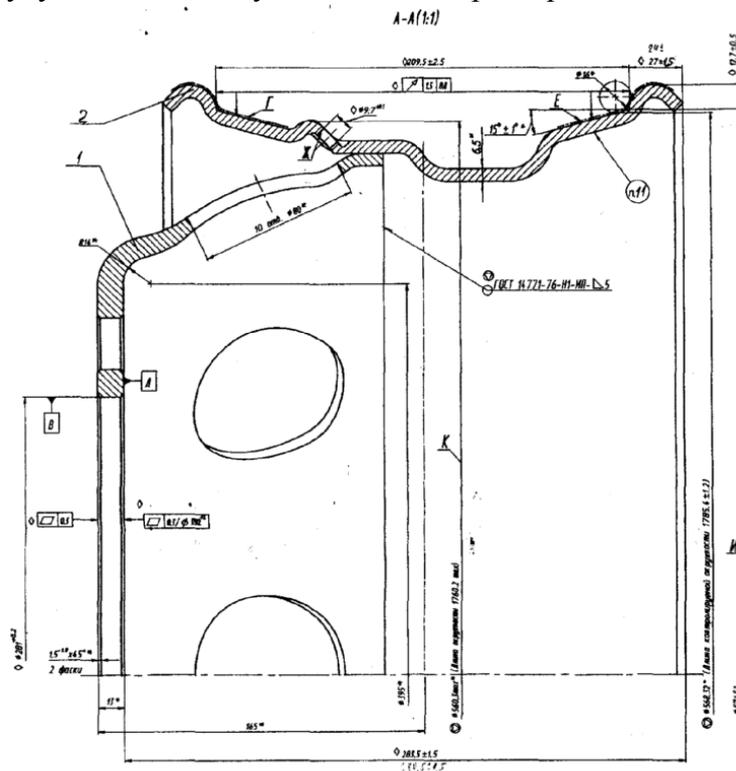


Рисунок 7 – Рабочий чертеж колеса с разнотолщинным диском (раскатным)

Снижение расхода металлопроката за счет применения бездисковых колес. Коэффициент прочности у бездисковых колес почти в два раза выше, чем у дисковых колес. Диск является наиболее недолговечной деталью колеса, а при его разрушении выбрасывается, как правило, и не выходящий из строя обод. При переходе на изготовление бездисковых колес, прочностные характеристики которых значительно выше, в колесном производстве отмечается значительная экономия металла.

Экономия металлопроката за счет применения широкопрофильных колес. Основной эффект здесь отмечается при замене сдвоенных колес под ту же нагрузку. Многокомпонентные разборные колеса признаны в данном случае бесперспективными и повсеместно вытесняются колесами с широкопрофильными шинами, рис. 8. За рубежом используются широкопрофильные колеса с 15° посадочными полками, в странах СНГ прогрессивной конструкцией обода для широкопрофильных шин является обод с тороидальными посадочными полками. типа 228Г-508.

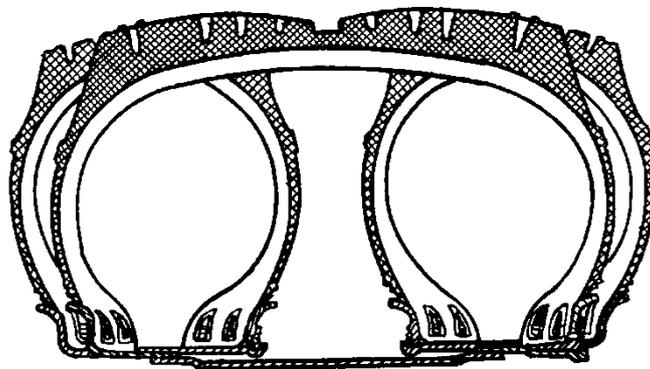


Рисунок 8 – Конструкции колес

Применение новых конструкционных материалов в колесном производстве. В настоящее время, в колесном производстве используется набор различных марок стали. Обозначена тенденция развития марочного состава колес грузовых автомобилей. С увеличением скоростей движения, веса грузоперевозок (автопоезда) возрастает нагрузка на колесо и его ступицу. Рабочие напряжения в колесе достигают значений 250...650 МПа. Таким нагрузкам соответствуют низколегированные марки стали.

В странах СНГ применяются, в основном четыре марки стали: сталь 10 пс ($\sigma_{в\ max} \approx 420$ Мпа) – для ободов легковых, грузовых автомобилей, тракторов и сельхозмашин; сталь 15 пс ($\sigma_{в\ max} \approx 440$ Мпа), S355 ($\sigma_{в\ max} \approx 550$ Мпа) – для дисков всех типов колес; сталь 45 ($\sigma_{в\ max} \approx 490$ Мпа) – для замочных колец; сталь 20 ($\sigma_{в\ max} \approx 390$ Мпа) – для бортовых колец и прочих деталей. Исследования химического состава сталей показали, что для ободьев колес целесообразно применять полуспокойные стали, по содержанию углерода и кремния аналогичные сталям 10 пс и 15 пс, но имеющие невысокое значение марганца (до 0,4 %), а по небольшому содержанию серы и фосфора относящиеся к высококачественным сталям. В автомобильной промышленности находят широкое применение стали, обладающие высокой пластичностью и прочностью, которые легко деформируются в производственных условиях.

Следует отметить, что просматривается закономерность в развитии конструкций колес грузовых автомобилей, связанных не только с разным функциональным назначением, но и с металлоемкостью колеса. Оказывается, что все прогрессивные разработки в этой области, так или иначе связаны с металлоемкостью. Так в последние годы проявилась тенденция использования двухфазных сталей в качестве сырья для изготовле-

ния дисков автомобильных колес. Применение двухфазных сталей позволило повысить стойкость автомобильных колес на 10–15 %, что открывает дальнейшее поле деятельности для снижения металлоемкости

Технологические особенности проектирования тонкостенных профилей. В прокатном производстве получение тонкостенной продукции является проблемным вопросом, т.к. быстро охлаждаемая полоса в чистовых проходах способствует повышению сопротивления деформации, коэффициента трения, силы пластической обработки, пружины рабочей клетки, выходящей из валков толщины раската. Кроме этого, в случае неравномерной деформации в очаге, возникают дополнительные напряжения, способствующие увеличению силы прокатки. Возникает необходимость снижения силы прокатки в чистовых проходах, что способствует получению тонкостенного проката, за счет снижения упругой деформации механической системы. Экспериментальные и теоретические исследования показывают [5], [6], что такая возможность существует, если использовать неравномерность пластической деформации, как управляющий фактор. В основе такого представления лежат эффекты пластической деформации: дополнительного и кинематического воздействия.

Эффект дополнительного воздействия определяется тем, что сила дополнительного воздействия на очаг деформации реализуется меньшей величиной, чем основной процесс формоизменения. При этом установлена связь между параметрами неравномерной деформации по ширине очага деформации и силовыми параметрами дополнительного воздействия. Экспериментальными исследованиями установлено, что моменты со стороны линеек $M_{\text{экс}}$, выполняющие роль дополнительного воздействия меньше моментов пластического изгиба при пластической деформации $M_{\text{пл}}$. Их отношение находится в пределах 0.2...0.8. Обработка экспериментальных данных позволила получить аналитические зависимости моментов дополнительного воздействия от параметров неравномерности деформации вида, на входе

$$M_{\text{вх}} = 1,938 \cdot M_{\text{пл.вх}} \cdot \left[\frac{\sum 2 \cdot S_{k0} \cdot z_k \cdot \frac{a_k}{1+a_k} \cdot \ln \frac{\mu_{\text{ср}}}{\mu_k}}{W_{\text{вх}}} \right]^{0,443},$$

на выходе из очага деформации

$$M_{\text{вых}} = 1,827 \cdot M_{\text{пл.вых}} \cdot \left[\frac{\sum 2 \cdot S_{k1} \cdot z_k \cdot \frac{1}{1+a_k} \cdot \ln \frac{\mu_{\text{ср}}}{\mu_k}}{W_{\text{вых}}} \right]^{0,485},$$

где $\mu_{\text{ср}}$, μ_k – средняя и частная вытяжки в очаге деформации; S_{k0} , S_{k1} – площади элементов профиля на входе и выходе из очага деформации; $M_{\text{вх}}$, $M_{\text{вых}}$ – моменты сопротивлений приведенных сечений раската на входе и выходе из очага деформации. Моменты дополнительного воздействия связаны с регулирующими параметрами воздействия в пластической зоне.

Неравномерность пластической деформации, как регулирующий фактор процесса, использована в другом эффекте пластической деформации – кинематического воздействия. Воздействие валками на тонкостенную часть профиля в режиме вертикального сдвига позволило локальным объемам металла достаточно свободно перемещаться

друг относительно друга. Согласно парности касательных напряжений в продольном направлении также возникают напряжения, способствующие увеличению интенсивности пластической деформации, снижению нормальной составляющей. Если элемент прокатывался в условиях продольного подпора, связанного с неравномерной деформацией по ширине, то увеличение проработки тонкостенного участка профиля в виде сдвигов снижает продольный подпор и даже изменяет знак дополнительного напряжения. В результате имеем изменение формы тонкостенной части профиля. В данном случае это касается профиля обода грузовых автомобилей, рис. 9, 10.



Рисунок 9 – Чистой и предчистой шаблоны при прокатке обода с центральной волнообразной частью



Рисунок 10 – Чистой и предчистой шаблоны при прокатке обода с «раскатной волной»

Предложенный деформационный режим прокатки тонкостенной части в чистовом калибре изменяет геометрию готового профиля [7], [8]. Так как центральная зона обода не решает какой-то функциональной задачи, поэтому изменение формы не влияет на эксплуатационные характеристики колеса.

Появление волнообразной формы центральной части обода не является конструктивным элементом, связанным с эксплуатационными особенностями колеса, в частности обода. Предложенная форма исключительно связана с технологическим фактором производства при прокатке, с возможностью получения его тонкостенной части. В связи с этим возникает необходимость проектирования прокатных профилей с учетом технологических особенностей его производства, как это представлено выше.

Анализ полученных результатов. Были разработаны рабочие чертежи серии профилей ободьев колес для грузовых автомобилей с центральной волнообразной частью, и «раскатной волной» рис. 11, 12.

Были последовательно внедрены в производство несколько партий профилей ободьев колес для четырех модификаций. К ним относятся колеса автомобилей и автобусов ЗИЛ, МАЗ, ЛАЗ и ЛИАЗ.

Опыт внедрения данных конструкций колес позволил разработать концепцию развития колесного производства в Украине на перспективу. Были определены мировые и отечественные тенденции развития колесного производства, связанные со снижением металлоемкости готовых изделий. Данная техническая позиция себя оправдала в сложных рыночных условиях. Несмотря на кризисные явления в экономике Украины можно констатировать, что выбранная концепция развития является для завода надежным ориентиром решения производственных, финансовых и социальных вопросов.

4. Савельев Г. В. Автомобильные колеса / Г. В. Савельев. – М. : Машиностроение, 1983. – 150 с.
5. Чигиринский В. В. Производство высокоэффективного металлопроката / В. В. Чигиринский, В. Л. Мазур, Г. И. Леготкин, А. Г. Слепынин, Г. В. Бергеман, Т. Г. Шевченко. – Днепропетровск : «Дніпро-ВАЛ», 2006. – 265 с.
6. Чигиринский В. В. Современное производство колес автотранспортных средств и сельскохозяйственной техники / В. В. Чигиринский, В. Л. Мазур, С. Б. Беликов, Ф. И. Колесник, Г. И. Леготкин, А. Г. Слепынин, Т. Г. Шевченко. – Днепропетровск : «Дніпро-ВАЛ», 2010. – 309 с.
7. А.с. № 1136863 СССР, В 21 В 1/08, В 60 В 21/02. Обод колеса для пневматической шины / В. В. Чигиринский, В. И. Деревянко, А. С. Катан и др. (СССР). – № 3554045; заявл. 11.02.83; опубл. 30.01.85, Бюл. № 4.
8. А.с. 1435330 СССР, МКИ В60 В 1/08. Горячекатаный профиль для обода пневматических шин / В. В. Чигиринский, В. И. Деревянко, Г. Ф. Кулагин и др. (СССР). – № 4218605; заявл. 08.01.87; опубл. 07.11.88, Бюл. № 41.

УДК 621.735.3-416

МАРКОВ О. Е., д.т.н., профессор
ГЕРАСИМЕНКО А. В., к.т.н., докторант
ЗЛЫГОРЕВ В. Н., к.т.н., гл. металлург
ИНЧАКОВ Е. В., аспирант

Донбасская государственная машиностроительная академия,
г. Краматорск, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАДКИ ЗАГОТОВОК С ВОГНУТЫМИ ГРАНЯМИ

Введение. Все детали машин в тяжелом и энергетическом машиностроении относятся к изделиям ответственного назначения и получают способами горячего пластического деформирования. Размеры и масса этих деталей предполагают получение их ковкой. В качестве заготовок дляковки используются слитки. Кузнечные слитки характеризуются низким качеством, вызванным наличием литой структуры и дефектами металлургического происхождения (осевая рыхлость). Для проработки литой структуры и заковывания осевой рыхлости слитка поковки ответственного назначения должны изготавливаться с коэффициентом укова больше 2,5...3,0. Заданную степень деформации литой заготовки можно обеспечить только с применением операции осадки слитка. Однако в последних работах отечественных и зарубежных исследователей было установлено, что операция осадки цилиндрических заготовок не способствует закрытию осевых дефектов кузнечных слитков.

З. Байджиэг (Z. Baiqing) и соавторы в работе [1] проанализировали различные способыковки поковок ответственного назначения. Было установлено, что эти способыковки отличаются видом применяемых кузнечных операций, термомеханических режимов деформирования и использованием специального кузнечного инструмента [2]. Однако в работе не предложены способы, которые повышали бы качество осевой зоны крупных поковок.

В работе Л. А. Добрзански (L. A. Dobrzański) и соавторов [3] установлено, что в последнее время значительно возросла потребность в крупных поковках, которые изготавливаются с применением операции осадки. Контроль таких деталей производится по механическим свойствам, макроструктуре и остаточным напряжениям. В работе было установлено, что существующие технологические процессыковки крупных поковок не обеспечивают получение стабильного высокого качества. Поэтому для повышения ка-