

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Satbayev University

Институт металлургии и промышленной инженерии

УДК 656. 073. 437: 658.78

На правах рукописи

Елагин Е.Е.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра техники и технологий

Название диссертации **«Разработка технологической оснастки для
изготовления корпусных деталей технологических машин из
полимербетонов»**

Направление подготовки 6М072400 – Технологические машины и
оборудование

Научный руководитель,
к.т.н., ассоц. профессор
_____ Елемесов К.К.

"_____" _____ 2020 г.

Рецензент

"_____" _____ 2020 г.

Нормоконтроль
канд. техн. наук. сениор лектор
_____ С.А.Бортебаев

«_____» _____ 2020 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ТМиО,
канд. техн. наук, ассоц. проф.
_____ К.К. Елемесов
"_____" _____ 2020 г.

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Satbayev University

Институт металлургии и промышленной инженерии
Кафедра "Технологические машины и оборудование"

6M072400 – Технологические машины и оборудование

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ТМиО
канд. техн. наук, ассоц.проф.
_____ К.К.Елемесов

"__" _____ 2018 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Елагину Евгению Евгеньевичу

Тема: «Разработка технологической оснастки для изготовления корпусных деталей технологических машин из полимербетон»

Утверждена приказом руководителя университета №1202м
"29" 10 "2018 г.

Срок сдачи законченной диссертации " 15 " 05 _____ 2020 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: данные оксидного завода «Kazminerals Aktogai limited».

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

а) анализ работы горизонтальных центробежных насосов и их основных частей в условиях медного производства (для перекачки раствора электролита);

б) изучение влияния состава полимербетона для литья промежуточного фонаря горизонтального центробежного насоса и выбор упрочняющих факторов;

в) оценка конструктивного исполнения различной литейной оснастки;

г) разработка конструкции отработка технологии литья промежуточного фонаря горизонтального насоса;

д) оценка результатов испытаний промежуточного фонаря в условиях оксидного завода ТОО «Kazminerals Aktogai limited».

Рекомендуемая основная литература:

1 Ломакин А. А. Центробежные и осевые насосы. – Москва: Машиностроение, 1966. – 362 с.

2 Донченко А.С., Донченко В.А. Справочник механика рудо-обогатительной фабрики. – М.: Недра, 1975. – 559 с.

3 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.

4 Носов Э.Ф., Маркевич А.М., Клейменов Н.А. Энциклопедия полимеров. - М.: Советская энциклопедия, 1977. - Т. 3. - 1152 с.

ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1. Аналитическая часть	1.03.2020	
2. Конструктивная проработка литейной оснастки	15.04.2020	
3. Отработка технологии литья	15.05.2020	

Подписи консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
1. Аналитическая часть	К.т.н., асс.проф. Елемесов К.К.	1.03.2020	
2. Конструктивная проработка литейной оснастки	К.т.н., асс.проф. Елемесов К.К.	1.04.2020	
3. Отработка технологии литья.	К.т.н., асс.проф. Елемесов К.К.	1.05.2020	
Нормоконтролер	К.т.н., сениор лектор Бортебаев С.А.	05.06.2020	

Научный руководитель _____ Елемесов К.К.
(подпись) (Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению обучающийся _____ Елагин Е.Е.
(подпись) (Ф.И.О.)

Дата " _____ " _____ 2020 г.

АНДАТПА

Бұл жұмыста магистерлік жұмысты орындау барысында шешілген бірқатар мәселелер қаралды:

- суға түсетін тік сорғылардың және олардың негізгі бөліктерінің жұмысына талдау жүргізілді;
- батырмалы ортадан тепкіш сорғының жұмыс бетінің химиялық құрамының тозу шамасына әсері және беріктендіргіш элементті тандау зерттелді;
- суға батырылатын ортадан тепкіш сорғылардың құйма бөлшектерінің сипаттамаларын арттыру мүмкіндігін бағалау жүргізілді;
- жұмыс доңғалағының қаңқасын полимербетонмен қаптау технологиясы пысықталды.

ТОО «Kazminerals Aktogai limited» жағдайында қапталған жұмыс адаптор сынау нәтижелерін бағалау жүргізілді.

Жұмыс кіріспеден, аналитикалық бөлімнен, эксперименттік бөлімнен, тәжірибелік нәтижелерді талқылаудан, қорытындылардан, Пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады 21 атау. Диссертациялық жұмыс баяндалуы 55 беттерінде суреттелген 30 суреттермен.

АННОТАЦИЯ

В этой работе рассмотрены ряд задач, которые были решены в ходе выполнения магистерской работы:

- проведен анализ работы горизонтальных центробежных насосов и их основных частей в условиях медного производства (для перекачки раствора электролита);
- изучено влияние состава полимербетона для литья промежуточного фонаря горизонтального центробежного насоса и выбор упрочняющих факторов;
- проведена оценка конструктивного исполнения различной литейной оснастки;
- разработана конструкция и отработана технологии литья промежуточного фонаря горизонтального насоса;
- проведена оценка результатов испытаний промежуточного фонаря в условиях оксидного завода ТОО «Kazminerals Aktogai limited».

Работа состоит из введения, аналитической части, конструктивной части, экспериментальной части, обсуждения экспериментальных результатов, выводов, списка использованных источников из 21 наименований. Диссертационная работа изложена на 55 страницах, иллюстрирована 30 рисунками.

ANNOTATION

This paper discusses a number of tasks that have been solved in the course of the master's work:

- the analysis of the operation of the submersible vertical pumps and their basic parts;

- studied the effect of chemical composition of the working surface of a submersible centrifugal pump by the amount of depreciation and the choice of hardening element;

- assessed the ability to improve the performance of castings of submersible centrifugal pumps;

- the technology of facing of a frame of the impeller the polymer;

- the evaluation of test results lined adapters in the geotechnical conditions of the site of «Kazminerals Aktogai limited».

The work consists of introduction, analytical part, experimental part, discussion of experimental results, conclusions, list of used sources from 21 names. Dissertation work is presented at 55 pages, illustrated 30 figures.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Анализ конструктивного исполнения и работы горизонтального центробежного насоса и его основных частей	10
1.1 Насосы с осевым всасыванием фирмы Lowara	10
1.2 Промежуточные фонари насосов (адаптер)	13
2 Материалы для изготовления отливки промежуточного фонаря	14
2.1 Свойства фибробетонов	14
2.2 Основные виды фиброволокна	15
2.3 Как и где применяется фибра в зависимости от длины	20
2.4 Преимущества и недостатки фибробетонов	20
2.5 Оценка прочности образцов из полимербетона для отливки промежуточного фонаря	21
3 Практика производства модельной (литейной) оснастки	28
3.1 Выбор материала формы для изготовления модельной (литейной) оснастки для литья промежуточного фонаря	28
3.2 Разработка каркаса формы для облицовки рабочего колеса	30
3.3 Технология заливки форм полимербетоном	33
3.4 Механическая обработка рабочих поверхностей фонаря	35
3.5 Стандартная технология финишной обработки поверхности облицованного колеса	36
3.6 Защита поверхности промежуточного фонаря от воздействия концентрированной серной кислоты и электролита	38
3.7 Результаты оценки качества отливки	42
3.8 Результаты испытания промежуточного фонаря на участке по переработке окисленных руд	43
4 Оценка экономической эффективности технологии изготовления фонарей из полимербетона	46
Заключение	48
Список использованной литературы	50
Приложение А	52

ВВЕДЕНИЕ

В производстве изделий из полимерных материалов важную роль играет формообразующая оснастка, которая может быть закрытой или открытой формы, полуформой, одноразовой формой и тому подобное, в зависимости от способа обработки. Определение таких инструментов для литья заключается в том, что продукту придают необходимые заданные формы и размеры с оптимальными техническими свойствами [1]. Формы для всех известных процессов формования полимеров (экструзия, экструзия с раздувом, литье под давлением, прессовани, термоформование и свободное формование) являются взаимозаменяемыми. Она проектируется и будет изготовлена в соответствии с чертежами будущего изделия.

Для установки на оборудовании и соединения с соответствующими узлами данного оборудования, т.е. аксессуарами, предназначенными для конкретных продуктов и устройств.

Особенности конструкции технологического инструмента для формования полимеров определяются реологическими и термическими свойствами перерабатываемого полимера: его вязкостью, теплопроводностью, усадкой и другими свойствами, а также принятой технологией формования.

Одним из наиболее важных элементов формообразующих инструментов является конструкция поверхности, которую принимает полимерная масса и приобретает заранее заданную форму и внешний вид. Проектирование и изготовление формообразующего оборудования - довольно сложная вещь, требующая специальных знаний и опыта. Формы для литья особенно трудны для производства широкоформатных изделий, таких как приборные панели или бамперы машин. В современном мире многие технологии позволяют проектировать формы в автоматическом режиме с применением соответствующего программного обеспечения. Очень часто отклонение от принятых технологий приводит к значительным дефектам внешнего вида изделий: усадка, удлинение, трещины и другие виды деформации.

Отсюда следует, что в форме - механическое и термическое воздействие на полимер оказывают очень существенное влияние на изготовление изделий с оптимальными свойствами и структурой. Правильный выбор этих параметров позволяет получить продукцию с определенной структурой, необходимой формой, размерами, с оптимальными для конкретной ситуации свойствами.

Актуальность темы проекта. Основной целью машиностроения в настоящее время является внедрение современных технологий, которые снижают себестоимость продукции и запасных частей и повышают их качество, способствуют созданию эффективной, конкурентоспособной технологии, при этом крупные инвестиции в эти технологии не нужны.

Основной проблемой при изготовлении корпусов является длительный срок изготовления.

Корпус насоса представляет собой базовую деталь со сложными пространственно расположенными внутренней и внешней поверхностями. Насос - это устройство, в котором внешняя механическая энергия переводится в энергию движения перекачиваемой жидкости, в соответствии с которой происходит ее движение. Насосы широко используются в энергетической, нефтяной и сельскохозяйственной отраслях. Одним из важнейших этапов при производстве насосов является анализ технологического процесса и проводится с целью выявления возможностей использования наиболее эффективных и передовых методов, средств и процессов изготовления изделий с определенными качественными показателями и минимальными затратами. Чем меньше трудовых и производственных затрат на продукт, тем она технологичнее. Из наиболее важных критериев оценки можно подчеркнуть, то, что технологичность конструкции - это стоимость изготовления и трудоемкость. Основными факторами, определяющими требования к технологичности изделия, являются:

- тип изделия, определяющий технологические особенности конструкции и определяющий основные требования;
- объем производства и вид продукции, определяющие уровень развития технологического оборудования, автоматизации и механизации технологического процесса.

Целью работы выступает повышение стойкости и снижения себестоимости изготовления промежуточного фонаря горизонтального центробежного насоса.

Идея работы заключается в адаптации и применении технологии изготовления оснастки для литья корпусов редукторов под литье одной из сложных в конструктивном отношении промежуточного фонаря горизонтального центробежного насоса.

Задачи исследования:

1. Анализ работы горизонтальных центробежных насосов и их основных частей в условиях медного производства (для перекачки раствора электролита и раствора серной кислоты).
2. Изучение влияния состава полимербетона для литья промежуточного фонаря горизонтального центробежного насоса и выбор упрочняющих факторов.
3. Оценка конструктивного исполнения различной литейной оснастки.
4. Отработка технологии литья промежуточного фонаря горизонтального насоса.
5. Оценка результатов испытаний промежуточного фонаря в условиях оксидного завода ТОО «Kazminerals Aktogai limited».

Положения, выносимые на защиту, и их новизна:

1. Результаты анализа работы горизонтальных центробежных насосов и их основных частей в условиях медного производства (для перекачивания электролита и раствора серной кислоты).

2. Состав полимербетона для литья промежуточного фонаря горизонтального центробежного насоса.

3. Литейная оснастка для литья промежуточного фонарного кольца.

4. Технологии литья промежуточного фонаря горизонтального насоса.

5. Оценка результатов испытаний промежуточного фонаря в условиях оксидного завода ТОО «Kazminerals Aktogai limited».

Достоверность и обоснованность исследований подтверждается результатами заводских испытаний.

Практическое значение работы заключается в разработке литейной оснастки, позволяющей практически отливать промежуточный фонарь горизонтального центробежного насоса годный для установки в насосный агрегат.

Результаты исследований используются в учебном процессе Казахского Национального исследовательского технического университета при подготовке студентов по специальности 6М07107 - «Эксплуатационно-сервисная инженерия».

Апробация работы.

В настоящее время промежуточный фонарь горизонтального насоса установлен на одной из насосных станций оксидного завода ТОО «Kazminerals Aktogai limited» и запущен в работу.

Публикации. По теме диссертации опубликовано статья в Вестнике КазННТУ.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и одного приложения, содержит 55 страниц, 30 рисунков, 10 таблиц, список литературы из 20 наименований.

1 Анализ конструктивного исполнения и работы горизонтального центробежного насоса и его основных частей

1.1 Насосы с осевым всасыванием фирмы Lowara

Насосы **LSN** - одноступенчатые, технологические, со спиралевидными корпусами.

Их габаритные размеры и конструкция проточной части соответствуют нормам ISO2858/EN 22858, а техническая сторона конструкции- ISO 5199/EN 25199.

Насосы **LSNI** конструктивно аналогичны насосам ICP, но - оснащаются дополнительным индьюсером (усилителем потока).

Насосы **LSNH/LSNIH** дополнительно имеют систему охлаждения или обогрева крышки и/или всего спиралевидного корпуса проточной части.



Рисунок 1 – Центробежные насосы модели LSN

Устройство:

Горизонтальный одноступенчатый насос с осевым всасыванием, со спиральным корпусом, закрытым рабочим колесом. Впускной коллектор осевой, напорный радиальный, по запросу - горизонтальный. Гидравлическая часть выступает в направлении двигателя, что позволяет проводить техническое обслуживание без демонтажа насоса с трубопроводом. Насосная часть соединена с электродвигателем через упругую муфту. Большой вал и большие подшипники предназначены для использования в тяжелых условиях и для увеличения срока службы. Пара угловых контактных шарикоподшипников установлена на стороне двигателя для компенсации осевых нагрузок, а роликовый подшипник установлен на

стороне гидравлики. Корпус подшипника усилен, расстояние между подшипниками относительно расстояния между внутренним подшипником и рабочим колесом увеличено, что снижает вероятность деформации вала из-за нагрузок. Смазка в подшипниках выкладывается практически на весь срок службы.

Уплотнение вала стандартное с внутренней или внешней промывкой или охлаждением. Одиночный или двойной по заказу потребителя картридж. В насосах из нержавеющей стали вал не соприкасается с перекачиваемой жидкостью, «сухой» вариант достигается с помощью специальной закрытой гайки для крепления крыльчатки и втулки вала.

LS / LC - горизонтальный центробежный насос.

LCP / LCRA - это насос с корпусом с дополнительными опорами (температура перекачиваемой жидкости до + 210 ° C и давление 25 бар).

Опоры предотвращают отрицательное влияние расширения корпуса на центрирование муфты путем перекачивания горячих жидкостей.

LSV - это вертикальный центробежный насос с коротким валом для «сухой» установки. Подшипники скольжения со встроенной смазкой, привод двигателя через упругую муфту V1, фонарное кольцо сварной конструкции.

Вертикальный насос LT с удлиненным валом. Может использоваться в качестве полупогружного насоса с погружением до 10 метров, двигатель расположен над крышкой бака. Подшипники скольжения смазываются перекачиваемой жидкостью.

Применение.

Насосы используются практически во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства: на промышленных предприятиях, в химической и нефтехимической промышленности, на шахтах и металлургических заводах; сахарных заводах; целлюлозно-бумажных комбинатах и так далее.

Используются: для холодного и горячего водоснабжения и отопления объектов коммунальной собственности и промышленности; перекачки технологических жидкостей практически во все сферы народного хозяйства; в кондиционерах и охлаждении; паровых котлах; орошении; промышленные водоочистные сооружения; перекачке эмульсий и суспензий.

Материалы:

Корпус насоса, уплотнительная крышка, рабочее колесо - чугун, нержавеющая сталь.

Вал из нержавеющей стали 1.4021. Втулка вала из нержавеющей стали 1.4021 или 1.4462.

Механическое уплотнение - графит, керамика, эластомеры FPM (EPDM, NBR)

Эксплуатационные ограничения:

Для перекачки: чистых или слегка загрязненных жидкостей (без загрязнения песком), горячей и холодной воды, конденсата и деионизированной воды, нефтепромысловой воды и кислоты, суспензий бумажной массы до 1,2%.

Температура перекачиваемой жидкости: от -10°C до $+180^{\circ}\text{C}$; до $+210^{\circ}\text{C}$ для насосов LCP / LCRA

Максимальное рабочее давление 25 бар.

Максимальная температура окружающей среды $+40^{\circ}\text{C}$.

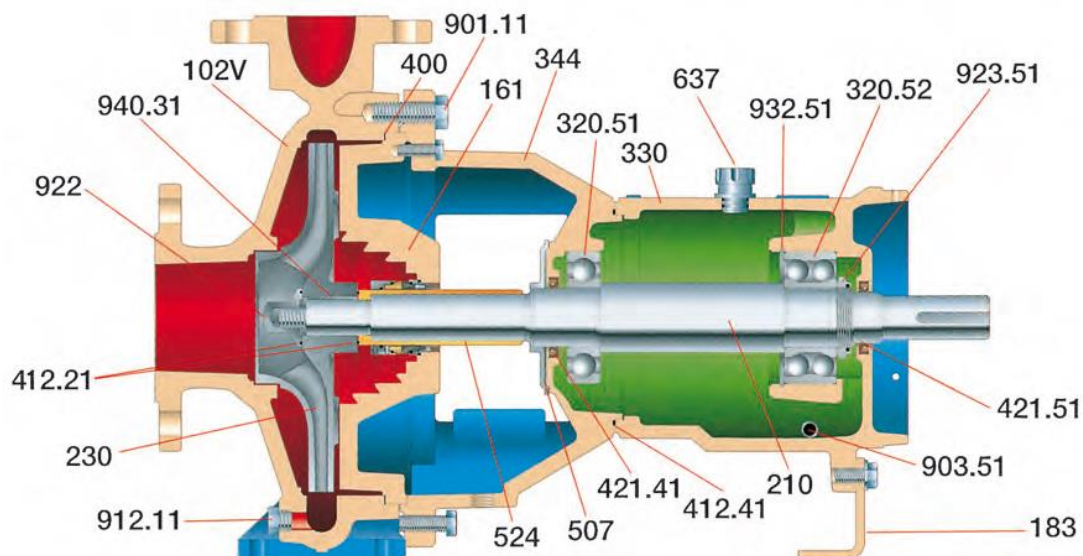


Рисунок 2 – Устройство насосов серии LS/LC

Насос состоит из следующих компонентов и частей:

- 1- 102 V Станина из ковкого чугуна 0,7043 Из нержавеющей стали 1,4021 Из дуплексной стали 1,4517;
- 2- 161 Камерное уплотнение - 0,7043, 1,4021, 1,4517;
- 3- 183 Опора - Сталь;
- 4- 210 Вал - хромированная сталь 1.4021;
- 5-230 Рабочее колесо - чугун 1,4408 1,4517;
- 6- 320.51 Шарикоподшипник с глубоким желобом - однорядный шариковый подшипник;
- 7- 32052 Упорный подшипник - двухрядный радиально-упорный шариковый подшипник;
- 8- 330 Корпус подшипника - чугун;
- 9- 344 Переходник из ковкого чугуна;
- 10- 400 Корпус уплотнения - асбесто-aramидное волокно;
- 11- 412.21 Уплотнительное кольцо - тефлон;
- 12- 412,41 Уплотнительное кольцо - витон;
- 13- 421.41 Сальниковое уплотнение, внутреннее уплотнение багжника - из стали;
- 14- 421,51 Сальник, наружный уплотнитель чехла - из буны и стали;
- 15- 507 Маслоотражательное кольцо - Норил 66;
- 16- 524 Розетка дуплекс - Сталь 1.4462;
- 17- 637 Пробка - Сталь;

- 18- 901.11 Винт специальный - Сталь А2;
- 19- 903,51 Сливная пробка - магнитная сталь;
- 20- 912.11 Дренажная пробка – специальная Сталь А4;
- 21- 922 Гайка рабочего колеса - дуплексная Сталь 1.4517;
- 22- 923,51 Контргайка - сталь / нейлон;
- 23- 932,51 Стопорное кольцо - Сталь;
- 24- 940,31 Шпонка - Сталь;
- 25- Другие детали безымянные на картинке;
- 26- 236 Indjuser (опция) - дуплексная сталь 1.4462;
- 27- 452 Крышка сальника -1,4408;
- 28- 458 Кольцо фонаря из ПТФЭ со стекловолокном;
- 29- 461 РТФЕ уплотнение с пропиткой;
- 30- 502.11 Износостойкое кольцо (опция) - нержавеющая Сталь 1.4462;
- 3- 642 Смотровое окно стекло / пластик.

1.2 Промежуточные фонари насосов (адаптер)

Для отделения корпуса насоса от корпуса подшипников в конструкцию насоса встроен фонарь (адаптер). При этом с одной стороны он крепится к корпусу насоса, а с другой к корпусу подшипников и снабжен манжетным уплотнением для герметизации камеры корпуса. Со стороны подшипниковой камеры в него устанавливается радиальный подшипник.

Данный адаптер две функции:

- опорную (несет на себе корпус подшипников и один из подшипников);
- контрольную (проемы на боковых поверхностях обеспечивают визуальный доступ для оценки состояния манжет камеры уплотнений).

Принимая во внимание вышеперечисленные функции требования к точности изготовления элементов поверхности фонаря и прочности материала весьма высоки.

Опыт эксплуатации также возникают дополнительное требование обусловленной химической активностью перекачиваемой жидкости – концентрированная серная кислота и электролит. При просачивании через уплотнения этой среды происходит активное разрушение поверхности фонаря, особенно со стороны камеры уплотнений, что приводит к необходимости замены фонаря. А это достаточно трудоемкий процесс. Масса фонаря составляет порядка 18,6 кг. Предполагаемая замена фонаря из ковкого чугуна на фонарь из фибробетона позволит уменьшить массу конструкции в 3 раза.

2 Материалы для изготовления отливки промежуточного фонаря

2.1 Свойства фибробетонов [2]

Средняя плотность тяжелого фибробетона - 2200-2400 кг / м³. Плотность легкого фибробетона зависит от используемого наполнителя и может составлять 300 ... 250 кг / м³.

Прочность фибробетонов зависит в основном от типа связующего полимерного компонента: прочность на сжатие эпоксидных и зпоксиднофурановых бетонов в основном ($\sigma_{сж} = 9 \div 11$ МПа), самые низкие показатели для бетона на карбамидных вяжущих ($\sigma_{сж} = 3 \div 4$ МПа). В целом, значения прочности для фибробетонов выше, чем для цементобетона. Тем самым у фибробетонов меньшая разница между прочностью на сжатие и пределом прочности на разрыв, чем цементных.

Модуль упругости отвердевшего полимерного связующего, например, полиэпоксида, почти в 10 раз ниже, чем модуль упругости цементного блока, а модуль упругости фибробетона, который в зависимости от типа бетона ($1 \div 4$) • 10⁴ МПа, почти такой же, как для тяжелого цементобетона, - (2,5 ÷ 5) • 10⁴ МПа. Это потому, что большая часть плотности волокнистого бетона составляют минеральные наполнители и заполнители.

Свойством, ограничивающим использование фибробетона, является низкая теплостойкость - 80 ... 150 ° С. В этом случае, когда температура полимерного бетона повышается, его прочность и модуль упругости уменьшаются. Для фибробетона на основе ФАМ наблюдается следующая зависимость прочности и модуля упругости от температуры:

Рабочая температура, ° С ... 20 40 60 80 100

Скорость снижения

силы и модуль упругости ... 1 0,9 0,8 0,7 0,6

Обладая низкой термостойкостью, фибробетон попрежнему относится к классу огнеупорных материалов, поскольку содержание органического материала низкое по сравнению с пропорцией неорганических компонентов. Одним из основных преимуществ фибробетона является его высокая химическая стойкость. Плотные фибробетоны характеризуются высокой устойчивостью практически ко всем видам химически агрессивных веществ; Они противостоят воздействию кислот, окислителей и солевых растворов, которые легко разрушают цементный бетон. Поэтому одно из важнейших направлений применения фибробетона и мастики - защита строительных конструкций от агрессивных воздействий, устройство и футеровка аппаратов и емкостей для химических предприятий.

Таблица 1 - Характеристики фибробетонов на основе полиэфирных и эпоксидных смол

Содержание (асбофрикционных отходов) в композите, %	Полимерная матрица			
	эпоксидная		полиэфирная	
	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при растяжении (при изгибе), МПа	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при растяжении (при изгибе), МПа
0	37,83	11,68	39,78	11,05
3	40,46	12,5	39,92	12,51
5	36,9	12,0	34,26	14,94

2.2 Основные виды фиброволокна

По своему происхождению и способам производства, есть шесть основных категорий фибры, каждая из которых должна соответствовать ГОСТ 14613–83 «Фибра. Технические условия»:

- стальная фибра;
- базальтовая;
- стекловолоконная;
- углеродная;
- полипропиленовая;
- целлюлозная.

2.2.1 Стальная фибра. Металлическая (стальная) фибра подразделяется на анкерную и волновую. Она представляет из себя проволоочные волновые или прямые куски, концы которых загнуты, диапазон длинн от 10 до 50 мм.



Рисунок 3 - Стальные фибры

Металлические волокна, которые используются как сырье для арматурного каркаса, изготавливаются различными способами: при помощи формовок из расплавов, механизированным или электрическим методами.

Часто встречаемый это - механический способ. Данный метод представляет из себя металлические нити произведенные при помощи волочения, протяжка проволоки производится на прокатных станах и с помощью резки стальной фольги, а также других подобных материалов.

Выбор технологии производства металлических волокон зависит от необходимого размера металлической фибры. Самые тонкие нити обычно получают при помощи специальных алмазных фильер и волочения через них.

Основные недостатки это:

- вес изделия по итогу большой;
- коррозионная стойкость довольно низкая;
- сцепление с бетонным основанием так же низкое.

2.2.2 Базальтовое фиброволокно [3,12,13,14,20]. Базальтовая (минеральная) фибра - минерально-неорганическое волокно, полученное искусственным путем, получаемое из вулканического минерала под названием Базальт. Базальт плавят в специализированных печах. Данное волокно изготовлено по ГОСТ 14613–83 «Фибра. Технические условия».



Рисунок 4 – Базальтовое фиброволокно

Нити базальта обладают всеми свойствами, присущими базальту:

- базальт стоек к механическим нагрузкам;
- устойчив к агрессивным средам, таким как кислоты и щёлочь;
- базальт не подвергается воздействию огня;
- повышает прочность бетона в три раза.

Область применения нитей базальта определена их разновидностью и видом изделий, которые получают из этих нитей. Базальтофибробетон-это основное изделие из базальтовых нитей.

2.2.3 Стекловолоконные (минеральные) фибры. Что такое стекловолоконная фибра?

Она представлена в виде стеклянных нитей неорганического состава, которые получают в специальных установках путем вытягивания расплавленных масс из стекла в высокопрочных формах стеклоплавильных сосудов. Нитевые свойства зависят от способа получения волокон из стекла и самого химического состава структуры стекла.



Рисунок 5- Стекловолоконная фибра

Разновидности типов стекла дает возможности изготавливать требуемые ассортименты стеклянных нитей с разными свойствами как конструктивными, так и механическими.

В качестве дисперсной арматуры для необходимых марки бетонов применяют непрерывные волокна из стеклянных нитей, которые собирают в пучок в виде жгута определенного размера. Этот пучок позже разделяют на небольшие отрезки волокон, размер их длины определяется согласно технологическим требованиям и требуемым нормам к марке необходимого бетона.

2.2.4 Углеродное фиброволокно. Углеродная фибра – представляется углеродные нити в виде рубленных отрезков, которые производят из углерода при термической обработке сырьевых ресурсов воздействием под высокими температурами. Данный материал довольно устойчив к механическим нагрузкам и химическому воздействию. Углеродное фиброволокно имеет незначительный коэффициент удлинения при различных воздействиях



Рисунок 6 – Углеродное фиброволокно

Преимущества:

- коррозия не воздействует на материал;
- отличные свойства адгезии;
- стоек к агрессивным химическим растворам;
- высокая стойкость к повышенным температурам - не горит.

Свойства данного материала по упругости гораздо выше чем свойства упругости стальных нитей, прочность в свою очередь, такая как у стекловолокна.

Несмотря на безупречные свойства данного типа материала, из-за высокой цены регулярное его использование экономически невыгодно. В связи с этим данные волокна применяются только в случае экономической целесообразности.

2.2.5 Фибра из полипропилена. Данная фибра является отдельной разновидностью волокон, диаметр которых находится в диапазоне 0,02–0,038 мм, получают их из пленки полипропилена путем нарезания и дальнейшего скручивания воедино. В растворе бетона эти волокна, раскрывшись образуют структуру сетки. В итоге состав фибробетона наиболее качественен. Данный материал выдерживает воздействие ударных нагрузок лучше, чем неармированный бетон.



Рисунок 7 - Фибра из полипропилена

Недостатки:

- низкая устойчивость к растяжению и сжатию;
- материал плохо реагирует с влагой при его превращении в фибробетон;
- высокие температуры пагубно влияют на качество материала;
- материал не всегда качественного состава (отходы + качественный материал) - зачастую производители преувеличивают свойства полипропилена изготавливая его из отходов, это очень влияет на класс фибробетона а так же его свойства.

2.2.6 Целлюлозная фибра. Данный полимерный углеводородный материал имеет высокую жаростойкость, так же этот материал является влагостойким и не подвергается влиянию кислот. При необходимости паропроницаемости полимерных покрытий рассматривают применение

целлюлозных нитей, усадочные процессы при этом замедлены, это помогает выходу жидкости на поверхность из нижних слоев стяжек фибробетона.



Рисунок 8 - Целлюлозная фибра

В свою очередь подбор вяжущих примесей и типа волокна, которые оказывают влияние на производство фибробетона, основан не только на подборе необходимых химических свойств нитей, но и с учетом предназначения функциональных особенностей и длительной эксплуатации материалов при обоснованном использовании.

Таблица 2 - Сравнительная характеристика различной фибры

Показатель	Базальтовая фибра	Полипропиленовая фибра	Стекловолоконная фибра	Стальная фибра
Материал	Базальтовое волокно	Полипропилен	Стекловолокно	Проволока из углеродистой стали
Показатель	Базальтовая фибра	Полипропиленовая фибра	Стекловолоконная фибра	Стальная фибра
Прочность на растяжение МПа	3500	150-600	1500-3500	600-2500
Диаметр волокна	13-17 мкм	10-25 мкм	13-15 мкм	0,5-1,2 мм
Длина волокна	3,2 -15,7 мм	6-18 мм	4,5-18 мм	30-50 мм
Модуль упругости ГПа	Не менее 75	35	75	190
Коэффициент удлинения %	3,2	20-150	4,5	3-4
Температура плавления С°	1450	160	850	1550
Стойкость к щелочам и коррозии	Высокая	Высокая	Только у щелочестойкого волокна	Низкая
Плотность г/см ²	2,60	0,91	2,60	7,80

2.3 Как и где применяется фибра в зависимости от длины

Существует несколько вариантов длины этих материалов [5]:

а) небольшое волокно - 6 мм - необходимо для повышения качества прочности и придания геометрической формы при работе с такими смесями, как цемент, песок, штукатурка, в штукатурных и растворных смесях и при работе с пенобетоном;

б) фибра для бетона размером 12 мм предназначена для упрочнения и повышения прочности различных плит, негазированного газобетона и пенобетона, для бетонных полов и фундаментов, свай, бетонных конструкций из предварительно напряженного бетона, гидротехнических объектов;

в) наибольшее волокно с волокнами длиной 18-20 мм необходимо для работы с тяжелым и особо тяжелым бетоном, который смешивается с добавлением крупного заполнителя - гравия, гравия, крупнозернистого песка. Например, это волокно незаменимо при строительстве мостов, прокладке дорог и других сооружений, которые требуют высокой прочности и устойчивости к механическим воздействиям.

2.4 Преимущества и недостатки фибробетонов

Отметим плюсы [2]:

- при затвердевании смесей вероятность того что образуются трещины очень низкая. Применение фибры позволяет повысить стойкость бетона к деформированию, что также способствует повышению характеристик прочности. В том случае если трещины все же появятся в результате усадки, фибра обеспечивает соединение их краев, что уменьшает вероятность разлома;

- бетонный состав будет еще более стойким к температурному воздействию, в основном, при заморозке и обратного ей процесса. Благодаря фибре в смесь поступает небольшая часть воздуха, это в свою очередь позволяет воде сжиматься и расширяться при замерзании и оттаивании. В составе смеси стройматериалы полностью контролируют перемещение влаги, согласно этому процессу происходит оптимальный процесс гидратации. По итогам параметры прочности при сжатии будут обеспечены в первый же день;

- данный состав по итогу уже готов к применению и его прочность довольно устойчива к механическим воздействиям;

- полученный затвердевший состав стоек к истиранию. Спустя несколько часов после того, как была произведена укладка, параметр сопротивления к истиранию вырастет уже на 10%. В целом данный параметр может достигать показателя в 30 %;

- данному составу не страшен огонь, так как он стоек к высоким температурам;

- параметры огнестойкости смеси в целом увеличивается. Обращая внимание на строительную отрасль и мнение экспертов этой отрасли, бетонный состав, изготовленный с применением фибры, не подвергается деформациям и разрушению при воздействии на него температуры в 600 градусов на протяжении часа;

- нужно отметить так же устойчивость к прониканию влаги. Химические элементы, вода, щёлочь и кислоты, а также различного рода загрязнения будут впитываться в бетонный состав очень долго. Ярким тому примером является то, что сегодня при строительстве водохранилищ, морских ограждений и мостов в местах повышенной влажности используют бетон именно с применением фибры;

- на фоне использования стальной сетки фибра довольно экономнее. Она является отлично заменой металлической сетке;

- чтобы создать смесь своими руками не требуется никакого сложного оборудования. Для создания необходимого типа бетона можно обойтись только бетономешалкой. Какие-либо виды оборудования могут быть необходимы для производственных предприятий для изготовления фибры и фибробетона в больших промышленных объемах;

Минусы фибры:

- при определённых химических процессах устойчивость стекловолоконных материалов недостаточно высокая;

- если рассматривать полипропилен, то его цена не такая уж и низкая по сравнению с иными строительными материалами;

- к примеру, фибра из стали имеет умеренный расход при ее использовании;

- если допустить ошибки при смешивании, в последующем будущем спустя годы будут утеряны физически оптимальные свойства бетона.

- можно отметить, что базальтовый материал не имеет недостатков.

2.5 Оценка прочности образцов из полимербетона для отливки промежуточного фонаря

Для оценки прочности полимербетонов для отливки промежуточного фонаря были изготовлены пробники (по три) различных по составу [4] данные по которым приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Составы пробников

№ п. п.	Составляющ ие	Состав 1		Состав 2		Состав 3	
		Расход в %	Расход в г.	Расход в %	Расход в г.	Расход в %	Расход в г.
1	Гранитный щебень	51	1000,0	52	1040,0	-	-
2	Бутовый щебень	-	-	-		51	1000,0

3	Кварцевый песок	25,5	502,0	-	-	25,5	502,0
	Кварцевая мука	11	220,0	-	-	11	220,0
	Мука андезитовая	-	-	33,6	620,0	-	-
4	Фибра:						
	Стальная проволочная	3,5*	70*				
	Стекловолоконная			3,5*	70*		
	Стальная анкерного типа					3,5*	70*
5	Смола	10,6	200,0	12	240,0	10,6	200,0
6	Отвердитель	2,0	40,0	2,4	50,0	2,0	10,0

*- + к общей массе.

Испытание образцов на изгиб [6-8]

Исследования проводили на контрольных образцах - призмах L=160 мм., сечением в средней части 40x40 мм.. Высоту и ширину образца в средней его части определяли с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм, Испытания образцов выполняли на ручном гидравлическом прессе с максимальным усилием 100 кН. Для проведения исследований была разработана приставка к прессу (рисунок 9), состоящая из стального диска на котором были закреплены два упора из прутка d=10 мм.. Для контроля за параметрами нагружения образцов был использован штатный манометр пресса, а для расчета $P_{изг}$ измерили диаметр поршня пресса $d_{порш.}$

Расчет $P_{изг}$ проводили по формуле

$$P_{изг} = d_{порш.} \cdot p,$$

где p – давление в рабочей полости пресса, Н(кг/см²)

Предел прочности при изгибе вычисляли по формуле

$$\sigma_{изг} = \frac{M_{изг}}{\frac{c \cdot h^2}{6}},$$

где $\sigma_{\text{изг}}$ – предел прочности при изгибе, Па;
 c – ширина образца в месте излома, м;
 h – высота образца в месте излома, м;
 $P_{\text{изг}}$ – нагрузка в средней части образца, Н;
 W_{x-x} – момент сопротивления сечения образца, м²;
 l – расстояние между опорами, м

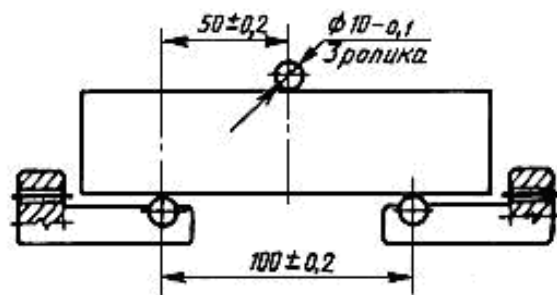


Рисунок 9 – Расчетная схема для определения предела прочности на изгиб

Результаты опытов заносили в таблицу 4

Таблица 4 - Предел прочности при изгибе

№ образца	Размеры		p – давление в рабочей полости пресса, кг/см ²	Момент сопротивления сечения образца, $W_{x-x} = ch^2/6$, см ³	Изгибающая нагрузка $P_{изг}$, кг $P_{изг} = S_{цил} \cdot n$.	Предел прочности при изгибе, МПа (кг/см ²) $\sigma_{изг} = \frac{M_{изг}}{c \cdot h^2} = \frac{P_{изг} \cdot l/2}{c \cdot h^2}$	
	c , см.	h , см.					
1.1	4,0	4,2	51	11,76	38,47·51= 961,97 кг= 1,62 кН.	73,6 МПа	$\sigma_{изг \cdot ср} = \frac{\sum \sigma_{изг}}{3} = 77,46 \text{ МПа}$
1.2	4,0	4,0	45	10,67	17,31 кН	81,12 МПа	
1.3	4,1	4,3	51	12,63	19,62 кН	77,67 МПа	
2.1	3,9	4,2	51	11,47	19,62 кН	85,53 МПа	$\sigma_{изг \cdot ср} = \frac{\sum \sigma_{изг}}{3} = 82,26 \text{ МПа}$
2.2	4,2	4,2	53	12,35	20,38 кН	82,55 МПа	
2.3	4,2	4,1	50	11,77	19,23 кН	81,71 МПа	
3.1	4,0	4,4	55	12,91	21,16 кН	81,95 МПа	$\sigma_{изг \cdot ср} = \frac{\sum \sigma_{изг}}{3} = 80,90 \text{ МПа}$
3.2	4,0	4,2	53	11,76	20,39 кН	86,69 МПа	
3.3	4,0	4,5	52	13,5	20,00 кН	74,07 МПа	

Испытание образцов на сжатие

Исследования проводили на девяти половинках образцов полученных после испытания на изгиб. Высоту и ширину образца в средней его части определяют с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм, испытания образцов выполняли на гидравлическом прессе с максимальным усилием 100 кН. Для проведения исследований были использованы нажимные пластинки по схеме на рисунке 10.



Рисунок 10 – Размещение пробников при испытании на сжатие

Предел прочности при сжатии отдельного образца вычисляли как частное от деления величины разрушающей нагрузки (в кН) на рабочую площадь пластинки $S_{пл.}$ (в $см^2$), т.е. на $4,0 см^2$. как среднее арифметическое значение четырех наибольших результатов испытания шести образцов.

Расчет $P_{сж}$ проводили по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{P_{сж}}{S_{пл.}},$$

где $S_{пл.}$ — опорная площадь нажимных пластинок.

Таблица 5 - Предел прочности на сжатие

№ образца	Показан ия маномет ра пресса p , МПа	Разрушающая нагрузка, кН $P_{сж} = S_{порш} \cdot p$	Предел прочности на сжатие, МПа $\sigma_{сж} = \frac{P_{сж}}{S_{пл.}}$	
1.1	80	$P_{сж} =$ $S_{порш} \cdot p = 38,47 \cdot 80 =$ $3077,6 кг = 30,77 кН.$	$\sigma_{сж} = \frac{P_{сж}}{S_{пл.}} =$ $\frac{30,77}{0,000225} = 136,76 МПа$	$\sigma_{сж \cdot ср} = \frac{\sum \sigma_{сж}}{3} =$ $138,49 МПа$

Продолжение таблицы 5

1.2	82	31,55 кН.	140,22 МПа	
1.3	81	31,16 кН.	138,49 МПа	
2.1	131	50,40 кН.	224,00 МПа	$\sigma_{сж \cdot ср} = \frac{\sum \sigma_{сж}}{3} =$ 221,84 МПа
2.2	130	50,01 кН.	222,67 МПа	
2.3	128	49,24 кН.	218,84 МПа	
3.1	138,0	53,09 кН.	235,96 МПа	$\sigma_{сж \cdot ср} = \frac{\sum \sigma_{сж}}{3} =$ 235,93 МПа
3.2	136,0	52,31 кН	232,49 МПа	
3.3	140,0	53,85 кН	239,33 МПа	

Наибольшую прочность показали образцы из полимербетона с 3,5% добавкой стальной фибры анкерного типа (таблица 3).

Выводы по разделу

Для отливки промежуточного фонаря насоса использовали состав на основе бутового щебня, который показал наилучшие характеристики по прочности: предел прочности при изгибе $\sigma_{изг.ср.} = 82,99 \text{ МПа}$ предел прочности на сжатие $\sigma_{сж} = 130,28 \text{ МПа}$.

Полимербетон, заложенный в качестве материала для отливки фонаря по эксплуатационным характеристикам значительно превосходит и бетоны, и натуральный камень.

Компоненты:

- Натуральный наполнитель, крупная фракция – бутовый щебень (ГОСТ 8267 и ГОСТ 10260, фракция 1,6...2,4 мм.). Процентное содержание базового наполнителя - 51%;
- Среднефракционный наполнитель - кварцевый песок (ГОСТ 8736, фракция 0,5...1,3 мм.) – 21%;
- Мелкофракционный наполнитель – кварцевая мука (ГОСТ 8736). Содержание - 11%;
- Связующий компонент – фурано-эпоксидная смола ФАЭД (ТУ 59-02-039.13-78) – 15%;
- Отвердитель - полиэтиленполиамин ПЭПА (ТУ 6-02-594-80Е) – не более 1%.

Характеристики:

- отмечается крепость и твердость материала, выраженная высокой стойкостью;
- так же нужно выделить надежность при воздействии атмосферных, климатических, температурных и механических воздействий;
- биологические факторы не влияют на материал так же он устойчив к влаге;
- материал можно отнести к негорючим трудновоспламеняемым материал (при максимально высоких температурах можно наблюдать частичное оплавление по периферии);
- не наблюдается испарений на готовых изделиях так же нет никакого запаха, в связи с этим есть возможность использования материала в бытовых условиях;
- наблюдается относительно невысокий вес продукта.

3 Практика производства модельной (литейной) оснастки

Модельная оснастка - это огромный комплекс инструментов, которые используются при изготовлении пресс-форм, а затем и при изготовлении отливок. При разработке проектов и последующей реализации может быть использовано специализированное модельное производство, в котором используются самые современные материалы и технологии. Прежде всего, проект может быть разработан в трех измерениях с использованием компьютера, чтобы наиболее детально изучить все детали будущей модели. Сами модели, а также стержневые коробки изготавливаются непосредственно на специальных станках с ЧПУ или с помощью 3D-принтера [8, 17, 18, 19].

Модельная оснастка [13] может быть изготовлена на основе смесей холодного отверждения (HTS), таких как древесноволокнистые плиты, модельные плиты и композитные материалы.

Оснастка из алюминия, дерева, пластика или чугуна производится чаще всего.

Ресурс, который может предоставить современная модельная оснастка, может варьироваться от 1000 до 15000 отпечатков в зависимости от материала оснастки. Конечно же, к самым прочным материалам относятся чугун, сталь и алюминий, если сравнивать с пластиком, а затем деревом и фанерой.

Материалы, которые мы в основном используем для изготовления модельного инструмента:

- специальный пластик с разной твердостью;
- стеклопластик (контактные формы);
- МДФ с последующей пропиткой и обработкой;
- пенополистирол только твердых марок;
- наполнители;
- фанера.

3.1 Выбор материала формы для изготовления модельной (литейной) оснастки для литья промежуточного фонаря

3.1.1 МДФ. Самый простой бюджетный вариант - это модельный инструмент из МДФ.

После завершения фрезерных работ все рабочие поверхности пропитывают специальными смолами, чтобы обеспечить высокий уровень твердости и более высокие водоотталкивающие свойства для внешнего слоя на поверхности модели. Обычно этот материал используется для небольшого количества отливок. Материал часто используется при изготовлении форм для художественного литья.

3.1.2 Дерево. Материал считается классическим, легким и удобным в работе. В связи с этим дерево очень часто используется для образцовых

стержневых инструментов. Для изготовления модельных форм используется исключительно качественная и идеально высушенная древесина, а для тонких художественных деталей требуется использование ценных твердых пород. Все эти нюансы приводят к увеличению стоимости производства форм из древесины по сравнению с инструментами из МДФ. В некоторых случаях деревянное модельное оборудование незаменимо. Например, при изготовлении крупногабаритных изделий деревянные элементы предпочтительнее из-за их малого веса.

3.1.3 Пластик. В современном производстве лучшим вариантом является изготовление пластиковых модельных инструментов. Многие современные типы полимеров производятся в современной химической промышленности, которые необходимы для производства литейных инструментов, в виде пластин, литейных композиций или блоков стандартных размеров. Эти материалы очень удобны в использовании - они имеют однородную структуру и обеспечивают высокую производительность. Некоторые модельные полиуретаны превышают износостойкость алюминиевых сплавов и выдерживают более 100 000 отпечатков. Производство машин для литья пластмасс выгодно для серийного производства на предприятиях с современным литейным оборудованием.

3.1.4 Металл. Это самый надежный и долговечный вариант также он наиболее распространенный, но в свою очередь он самый дорогостоящий, в связи с тем, что металл тяжело поддается обработке, по сравнению с деревом или пластиком.

Металлическая оснастка практически не подвергается воздействиям извне и является довольно прочным материалом к механическим нагрузкам.

Принимая во внимание навыки, полученные при литье из полимербетона корпусов редукторов и насосов, мы решили использовать литейный силикон.

Силикон. Довольно популярный эластомер для создания различных форм, для создания форм своими руками. Для изготовления формы использовали двухкомпонентный силиконовый компаунд: базовая силиконовая композиция + катализатор. Этот материал легко перемешивается, допускаются отклонения в дозировке необходимых компонентов. Отверждение форм может быть достигнуто при комнатной температуре. Прочность этого материала в среднем диапазоне. Может быть изготовлено до 2000 отливок в различных температурных диапазонах отливаемого материала. Высококачественный силикон на основе платины, выдерживает до 5000 отливок.

Таблица 6 - Достоинства и недостатки силикона

Достоинства	Недостатки
1. Не токсичен (силикон широко используется в медицине, может иметь пищевой допуск) 2. Практически не дает усадки 3. Высокая точность слепка 4. Не требует дополнительных смазок 5. Допускает заливку в широком диапазоне температур (до 200°C и выше) 6. Стойкость к агрессивным средам 7. Простота в работе	1. Низкая химическая стойкость к щелочным материалам 2. Умеренная прочность, сравнимая с прочностью формопласта, но уступающая прочности полиуретана 3. Появление пузырей на боковых сторонах декоративных изделий 4. Сложность окраски готовых изделий 5. Высокая цена

3.2 Разработка каркаса формы для облицовки рабочего колеса

Для изготовления формы в качестве мастер-модели был использован рабочий промежуточный фонарь горизонтального центробежного насоса (рис.3.1).



Рисунок 11 – Промежуточный фонарь горизонтального центробежного насоса, восстановленный до мастер-модели

Из стального листа ($\delta=0,5$ мм.) изготовили обечайку высотой равной высоте фонаря и диаметром равным диаметру присоединительного фланца.



Рисунок 12 – Обечайка для формирования внешней поверхности промежуточного фонаря

В полученную форму было установлена мастер-модель и произведена заливка литейного силикона. Силиконовая форма внешней поверхности промежуточного фонаря, вынутая из обечайки представлена на рисунке 13.



Рисунок 13 – Отливка формы внешней поверхности промежуточного фонаря из литейного силикона

Для отливки силиконовой формы внутренней поверхности промежуточного фонаря в обечайку установили последовательно отливку

внешней формы, мастер-модель и обечайку для формирования внутренней поверхности фонаря, а полость между обечайкой и мастер-моделью залили литейный силикон.



Рисунок 14 – Отливка формы внутренней поверхности промежуточного фонаря из литейного силикона

В конечном итоге получили литейный комплект (рисунок 15).



Рисунок 15 – Литейный (модельный) комплект для отливки промежуточного фонаря



Рисунок 16 – Промежуточный фонарь, отлитый из полимербетона

3.3 Технология заливки форм полимербетоном

Подготовка полимербетонной смеси [9] к заливке промежуточного фонаря включает в себя следующие операции:

- * мойка наполнителей;
- * сушка наполнителей и заполнителей, разделение наполнителей на фракции;
- * подготовка отвердителей и ускорителей;
- * дозирование и смешивание компонентов.

Наполнители и заполнители сушат в сушилке при температуре 80 ° С до влажности не более 1%. Заполнители, загрязненные карбонатами, основаниями и металлической пылью, к использованию не допускаются. Кислотостойкость наполнителей должна быть не менее 96%.

Температура наполнителей и заполнителей перед их смешиванием должна находиться в диапазоне 20-25 ° С.

Компоненты должны быть точно дозированы: смолы, наполнители, отвердители $\pm 1\%$, песок, мука и гравий $\pm 2\%$.

Смешивание компонентов полимербетонной смеси должно проходить в два этапа: смешивание мастики, приготовление полимербетонной смеси. Смешивание мастики должно производиться в стеклянной емкости (можно из нержавеющей стали) со скоростью рабочего органа смесителя не менее 600...800 об / мин, длительность смешивания с учетом объема смешиваемых компонентов – 2...2.5 мин.

Полимербетонные смеси следует смешивать с помощью электрической дрели со специальной насадкой в пластиковом контейнере путем принудительного перемешивания со скоростью рабочего органа 500...600 об / мин при 20 ° С и выше.

Технологический процесс отливки изделий из полимербетонных составов состоит из следующих процессов:

- чистка и смазка пресс-форм;
- установка армирующих (размещение волокон) элементов;
- заливка полимербетонной смеси;
- виброформовка изделия.

Силиконовая форма должна смазываться с использованием специальных составов (так называемых разделителей) в процентах от общей массы: эмульсол - 55 ... 60; порошок графита - 35 ... 40; вода - 5 ... 10. Также допускается использование растворов битума в бензине, силиконовой смазки, раствора полиэтилена в толуоле.

Мы используем плоские шпатели для укладки, выравнивания и разглаживания смеси. Уплотнение производили на вибростоле с параметрами: амплитуда 0,4...0,9 мм по горизонтали, 0,2...0,4 мм по вертикали, частота 2600 кач./мин. Продолжительность виброформовки в зависимости от эластичности смеси, но не менее 4 минут. Признаком хорошей формовки смеси является выделение на поверхности жидкофазного продукта.



Рисунок 17 – Установка модельной оснастки на вибростоле

Полное отверждение полимербетона (при температуре не менее 15 ° С и влажности от 60 до 70%) наступает в течение 28...30 дней. Для того чтобы ускорить процесс отверждения, использовали сухой нагрев в течение 6...18 ч с термообработкой в специальном термошкафу при температуре 80...100 ° С. В этом случае скорость повышения и понижения температуры не должна превышать 0,5...1 ° С. в минуту.

3.4 Механическая обработка рабочих поверхностей фонаря

Принимая во внимание экспериментальный характер технологии литья промежуточного фонаря из полимербетона, нам не удалось получить готовое изделие, которое можно было сразу установить на насос. На поверхности фонаря были следующие некритичные дефекты:

- места установочных сквозных отверстий для крепления фонаря к улите были только обозначены;
- резьбовые отверстия для крепления электродвигателя также были только обозначены;
- имели место наплывы в местах, где силикон не до конца полимеризовался;
- имели место дефекты в виде оголения фибры в провалах на поверхности фланца;
- повышенная шероховатость и даже волнистость на контактных поверхностях.

Для устранения этих дефектов были выполнены следующие работы:

- шпаклевка углублений смесями из эпоксидной смолы загущенной кварцевым песком доведённой до сметанообразного состояния;
- сверление сквозных отверстий трубчатыми алмазными сверлами (рис.18) и перьевыми сверлами из карбида вольфрама (рис.19);



Рисунок 18 – Трубчатое алмазное сверло



Рисунок 19 – Перьевое сверло из карбида вольфрама

- механическая обработка дефектных и шпаклеванных поверхностей шлифовальными дисками с использованием УШМ (углошлифовальная машинка) рисунок ;



Рисунок 20 – Шлифовка поверхностей фонаря с использованием УШМ

- после сверления отверстий для крепления электродвигателя в них были установлены забивные анкера (цанги) на М12 под болты М12х40 (рис.21).

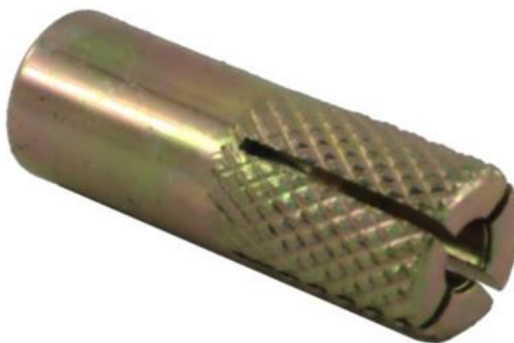


Рисунок 21 – Забивной анкер

3.5 Стандартная технология финишной обработки поверхности облицованного колеса

Гелькоут использовали для отделки поверхностей промежуточного фонаря, изготовленного из полимербетона. Многие виды гелькоута изготавливаются на основе тонко насыщенных или эпоксидных полиэфирных смол.

Материал представляет собой модифицированную смолу в жидком виде, которая наносится на матрицу. После нанесения вещество затвердевает, что

приводит к образованию полимеров с поперечными связями. Далее гелькоутены армируются композитной полимерной основой. Композиция с добавлением стекловолокна и смол на основе полиэфир или эпоксидной смолы чаще всего используется для этого процесса. Гелькоут также используется в отделке для достижения эффекта глянцевого покрытия любого цвета. Это улучшает декоративные свойства конструкций и изделий и делает их более привлекательными снаружи.

Важно обращать внимание на температурный режим, как для самого вещества, так и для оборудования. Температура не должна быть ниже 18°C . Если этого недостаточно, будет происходить процесс отверждения с дефектами, что приведет к повреждению целостности конструкции. Кроме того, температура не должна быть слишком высокой - не более $+25^{\circ}\text{C}$.

Непосредственно перед употреблением вещество тщательно перемешивали. После выливания в емкость с веществом катализатора полученный раствор снова хорошо перемешивали.

Для нанесения гелькоута использовалась кисточка. Покрытие состояло из двух слоев. Каждый наносился максимально аккуратно, чтобы не было дефектов покрытия, пузырей и провалов. Каждый слой был высушен перед нанесением следующего.



Рисунок 22 – Нанесение гелькоута кистью

В серийные производства предполагается нанесение краскопульты – напылением (рис.)

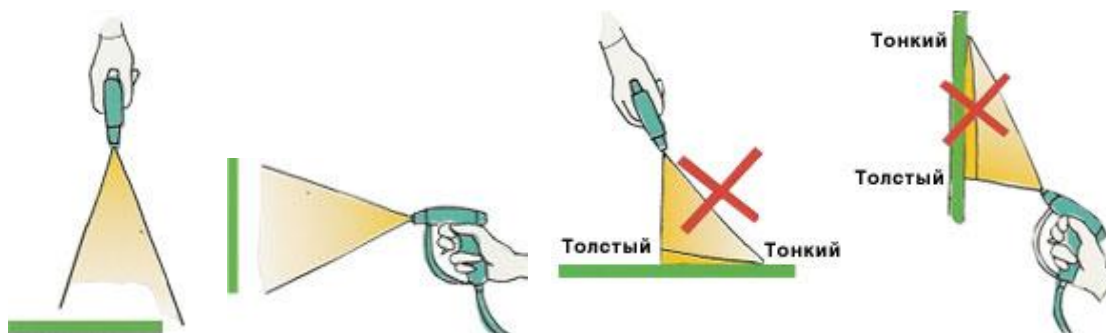


Рисунок 23 – Нанесение гелькоута напылением

3.6 Защита поверхности промежуточного фонаря от воздействия концентрированной серной кислоты и электролита

В отличие от обычного цементобетона полимербетон [3] обладает повышенной стойкостью к кислотам, растворам солей и нефтепродуктам. Стойкость полимербетона в конкретной среде зависит от типа полимерного связующего, сопротивления наполнителей и ряда других факторов. Например, для кислотостойких бетонов необходимо использовать кислотостойкие наполнители (кварц, андезит, графит и т. Д.). Чтобы обеспечить высокую долговечность, безусловно, необходима плотная структура из полимербетона.

Влияние полимерного связующего также влияет на тепловые свойства полимербетона. Коэффициент теплового расширения смолистого бетона выше, чем у обычного бетона, из-за высокого коэффициента теплового расширения полимерного связующего, равного $0,5...1,0 \cdot 10^{-3} \text{ 1 / град}$, т.е. в 5...10 раз выше стального и цементного камня. Следовательно, желательно уменьшить расход полимерной части (связующего), чтобы уменьшить температурные деформации полимербетона. Теплопроводность полимербетона ниже, чем у цементного бетона.

Как показано выше, основным недостатком полимербетона является сравнительно низкая теплостойкость. Предельные температуры, при которых могут эксплуатироваться конструкции из полимербетона, не должны превышать 150...180 °.

Эксперименты с образцами полимербетона, помещенными в концентрированную серную кислоту, показали их ограниченную долговечность. Если образцы в электролите сохраняют свою форму в течение длительного времени и набухают (рис.24).



Рисунок 24 – Результат воздействия электролита на образцы из полимербетона

Но при погружении в серную кислоту образец фактически растворился (рисунок 25).



Рисунок 25 – Результат воздействия концентрированной кислоты (98%) на образцы из полимербетона

Возникла проблема, как защитить полимербетон от этого фактора. При этом обратили внимание на опыт ТОО «ЛИК-ЗПКИ» Группы Компаний «ЛИК». Электролизные ванны из полимербетона на основе гранитных и полиэфирных вяжущих, с армированием из стекловолокна, используются для производства цинка и меди на предприятиях цветной металлургии. Внутренняя поверхность ванн имеет покрытие из стеклопластика, которое не пропускает электролит, а внешнее защитное и декоративное покрытие серого цвета.

Полимеробетон использованный для электролизных ванн производства ТОО «ЛИК-ЗПКИ» группа от компании «ЛИК» - монолитный, армированный стекловолокном, полимера с винилэфирными смолами, с внутренней оболочкой из стеклопластика. В настоящее время выпущено 1600 ванн для электролиза цинка и 1100 ванн для электролиза меди.

Мы приняли это решение нашей проблемы как вполне приемлемое - покрыть поверхность промежуточного фонаря слоем ПВХ в виде клея ПВХ.

В следующей таблице [21] показана стойкость непластифицированного поливинилхлорида (ПВХ), из которого изготовлена трубопроводная система Wavin Optima, к различным химикатам и продуктам.

В таблице выделяются три уровня устойчивости:

1. У - удовлетворительно;
2. 0 - ограниченный;
3. Н - неудовлетворительно.

Таблица 7 - Устойчивость ПВХ к воздействию химических веществ

Химическое вещество или продукт	Концентрация	Температура	
		20°C	60°C
Олеиновая кислота	100%	У	У
Ортомышьяковая кислота	до 10%	У	-
Ортофосфорная кислота	30%	У	О
Ортомышьяковая кислота	насыщенный раствор	У	О
Ортофосфорная кислота	больше 30%	У	У
Пикриновая кислота	насыщенный раствор	У	О
Серная кислота	до 10%	У	У
Серная кислота	40-90%	У	О
Серная кислота	96%	О	Н
Дымящая серная кислота SO ₃	10%	Н	Н
Соляная кислота	20%	У	О
Соляная кислота	больше 30%	У	У
Жавелевая кислота	насыщенный раствор	У	У
Жавелевая кислота	больше 30%	У	О
Кремнефтористоводородная кислота	32%	У	У
Винная кислота	до 10%	У	У
Азотная кислота	до 45%	У	О
Азотная кислота	50-98%	Н	Н
Бензойная кислота	насыщенный раствор	О	Н
Борная кислота	до 10%	У	О
Бромистоводородная кислота	10%	У	О
Бромистая кислота	100%	У	-
Хлорноуксусная кислота	10%	У	О
Хлорсульфоновая кислота	100%	О	Н
Хромовая кислота	1-50%	У	О
Лимонная кислота	насыщенный раствор	У	У
Дигликолевая кислота	19%	У	О
Кремнефтористоводородная кислота	40%	О	Н
Фтористоводородная кислота	40%	О	Н
Фтористоводородная кислота	60%	О	Н
Фтористоводородная кислота	100%	О	Н

Состав клея ПВХ может варьироваться:

1. Двухкомпонентный - упаковка состоит из двух частей: самого клея и отвердителя. Эти компоненты должны быть смешаны перед использованием. В течение восьми часов полученная композиция не теряет никаких свойств. По истечении этого времени вы можете снова добавить сложное, чтобы продолжить работу.

2. Однокомпонентный клей, считается готовым к применению. По составу уже сложнее. Согласно сроку годности, срок использования ограничен - в среднем не более полугода с момента изготовления.

Оба типа эффективно используются для ПВХ. Мастер определяет, кто из вас лучше для того или иного случая. Считается, что двухкомпонентные клеи обладают более высоким качеством сцепления. Помимо прочего, учитываются следующие свойства:

- прочность сцепления;
- пластичность;
- водостойкость;
- термостойкость.

Важный момент! При выборе клея необходимо обратить внимание на надпись на упаковке - клей должен подходит для ПВХ. Тип требуемого клея зависит от материала, с которым вы работаете. Рассмотрим наиболее распространенные варианты изделий, которые крепятся с помощью клеевого соединения.

Листы ПВХ широко используются благодаря их достаточной прочности, водостойкости, устойчивости к колебаниям температуры, а также низкой стоимости. Такая оболочка крепится не только с помощью клея, но и механически на коробе. Используйте клеевой способ на плоской основе без особых дефектов.

Основные свойства клея в этом случае - устойчивость к колебаниям температуры, влагостойкость, отличная вязкость. «Жидкие гвозди» в основном используются для крепления пластин («Момент» или «Титан»).

Инструкция по применению клея.

Если вы используете клей ПВХ для разных нужд, вам необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- чтобы склеить большинство изделий из ПВХ с подобным материалом, необходимо провести термообработку, чтобы исправить соединение;
- при выборе клея важно учитывать не только качество клея, но и его токсичность;
- для твердых конструкций (например, пластмасс) используются клеи на основе винилхлоридных полимеров, для мягких (резина, ткань) - на основе термопластичных полимеров;
- после того, как работа с клеем была завершена, соединение не должно подвергаться нагрузке в течение как минимум 24 часов;
- при нанесении клея необходимо следить за равномерной толщиной слоя, чтобы не допустить выдавливания излишков;

- перед выполнением любых работ обязательно тщательно очистите, обезжирите и высушите поверхности.

Мы выбрали клей Tangit PVC-U (Tangit PVS-U) - самое популярное средство для склеивания труб из ПВХ сделанное в Германии. Поставляется с кисточкой с удобным наконечником. Агент может быть использован для подключения систем питьевого водоснабжения. Он также подходит для подключения линий сжатого газа.



Рисунок 26 - Клей для труб ПВХ Tangit

3.7 Результаты оценки качества отливки

Отлитый фонарь после финишных операций подвергли ВИК (визуально измерительному контролю) и механическим испытаниям:

- отклонение геометрических размеров колеса от размеров на рабочем чертеже $\varnothing, B, L, h \dots \pm 1 \dots 2$ мм;
- несоосность по отношению к контрольному отрезку вала ± 1 мм.;
- радиальное биение торцевой поверхности $\pm 1,5$ мм.;
- глубина поверхностных дефектов < 2 мм.;
- высота неровностей по отношению к базовым плоскостям < 2 мм.;
- прочность на изгиб контрольных образцов отлитых из той же партии смеси $\approx 89,6$ МПа.;
- прочность на сжатие контрольных образцов отлитых из той же партии смеси $\approx 115,6$ МПа.;
- масса фонаря составила 6,6 кг, что меньше 2,5 раза отливки из стали (17 кг.)

После обработки гелкоутом все поверхностные дефекты удалось устранить.

3.8 Результаты испытания промежуточного фонаря на участке по переработке окисленных руд

Для оценки качества литья и эксплуатационной надежности контрольный экземпляр рабочего колеса был установлен на действующий насос в насосной станции склада серной кислоты на предприятии KAZMINERALS AKTOGAI LIMITED. Ручная прокрутка рабочего колеса не выявила существенных отклонений, и насос после холостой прокрутки был запущен в эксплуатацию. Рабочие параметры насоса, такие как рабочее давление, производительность, уровень вибрации существенно не изменились.



Рисунок 27 – Установка промежуточного фонаря на установку центробежного насоса

Данное фонарное кольцо (адаптер) проработало около двух месяцев. После была обнаружена утечка серной кислоты из-под улиты. При осмотре

было обнаружено отсутствие уплотнения из безасбестового паронита между рабочим колесом и адаптером ввиду того что попадание агрессивной среды было прямым, и асбестовая бумага была полностью повреждена.

Первоначально стоит отметить внешнее воздействие среды насосной станции на внешнюю оболочку. Кислотостойкая краска оранжевого цвета слезла после двухмесячного воздействия. Вывод сделанный по данному наблюдению: при использовании насосов в агрессивных средах деталь необходимо покрывать более стойкими защитными материалами.



Рисунок 28 – Воздействие на внешнюю поверхность фонарного кольца после двух месяцев работы.

При демонтаже фонарного кольца с насоса были выявлены повреждения в связи с воздействием серной кислоты на полимербетон. Внутренние грани отлитой запчасти имели значимые дефекты, повлекшие за собой видимую утечку.



Рисунок 29 – Демонтаж адаптера после обнаружения утечки



Рисунок 30 – Результаты двухмесячной работы адаптера, изготовленного из полимербетона

Стоит так же отметить необходимость обработки фонарного кольца изнутри. По видимым дефектам на фото видно, что без обротки полимербетон приходит в негодность при воздействии агрессивных химических элементов. Свидетельством тому является участок, обработанный защитным клеем в области манжетного уплотнения.

В целом необходимо отметить, что изготовленный адаптер отлично проявил себя на действующем оборудовании насосной станции производственного предприятия.

4 Оценка экономической эффективности технологии изготовления фонарей из полимербетона

Розничная цена адаптера для насоса Vogel Pump LS – 58 000 тн.

Таблица 8 – Калькуляция расхода материалов на одну форму

№	Компоненты	Оптовая цена 1 кг	Расход на одну форму	Расходы формы, тн
1	Силикон литейный	9 000 тнг	5 кг	45 000
2	Сталь листовая 0,5 м ² , δ=0,5 мм.	1000 тнг/м ²	0,5 м ²	500
3	Диск стальной Ø500 мм., δ=2 мм.	1500 тнг.	1 шт	1500
4	Хомут стальной разъемный Ø300 мм.	500 тнг.	1 шт	500
	Всего			47 500

1-го литейного комплекта хватит на 100 отливок

Расходы на 1 из 100 отливок $C_{лф} = 47\,500/100 = 475$ тнг.

Таблица 9 – Калькуляция расхода материалов на облицовку 1-го колеса

№	Компоненты	Оптовая цена 1 кг, тн.	Расход на одну форму, кг	Расходы на облицовку 1-го колеса, тнг.
1	Щебень бутовый	10	3,0	30
2	Песок кварцевый	200	1,5	300
3	Мука кварцевая	130	1,0	130
4	Фураново-эпоксидная смола	7 000	0,8	5 600
	Всего			6 060

Расходы на облицовку 1-го колеса – $6060 + 475 = 6\,535$ тнг.

Экономия от замены гуммированных колес на облицованные полимербетоном каркасы

$$(58\,000 - 6\,535) \cdot 100 = 5\,146\,500 \text{ тнг.}$$

Таблица 10 - Капитальные затраты на оснащение участка по облицовке рабочих колес насосов ПВН-2

№	Компоненты	Оптовая цена, тнг.
1	Вибростол	170 000
2	Шкаф сушильный	140 000
3	Вытяжной зонт	60 000
4	Расходники	50 000
	Всего	420 000

Годовая экономическая эффективность от внедрения технологии облицовки рабочего колеса насоса полимербетоном:

$$Еф = Д - З * К = 5\,146\,500 - 0,15 \cdot 420\,000 = 5\,083\,500 \text{ тнг.} \approx 5,1 \text{ млн. тнг}$$

где Еф – экономический эффект;

Д – доходы или экономия от внедрения технологии

З – капитальные затраты;

К – нормативный коэффициент, 0,15

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате научного обобщения, проведения аналитических исследований, разработки и внедрения новых материалов из разряда композиционных (полимербетона) - решена важная задача повышения эффективности эксплуатации горизонтальных центробежных насосов.

Основные выводы и рекомендации:

- проведен анализ работы горизонтальных центробежных насосов и их основных частей в условиях медного производства (для перекачивания раствора электролита);
- изучено влияние состава полимербетона для литья промежуточного фонаря горизонтального центробежного насоса и выбор упрочняющих факторов;
- проведена оценка конструктивного исполнения различной литейной оснастки;
- разработана конструкция модельной оснастки и отработана технологии литья промежуточного фонаря горизонтального насоса;
- проведена оценка результатов испытаний промежуточного фонаря в условиях оксидного завода ТОО «Kazminerals Aktogai limited».

Результаты теоретических и экспериментальных исследований легли в основу руководящего документа «ТИ на отливку промежуточного фонаря горизонтального центробежного насоса».

Термины и определения

Корпус насоса - часть насоса, в которой вращается рабочее колесо.
Безопасность насосного оборудования - свойство насоса сохранять безопасное состояние при эксплуатации в соответствии с эксплуатационной документацией.

Корпус, находящийся под давлением - деталь механизма, подвергаемая избыточному давлению и являющаяся барьером между перекачиваемой жидкостью и атмосферой.

Композит - твердый продукт, состоящий из двух или более отличных друг от друга по форме и/или фазовому состоянию и/или химическому составу и/или свойствам материалов, скрепленных, как правило, физической связью, и имеющих границу раздела между связующим (матрицей), армирующими материалами и наполнителями.

Армирующий материал - угле-, базальто-, органо-, стекломатериалы, соединенные с термореактивной смолой до начала процесса отверждения для улучшения физико-механических характеристик полимерного композита.

Наполнитель - относительно инертный дисперсный (нано) материал, введенный в матрицу до начала процесса отверждения, для изменения или придания требуемых свойств композиту.

Ламинирование - послойное нанесение связующего и армирующего материала на твердую поверхность.

Прессование (SMC/BMC) - изготовление композита в закрытых формах методами силового воздействия пуансона на заготовку, помещенную в матрицу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Фибробетон: технология производства и применение <https://beton-house.com> › Виды бетона › Специальные бетоны
- 2 Пути повышения эффективности фибробетона ...<https://research-journal.org/technical/puti-povysheniya-effektivnosti-fibrobetona/> автор: И.Н. Ширинзаде - 2017
- 3 Композиционные вяжущие для фибробетонов ...<https://research-journal.org/technical/kompozicionnye-vyazhushhie-dlya-fibrobetonov/>
- 4 Фибробетон: состав, характеристики и технология изготовления kladembeton.ru › Виды бетона › Другие виды бетона
- 5 Армирующие материалы для фибробетонов | Архитектура и ...ais.by ›
- 6 Исследование деформационных характеристик фибробетона со ...<https://cyberleninka.ru/.../issledovanie-deformatsionnyh-harakteristik-fibrobetona-so-s...> автор: А.П. Борисюк - 2016
- 7 К вопросу о деформируемости фибробетона – тема научной ...<https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-deformiruemosti-fibrobetona> автор: Э.Я Кипко - 2000
- 8 Ключев С. В. Высокопрочный фибробетон для промышленного и гражданского строительства // Инженерно-строительный журнал, № 8, 2012 с. 61–66.
- 9 Мирошниченко К. К. Влияния технологии перемешивания и состава фибробетона на его долговечность и усадку // Современное промышленное и гражданское строительство, том 8, номер 1, 2012. С. 15–20.
- 10 Abdulhadi M. A comparative study of basalt and polypropylene fibers reinforced concrete on compressive and tensile behavior // International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT). 2014. Vol. 9. N6. P. 295–300.
- 11 Korsun, V., Vatin, N., Korsun, A., Nemova, D. Physical-mechanical properties of the modified fine-grained concrete subjected to thermal effects up to 200°C (2014) Applied Mechanics and Materials, 633–634, pp. 1013–1017.
- 12 Morozov, N.M., Viktorovich Borovskich, I., Khozin, V. G. Sand basalt-fiber concrete (2013) World Applied Sciences Journal, 25, (5), pp. 832–838.
- 13 Рабинович Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции. М., 2004. С. 560.
- 14 Махова М. В. Базальтоволокнистые материалы // Обзор ВНИИЭСМ. — М., 1989. 72 с.
- 15 Кудряков К. Л., Плевков В. С. Технология изготовления конструкционного бетона с базальтовыми волокнами // 2015
- 16 Elshekh A. E. A., Shafiq N., Nuruddin M. F., Fathi A. Evaluation the effectiveness of chopped basalt fiber on the properties of high strength concrete. Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 14. N 10. P. 1073–1077. doi: 10.3923/jas.2014.1073.1077.

17 Маилян Л. Р. Маилян А. Л. Айвазян Э. С. Конвейерная технология фибробетона с агрегированным распределением фибр и его конструктивные свойства. [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2013, № 3.

18 Маилян, Л.Р., Налимова, А.В., Маилян, А.Л., Айвазян, Э. С. Челночная технология изготовления фибробетона с агрегированным распределением фибр и его конструктивные свойства. [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2011, № 4.

19 ВСН 56–97. Проектирование и основные положения технологий производства фибробетонных конструкций. [Текст] - Москва: научно-техническое управление НИЦ «Строительство», 1997.- 174 с. ГОСТ 310.4–81.

20 Palanisamy, T., Dineshkumar, G. Performance evaluation and structural behavior of basalt fiber rein-forced concrete (2014) International Journal of Earth Sciences and Engineering, 7 (2), pp. 744–749.

21 http://www.rusnauka.com/4._SVMN_2007/Stroitelstvo/19033.doc.htm

ПРИЛОЖЕНИЕ А

УДК 691.342

Е.Е. Елагин, Б.С. Бейсенов, Е.Е. Сарыбаев, Р.З. Тагауова
(Sathbaev University, г. Алматы, Казахстан)

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМ ДЛЯ ЛИТЬЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОЛИМЕРБЕТОНА

Новым и весьма эффективным является использование полимербетонов (вместо металла) для изготовления корпусов редукторов, центробежных насосов и тому подобных изделий. Широкому применению полимерных материалов способствуют не только высокая химическая стойкость, хорошие декоративные свойства многих из них, но и сравнительная простота применения, технологичность и другие свойства. На обсуждении рассмотрена технология изготовления форм для литья крышки основания редуктора.

New and very effective is the use of polymer concrete (instead of metal) for the manufacture of gearbox housings, centrifugal pumps and similar products. Not only high chemical resistance, good decorative properties of many of them, but also comparative ease of use, processability and other properties contribute to the widespread use of polymeric materials. The technology of making molds for casting the base cover of the gearbox was discussed.

Ключевые слова: литье, форма, полимербетон, редуктор, корпус, матрица, литейный силикон.

Key words: casting, form, polymer concrete, reducer, frame, matrix, foundry silicone.

Главной особенностью изготовления литых деталей является то, что все их свойства (физические, химические, механические и др.) формируются только при одном металлургическом переделе – при заливке жидкого сплава в литейную форму и его кристаллизации в ней. Технология изготовления отливки в значительной мере формирует и определяет ее качество, а значит, и качество литой детали. Несовершенство конструирования литой детали и неадекватность выбора способа литья ведут к образованию значительных припусков на механическую обработку. Это вызывает создание лишнего станочного парка, инструментария, технологической оснастки, производственных площадей и пр. Причем все это направлено на перевод металла в стружку. Также известно, что при литье поверхностный слой отливки имеет более мелкозернистую структуру повышенной твердости, а механической обработкой этот слой снимается. Чем больше предусмотрен припуск на механическую обработку, тем больше снимается упроченный поверхностный слой.

Для решения этих задач применяют новые литейные сплавы с повышенными механическими и литейными свойствами, внедряют современные, более качественные технологические процессы изготовления литейных форм и т. п.

Развитие химической промышленности позволило создать новый класс композиционных материалов, так называемых полимербетонов, основой которых служат природные камни (галька, граниты, известняки), а связующими – синтетические смолы.

Наше внимание к полимербетонам обусловлено следующими их преимуществами по сравнению с традиционно используемым чугуном: высокая демпфирующая способность, отсутствие остаточных напряжений в деталях, повышенная стабильность во времени, малая теплопроводность, коррозионная стойкость, возможность получения из них точных деталей без последующей механической обработки.

На первом этапе наших исследований мы убедились не только в прочностных, но и литейных свойствах полимербетонов. В разрезе нашей статьи мы расскажем о некоторых аспектах подготовки форм для литья корпусных деталей в частности корпусов редукторов, с которыми мы столкнулись.

Многое в качестве реализации технологического процесса зависит от используемой оснастки, главным элементом которой выступает упомянутая форма, то есть матрица. На рынке существует

готовое оснащение, но в нашем случае это оказалось невозможным. Дело в том, что формами для литья корпусов редукторов пока никто не занимался.

Обычно для изготовления каркаса форм используется композитный материал, схожий по характеристикам с пластиком, мы же остановились на листовой стали толщиной 0,5...0,6 мм и уголках №4 из-за удобства применения контактной сварки для соединения их между собой.

Каркас для верхней и нижней крышки редуктора сделали разъемными для удобства выемки изалина, хотя верхняя крышка не имеет впадин (рис.1).



Рисунок 1 – Крышка редуктора

В качестве материала для формирования внешних и внутренних поверхностей использовали литейный силикон. Для фиксации силиконовой матрицы на поверхности каркаса, на высоте одной трети от верхнего среза каркаса по контуру каркаса с шагом 100 мм точечной сваркой прихватили стрелки из листовой стали (рис.2). Наличие стрелок на каркасе при литье сверху не дадут полимербетону проникнуть между силиконовой матрицей и каркасом. После разъема каркаса матрицу можно будет легко отделить от внешней поверхности крышки, сняв со стрелок. При этом во внимание относительно небольшую толщину опорного фланца усилили – нарастив слой алебастра



Рисунок 2 – Каркас формы крышки редуктора

Для изготовления матрицы для внутренней поверхности и внешней нижней крышек считала по осям подшипниковых карманов уложили стальные трубы диаметром 1/2" и прихватили сваркой между собой заглушенной трубой квадратного сечения, таким образом, уменьшив объем заливаемого силикона. Фиксацию полученной конструкции на внутренней поверхности крышек осуществили штырями, установленными в отверстия каркаса, как для верхней, так и нижней крышек (рис.3). После установки, внутреннюю полость залили литейным силиконом.



Рисунок 3 – Siliconовая модель внутренней полости корпуса редуктора

Но для съема слепка с основания редуктора, имеющего впадины (рис.4), пришлось его расширить, а между половинками каркаса установили разделительную пластину (рис.5). Заливку силикона производили с нижней стороны основания, перевернув каркас и установив на поверхность вибростола (рис.6).



Рисунок 4 – Основание редуктора



Рисунок 5 – Установка разделительной пластины в каркас основания редуктора



Рисунок 6 – Формы для литья основания редуктора

Для корректировки слабых зон матриц кампеларскими ножом подрезали матрицы в зонах ребер, алебастром наращивали толщину опорных фланцев, тем самым усилили последние.



Рисунок 7 – Усиление фланца корпуса редуктора

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Основы конструирования сплавов. Параметры точности и припуски на механическую обработку. Учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 164 с.
- 2 Соломатов В. И. Технологии полимербетонных и армированных полимербетонных изделий. М., 1984.
- 3 Пигуров В. В. Полимербетон. – М.: Стройиздат, 1987. – 286 с.
- 4 Ахмедов Д. Г., Орасмбетов Н. А., Байсенов Б. С. Полимербетон в практике металлургического машиностроения. Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие горно-металлургического комплекса», 2017. – С.141-144.