

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университет

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казакский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
Kazakh national technical university named after K. Satpayev



ЕҢБЕКТЕР ЖИНАҒЫ

Академик А. Қ. Омаровтың 85 жылдық мерейтойына арналған
«**Материалтанудағы нанотехнологиялар – Қазақстанды
индустриаландырудың жаңа бағыты**»
атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының
26-27 қыркүйек 2014 жыл Алматы

СБОРНИК ТРУДОВ

Международной научно-практической конференции
«**Нанотехнологии в материаловедении – новый вектор
индустриализации Казахстана**»,
посвященной 85-летию юбилею академика А.К. Омарова.
26-27 сентября 2014 г. Алматы

THE COLLECTION OF WORKS

The International Scientific and Practical Conference
«**Nanotechnology And Materials Science - A New Vector Of
Kazakhstan's Industrialization**»,
dedicated to 85th anniversary of academician A.K Omarov
September 26-27, 2014 Almaty

Алматы 2014



УДК 669.017 (063)
ББК 34.2
М 29

Главный редактор: Смагулов Д.У., профессор

Редакционная коллегия
профессор Шамельханова Н.А., докторант Ускенбаева А.М.

Академик А.К.Омаровтын 85 жылдық мерейтойына арналған «Материалтанудағы нанотехнологиялар – Қазақстанды индустрияландырудың жаңа бағыты» атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияның материалдары – Алматы: ҚазҰТУ, 2014. – 334 б.

Материалы Международной научно-практической конференции «Нанотехнологии в материаловедении – новый вектор индустриализации Казахстана», посвященной 85-летию юбилею академика А.К. Омарова. – Алматы: КазНТУ, 2014. – 334 с.

Conference materials The International Scientific and Practical Conference «Nanotechnology And Materials Science - A New Vector Of Kazakhstan's Industrialization», dedicated to 85th anniversary of academician A.K. Omarov. – Almaty: KazNTU, 20104. – 334 p.

ISBN 978-601-228-654-0

Еңбектер жинағына Қазақстан Республикасының индустрияландырудың жаңа кезінен өту қарсаңында материалтану және нанотехнологиялар саласындағы жетістіктерді көрсететін ғылыми мақалалар енгізілген. Жарияланып отырған жұмыстардың тақырыптары іргелі және қолданбалы ғылыми зерттеу нәтижелерін, дүниежүзілік жетістіктерді ескере отырып, наноматериалтану саласындағы болашағы зор технологияларды жасау, жаңа материалдар өндіру және сонымен бірге, бәсекеге қабілетті кадрлар дайындау мәселелерін қамтиды.

В сборник трудов включены статьи, отражающие достижения науки о новых материалах и нанотехнологиях в условиях перехода к новому этапу индустриализации Республики Казахстан. Тематика опубликованных работ посвящена результатам фундаментальных и прикладных исследований, перспективных технологий в области наноматериаловедения, разработке и производству новых материалов с учетом мирового опыта, а также вопросам образования в свете подготовки конкурентоспособных кадров.

Proceedings include the papers, reflecting scientific achievements of new materials and nanotechnologies in condition of transition to the new stage of Republic Kazakhstan's industrialization. Published paper's subjects is dedicated to the results of fundamental and applied studies, to the perspective technologies in the field of nanomaterials, to the development and production of new materials based on international experience, as well as education in preparation of competitive specialists.

УДК 669.017 (063)
ББК 34.2

ISBN 978-601-228-654-0

© КазНТУ им.К.И.Сатпаева, 2014

ПРИВЕТСТВИЕ

ректора Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева

Адилова Жексенбека Макеевича участникам
Международной научно-практической конференции
«Нанотехнологии в материаловедении – новый вектор
индустриализации Казахстана»,
посвященной 85-летию юбилею академика А.К. Омарова

Уважаемые участники конференции, дорогие гости!

Приветствую Вас на Международной научно-практической конференции «Нанотехнологии в материаловедении – новый вектор индустриализации Казахстана», посвященной 85-летию юбилею академика А.К. Омарова и проводимой в год 80-летия КазНТУ.

Академик Ашим Курамбаевич Омаров по праву считается основателем научной школы металлургов Казахстана, также признанным научным авторитетом среди отечественных и зарубежных ученых в области черной металлургии. Он являлся крупным организатором, педагогом и наставником. Годы работы ректором Политеха, ознаменовались открытием отраслевых лабораторий, укреплением прямых связей кафедр с горно-металлургическими и другими крупными предприятиями.

Отрадно и символично, что в юбилейный год нашего университета, проводится Конференция, где будут представляться и обсуждаться достижения казахстанской науки о материалах и нанотехнологиях, определяющих приоритетное направление развития в соответствии с задачами индустриализации страны.

Уверен, представленные в трудах участников научно-практические результаты и проведенные обобщения на уровне развития мировой науки, представители которой принимают



МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА РАБОТЫ ГРУНТОВЫХ НАСОСОВ

*В.В. Поветкин, А.Т. Альпеисов, Б.Ж. Бектибай,
М.К. Татыбаев, В.П. Лем*

*Институт промышленной инженерии им. А.Буркитбаева,
КазНТУ имени К.И.Сатпаева, Алматы*

Существующие промышленные грунтовые насосы недостаточно стойки к абразивному изнашиванию при перекачивании сильноабразивных гидросмесей. Исследования показывают, что потеря из-за абразивного изнашивания первоначальной массы деталей на 25-30% вызывает потребность замены их новыми запасными частями.

Затраты, вызываемые изнашиванием, складываются не только из стоимости износостойких деталей, но и в значительной степени являются следствием непроизводительных простоев насосных установок, которые могут продолжаться более суток. Кроме того износ снижает энергетические показатели насосов.

Изучение влияния различных факторов на износ, анализ закономерностей изнашивания позволили выявить основные направления снижения износа и повышения срока службы деталей [1].

Способами повышения срока службы насосов являются:

- применение износостойких материалов;
- упрочнение изнашиваемой поверхности наплавкой твердых сплавов;
- разработка износостойкой гидравлической формы проточной части грунтовых насосов и равностойких к абразивному изнашиванию элементов их канала.

К числу главных направлений, повышающих износостойкость деталей, следует отнести применение для деталей насосов, соприкасающихся с абразивной гидросмесью, различных износостойких материалов, снижение скоростей протекания гидросмеси, использование рабочих органов, обладающих

повышенными износостойкими показателями, применение узлов и деталей, приспособленных для работы в условиях абразивной среды.

Наиболее эффективным средством снижения износа, позволяющим увеличить сроки службы деталей в десятки раз, является применение специальных износостойких материалов. Это направление включает различные покрытия, упрочнение поверхностей, использование как известных традиционных металлических материалов, так и новых износостойких сплавов, специальных сортов износостойких резин и минерало-полимерных композиций.

При интенсивном гидроабразивном изнашивании использование различных типов упрочнений поверхностей металлов (например: термомеханических, электрических и др.), так же как и различных покрытий, не является эффективным из-за малой толщины износостойкого слоя при сравнительной трудоемкости процессов и, следовательно, относительно большой стоимости.

Наиболее значительное увеличение износостойкости дает применение специальных износостойких сплавов чугуна и стали, а также специальных износостойких резин. Последние при транспортировании гидросмесей с мелкими неостроганными частицами могут дать повышение срока службы деталей в несколько десятков раз по сравнению со сроком службы деталей из обычного чугуна.

В связи с тем, что наибольший износ при протекании абразивной пульпы имеет место в тех сечениях проточных каналов, где резко изменяется направление потока, образуются зоны местного вихреобразования, и поток перемещается с большой относительной скоростью, одним из направлений повышения износостойкости является использование таких гидравлических форм проточных каналов, которые бы обеспечивали минимальный и относительно равномерный износ поверхности. Однако повышение износостойкости путем совершенствования гидравлических форм проточных каналов в меньшей степени влияет на повышение срока службы, чем применение износостойких материалов.

Одним из важных факторов повышения износостойкости является снижение скоростей потока гидросмеси, которые зависят от частоты вращения вала насоса. Таким образом, исходя из соображений повышения износостойкости рабочих колес, целесообразно применять насосы с пониженной частотой вращения, т.е. с меньшими коэффициентами быстроходности при постоянных подаче и напоре. Однако, при снижении коэффициента быстроходности увеличиваются размеры машины, ухудшается к.п.д..

Опыт применения различных грунтовых насосов показывает, что рабочие колеса и бронедиски – наиболее изнашиваемые детали. От общего количества запасных частей примерно по 25% приходится на эти детали. Износ рабочего колеса происходит у входной кромки лопастей и нарастает либо к середине, либо в направлении заднего диска (наибольший износ), выходные кромки изнашиваются неравномерно; износ поверхности лопастей нарастает по длине к периферии.

По времени эксплуатации рабочего колеса и бронедисков, в пределах которого производительность насоса по грунту снижается не более 10-15%, назначают показатель предельного износа деталей. В зависимости от конкретных условий это время составляет 25-30% от времени эксплуатации рабочего колеса и бронедиска до полного износа. Срок службы деталей насосов зависит от вида транспортируемых материалов и режима эксплуатации и пропорционален скорости вращения колеса.

Для увеличения срока службы основного оборудования и межремонтного периода применяют различные способы повышения износостойкости оборудования. Применяют клеи на основе эпоксидных смол для крепления защитных колец и уплотнительных втулок, а также пасты для футеровок. Широко внедрены наплавки деталей насосов. Наиболее распространены электроды Т-590-620. Это позволило сократить по отдельным установкам расходы на запасные части в год: по корпусам на 40%, по рабочим колесам на 45% и по передним крышкам на 60%. Хорошие результаты дает наплавка толщиной до 7мм плазменной дугой. В случае применения автоматической

наплавки используют порошковую проволоку марок ППУ45 и 25Г6Т. Втулки щелевых уплотнителей изготавливают из стали в прокатном состоянии с последующей закалкой токами высокой частоты поверхностного слоя толщиной 3-4 мм.

Усовершенствование конструкций насосов обеспечивает при надлежащей их эксплуатации значительные межремонтные периоды. Причиной сравнительно коротких межремонтных периодов является преждевременная разбалансировка рабочего колеса вследствие дефектов его изготовления, износа деталей в местах трещин, наличия раковин и ослабленных зон [2].

Предусмотрены следующие мероприятия по борьбе с износом грунтовых насосов:

- 1) улучшение гидравлических условий протекания пульпы в каналах грунтовых насосов;
- 2) защита всевозможных зазоров в грунтовых насосах от попадания твердых частиц;
- 3) увеличение износостойкости материала, из которого изготавливают детали грунтовых насосов;
- 4) применение защитных вкладышей;
- 5) конструктивные усовершенствования грунтовых насосов в целях сокращения времени, необходимого на смену износившихся деталей.

В лабораторных условиях на стенде (рисунок 1 а) выполнены исследования по работе грунтового насоса и сделаны соответствующие выводы:

- исследован процесс гидроабразивного изнашивания проточных деталей грунтовых насосов, причины его возникновения и характер изнашивания;
- исследован процесс кавитационной эрозии рабочих деталей грунтовых насосов, причины возникновения кавитационных зон, предложены способы предотвращения возникновения кавитации изменением режимов работы и конструктивными решениями;
- определено влияние износа деталей насоса на его рабочие параметры, установлена зависимость напора и подачи насоса от объема перекаченного абразивного материала;
- установлено влияние характеристик гидросмеси и параметров потока на износ грунтового насоса, установлены

зависимости износа рабочих деталей насоса: бронедиска и рабочего колеса от плотности гидросмеси и крупности твердых частиц;

- определены основные направления повышения срока службы быстроизнашивающихся деталей, выбором быстроизнашивающихся деталей и износостойких покрытий и усовершенствованием конструкции насоса.

Лабораторный образец испытательной установки, на котором проводились испытания виброхарактеристик работы грунтового насоса показан на рисунке 1б. Стенд состоит из двигателя, центробежного грунтового насоса, подводного и отводного патрубков и бака 3.

Вибрация насосных агрегатов существенно возрастает с увеличением гидроабразивного износа, причем максимальные виброперемещения имеют место на опорных подшипниках в полосе частот от 8 – 12 Гц. Развитие вибрационных процессов непосредственно связано с потерей массы рабочего колеса грунтового насоса вследствие гидроабразивного износа.



а) лабораторная установка б) исследование вибраций

Рисунок 1. Лабораторный стенд для исследований

Установка с измерительной системой (рисунок 1б), включает систему датчиков, измерительные средства.

Измерительные средства:

- виброметр "общей и локальной вибрации Октава 101В"
- рабочий диапазон частот 10-100Гц;
- весы электронные с точностью до 5 г

- штангенциркуль с пределом измерения от 0 до 500мм с точностью 0,05мм

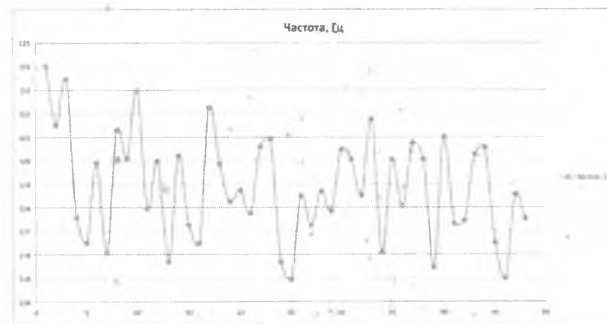
Виброметр ОКТАВА 101В предназначен для измерения среднеквадратичных, эквивалентных и пиковых уровней виброускорения с целью оценки влияния общей и локальной вибрации на человека на производстве, в жилых и общественных зданиях, а также с целью диагностики состояния промышленного оборудования.

Вибрацию измеряли у всех подшипниковых опор в трех взаимно перпендикулярных направлениях: вертикальном, горизонтально-поперечном и горизонтально осевом по отношению к оси вала питательного насоса. Горизонтально-поперечную и горизонтально-осевую составляющие вибрации измеряли на уровне оси вала насосного агрегата против середины длины опорного вкладыша с одной стороны. Датчики для измерения горизонтально-поперечной и горизонтально-осевой составляющих вибрации крепили к специальным площадкам, не имеющим резонансов в диапазоне частот 10 - 1000 Гц и жестко связанным с опорой в непосредственной близости от горизонтального разъема. Вертикальную составляющую вибрации измеряли на верхней части крышки подшипника над серединой длины его вкладыша.

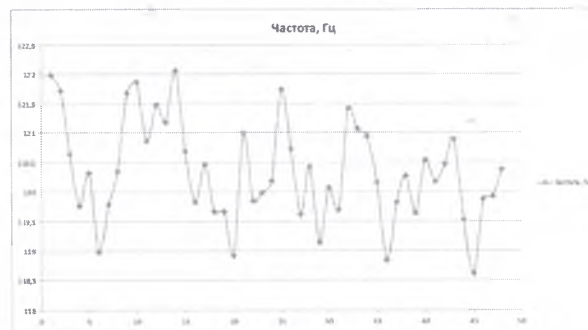
При испытаниях лабораторного образца грунтового насоса придерживались следующих принципов. Совокупность вибрационных процессов всей конструкции насоса оценивали при размещении преобразователя (например, преобразователя виброперемещения, виброскорости или виброускорения) в определенной точке насоса, или на механической части измерительного стенда, который механически соединен с деталями насоса. Накопленные данные анализировали для нахождения одного или более параметров, которые используют для характеристики вибрации. Установлено, что рабочий ресурс грунтового насоса в системе гидротранспорта зависит от обобщенного фактора надежности, полученного на основе установленных зависимостей интенсивности гидроабразивного износа рабочего колеса, физико-механических свойств перекачиваемой пульпы рабочей среды, времени наработки и

среднеквадратического значения виброскорости. По изменениям виброскорости по осям x, y, z в различных диапазонах с определенным интервалом 1 час в течение непрерывной работы грунтового насоса построены графики виброскорости в зависимости от интенсивности износа рабочего колеса. Испытания грунтового насоса на виброскорость позволили выявить влияние на процесс перекачивания пульпы с помощью регулируемых виброопор. Вибрации, придаваемые всей насосной установке позволят изменить угол соударения твердых частиц о рабочие поверхности колеса и защитного диска, что способствует увеличению ресурса насоса.

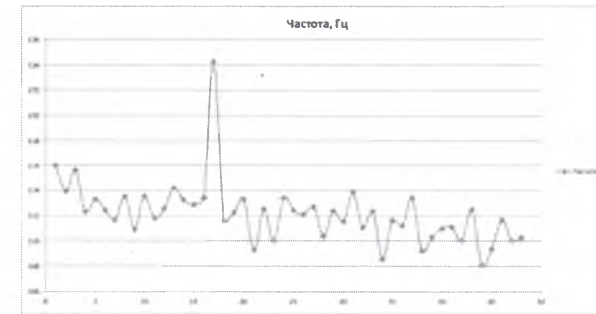
Результаты измерения вибрации при частоте 125 Гц на одном из режимов работы грунтового насоса по трем осям приведены на рисунке 2.



а) по оси x



б) по оси y



в) по оси z

Рисунок 2. Вибрации насосной установки при частоте 125 Гц.

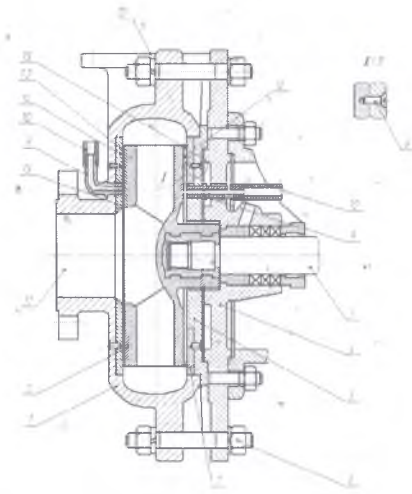
Таким образом, реализация диагностирования технического состояния насосных агрегатов методом вибродиагностики позволяет повысить надежность и эффективность эксплуатации грунтовых насосов. Измерение и анализ вибрационных сигналов может быть использован в автоматизированной системе контроля и управления технологическими процессами гидротранспортной системы.

Авторами предложена конструкция центробежного грунтового насоса, изображенная на рисунке 3 [3]. В грунтовом насосе предлагается установить систему промывки зазоров чистой водой, которая поступает непосредственно в зазор между бронедиском и рабочим колесом и корпусом насоса и рабочим колесом. Бронедиск на $\frac{1}{2}$ диаметра снабжен сменным диском, рабочая поверхность которого армирована износостойким материалом, что позволяет не заменяя бронедиск, восстановить его от гидроабразивного износа.

Применение в данной конструкции сменных дисков позволит быстро восстанавливать изношенные детали, а использование уплотнительных манжет и систем промывки зазоров чистой водой позволяет значительно повысить ресурс работы рабочих деталей насоса.

При вращении в корпусе 1 рабочего колеса 2 грунтового насоса в рабочих полостях 12, отводящих гидросмесь, создается давление, при котором происходит интенсивный износ деталей насоса, а именно происходит изнашивание внутренних

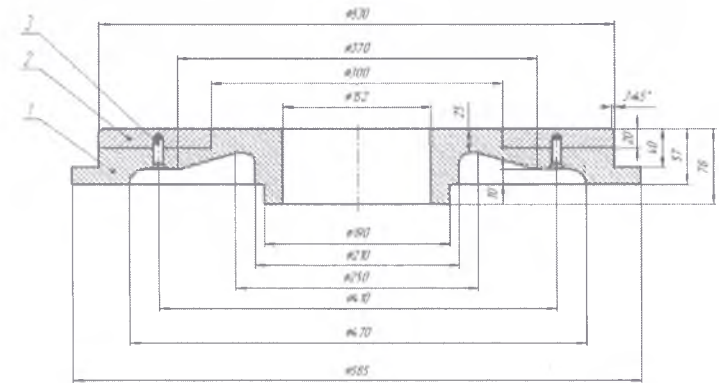
поверхностей корпуса насоса и поверхности бронедиска 5, контактирующих с гидросмесью, т.к. в щелевую полость 12 попадают твердые частицы гидросмеси и истирают поверхности бронедиска, корпуса насоса и рабочего колеса. Для предотвращения износа колеса 2 и бронедиска 5, последний выполнен составным с износостойким сменным диском 7; в зазор 12 через штуцер 9 и шланг 10 подается чистая вода, под давлением 0,1-0,2 МПа, превышающим давление в напорном патрубке насоса; в верхней части рабочего колеса установлена уплотнительная манжета 15. На внутренней поверхности корпуса 1 выполнен аналогичный сменный бронедиск 14, соединяемый с корпусом при помощи винтов. В зазор между сменным бронедиском 14 и рабочим колесом также подается вода. В нижней части сменного бронедиска установлена манжета.



1 – корпус насоса, 2 – рабочее колесо, 3 – вал, 4 – стакан опорный, 5 – бронедиск, 6 – крепление насоса, 7 – сменный диск, 8 – крепление сменного диска, 9 – подводящий штуцер, 10 – гибкий шланг, 11 – всасывающая полость, 12 – щелевая полость, 13 – выходной патрубок улиты, 14 – сменный бронедиск, 15 – манжета.

Рисунок 3. Разрез рабочей части грунтового насоса повышенной износостойкости

Сборочный чертеж составного бронедиска изображен на рисунке 4.



1 – основной диск, 2 – сменный диск, 3 – винт
Рисунок 4. Сборочный чертеж сборного бронедиска

Рабочее колесо является основным органом насоса, в котором происходит преобразование механической энергии привода в гидравлическую энергию перекачиваемой жидкости. В результате воздействия рабочего колеса жидкость выходит из него с более высоким давлением и большей скоростью, чем при входе.

Проточная часть рабочего колеса определяется гидродинамическим расчетом, а высокие точность изготовления и чистота поверхностей является важнейшим условием получения требуемых параметров.

В большинстве типов грунтовых насосов применяют литые рабочие колеса закрытого типа, которые условно состоят из трех элементов: основного диска со ступицей, покрывающего диска и лопастей. Лопастей и диски образуют межлопастные каналы диффузорного типа, по которым протекает жидкость от центра к периферии. Недостатком данного рабочего колеса является трудность обработки внутренних криволинейных поверхностей, нанесения защитных износостойких покрытий. Предлагается изготовление рабочего колеса составным, что дает возможность обработать внутренние криволинейные рабочие поверхности и

покрыть их до сборки специальным покрытием, защищающим их от коррозии, кавитации и гидроабразивного износа. Восстановление защитного покрытия и замена изношенных частей позволит снизить расходы на приобретение запасных частей насоса, увеличить срок службы насоса до капитального ремонта.

В результате проведенных исследований и испытаний грунтового насоса сделаны следующие выводы:

- установлено влияние характеристик гидросмеси и параметров потока на износ грунтового насоса, установлены зависимости износа рабочих деталей насоса: бронедиска и рабочего колеса от плотности гидросмеси и крупности твердых частиц;
- предложены конструкции сборного бронедиска, а также сборного рабочего колеса;
- определены основные направления повышения срока службы быстроизнашивающихся деталей, выбором быстроизнашивающихся деталей и износостойких покрытий и усовершенствованием конструкции насоса;
- диагностирование технического состояния насосов и насосных агрегатов методом вибродиагностики позволяет повысить надежность и эффективность эксплуатации грунтовых насосов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поветкин В.В., Лем В.П. Проблема гидроэрозии рабочих деталей грунтовых насосов / Первая международная научно-техническая конференция. Новое в станкостроении, материаловедении и автоматизированном проектировании машиностроительного производства, том 1. – Алматы, 2010. – С.53-55.
2. Поветкин В.В., Лем В.П. Гидроабразивный износ грунтовых и песковых насосов //Вестник КазНТУ. – Алматы, 2008. - №6(69). – С.51-54.
3. Поветкин В.В., Лем В.П. Грунтовый насос. Инновационный патент РК, № 24120 от 15.06.2011, бюл. № 6.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПРОТЯЖКИ В КОМБИНИРОВАННЫХ БОЙКАХ НА КАЧЕСТВО ДВУХФАЗНЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

*А.А. Түкібай, С.А. Машиков, Л.А. Курмангалиева,
А.С. Машикова, М. М. Акимбекова, Н. Смагулова.
КазНТУ им.К.И. Сатпаева, Алматы*

В настоящее время в мире широко используют изделия изготовленные из титановых сплавов. Титановые сплавы имеют высокую прочность и пластичность, относительно низкую плотность, отличную коррозионную стойкость во многих природных и промышленных средах. Данные сплавы возможно применять при рабочем температуре до 600–650°C. Вышеприведенные свойства титановых сплавов обеспечивают высокий уровень эксплуатационных показателей, что предопределили широкую потребность в этом материале и высокую эффективность его применения [1,2,3].

Применение ресурсосберегающих технологических процессов, повышающих производительность труда и качество продукции является перспективным направлением развития современного производства изделий из титановых сплавов [1,2,3]. Однако, существующие в настоящее время технологические процессы получения поковок из титановых сплавов отличаются высокой трудоемкостью, низкой производительностью и большими материальными затратами [2,4]. В существующей технологии для получения в поковке рекристаллизованной структуры применяются многократная осадка и протяжка при температурах выше и ниже температуры полиморфного превращения. При этом единичные обжатия не превышают 15...40 %.

В случае изготовления небольшого количества поковок вышеуказанный подход к разработке технологии является экономический невыгодным. Это связано с затратами на обработку технологии, т.е. нерентабельностью производства