

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Satbayev University

Институт металлургии и промышленной инженерии

УДК 691.342

На правах рукописи

Мұрапбай Әсел Нұрболатқызы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра технических наук

Название диссертации «Исследование влияния фракционного состава наполнителей на прочностные характеристики полимербетонных смесей с разработкой ТИ»

Направление подготовки 7М07111 – Цифровая инженерия машин и оборудования

Научный руководитель,
к.т.н., ассоц. профессор

Б.С. Бейсенов
" 06 " 2021 г.

Рецензент
д.т.н., профессор

Е.К. Едыгенов
" 06 " 2021 г.



Нормоконтроль
к.т.н., ассис.проф.

С.А. Бортебаев
« 18 » " 06 " 2021 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой ТМТиЛ,
к.т.н., ассоц. проф.

К.К. Елемесов
" 18 " 06 " 2021 г.

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Satbayev University

Институт металлургии и промышленной инженерии
Кафедра "Технологические машины, транспорт и логистика"

7M07111 – Цифровая инженерия машин и оборудования

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ТМТиЛ
канд. техн. наук, асепи-проф.
К.К.Елемесов

"18" 06 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Мурапбай Әсел Нурболатқызы

Тема: «Исследование влияния фракционного состава наполнителей на прочностные характеристики полимербетонных смесей с разработкой ТИ»

Утверждена приказом руководителя университета №4354 "03" 12
"2019 г.

Срок сдачи законченной диссертации " 15 " 05 2021 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: материалы лабораторных исследований по ГФ.2018/АР05131236 «Модернизация горно-металлургического оборудования с использованием инновационных материалов и компоновок приводов».

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

- а) анализ составов смесей использованных при отливке корпусов редуктора Ц2-250;
- б) анализ методики Фулера по рецептуре наполнителей;
- в) разработка рецептуры смесей с вариациями по крупной фракции;
- г) отработка технологии литья пробников с вариациями по крупной фракции;
- д) оценка результатов механических испытаний пробников с вариациями по крупной фракции.

Рекомендуемая основная литература:

1 Автореферат. Прогнозирование механических свойств полимербетонов [Электронный ресурс] / Бабин Л.О., 2000.

2 Михайлов К.В., Потуроев В.В., Крайс Р. Полимербетоны и конструкции на их основе/Под ред. В.В.Потуроева. - М.: Стройиздат, 1989. - 304с.

3 Потуроев В.В. Технология полимербетонов (физико-химические основы). - М.: Стройиздат, 1977. - 240с.

4 Полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики [Электронный ресурс] / Попов К.Н., полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики; ред. Бурмистров Г.Н., 1987.

5 Полимербетон. Применение и основные свойства [Электронный ресурс] / Художкова И.Р., Основные свойства полимербетонов; ред. Шагиева Л.Н., 1985.

6 Барабаш Д.Е. Применение математических методов планирования экспериментов для оптимизации состава полимербетонов. Воронежский ЦНТИ. № 138-97. 2 с.

7 Горячева В.А., Крещик А.А., Христофорова И.А., Христофоров А.И. современное состояние производства полимербетонов // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 3-2.

8 Соломатов В. И. Технология полимербетонов и армополимербетонных изделий. М., 1984.

9 Патуроев В.В. Полимербетоны. –М.: Стройиздат, 1987. – 286 с.

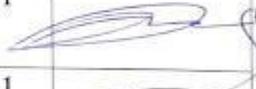
10 Христофоров А.И., Христофорова И.А., Гуюмджян П.П., Глухоедов В.В. Полимербетон на основе поливинилхлоридного связующего. // Известия ВУЗов “Химия и хим. технология”.- 2004.- Том 47.- Вып. 1 - С. 159-160

ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

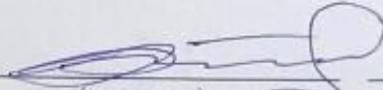
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1. Аналитическая часть	1.03.2021	
2. Технологическая часть	15.04.2021	
3. Экспериментальная часть	15.05.2021	

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., асоц.проф. Бейсенов Б.С.	1.03.2021	
2. Технологическая часть	К.т.н., асоц.проф. Бейсенов Б.С.	1.04.2021	
3. Экспериментальная	К.т.н., асоц.проф. Бейсенов Б.С.	1.05.2021	

часть			
Нормоконтролер	К.т.н., ассист.проф. Бортебаев С.А.	05.06.2021	

Научный руководитель


(подпись)

Бейсенов Б.С.

(Ф.И.О.)

Задание принял

к исполнению обучающийся


(подпись)

Мұрапбай Ә.Н.

(Ф.И.О.)

Дата

" 16. " 11 2019 г.

АНДАТПА

Бұл жұмыста магистр жұмысы барысында шешілген бірқатар тапсырмалар қарастырылды:

- патенттік және әдебиет сараптамасы негізінде полимердің физикалық-механикалық сипаттамаларын анықтау әдісі таңдалды бетондар;
- тұжырымдама жасалды және дененің бөлшектерін жасау үшін ірі фракциясының мөлшері жоғарылаған, бірақ Фуллер тендеуін ескере отырып, полимерлі бетоннан 15 зонд жасалды;
- беріктік сипаттамаларын бағалау әдісі нақтыланды;
- өрескел фракция құрамының жоғарылауының беріктік сипаттамаларына әсері зерттелді.

Жұмыс кіріспеден, талдамалық бөлімнен, сындарлы бөлімнен тұрады бөлім, эксперименттік бөлім, эксперимент нәтижелерін талқылау, қорытындылар, 14 атаудағы пайдаланылған дерек көздерінің тізімі. Диссертациялық жұмыс 58 бетте ұсынылған, 20 суреттермен безендірілген.

АННОТАЦИЯ

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

- на базе патентно-литературного обзора была подобрана методика определения физико-механических характеристик полимербетонов;
- разработаны рецептура и изготовлены 15 пробников из полимербетона с повышенным содержанием крупной фракции для изготовления корпусных деталей, но с учетом уравнения Фуллера;
- уточнена методика оценки прочностных характеристик;
- исследовано влияния повышенного содержания крупной фракции на прочностные характеристики.

Работа состоит из введения, аналитической части, конструктивной части, экспериментальной части, обсуждения экспериментальных результатов, выводов, списка использованных источников из 14 наименований. Диссертационная работа изложена на 58 страницах, иллюстрирована 20 рисунками.

ANNOTATION

In this work, a number of tasks were considered that were solved in the course of the master's work:

- on the basis of a patent and literature review, a method was selected for determining the physical and mechanical characteristics of polymer concretes;
- a formulation was developed and 15 probes were made made of polymer concrete with an increased content of coarse fraction for the manufacture of body parts, but taking into account the Fuller equation;

- the method for assessing the strength characteristics was refined;
- the influence of the increased content of the coarse fraction on the strength characteristics was investigated. The work consists of an introduction, an analytical part, a constructive part, an experimental part, a discussion of experimental results, conclusions, a list of used sources of 14 titles. The dissertation work is presented on 58 pages, illustrated with 20 figures.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	8
1	Аналитическая часть	12
1.1	Общие сведения о полимербетонах	12
1.2	Опыт изготовления изделий из полимер и фиброполимербетонов	16
2	Технологическая часть	18
2.1	Подбор компонентов и разработка составов смесей для приготовления полимербетона	18
2.2	Характеристика компонентов составов	25
3	Экспериментальная часть	31
3.1	Обоснование гипотезы, положенной в основу магистерской	31
3.2	Лабораторные исследования технологии приготовления полимербетона для пробников	33
3.3	Лабораторные исследования характеристик полимербетона	40
3.4	Испытание образцов на изгиб	44
3.5	Испытание образцов на сжатие	46
	Заключение	48
	Список использованной литературы	50
	Приложение А	51
	Приложение Б	55

ВВЕДЕНИЕ

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. Только термическая обработка отливок в какой-то мере улучшает их механические свойства. Формирование отливки в литейной форме происходит при фазовых превращениях сплава в процессе его охлаждения. Фазовые превращения сопровождаются усадочными явлениями, перекристаллизацией, ликвацией, возникновением внутренних напряжений, газовыделением и пр. Все эти металлургические явления способствуют образованию различных литейных дефектов, которые в значительной степени снижают свойства отливки и соответственно литой детали. Большое влияние на формирование тех или иных свойств отливки оказывают:

- сложность самой ее конструкции, ее габаритные размеры, значение ее массы, толщина стенок ее конструктивных элементов и пр. (сложнее литая деталь – сложнее литейная форма – увеличение вероятности образования дефектов);

- способ литья и правильность выбора литниковопитающей системы;

- качество материала литейной формы, ее прочность, газотворность, газопроницаемость, податливость, стойкость к химическому взаимодействию с расплавом и пр.;

- скорость охлаждения отливки в форме, правильность выбора направленности ее кристаллизации (применение принудительного охлаждения, холодильников, подогрева и пр.);

- качество литейного сплава, его литейные свойства;

- правильность выбора способа, температуры и скорости заливки сплава в литейную форму.

Другими словами, технология изготовления отливки в значительной мере формирует и определяет ее качество, а значит, и качество литой детали. Несовершенство конструирования литой детали и неправильность выбора способа литья ведут к образованию значительных припусков на механическую обработку. Это вызывает создание излишнего 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 упрочненный поверхностный слой. Именно здесь большие резервы повышения эффективности производства и решения таких его задач, как обеспечение качества отливок и снижение до минимума значений припуска на механическую обработку. 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. Однако без обеспечения технологичности конструкции литой детали наиболее полно решить вопросы качества, повышения КИМ (коэффициента использования материала) и снижения затрат на изготовление практически невозможно.

В машиностроении одним из путей совершенствования конструкции является переход от стальных и чугуновых корпусов к корпусам из легких сплавов (алюминиевых, магниевых), неметаллических или композиционных материалов, что особенно важно в редукторах малой мощности. В таких корпусах толщина стенки, определяемая технологическими возможностями литья, больше толщины стенки, необходимой из условия прочности. В маломощных редукторах из металла необходимая толщина стенки $\delta \approx 2$ мм. При литье в землю легких сплавов минимальная толщина стенки $\delta = 3..4$ мм, при более совершенных способах литья (литье в кокиль, по выплавляемым моделям или под давлением) и того меньше. Литье корпусов из чугуна имеет толщину стенок не менее 6 мм. Даже при одинаковой геометрии корпуса переход от чугуна или стали ($\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$) к алюминиевому сплаву ($\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$) снижает массу корпуса примерно в 3 раза, а с учетом получения меньшей толщины стенки, изготавливаемой с применением совершенной технологии литья, еще больше.

Например, если масса стального корпуса составляет 30% от массы редуктора, то замена его материала на алюминиевый сплав снижает массу всего редуктора примерно на 20%. Такая замена недопустима в конструкциях, где требуется высокая жесткость, например в станкостроении. Замена стали на алюминиевый сплав снижает жесткость приблизительно в 3 раза. Корпуса из литейных алюминиевых и магниевых сплавов широко используются в авиации, ракетостроении и на транспорте и редко в других отраслях промышленности. Еще большее снижение массы дает использование неметаллов и композиционных материалов, которые широко используются в бытовой технике.

Эксплуатация полимербетонных изделий и конструкций, в том числе различных емкостей, травильных и электролизных ванн, в производственных условиях при воздействии высокоагрессивных сред показала их высокую надежность и эффективность. Среди наиболее интересных областей применения в зарубежной практике следует отметить использование полимербетонов для изготовления труб, коллекторов, емкостей для хранения агрессивных жидкостей, при строительстве подводных сооружений, ремонте и восстановлении строительных конструкций. Новым и весьма эффективным является употребление полимербетонов (вместо металла) для изготовления корпусов редукторов, центробежных насосов и тому подобных изделий, а также станин высокоточных станков.

Среди крупнейших потребителей полимерных материалов на одном из первых мест стоит машиностроение. Широкому применению полимерных

материалов в машиностроении способствуют не только высокая химическая стойкость, хорошие декоративные свойства многих из них, но и сравнительная простота применения, технологичность и другие свойства.

Успехи химии в области синтеза полимеров открывают практически неограниченные возможности для изготовления материалов с самыми разнообразными свойствами. Открытие новых способов синтеза и модифицирования полимеров позволяет получать новые виды мономеров и олигомеров, сополимеров – блоксополимеров и привитых сополимеров.

Расчеты ученых показали, что если принять условные энергозатраты на единицу массы при производстве бетона равными 1, то для полимербетонов они будут составлять 2,5, стали 5–7, фарфора для изоляторов 5–10 и алюминия 7,5–10. Если ввести коэффициент экономической эффективности (отношение экономического эффекта от улучшения свойств к стоимости материала) и принять его равным 1 для обычного бетона, то для бетонополимеров этот коэффициент доходит до 3, а для полимербетонов до 4 и выше. Эти данные подтверждают высокую экономическую эффективность применения полимербетонов в различных отраслях промышленности и строительства.

Учитывая, что полимербетоны обладают более высокими положительными характеристиками по сравнению с другими конструкционными материалами и нашли наибольшее практическое применение в различных отраслях промышленности, этим материалам в дальнейшем и уделяется основное внимание.

Стоимость полимербетонов в основном определяется стоимостью полимерного связующего. По мере развития химической промышленности и увеличения производства мономеров и олигомеров их стоимость будет непрерывно уменьшаться. Улучшается и качество выпускаемых продуктов, что позволило разработать ряд новых видов полимербетонов на более дешевых фенолоформальдегидных, карбамидных и других смолах. Работы в этом направлении будут продолжаться и в дальнейшем.

Анализ внедрения конструкций и изделий из полимербетонов в различных отраслях промышленности и народного хозяйства показал высокую экономическую эффективность таких конструкций.

Следует отметить, что учет экономических факторов при разработке и внедрении новых производств, а также новых материалов и конструкций на их основе может дать реальную картину экономической эффективности лишь при условии, что он опирается на достаточно обоснованные закономерности, отражающие реальную взаимосвязь между затратами труда, материалов, энергии, качеством и стоимостью конечного продукта.

Технологический процесс изготовления изделий и конструкций из бетонов в зависимости от типа производства, вида принятого связующего и применяемого оборудования может иметь различные варианты. Поэтому при организации производства и разработке технологии исходя из реальных условий необходимо выбрать такой процесс и такие материалы, которые

будут обеспечивать необходимую производительность при наименьшей себестоимости и высоком качестве выпускаемой продукции.

Известно, что для конкретного цеха или предприятия, приступающего к выпуску новой продукции из полимербетонов, организация производства начинается с проведения необходимых научно-исследовательских работ, проектирования комплекса из стандартного и нестандартного оборудования, его изготовления, наладки и завершающей стадии – пуска предприятия.

Целью данной магистерской работы является повышение прочности полимербетонов с проверкой гипотезы о повышении прочностных характеристик полимербетона за счет увеличения содержания крупной фракции.

Основные задачи решаемые в работе:

- аналитический обзор методик определения физико-механических характеристик полимербетонов;
- разработка рецептуры пробников из полимербетона с повышенным содержанием крупной фракции для изготовления корпусных деталей, но с учетом уравнения Фулера;
- уточнение методики оценки прочностных характеристик;
- исследование влияния повышенного содержания крупной фракции на прочностные характеристики.

Публикации. По теме диссертационной работы сделан доклад на международной конференции «Сатпаевские чтения – 2021».

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и одного приложения, содержит 50 страниц, 12 рисунков, 5 таблиц, список литературы из 15 наименований.

1 Аналитическая часть

1.1 Общие сведения о полимербетонах

Среди крупнейших потребителей полимерных материалов на одном из первых мест стоит строительная индустрия. Широкому применению полимерных материалов в строительстве способствуют не только высокая химическая стойкость, хорошие декоративные свойства многих из них, но и сравнительная простота применения, технологичность и другие свойства. Следует, однако, отметить, что на многих промышленных предприятиях в условиях сильного агрессивного воздействия повышенного давления и температуры термопластичные полимерные материалы быстро стареют, а ненаполненные терморезистивные, имея высокий коэффициент температурных деформаций, отслаиваются от защищаемых конструкций. Как показывает практика эксплуатации многих промышленных предприятий, защита строительных конструкций полимерными покрытиями малоэффективна и во многих случаях не обеспечивает необходимой надежности и долговечности сооружений.

В связи с этим в самых разнообразных отраслях промышленности все острее сказывается отсутствие материалов, которые сочетали бы высокую химическую стойкость с высокой прочностью и долговечностью.

Успехи химии в области синтеза полимеров открывают практически неограниченные возможности для изготовления материалов с самыми разнообразными свойствами. Открытие новых способов синтеза и модифицирования полимеров позволяет получать новые виды мономеров и олигомеров, сополимеров - блоксополимеров и привитых сополимеров. В то же время необходимо отметить, что полимерные материалы, и в том числе синтетические смолы, еще сравнительно дороги и дефицитны, поэтому применение их в строительстве наиболее рационально в виде высоконаполненных композиций.

Полимербетоны представляют собой новые эффективные химически стойкие материалы, у которых степень наполнения минеральными наполнителями и заполнителями достигает до 90-95% массы. Эти новые материалы, созданные советскими учеными, стоят вне конкуренции с другими наполненными полимерными композициями по расходу полимерного связующего, которое составляет всего 5-10% общей массы полимербетона; естественно, стоимость такого материала сведена к минимуму. При сравнительно небольшом расходе полимерного связующего на единицу массы полимербетоны обладают высокой плотностью, прочностью, химической стойкостью и многими другими положительными свойствами. Соответствующий выбор связующего, наполнителей и заполнителей позволяет получать полимербетоны с высокими диэлектрическими характеристиками или, наоборот, обладающие хорошей электропроводностью. Разработаны составы специальных бетонов с

высокими защитными свойствами от различных излучений. При этом высокая степень наполнения позволяет резко снизить усадку, которая становится равной усадке цементных бетонов, и существенно повысить модуль упругости, что позволяет применять такие бетоны в несущих и весьма ответственных конструкциях. Например, разработаны составы тяжелых полимербетонов плотностью 2200-2400 кг/м³, имеющих предел прочности на сжатие: на основе фенолоформальдегидных смол 40-60, карбамидных 50-80, полиэфирных 80-120 и фураново-эпоксидных до 160 МПа.

Эксплуатация полимербетонных изделий и конструкций, в том числе различных емкостей, травильных и электролизных ванн, в производственных условиях при воздействии высокоагрессивных сред показала их высокую надежность и эффективность.

Среди наиболее интересных областей применения в зарубежной практике следует отметить использование полимербетонов для изготовления труб, коллекторов, емкостей для хранения агрессивных жидкостей, при строительстве подводных сооружений, ремонте и восстановлении строительных конструкций. Новым и весьма эффективным является употребление полимербетонов (вместо металла) для изготовления корпусов редукторов, центробежных насосов и тому подобных изделий, а также станин высокоточных станков.

В настоящее время в зарубежных странах для изготовления полимербетонов применяют около 10 типов различных мономеров или олигомеров, которые в комбинациях с модифицирующими добавками позволяют получить более 30 разновидностей полимербетонов. Однако наибольшее предпочтение по-прежнему уделяется полимербетонам на основе полиэфирных и эпоксидных смол и мономера метилметакрилата (таблица 1).

Таблица 1 - Характеристики полимербетонов 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

Поиск путей повышения прочности, плотности, химической стойкости и долговечности бетона и железобетона привели к созданию обширной группы полимербетонов с добавками полимеров или на основе полимеров, названия которых складывались произвольно и без должного обоснования. Например, цементные бетоны с добавками полимеров одни авторы называли полимерцементными, другие цементно-полимерными бетонами, подчеркивая, что полимерные добавки только улучшают свойства цементного вяжущего. Бесцементные бетоны на синтетическом связующем (полимербетоны) именовались щебеночными пластбетонами, пластобетонами, органоминеральными бетонами и т. п. Иногда полимербетонами называли полимеррастворы, мастики и другие подобные материалы. Такая произвольно сложившаяся терминология вносила путаницу, а иногда и затрудняла понимание описываемых явлений.

По настоящей классификации специальные бетоны с добавками полимеров или на их основе (П-бетоны) делятся на следующие виды) минералополлимерные бетоны (МПБ) - бетоны с минеральными наполнителями, обработанными полимерами; полимернаполненные бетоны (ПНБ) кроме минеральных наполнителей и заполнителей содержат полимерные наполнители; модифицированные бетоны (МБ) - бетоны с малыми добавками полимеров; фибробетоны (ФБ) - бетоны, армированные стальным, стеклопластиковым или полимерным волокном; полимерцементные бетоны (ПЦБ) представляют собой цементные бетоны, в процессе приготовления которых в смесь добавляют кремнийорганические или водорастворимые олигомеры и полимеры, водные эмульсии типа поливинилацетатной, водорастворимые эпоксидные смолы и др.; полимерсиликатные бетоны (ПСИБ) - кислотостойкие бетоны на основе жидкого стекла, в состав которых в процессе приготовления вводят полимерные добавки. Введение в состав таких бетонов фурилового спирта или некоторых других олигомеров делает полимерсиликатные бетоны практически непроницаемыми для растворов различных кислот; бетонополимеры (БП) - цементные бетоны, которые после завершения процессов твердения и структурообразования подвергают сушке и пропитке различными мономерами или олигомерами с их последующей радиационной или термокаталитической полимеризацией в норовой структуре бетона. Пропитка цементных бетонов мономерами или олигомерами обеспечивает возможность получения бетонополимеров, обладающих высокими плотностью и прочностью; серные и полимерсерные бетоны (ПСБ) - высоконаполненные композиции на основе расплавленной серы с различными модифицирующими добавками и минеральных заполнителей и наполнителей без использования минеральных вяжущих и воды; полимербетоны - высоконаполненные композиции, полученные на основе синтетических смол или мономеров и химически стойких наполнителей и заполнителей без участия минеральных вяжущих и воды.

К бетонополимерам с определенной натяжкой можно отнести и бетоны, пропитанные серой. Пропитка цементных бетонов расплавленной серой позволяет получать серные и полимерсерные бетоны с более низкими прочностными характеристиками, чем у бетонополимеров, но стоимость серы в 10 раз ниже стоимости мономеров, а процесс пропитки значительно проще.

Полимербетоны содержат в своем составе не менее трех фракций наполнителей и заполнителей: мелкодисперсные наполнители с размером частиц менее 0,15 мм, заполнители - песок с размером зерен до 5 мм и щебень с размером зерен до 50 мм. В отличие от полимербетонов полимеррастворы не содержат в своем составе щебня, мастики содержат только одну мелкодисперсную фракцию наполнителя.

Учитывая, что полимербетоны обладают более высокими положительными характеристиками по сравнению с другими видами бетонов и нашли наибольшее практическое применение в различных отраслях промышленности, этим материалам в дальнейшем и уделяется основное внимание [1].

Основные свойства полимербетонов определяются химической природой синтетической смолы, видом и содержанием мелкодисперсной фракции наполнителей. Крупные фракции заполнителей (песок и щебень), выполняя в основном роль скелета, влияют на основные физико-механические свойства в меньшей степени. Поэтому для неармированных материалов после слова «полимербетон» указывают сокращенное название полимерного связующего и вид мелкодисперсного наполнителя; для армированных материалов перед названием материала упоминают вид армирования, например полимербетон ФАМ на андезите, полимербетон ПИ на маршаллите, сталеполимербетон ФАМ на аглопорите и т. д.

Полимербетоны могут быть получены как на основе терморезактивных, так и термопластичных полимеров. В то же время следует отметить, что полимербетоны, предназначенные для изготовления несущих строительных конструкций, изготавливают в основном на основе терморезактивных смол, термопластичные же полимеры в большинстве случаев используются для полимербетонов, которые применяют в защитных облицовках и в виде декоративно-отделочных материалов.

Из большого разнообразия терморезактивных и термопластичных смол эпоксидные и полиуретановые смолы еще дороги и дефицитны, поэтому полимербетоны на фурановых, фенольных, полиэфирных, карбамидных смолах и мономере ММА в настоящее время находят наибольшее распространение. Особенно перспективны для несущих конструкций легкие химически стойкие полимербетоны, на пористых заполнителях с плотностью $\rho = 1600 \dots 1800 \text{ кг/м}^3$ и прочностью на сжатие $\sigma_c = 60 \dots 80 \text{ МПа}$. Все шире используются полимербетоны на фенольных и ацетоноформальдегидных смолах. Полимербетоны на фураново-эпоксидных компаундах типа ФАЭД применяются в гидротехнических сооружениях.

Весьма целесообразны сверхлегкие теплоизоляционные полимербетоны для ограждающих конструкций на основе карбамидных смол и полиизоцианатных композиций с использованием в качестве легких заполнителей перлита и пеностекла с плотностью $\rho = 400...500 \text{ кг/м}^3$ и прочностью на сжатие 5...6 МПа.

Удобоукладываемость полимербетона так же, как и цементных бетонов, определяется жесткостью смеси. Жесткость полимербетонных смесей зависит от вида и принятого количества синтетической смолы, от дисперсности наполнителя и соотношения между фракциями наполнителя и заполнителей. По жесткости полимербетонные смеси можно разделить на четыре основные группы. При этом меньшие значения количества смолы относятся к тяжелым бетонам, а большие - к легким на пористых заполнителях.

1.2 Опыт изготовления изделий из полимер и фиброполимербетонов

На кафедре ТМТиЛ имеет опыт изготовления деталей технологических машин из полимер и фибробетонов. В частности были изготовлены: корпус редуктора Ц2-250 (рис. 1.1), промежуточный фонарь центробежного насоса модели LSN (рис.1.2), рабочее колесо центробежного насоса (рис.1.3).



Рисунок 1 – Корпус редуктора Ц2-250

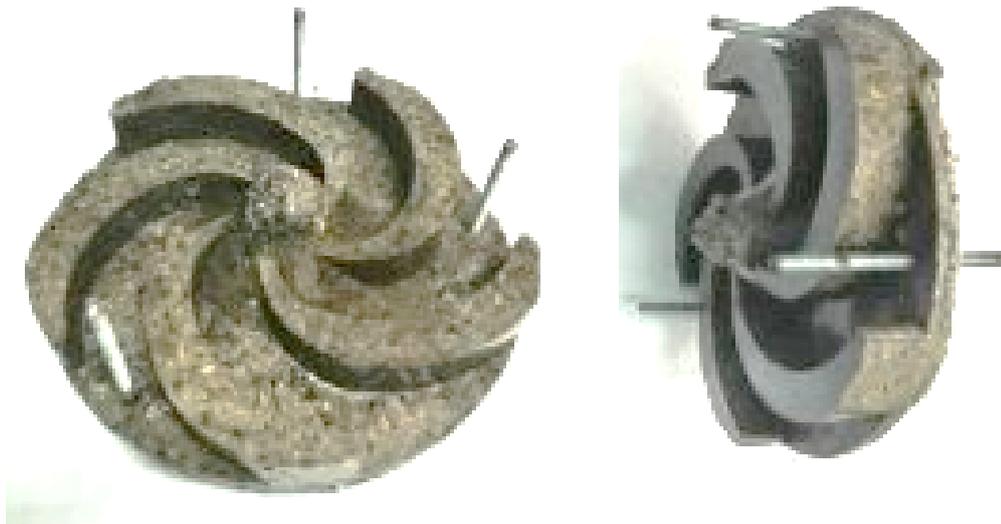


Рисунок 2 – Рабочее колесо насоса ПНВ-2



Рисунок 3 – Промежуточный фонарь центробежного насоса

Качество отливок было хорошим, а промежуточный фонарь и рабочее колесо центробежного насоса были установлены и проработали установленный срок до замены.

2 Технологическая часть

2.1 Подбор компонентов и разработка составов смесей для приготовления полимербетона

Реальная смесь для полимербетона, является компромиссом между тем, что нам нужно и тем, что мы можем получить в реальных условиях.

Начнем составление нашей смеси с определения того, что мы хотим туда замешать. Связующим будет полиэфирная смола с низкой вязкостью при замесе и малой усадкой при отверждении. При этом, она должна стоить как можно дешевле.

Наполнитель может быть самый различный, многие замешивают в полимербетон мел, микрокальцит, мраморную крошку. Хочется отметить, что эти материалы обладают «открытой пористостью» и поглощают смолу как губка. Кроме того, они сами имеют небольшую прочность, следовательно не придают смеси никакой дополнительной прочности, кроме прочности самой смолы. В смесь лучше добавлять гидроксид алюминия, т.к. он придает ей дополнительную прочность, антиусадочные свойства при отверждении и является антипиреном. Однако, этот компонент, также густит смесь в силу своей мелкодисперсности. Т.е. для обволакивания всех микрочастиц гидроксида алюминия тратится большое количество смолы. Применение его оправданно, когда мы готовим смесь для искусственного мрамора с разводами, или оникса. Гидроксид алюминия не желтит смесь, как, например песок, обладает просвечиваемостью. Однако, в смеси со смолой, его количество не удастся увеличить более 64%. Иначе смесь не течет. Менее густит смесь обогащенный гидроксид алюминия с укрупненным зерном. Но он изготавливается только за рубежом и стоит гораздо дороже.

Лучшей, со всех сторон, является смесь, приготовленная на кварцевых песках. Песок не впитывает в себя смолу, и она тратится только на окутывание его частичек, имеет большую прочность, передающуюся готовому изделию. Для приготовления смеси нужен сухой калиброванный по фракциям кварцевый песок. Естественно, в нем не должно быть глинистых включений, т.к. это дополнительный расход смолы и усадка.

Отечественная промышленность предлагает калиброванные пески разных фракций. Проведя некоторые исследования, в частности, объемное моделирование, установлено, что для наиболее плотного заполнения воздушных пор в смеси, она должна иметь 2-3 фракции. Размеры зерен каждой из фракций должны примерно на порядок отличаться друг от друга.

Форма частиц песка отличается от круглой, но для простоты представления, примем ее за шар. На рисунке 2.1 показано, как располагаются гранулы размеров 1,2 мм; 0,2 мм и 0,02 мм, в смеси. Если отобразить все гранулы в объеме, на рисунке, крупные заслонят мелкие, для наглядности оставлены лишь несколько гранул и а более крупные — прозрачными.

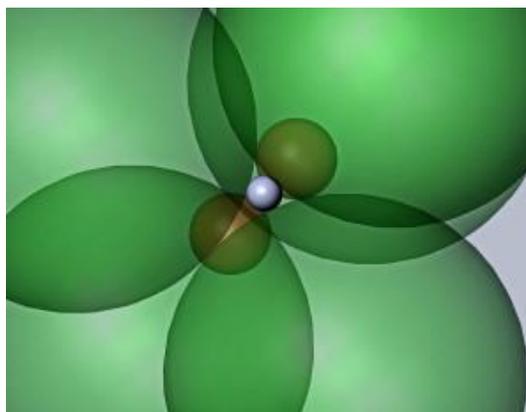


Рисунок 4 – Расположение гранулы размеров 2,2 мм; 0,2 мм и 0,02 мм, в смеси

Еще проще представить расположение гранул, если изобразить шарики указанных размеров на плоскости (рис 2.2).

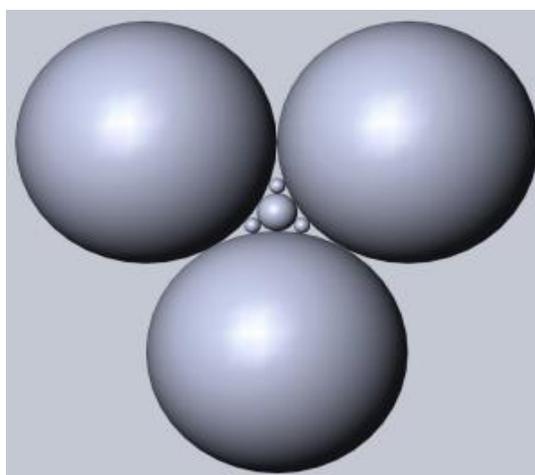


Рисунок 5 – Расположение шариков гранул на плоскости

Начнем с выбора самой крупной фракции. Она дает наибольшую экономию смолы в смеси, придает особенную прочность изделию, но не может обходиться без соседства более мелких гранул, для поддержки смеси от расслоения. Верхним пределом величины зерна является толщина стенок изделия. Для наилучшего заполнения смеси при заливке, **размер наибольших гранул не должен быть больше 1/3 этой толщины**. Толщина стенок литых изделий — около 1 см. Получается, что можно использовать песок фракции: $10 \text{ мм} / 3 = 3,3 \text{ мм}$. Однако, практика заливки показала, что такие крупные гранулы дают на поверхности изделия, покрытого гелькоутом, крупную и не всегда желательную шагрень. Практика, также, показала, что при покрытии нормальным слоем (0,5 мм) гелькоута, **гранулы размером до 1,2 мм не дают сильной шагрени**. Использовать гранулы размером до 2,5 мм можно при покрытии изделия полимерными декоративными гранулами методом Спрей-Гранит. При этом декоративный слой имеет

толщину 1,5-2 мм и гранулы не дают заметную шагреню. А, слабо выраженная шагреню, даже придает изделию, имитирующему гранит, дополнительную «каменистость» и натуральность. Итак, из представленных отечественной промышленностью, **наиболее оптимальная крупная фракция песка для наших целей: 0,8-1,2 мм.**

Следующая фракция, для плотного заполнения, должна быть на порядок меньше крупной (что подтверждается объемным моделированием), значит это **0,1-0,3 мм.**

И, наконец самая мелкая фракция, это **0-0,02 мм.**

В общем то, это уже не песок, а кварцевая мука. Она изготавливается промышленностью для стекольного производства путем измельчения кварцевого песка в специальных мельницах. Поскольку мелкой фракции в смесь добавляется не много, она не особо влияет на себестоимость. Поэтому там, где получить кварцевую муку проблематично, допустимо заменять ее гидроксидом алюминия.

Путем построения объемной модели, удалось определить наиболее подходящие для плотной смеси размеры песчинок. Но здесь важным является количественное соотношение компонентов.

Это возможно определить используя формулу Фуллера. Поскольку размеры фракций могут отличаться от расчетных, используют формулу авторасчета количества песка по фракциям. На рисунке расчетной таблицы (рис.2.3), введены размеры песчинок, определенные выше. На картинке находятся пояснения, куда вписывать данные, и где смотреть результат. Ниже дан для скачивания файл этой таблице, который работает в формате Ворд, при открытии на нашем компьютере.

Расчет фракций смеси по Фуллеру.

Расчет фракций по Фуллеру:			
Фракция,мм	Макс. Фр.	l	% в смеси
0,02		13	13
0,2		41	28
1,2		100	59
		0	-100
	1,2	0	0
		0	0
		0	0
		0	0
		0	0
		0	0

Здесь смотрите процент данной фракции в смеси.

Сюда введите размер самой крупной частицы

Рисунок 6 – Форма расчетной таблицы

В таблицу вводятся размеры только самых крупных частиц в фракции. Так для фракции 0,8-1,2, вводят значение 1,2, для фракции 0,1-0,3 — 0,3 мм. Если Вы, случайно, знаете параметры рассева зерен в каждой фракции, и, например, во фракции 0,1-0,3 — 78% частиц имеют размер 0,2 мм, то нужно ввести в таблицу именно значение 0,2. Тогда расчет будет точнее.

Как видно, количество крупной фракции равно 59%, средней 28%, мелкой 13%. Небольшое количество мелкой фракции, необходимой для заполнения пространств между более крупными, благоприятно сказывается на количестве смолы, необходимой для смеси, т.к. мелкая фракция более всего густит композитную смесь вследствие большой площади смачиваемой поверхности.

Для активации таблицы, открытой на Вашем компьютере, необходимо два раза кликнуть левой кнопкой мыши, теперь можно вводить Ваши значения. Для авто-вычисления, необходимо кликнуть на свободном поле страницы.

Надо сказать, что теоретические вычисления, производимые по Фуллеру не полностью совпадают с параметрами идеальной смеси. Формула оперирует с объемами вещества, и значит проценты, указанные здесь — объемные. Но, поскольку песок имеет примерно одинаковую насыпную плотность всех фракций, здесь можно приравнять эти проценты к весовым. Когда мы начинаем добавлять в смесь другой материал, например смолу, следует отмеривать количества материалов именно объемами, в соответствии с объемными процентами, указанными в таблице. Так как 1 литр смолы имеет массу 1,1 кг, а 1 литр песка — 1,7 кг.

Формула не дает нам ответа, сколько нужно добавить связующего (т.е. смолы) в смесь. Для примерного определения ее количества, готовят сухую смесь из 1,3 л мелкого песка, 2,8 л — среднего и 5,9 л крупного. Это можно сделать, перемешав фракции насухую строительной мешалкой на дрели. Теперь наберем из нее ровно 1 литр сухой смеси, предварительно взвесив тару. Отняв массу тары от общей массы, получим массу 1 литра сухой песчаной смеси. Допустим, у нас это 2 кг. Истинная плотность кварцевого песка (без пор) всегда равна 2,65 кг/л. Определяем объем пор так: $1 - (2 \text{ кг} / 2,65 \text{ кг}) = 0,25 \text{ л}$. Именно такой объем имеют поры в смеси.

Для смачивания такого количества смеси, смолы потребуется несколько больше указанного объема, т.к. она имеет вязкость большую чем воздух, или вода. Песчинки, смоченные водой, не прикасаются друг к другу вплотную, а — через молекулярную пленку воды. Поскольку молекулы полиэфирной смолы гораздо больше молекул воды, то и молекулярный слой смолы, в которую «обернуты» песчинки будет толще. А это значит, что вещества смолы пойдет несколько больше, чем вещества воды для смачивания такого же количества песка. Но данный тест позволяет определить, с какого количества начинать свои практические опыты.

Композитная смесь готовится для того, чтобы быть залитой в какую-либо форму. А форма эта имеет определенный объем. Допустим, мы хотим

залить форму (матрицу) какой либо корпусной детали. Для начала, нанесем на нее разделитель, покроем гелькоутом изделия, соберем с пуансоном, установим на вибростол. Для первой заливки матрицы, придется приготовить заведомо большее количество смеси.

ПРИМЕР. Берем пластиковое 20 литровое ведро, наливаем туда по 1 литру воды и делаем отметки уровня на борту острием ножа. Так мы отпариваем ведро. Выльем воду, вытрем ведро насухо. Высыпем перемешанную смесь песков и 1л лабораторного образца, использованного в прошлом опыте в это ведро, выравниваем поверхность постукиванием. Определим сколько получилось литров сухой смеси. Получим, например, 9 литров. Пересыпем песок в другое ведро. Произведем расчеты: 1 литр песка имеет 250 мл пор, значит, на смачивание 9 л песка понадобится $9 \text{ л} \times 0,25 \text{ л} = 2,25$ литра воды, а в нашем случае — смолы. Смесь, конечно, получится слишком густая, но миксер с ней справится. Наливаем в тарированное ведро 2,25 литра смолы, добавляем в нее 20 мл отвердителя. Непрерывно перемешивая, начинаем досыпать песчаную смесь. Когда весь песок будет перемешан со смолой, станет понятно, что смесь самостоятельно не будет литься в матрицу, она слишком густа. Размешиваем в литровой таре 0,5 литра смолы с 5 мл отвердителя, и вливаем в смесь, непрерывно перемешивая. Если смесь все еще слишком вязкая, готовим и начинаем вливать еще 0,5 литров смолы. Когда смесь перестанет рваться лопастями миксера, и начнет становиться гомогенной, попробуем наклонить ведро, и оценим, сможет ли она литься в матрицу. Допустим, мы достигли нужной текучести при количестве смолы 3 литра. Теперь заметим, какой объем занимает готовая смесь в тарированном ведре. Допустим, готовая смесь занимает объем 10 литров. Взвесив ведро со смесью на весах, вычтем тару, запишем массу и объем смеси. Масса 10 литров смеси может быть около 21 кг. Это позволяет определить ряд. Плотность полученной смеси на: $21/10 = 2,1$ кг/л.

Во первых, зная объем заливки конкретной матрицы, мы можем прогнозировать конечную массу изделия. Например, матрица с объемом заливки 7 л даст нам изделие массой: $7 \times 2,1 = 14,7$ кг.

Во вторых, можно вычислить коэффициент совмещения объемов: При смешивании разных фракций песка и смолы, воздушные поры между гранулами заполняются более мелким материалом. При этом, итоговый объем смеси получается меньше, чем объемы добавленных компонентов. Зная величину уменьшения объема, можно прогнозировать объем первоначально необходимых компонентов. Так, смешивая пески: 1,3 + 2,8 + 5,9 литров со смолой + 3 л получим 13 литров. А реальный объем смеси получился 10 литров.

Таким образом можно узнать, что для получения, например, 7 литров готовой смеси, необходимо взять $13/10 \times 7 = 1,3 \times 7 = 9,1$ литр а ингредиентов, в частности, по фракциям: смолы $3/10 \times 7 = 2,1$ л; аналогично, мелкого песка: 0,91 л; среднего: 1,96 л; крупного: 4,13 л.

Или, наоборот, можно узнать, что при смешивании, например 20 литров исходных компонентов, готовой смеси получим: $10/13 \times 20 = 0,77 \times 20 = 15,4$ литра.

Выливаем смесь в матрицу при включенном вибростоле. Остатки смеси со стенок удобно собирать шпателем. Если остались излишки, замерим по тарированному ведру, сколько литров смеси лишние. Например, у нас в тарированном ведре осталось 2 литра смеси. Теперь мы знаем, что объем заливки данной матрицы: $10-2 = 8$ литров. Этот показатель следует записать, а матрицу промаркировать, чтобы в будущем готовить для нее именно такое количество смеси.

Вибрируем смесь, пока не перестанут подниматься пузырьки. Осматриваем открытую поверхность изделия. Если самые крупные песчинки погрузились в глубину, а на поверхности выступила чистая смола, значит смесь не идеальна, она дает расслоение.

При следующих заливках мы будем «ПОЛИРОВАТЬ» состав смеси, меняя количество ее компонентов.

Для начала такой «полировки», пробуем добавку в следующую отливку около 100 мл пироксида кремния (аэросила 200) на литр смолы. Т.е. для 3 литров необходимо перед добавлением песка, замешать в смолу 300 мл этого вещества. Количество может быть определено экспериментально. При добавлении большего количества смесь густеет, и смолы требуется больше. Рекомендованное количество аэросила должно придать смеси достаточную тиксотропность для поддержания крупного песка на поверхности и в массе смеси при вибрации. Кроме того, этот компонент является молекулярно дисперсным силикатом и придает смеси дополнительное сопротивление растрескиванию при отверждении.

Следующий этап «полировки» — смещение фаз мелкий-средний песок в сторону мелкого, и наоборот.

Дело в том, что истинный гранулометрический состав в пределах фракции песка нам не известен. Во фракции, например 0,1-0,3 мм количество песчинок размером 0,1 мм может преобладать, или наоборот, быть меньше, чем количество песчинок другого размера. Это сдвигает реальный необходимый процент данной фракции в сторону ее уменьшения, или увеличения.

Поскольку крупный песок является основой полимербетона, придающей ему прочность, антиусадочные свойства и малое потребление смолы, регулировать количество этой фракции не следует. Просто, уменьшив ее, мы получим большее потребление смолы, а увеличив — не сможем удержать смесь от расслоения. Остальные фракции стоят «на службе» этого главного компонента. Регулировать нужно их количество.

Следует иметь в виду, что если, мы сыплем в смесь 2,3 л мелкого песка, вместо 1,3 л, то содержание среднего песка нужно уменьшить на 1 л, чтобы сохранить общую пропорцию. В нашем случае для оптимизации смеси, может помочь именно увеличение количества песка мелкой фракции. В этом

случае необходимо снова делать тестовый замес и, возможно, добавлять некоторое количество смолы, как это описано выше (п.7). Записывать все указанные выше параметры, как мы это делали в первый раз. Только порядок смешивания теперь можно сделать более комфортным. Нам не нужно готовить сухую смесь песков. Для приготовления смеси, наливаем в ведро расчетное количество смолы, замешиваем (если нужно) ускоритель, затем — тиксотропизатор (аэросил). Затем замешиваем все необходимое количество мелкого и среднего песка. Смесь все еще остается достаточно жидкой. Теперь добавляем отвердитель, перемешиваем. Добавляем и перемешиваем весь крупный песок. И, если надо, добавочную смолу с отвердителем. Заливаем полученную смесь в матрицу.

Отвердитель является пероксидом, активно взаимодействующим с воздухом и пылью, которые в него попадают, при этом его реакционная способность снижается. Известно, что старый отвердитель вызывает усиленную усадку смеси при полимеризации. Поэтому нужно следить, чтобы используемый отвердитель был свежим, не хранить его в открытой таре более 1 дня. Удобно отливать его небольшие количества в отдельную тару, из расчета, потратить его в этот же день. Дозировать отвердитель удобно емкостью 20 см³ медицинским шприцем.

В ходе экспериментов по регулированию состава смеси, необходимо определить окончательный состав смеси, наиболее рациональный для данного наполнителя и смолы. Смесь должна получиться настолько плотной, что бы крупный песок вообще не покрывался слоем смолы на открытой части матрицы при вибрации. Он должен как-бы висеть в плотной смеси. Сама смесь не должна растрескиваться и давать минимальную усадку. Отвердевшие изделия легко выходят из матрицы под собственным весом. Этим рецептом можно пользоваться до тех пор, пока не появится необходимость изменить состав наполнителя.

Для производственных условий, удобнее отвешивать компоненты смеси на весах. Для этого, необходимо набрать ровно по 1 литру каждой фракции песка, а также, 1 л смолы, предварительно взвесив тару. Вычтя массу тары, получим, например, что 1 л смолы имеет массу 1,1 кг; 1 л мелкого песка — 1,9 кг; среднего — 1,8 кг; крупного — 1,7 кг.

Переведем объемные проценты в смеси, определенные в п. 6, в массовые. Получим, что для приготовления 10 литров смеси массой 21 кг нужно смешать смолы: 3 л x 1,1 кг/л = 3,3 кг; мелкого песка: 1,3 x 1,9 = 2,47 кг; среднего песка: 2,8 x 1,8 = 5,04 кг; крупного: 5,9 x 1,7 = 10,03 кг. Это и есть расчетные данные в кг на 10 литров готовой смеси, которые можно применять для составления любого необходимого количества смеси.

Оценим, содержание смолы в смеси: $3,3 \text{ кг смолы} \times 100\% / 21 \text{ кг готовой смеси} = 15,7\%$. Считается, что для технологии литья в принципе невозможно добиться содержания смолы ниже 14%. И для приближения к этому «абсолютному» минимуму используют химические добавки,

увеличивающие смачиваемость наполнителя, и снижающие вязкость смолы. А это значительно удорожает себестоимость.

Данный метод составления литевой смеси лучше всего работает при заливке открытого типа, т.е., когда смесь подается в отверстие пуансона, при этом матрица стоит на вибростоле.

Для качества смеси, немаловажную роль играет качество самого наполнителя. Он должен быть правильно фракционированным, сами гранулы наполнителя должны быть не пористыми. Форма гранул под микроскопом должна быть похожа на картофелину, а не на наконечники стрел. Специальная высокотемпературная обработка таких гранул позволяет получить поверхностные трещинки без увеличения пористости, что благотворно влияет на прочность готовой смеси. Но такая обработка песка производится только за рубежом. Поэтому стоимость его гораздо выше.

Проведенные исследования позволили разработать экспериментально-теоретический метод подбора оптимальных составов полимербетонов, который имеет следующие особенности. Составы полимербетонов проектируют в три стадии: вначале экспериментально определяют оптимальный состав клеящей мастики, затем теоретически вычисляют размеры щебня для состава бетона с «полупрерывистой гранулометрией», количество фракций и их соотношение между собой, после этого состав заполнителей уточняется на приборе для подбора сухой смеси.

2.2 Характеристика компонентов составов

2.2.1 Бутовый щебень

Самым древним, но не утратившим своей актуальности, материалом для строительства считается натуральный камень. С давних пор люди отдавали предпочтение именно этому природному сырью. В сравнении с такой же популярной, но более уязвимой древесиной, камень всегда являлся символом прочности и оплотом надежности. Это отличный материал как для сооружения жилища, так и для домашнего очага, хранящего огонь и тепло. Самым доступным по стоимости из существующих камней является сегодня бут. Получают его путем разработки осадочных пород местного значения. Естественно, что вышеозначенные породы должны отвечать всем требованиям долговечности, прочности, неуязвимости перед низкими температурами и устойчивостью по отношению к влаге.

Бут это фрагменты породы (преимущественно, песчаника или известняка), средние параметры которых как правило не превышают 500 мм в самом объемном месте. Весит один камень не более 50 кг, а поэтому для его перемещения не понадобится какого-либо масштабного строительного подъемного агрегата. Отдельные фракции бута могут иметь неправильную форму (т.е. быть рваными). Есть также камень постелистый и плитчатый. Какую бы форму ему не придала природа или дробильные устройства, в

каждом случае бут остается экологически нейтральным материалом, устойчивым к неблагоприятному воздействию природных факторов, огня и воды.

Щебень это тот же природный камень, но более мелких фракций. К примеру, гранитный щебень (как самый распространенный в своей группе) представляет собой сыпучий материал, размер зерна которого обычно стартует с 5 мм. Производится щебенка путем измельчения горных и осадочных пород, а также некондиции горнодобывающих предприятий. Продукт дробления рассеивается по фракциям. Ориентировочная средняя плотность гранитного щебня составляет 2-3 г/куб.см. Натуральный каменный щебень характеризуется несколькими наиболее важными свойствами, а именно своей прочностью, морозостойкостью и лещадностью. Последний показатель определяет уровень плоскостности фракции. Обычно содержание в общей массе щебня зерен игольчатой и пластинчатой формы строго нормируется.

Особенно ценится фракция, имеющая кубовидную форму. Именно она позволяет максимально плотно утрамбовать материал. Зерна щебня кубической формы более прочные, чем игольчатые или пластинчатые. Соответственно, именно такая форма наиболее востребована в строительстве. Другие типы фракций способствуют образованию межзерновой пустотности, что увеличивает расход связующего раствора, а соответственно и денег, вкладываемы в строительство.

Кроме способов добычи, бутовый материал разделяется по физико-техническим показателям. Существуют определенные госстандарты, определяющие основные требования к добыче бута: прочность материала – она определяется весом, который камень выдерживает во время всего эксплуатационного периода. К более слабым относятся камни с маркировкой М 200 – М 600, высоким уровнем прочности отличается бут М 1 200 – М 1 400; устойчивость к морозам – этот показатель зависит от породы и определяется числом циклов «замораживание – оттаивание». Для регионов с холодными климатическими условиями рекомендуется использовать каменный бут F 300 – F 400; коэффициент уплотнения – применяют при определении объемов поступающего материала, различают по параметрам фракций; насыпная плотность бутового камня – это соотношение объемов материала и его веса. Кубометр твердых пород весит от двух до трех тонн, легкие камни достигают веса от 1.3 до 2.6 т; объемная масса – вес отдельных кусков бута может составлять пятьдесят килограмм.

2.2.2 Кварцевый песок

Множество материалов, предназначенных для выполнения строительных работ, имеют в своем составе натуральные компоненты, которые обладают определенными свойствами, обеспечивая прочность и

надежность изделий. В число таких компонентов входит минерал – кварцевый песок, который добывается карьерным методом.

Этот формовочный элемент применяется в стекольной промышленности, для изготовления силикатных кирпичей, входит в состав некоторых марок бетона, используется для водоочистки. Раздробленный кварц – это горная порода, и сегодня большинство промышленных производственных процессов невозможно себе представить без его применения.

Химическая формула выглядит как SiO_2 и состоит из Si (кремния) и оксида кислорода. Помимо этих основных компонентов, состав может дополнительно включать в себя окислы железа или других металлов, примесь глины. Натуральный природный горный песок содержит в составе не менее 92-95% чистого кварца, он используется в строительстве и промышленности из-за своей высокой адсорбирующей способности и стойкости к механическим воздействиям. В составы различного назначения кварц добавляют с целью повышения адгезивности и повышения температурной стойкости.

Диоксид кремния является продуктом, который получается при измельчении гранитных горных пород. Песок может образовываться в природе естественным путем, либо его получают при искусственной обработке более крупных фракций.

Наиболее мелкая фракция кварцевого песка составляет 0,05 мм. Внешне состав похож на мелкодисперсионную пыль. Самым крупным считается песок, размер фракции у которого достигает 3 мм. Наиболее высоко ценится материал, обладающий полупрозрачным или беловатым цветом, что является показателем большого содержания в нем кремния. Если в песке присутствуют какие-либо дополнительные примеси, он изменяет свою цветовую палитру.

По внешнему виду зерна песка могут быть округлыми или кубовидными, с шершавыми неровными углами, которые получаются при искусственном дроблении гранитной породы, но такая измельченная крошка имеет низкую эффективность и не подходит для промышленных и строительных нужд. Существуют стандарты, предъявляемые к кварцевому песку, который должен содержать не более 10% воды, а посторонние примеси не должны превышать 1%. Такой состав считается наиболее качественным, но требуется он не везде.

Минеральный песок обладает определенным набором качеств, благодаря которым его можно определить в разряд уникальных природных материалов:

- химически инертное вещество, которое не вступает в реакцию с другими элементами;

- плотность материала обладает высокими показателями, его насыпной параметр составляет не менее 1500 кг/м^3 , а истинная плотность не менее 2700 кг/м^3 – эти значения играют важную роль при вычислении объемов

цементной смеси, которая получается при соединении необходимых компонентов;

- имеет свойства устойчивости к истиранию и долговечности;
- не излучает радиационный фон;
- имеет высокую степень адсорбции;
- легко подвергается окрашиванию;
- теплопроводность материала составляет $0,32 \text{ Вт/ (м}^2\text{°С)}$, на этот показатель влияют размер песчинок и их форма – чем плотнее песчинки соприкасаются друг с другом, тем выше показатель уровня теплопроводности;
- температура плавления составляет не менее $1050\text{-}1700\text{°С}$;
- удельный вес зависит от размера фракций, а также от того, в каком состоянии измеряют этот показатель – у рыхлого песка он может составлять 1600 кг/м^3 , а у уплотненного 1700 кг/м^3 .

Основным стандартом, который регламентирует показатели качества и свойства кварцевого песка, является ГОСТ 22551-77.

По размерам фракции песка его также подразделяют на различные виды:

- пылевидный – самый мелкий песок, который имеет размер меньше $0,1 \text{ мм}$;
- мелкий – размер песчинок составляет от $0,1$ до $0,25 \text{ мм}$;
- средний – размер частиц песка варьируется от $0,25$ до $0,5 \text{ мм}$;
- крупный – частицы достигают от $1\text{-}2$ до 3 мм .

В независимости от размера фракции кварцевый песок имеет отличную впитываемость, что дает возможность применять его для организации водной фильтрации и добавлять в состав смесей для строительных растворов.

Природный гранитный кварц – прозрачный или чисто-белый. При наличии примесей кварцевый песок может быть окрашен в оттенки начиная от желтого и достигая коричневого цвета. Нередко кварцевый сыпучий материал можно увидеть и как окрашенный вид – это декоративный вариант, который применяется для дизайнерских целей. Цветной кварц окрашивают в любой необходимый цвет: черный, синий, голубой, красный, ярко-желтый и другие.

В зависимости от химического состава песка и его назначения материал имеет следующую классификацию:

- марка С – предназначена для изготовления прозрачного стекла;
- марка ВС – нужна для стекла с высокой степенью прозрачности;
- марки ОВС и ООВС – используют для ответственных изделий с высокой степенью прозрачности;
- марка ПС – используют для изделий с пониженной степенью прозрачности;
- марка Б – применяется для изделий без какого-либо цвета;
- марка ПБ – нужна для изделий полубелого оттенка;
- марка Т – требуется для изготовления стекла темного зеленого цвета.

Каждая маркировка имеет, кроме буквенного шифра, еще и номер фракции, а также принадлежность к категории.

2.2.3 Кварцевая мука

Кварцевая мука производится путем помола химически чистого, природного кварцевого песка до тонкодисперсного состояния. Используемая технология гарантирует стабильность химического состава при помоле и позволяет получить постоянный гранулометрический состав кварцевой муки. Измельченная кварцевая мука представлена округлыми частицами с неровными, изломанными краями.

Кварц отличается от других минеральных наполнителей твердостью, абразивной и химической стойкостью, антикоррозийностью и низким коэффициентом термического расширения. Кварц является химически стойким минералом, растворяется только в фтористоводородной кислоте. Обладая низкой маслосемкостью и небольшой площадью поверхности частиц, использование кварцевой муки позволит получить системы с высокой степенью наполнения.

Применение кварцевой муки при производстве полимербетонов позволяют улучшить следующие свойства:

- повысить твердость
- увеличить износостойкость
- улучшить механические свойства
- улучшить термостабильность
- уменьшить коэффициент теплового расширения

Наиболее эффективно кварцевая мука проявляет себя при силанизированной обработке поверхности. Использование силанизированных марок кварцевой муки позволяет значительно уменьшить вязкость композиции, улучшение механических свойств, существенное улучшение электрических свойств. Данные показатели особенно важны при производстве как внутренних, так и внешних эпоксидных изоляторов и трансформаторов.

2.2.4 Андезитовая мука

Кислотоупорный порошок (другие названия – андезитовая мука, диабазовая мука) в настоящее время имеет широкую сферу применения. Он востребован в строительстве промышленных зданий и разного рода сооружений.

Порошок кислотоупорный является основным элементом специальной силикатной замазки, обладающей кислотоупорными свойствами. Такая замазка незаменима для отделочных работ в некоторых помещениях, которые характеризуются агрессивной средой. Кислотоупорный порошок также применяется для футеровочных работ, которые проводятся для защиты

оборудования, функционирующего в условиях химически агрессивных сред. Футеровка также используется для того, чтобы защитить поверхность разного рода специальных устройств, взаимодействующих с агрессивными веществами (травильные ванны, гальванические ванны и т. п.). Кислотоупорный порошок эффективен при футеровке труб и каналов.

Еще одна сфера применения кислотоупорного порошка, актуальная для современной промышленности – укладка и облицовка стен в некоторых помещениях различных промышленных предприятий. Порошок кислотоупорный активно используют при заделывании стыков, обработке кислотостойкого пола.

Химический состав

Окислы	Si O ₂	Ca O	Mg O	Al ₂ O ₃	FeO + Fe ₂ O ₃	Прочие
%	45-55	10-16	7-12	7-10	15-22	не более 15

Объемный вес порошка: 1500 - 1700 кг/м³., влажность порошка не более 0,2%

Устойчивость к кислотам

- в серной кислоте H₂SO₄ (концентрированной) не менее 98%
- в соляной кислоте HCl не менее 85 %
- в уксусной кислоте CH₃COOH не менее 99%
- в азотной кислоте HNO₃ не менее 96%
- в фосфорной кислоте H₃PO₄ не менее 98%

Гранулометрический состав

Более 0,1 мм	0,1-0,07 мм	Менее 0,07 мм
12 - 16 %	19 – 24%	60 - 70%

3 Экспериментальная часть

3.1 Обоснование гипотезы, положенной в основу магистерской работы

По Фулеру считается «...поскольку крупная фракция (1/3 от толщины стенки детали в 10 мм – 2,2...3,0 мм.) является основой полимербетона, придающей ему прочность, антиусадочные свойства и малое потребление смолы, регулировать количество этой фракции не следует. Просто, уменьшив ее, мы получим большее потребление смолы, а увеличив — не сможем удержать смесь от расслоения. Остальные фракции стоят «на службе» этого главного компонента».

Согласно расчету фракций смеси по Фулеру мы придерживались соотношения между фракциями: мука - 13%, песок - 28%, дробленый щебень – 59%. Но в первых экспериментах со смесями точный отсев крупной фракции не проводился, руководствовались паспортными данными на партию дробленого бутового щебня – посчитали что в навеске 59% фракция 2,2...3,0. И это привело к ошибочным данным. Для получения качественных пробников пришлось увеличить объем добавляемой смолы до 20%. Пытаясь уменьшить объем смолы – уменьшили до 51% долю крупной фракции. И только при этом проценте пробники показали высокую прочность и хорошее качество. При последующих отсевах оказалось фракции 2,2...3,0 в навесках для литья пробников не более 40...45%.

Расчет фракций смеси по Фуллеру.

Фракция, мм	Макс. Фр.	l	% в смеси
0,02		13	13
0,2		41	28
1,2		100	59
		0	-100
	1,2	0	0
		0	0
		0	0
		0	0
		0	0
		0	0

Сюда вводите Ваши фракции

Здесь смотрите процент данной фракции в смеси.

Сюда введите размер самой крупной частицы

Рисунок 7 – Форма расчетной таблицы согласно которой рассчитывался состав оптимальной смеси.

Для проверки гипотезы разработали составы смесей ориентированных на рекомендованные (таблица 2).

Таблица 2 – Уточненные составы для литья корпусных деталей из расчета на три пробника (2 000 г.) по формуле Фулера.

№ п. п.	Составляющие	Состав 1 (базовый)		Состав 2		Состав 3		Состав 4		Состав 5	
		Расход в %	Расход в г.	Расход в %	Расход в г.	Расход в %	Расход в г.	Расход в %	Расход в г.	Расход в %	Расход в г.
1	Бутовый щебень	51	1000,0	53	1060	56	1120	59	1180	62	1240
2	Кварцевый песок	25,5	502,0	31	620	29,5	590	28	560	26,5	530
3	Кварцевая мука	11	220,0	16	320	14,5	290	13	260	14,5	290
4	Смола	10,5	200,0	15	300	15	300	15	300	15	300
5	Отвердитель	2,0	40,0	2,0	6	2,0	6	2,0	6	2,0	6

3.2 Лабораторные исследования технологии приготовления полимербетона для пробников

3.2.1 Особенности изготовления пробников

Общие положения

Методы испытания образцов из легких и тяжелых полимербетонов направлены на определение:

- а) плотности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости;
- б) кратковременной прочности на сжатие, растяжение и растяжение при изгибе;
- в) призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона при кратковременном нагружении;
- г) деформаций усадки в процессе отверждения;
- д) деформаций усадки и ползучести;
- е) морозостойкости;
- ж) истираемости;
- з) среднего коэффициента линейного теплового расширения;
- и) диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь в диапазоне частот от 50 до $30 \cdot 10^3$ кГц;
- к) электропроводности полимербетонов.

Для определения объемной массы, кратковременной прочности, модуля упругости, деформаций ползучести и усадки полимербетона рекомендуются виды и размеры образцов, приведенные в таблице.

Таблица 3 – Виды и размеры образцов для проведения испытаний

Вид испытания	Форма образца	Геометрические размеры образца, мм
1	2	3
Прочность на сжатие	Кубы	Длина ребра: 70; 100; 150
Прочность на осевое растяжение	Восьмерки (см. рис. 5.2)	Размер рабочего сечения средней части: 40'40; 100'100
Прочность на растяжение при изгибе	Призмы квадратного сечения	40'40'160; 70'70'280; 100'100'400; 150'150'600
Призмочная прочность, модуль упругости и коэффициент Пуассона	То же	То же
Усадка	Призмы квадратного сечения	40'40'160; 70'70'280

Вид испытания	Форма образца	Геометрические размеры образца, мм
1	2	3
	Балочки с уширенным концом	30'30'320

Примечания:

1. За базовый принимают образец с размерами рабочего сечения 40x40x160 мм.

2. При производственном контроле полимербетонов, к которым одновременно предъявляются требования по прочности на растяжение при изгибе и на сжатие, допускается определять прочность полимербетона на сжатие испытанием половинок образцов-призм, полученных после испытания на изгиб образцов-призм.

3. Отклонение размеров отформованных образцов по длине ребер кубов, сторон поперечного сечения призм и восьмерок от номинальных, указанных в табл. 1, не должны превышать ± 1 %. Неплоскостность опорных поверхностей кубов и призм, прилегающих к плитам прессы, не должна превышать 0,05 мм на 100 мм длины. Неперпендикулярность смежных граней кубов и призм, предназначенных для испытания на сжатие, не должна превышать 1 мм на 100 мм длины.

4. Образцы изготавливают сериями, состоящими из трех образцов. Образцы должны иметь маркировку, которую наносят на грани образца, видимые в процессе испытания. Маркировка не должна повреждать образец и влиять на результаты испытания.

5. Формы для изготовления образцов должны отвечать требованиям ГОСТ 22685-77.



Рисунок 8 – Формы для изготовления контрольных образцов – призм квадратного сечения

6. Перед изготовлением образцов внутренняя поверхность собранных форм должна быть тщательно очищена и покрыта разделительным слоем, препятствующим прилипанию полимербетона к форме. В качестве разделительного слоя могут использоваться солидол, расплавленный парафин или другие смазки, приведенные в Инструкции СН-525-80.

7. Исходные материалы и составы полимербетонных смесей для изготовления образцов следует назначать в соответствии с требованиями ГОСТ 25246-82 и Инструкции СН-525-80.

8. Пробу полимербетонной смеси для изготовления контрольных образцов следует отбирать из средней части замеса или доставленной к месту укладки порции смеси, а при непрерывном приготовлении - отдельными порциями через неодинаковые промежутки времени.

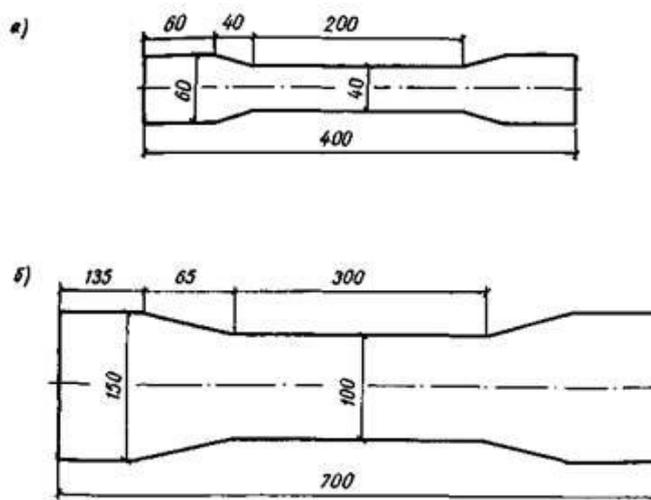
9. Отобранная проба полимербетонной смеси должна быть дополнительно перемешана перед формованием образцов. Формование образцов производят не позднее чем через 10 мин после отбора пробы.

10. Полимербетонную смесь для изготовления образцов в лабораторных условиях приготавливают в соответствии с требованиями Инструкции СН-525-80.

11. Укладку и уплотнение полимербетонной смеси в формах производят в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-78 и Инструкции СН-525-80.

12. Отверждение полимербетонных образцов следует производить в соответствии с требованиями Инструкции СН-525-80.

13. Высота образца должна определяться в соответствии с требованиями ГОСТ 22372-77.



а– 40х40; б– 100х100;

Рисунок 9 - Контрольные образцы-восьмерки. Размер рабочего сечения средней части, мм.

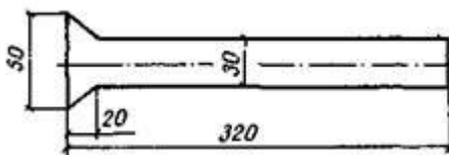


Рисунок 10 – Контрольные образцы-балочки с уширенным концом

3.2.2 Технология приготовления составов пробников

Первый этап *технологии пробников полимербетонов* — подготовка сырьевых компонентов. Влажность наполнителей и заполнителей полимербетонов должна быть не более 0,5 ...1 %. Это объясняется тем, что прочность и другие свойства полимербетонов резко падают при использовании влажного заполнителя: тончайший слой воды на частицах заполнителя ухудшает твердение полимерного вяжущего и снижает его адгезию к ним. Поэтому заполнители и наполнители сушили в сушильном шкафу при температуре 80...110°C и обязательно охлаждали перед дозированием до нормальной температуры.



Рисунок 11 – Шкаф для сушки компонентов смесей

В качестве наполнителя использовали тонкомолотый гранит (черный и белый, бутовый камень (таблица), а также кварцевый песок.

Синтетическую смолу и отвердитель перед употреблением доводили до необходимой вязкости нагревом и введением растворителя (646, ацетона).

Грохочение компонентов смесей

Для выделения крупной фракции из заказной партии использовали вибрационный грохот (рис.3.6). При выполнении этого передела убедились в том что в заявленном рассеве фракция 2,2..3,0 мм составила около 45 %. Фракции + 3,0 было около 10...15%, остальная -2,2 мм.



Рисунок 12 – Рассев на вибрационном грохоте

Приготовление полимербетонной смесей производили вручную, с использованием дрели со шнеком. Сначала готовили связующее, а затем вводили в подготовленную смесь заполнители. Связующее готовили в течении 30...60 с. Готовую смесь сразу же загружали в специальную емкость, где уже находились предварительно перемешанные заполнители. Перемешивание заполнителей со связующим производили в течении 1,5...2 мин.



Рисунок 13 – Смешивание компонентов полимербетонной смеси

Введение части смолы (мономера) в емкость с заполнителями имело целью создание на поверхности заполнителей тонких пленок смолы. При этом последующее введение связующего, заполнитель не будет адсорбировать смолу из связующего и прочность контактных слоев

связующего не снизится, как это имеет место при введении связующего в необработанный заполнитель.

Двухстадийное получение смеси имеет ряд преимуществ: сокращается общая длительность цикла перемешивания и уменьшается расход смолы (мономера); связующее получается более однородным по составу, и его можно подогреть или охладить в процессе приготовления с целью регулирования вязкости и жизнеспособности, а также провести вакуумирование для удаления вовлеченного воздуха и повышения прочности.

При выборе объема замеса мы помнили о малой жизнеспособности полимербетонных смесей, исходя из этого смесь старались уложить на место немедленно после перемешивания. В противном случае из-за большого количества теплоты, выделяющейся при взаимодействии смолы и отвердителя, может произойти быстрый саморазогрев смеси, ведущий к еще большему ускорению отверждения смолы и преждевременному схватыванию смеси.

Для исключения излишнего расхода компонентов полимербетонной смеси при литье корпусных деталей объем замеса будем определять по объему воды заливаемой в форму.

Вследствие значительно более высокой вязкости и липкости полимербетонных смесей использовали вибростол с повышенной частотой виброуплотнения и пригруза (рис.3.8).



Рисунок 14 – Виброуплотнение полимербетонных пробников

Чтобы беспрепятственно вынимать полимербетонные изделия из форм, использовали смазочные составы – разделители.

В качестве контрольных образцов-пробников использовали призмы квадратного сечения сечением 40мм.х40мм., длиной 160 мм. (рис. 15).



Рисунок 15 – Контрольные образцы на примере состава №5.

Полимербетоны и мастики могут твердеть при обычной температуре, но набор прочности в таких условиях иногда продолжается долго — до 100...300 сут. Поэтому для быстрого получения материала с большой прочностью желательно прогревать полимербетон при температуре 80...100°C. Режим прогрева зависит от вида полимерного связующего. Отрицательно влияет на твердение полимербетона повышение влажности окружающей среды.

Твердение полимербетонов сопровождается усадкой вследствие уменьшения объема полимерного связующего при перегруппировке его молекулярной структуры (укрупнении молекул и образовании пространственных сетчатых связей). У чистых полимерных связующих усадка достигает больших значений: 1...2% — для эпоксидных смол, 7...9% — для полиэфирных. Снижают усадку введением наполнителей и заполнителей, т. е. уменьшением доли полимера в объеме полимербетона. Так, у полимербетонов на полиэфирных смолах усадка составляет 0,3...0,5%, у полимербетонов на мономере ФА — 0,1 ...0,2, а у эпоксидных полимербетонов - 0,05...0,1 % (т. е. величины более низкие, чем у обычных бетонов).

Для снижения расхода полимера и повышения механических свойств полимербетона используют так называемую каркасную технологию, сущность которой заключается в раздельном формировании макро- и микроструктурных элементов полимербетона с последующим их объединением в единой структуре.

В соответствии с этой технологией гранулы крупного заполнителя предварительно обрабатывают связующим (клеящим веществом) и укладывают в форму или опалубку. В результате твердения клеящего вещества образуется каркас будущего полимербетона в виде затвердевшего крупнопористого бетона. Расход клеящих веществ составляет 0,1...1,0% от массы заполнителя. В качестве клеящего вещества могут быть использованы различные органические (например, латексы СК, ПВА дисперсия и т. п.) и неорганические (жидкое стекло, цемент и т. п.) вяжущие. Пустоты в образовавшемся каркасе заполняются полимерным связующим оптимального

состава. Для заполнения можно использовать метод вакуумирования или повышенного давления.

Каркасная технология позволяет снизить на 10.-15% расход полимерного связующего с обеспечением повышенных физико-механических свойств бетона. При формировании полимербетона на легких пористых и полых заполнителях каркасная технология исключает необходимость пригрузки и интенсивного виброуплотнения смеси.

3.3 Лабораторные исследования характеристик полимербетона

3.3.1 Оборудование, приборы и инструменты

Оборудование, приборы и инструменты для определения плотности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости следует принимать по ГОСТ 12730.1-78, ГОСТ 12730.3-78, ГОСТ 12730.4-78 и ГОСТ 12730.5-78 соответственно.

Оборудование, приборы и инструменты для проведения испытаний по определению кратковременной прочности на сжатие, растяжение и растяжение при изгибе следует принимать по ГОСТ 10180-78.

Оборудование, приборы и инструменты для проведения испытаний по определению призмной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона следует принимать по ГОСТ 24452-80.

Для измерения деформаций усадки в процессе отверждения следует применять микроскоп «Мир-12» или аналогичные ему приборы.

Оборудование, приборы и инструменты для проведения испытаний по определению деформаций ползучести и усадки следует принимать по ГОСТ 24544-81.

Оборудование и материалы для проведения испытаний по определению истираемости полимербетонов следует принимать по ГОСТ 13087-81.

3.3.2 Подготовка к испытаниям

Перед испытанием образцы-призмы подвергали осмотру и измерению.

Для обмера образцов определяют их рабочее положение при испытании и отмечают красной краской грани, которые будут прилегать к опорам. На опорных поверхностях образцов-призм в соответствии со схемой испытаний размечали краской места опирания и точки приложения нагрузки. Наплывы полимербетона на ребрах опорных граней удаляли напильником и шлифовальным кругом.

В соответствии с требованиями ГОСТ 10180-78 проверяли:

- неперпендикулярность смежных граней;
- неплоскостность опорных поверхностей;
- фактические размеры образца;
- наносили маркировку;

– выявляли дефекты и результаты записывали в журнал испытаний.

Перед испытанием образцов отмечали:

– базу измерения продольных деформаций (равную не больше $2/3$ его высоты), которая назначается на одинаковом расстоянии от концов образца.

– базу измерения поперечных деформаций, которая назначается, как правило, равной стороне образца и не менее 50 мм;

– на боковые грани образца наносили центральные линии, предназначенные для начального центрирования образцов относительно оси испытательной машины (пресса).

Перед испытанием образцы в течение 10 - 20 ч выдерживали в помещении лаборатории. Интервал рабочих температур помещения, где производили испытания, был в пределах 20 ± 5 °С при относительной влажности воздуха не более 70 % в соответствии с требованиями ГОСТ 18957-73 с возможным изменением в процессе испытания температуры ± 1 °С и влажности воздуха $\pm 5\%$.

3.3.3 Определение кратковременных прочностных и упругих характеристик

Общие требования

Испытания по определению кратковременной прочности на сжатие, растяжение и растяжение при изгибе следует проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-78.

При испытании на сжатие образцов-кубов напряжение в образцах при нагружении должно возрастать непрерывно с постоянной скоростью ($1,0 \pm 0,3$) МПа/с.

При испытании на осевое растяжение, напряжение в образцах-восьмерках при нагружении должно возрастать непрерывно с постоянной скоростью ($0,15 \pm 0,05$) МПа/с.

При испытании на растяжение при изгибе напряжение в образцах-призмах при нагружении должно возрастать непрерывно с постоянной скоростью ($0,15 \pm 0,05$) МПа/с.

Испытания по определению призмной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона следует проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 24452-80.

При определении призмной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона полимербетона нагружение образца до уровня нагрузки, равной (40 ± 5 %) P_p , следует производить ступенями, равными 10 % ожидаемой разрушающей нагрузки P_p , сохраняя в пределах каждой ступени скорость нагружения ($1,0 \pm 0,3$) МПа/с.

Показания приборов снимают сразу же после подъема нагрузки на очередную ступень. Время выдержки под нагрузкой на каждой ступени должно определяться длительностью, необходимой для снятия показаний приборов и не превышать 1 мин.

При уровне нагрузки, равной $(40 \pm 5 \%)P_p$, снимают приборы с образца, если нет других требований, предусмотренных программой испытаний. После снятия приборов дальнейшее нагружение образцов следует производить непрерывно с постоянной скоростью в соответствии с пп. 5.1 и 5.2 настоящих Рекомендаций.

Обработку результатов испытаний по определению кратковременной прочности при сжатии, растяжении и растяжении при изгибе следует проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-78.

Для испытания образцов балочек на изгиб могут быть использованы приборы любой конструкции, удовлетворяющие следующим требованиям.

Средняя скорость нарастания испытательной нагрузки на образец должна быть $(0,05 \pm 0,01)$ кН/с [$0,12 \pm 0,02$] МПа/с в пересчете на единицу площади приведенного сечения балочки]. Захват для установки образца должен быть снабжен цилиндрическими элементами, изготовленными из стали твердостью 56...61.

Нижние опорные элементы должны иметь возможности поворота относительно горизонтальной оси, лежащей на нижней опорной плоскости образца и являющейся осью ее продольной симметрии.

Схема расположения образца на опорных элементах, их форма, размеры и взаимное расположение приведены на рисунке.

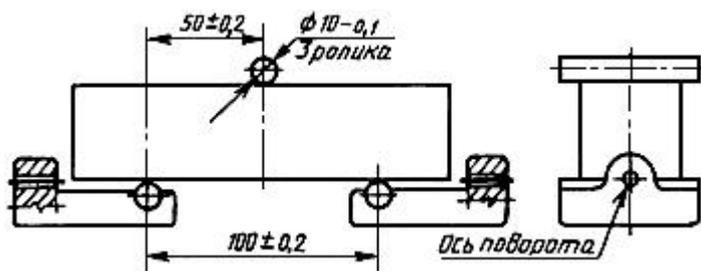


Рисунок 16 - Схема расположения образца на опорных элементах

Для определения предела прочности образцов при сжатии могут быть использованы прессы любой конструкции с предельной нагрузкой до 500 кН, удовлетворяющие техническим требованиям ГОСТ 28840 и обеспечивающие нагружение образца в режиме чистого сжатия.

Для компенсации пространственного отклонения от непараллельности опорных граней образца пресс должен иметь подвижную шаровую опору. Допускается применять шаровые опоры любой конструкции, обеспечивающей возможность проведения поверки прессы. Пресс должен быть снабжен приспособлением для центрированной установки нажимных пластинок, передающих нагрузку на образец.

Нажимные пластинки для передачи нагрузки на половинки образцов-балочек должны быть изготовлены из стали твердостью 56...61. Форма и размеры пластинки приведены на рисунке.

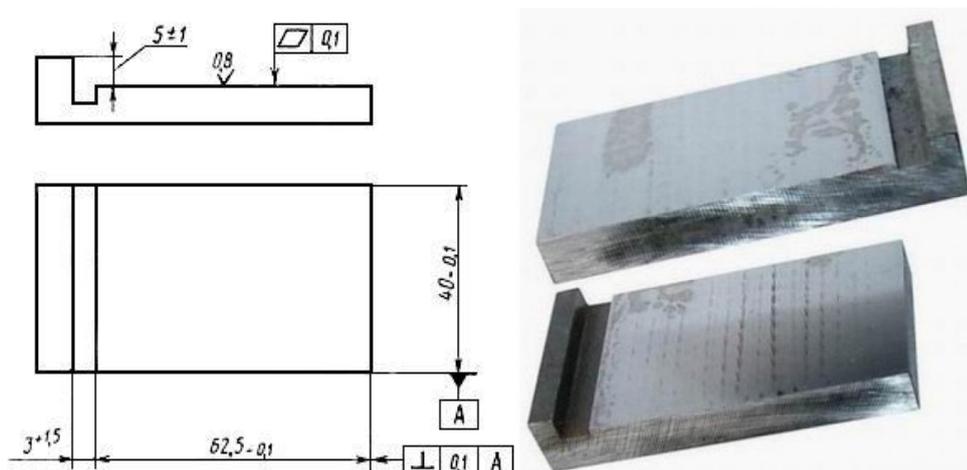
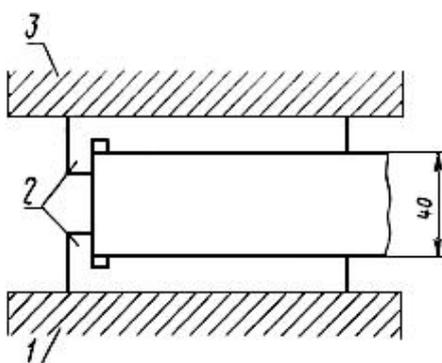


Рисунок 17 - Пластинки для передачи нагрузки на половинки образцов-призмочек

Полученные после испытания на изгиб шесть половинок балочек сразу же подвергали испытанию на сжатие. Половинку балочки помещали между двумя пластинками таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегли к стенкам формы, находились на плоскостях пластинок, а упоры пластинок плотно прилегли к торцевой гладкой плоскости (рис.13). Образец вместе с пластинами центрировали на опорной плите пресса. Средняя скорость нарастания нагрузки при испытаниях была $(2,0 \pm 0,5)$ МПа/с.



1 - нижняя плита пресса; 2 - пластинки; 3 - верхняя плита пресса

Рисунок 18 - Положение образца между нажимными пластинками при испытании на сжатие

При наличии приспособлений, обеспечивающих фиксацию пластинок на верхней и нижней опорных плитах пресса в отцентрированном и совпадающем при прижиге по периметру рабочих плоскостей положении, их допускается изготавливать без упоров. При этом взаимное смещение вертикальных граней пластин не должно быть более 0,5 мм, а на расстоянии 3 мм от одной из торцевых граней нижней или верхней пластинки должен находиться упор, определяющий положение балочки и не препятствующий деформациям образца при испытании.

3.3.4 Испытание образцов на изгиб

Исследования проводили на контрольных образцах- призмах $L=160$ мм., сечением в средней части 40×40 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 б), 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, МПа(кг/см²)

Предел прочности при изгибе вычисляли по формуле

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

где $\sigma_{изг}$ – предел прочности при изгибе, Па;

c – ширина образца в месте излома, м;

h – высота образца в месте излома, м;

$P_{изг}$ – нагрузка в средней части образца, Н;

W_{x-x} – момент сопротивления сечения образца, м²;

l -расстояние между опорами, м

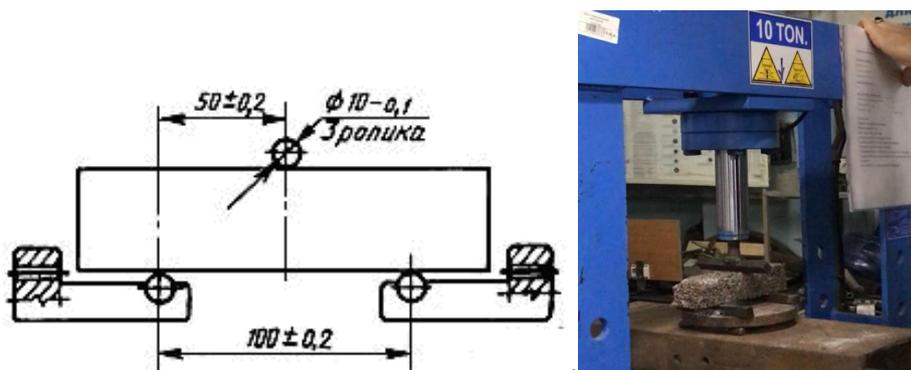


Рисунок 19 – Расчетная схема для определения предела прочности

Результаты опытов заносили в табл. 4.

Таблица 4 – Предел прочности при изгибе

№ образца	Размеры		p – давление в рабочей полости прессы, 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)	
	c , см.	h , см.				$\sigma_{изг} = \frac{M_{изг}}{c \cdot h^2} = \frac{P_{изг} \cdot l/2}{c \cdot h^2}$	
1.1	4,1	4,1	46	11,49	17696,2 Н	77,01	$\sigma_{изг.ср.} = \frac{\sum \sigma_{изг}}{3} = 82,99$
1.2	4,0	4,4	58	12,90	22312,6 Н	86,48	
1.3	4,0	4,5	60	13,50	23082,0 Н	85,49	
2.1	4,1	4,1	63	11,49	24236,1	105,46	$\sigma_{изг.ср.} = \frac{\sum \sigma_{изг}}{3} = 97,91$
2.2	4,1	4,4	62	14,45	23851,4	82,53	
2.3	3,9	4,1	60	10,93	23082	105,59	
3.1	4,1	4,1	65	11,49	25005,5	108,81	$\sigma_{изг.ср.} = \frac{\sum \sigma_{изг}}{3} = 102,92$
3.2	4,0	4,4	64	12,90	24620,8	95,43	
3.3	4,0	4,3	67	12,33	25774,9	104,52	
4.1	4,2	4,1	66	11,77	25390,2	107,86	$\sigma_{изг.ср.} = \frac{\sum \sigma_{изг}}{3} = 115,18$
4.2	4,0	4,2	70	11,76	26929,0	114,49	
4.3	3,9	4,1	70	10,93	26929,0	123,19	
5.1	4,0	4,2	71	11,76	27313,7	116,13	$\sigma_{изг.ср.} = \frac{\sum \sigma_{изг}}{3} = 112,83$
5.2	4,2	4,2	70	12,35	26929,0	109,02	
5.3	4,1	4,2	70	12,05	27313,7	113,33	

Выводы по подразделу

1. Прочность при изгибе почти в 5...6 превысила данные по прочности, приведенные в литературе (табл.1).
2. Наибольшую прочность показали пробники, изготовленные с содержанием крупной фракции 59%, при она была выше на 35%.

3.3.5 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 13 (рис. 15).



Рисунок 20 – Размещение нажимных пластинок и образцов на прессе

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

Расчет $\sigma_{сж}$ проводили по формуле:

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

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

Таблица 5 – Предел прочности на сжатие

№ образца	Показания манометра пресса p , МПа	Разрушающая нагрузка, кН $P_{сж} = d_{порш} \cdot p$	Предел прочности на сжатие, МПа $\sigma_{сж} = \frac{P_{сж}}{S_{пл.}}$
1,1	10,8	41,55	116,71
1,2	11,0	42,32	118,09
1,3	11,0	42,32	118,87
$\sigma_{сж.ср.} = \frac{\sum \sigma_{сж}}{3} = 117,89$			
2,1	12,3	47,32	132,92
2,2	12,7	48,86	137,25
2,3	12,5	48,09	135,08
$\sigma_{сж.ср.} = \frac{\sum \sigma_{сж}}{3} = 135,08$			
3,1	13,1	50,40	141,57
3,2	13,1	50,40	141,57
3,3	13,2	50,78	142,64
$\sigma_{сж.ср.} = \frac{\sum \sigma_{сж}}{3} = 141,85$			
4,1	15,3	58,86	165,33
4,2	14,5	55,78	156,69
4,3	14,2	54,63	152,61
$\sigma_{сж.ср.} = \frac{\sum \sigma_{сж}}{3} = \underline{158,21}$			
5,1	14,6	56,17	157,78
5,2	14,4	55,4	155,62
5,3	14,3	55,01	154,52
$\sigma_{сж.ср.} = \frac{\sum \sigma_{сж}}{3} = 155,97$			

Выводы по подразделу

1. Самыми прочными составами оказались пробники с бутовым щебнем и кварцевым песком и мукой, предел прочности на сжатие превысил данные таблиц 1 в 10 -11 раз.

2. Также как и при испытании на изгиб самыми прочными оказались пробники с содержанием крупной фракции 59%, при этом превышала прочность базовых на 32%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате научного обобщения, проведения аналитических исследований, разработки и внедрения новых материалов из разряда композиционных (полимербетона) - решена важная задача повышения прочности полимербетонов, доказана эффективность формулы Фулера при разработке рецептуры составов, но при правильном учете крупности отдельных фракций.

Основные выводы и рекомендации:

- основа прочности полимербетонов – правильное соотношение между фракциями (соотношения между фракциями: мука - 13%, песок - 28%, дробленный щебень – 59%);

- крупная фракция (1/3 от толщины стенки детали в 10 мм – 2,2...3,0 мм.) является основой полимербетона, придающей ему прочность, антиусадочные свойства и малое потребление смолы, регулировать количество этой фракции не следует;

- обязательным этапом подготовки должна быть сушка компонентов;

- для получения заложенных параметров прочности отливки они должны подвергаться термообработке в сушильных шкафах при температуре 80°C

Результаты теоретических и экспериментальных исследований легли в основу руководящего документа «ТИ на отливку корпусных деталей типа редуктор».

Термины и определения

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.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Автореферат. Прогнозирование механических свойств полимербетонов [Электронный ресурс] / Бабин Л.О., 2000.
- 2 Михайлов К.В., Потуроев В.В., Крайс Р. Полимербетоны и конструкции на их основе/Под ред. В.В.Потуроева. - М.: Стройиздат, 1989. - 304с.
- 3 Потуроев В.В. Технология полимербетонов (физико-химические основы). - М.: Стройиздат, 1977. - 240с.
- 4 Полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики [Электронный ресурс] / Попов К.Н., полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики; ред. Бурмистров Г.Н., 1987.
- 5 Полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики [Электронный ресурс] / Попов К.Н., полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики; ред. Бурмистров Г.Н., 1987.
- 6 Полимербетон. Применение и основные свойства [Электронный ресурс] / Художкова И.Р., Основные свойства полимербетонов; ред. Шагиева Л.Н., 1985. Потапов Ю.Б., Салогуб Л.П., Барабаш Д.Е., Дедов С.В. Определение долговечности полимерных композиций методом дифференциально-термического анализа. Воронежский ЦНТИ. № 97-97. 4 с.
- 7 Барабаш Д.Е. Надежность полимерных композиций для оперативного ремонта аэродромных покрытий. Воронежский ЦНТИ. № 139-97. 2с
- 8 Барабаш Д.Е. Получение связующего для ремонтной композиции при помощи математических методов планирования экспериментов. Воронежский ЦНТИ. № 137-97. 3 с.
- 9 Барабаш Д.Е. Применение математических методов планирования экспериментов для оптимизации состава полимербетонов. Воронежский ЦНТИ. № 138-97. 2 с.
- 10 Горячева В.А., Крещик А.А., Христофорова И.А., Христофоров А.И. современное состояние производства полимербетонов // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 3-2.;
- 11 Основы конструирования отливок. Параметры точности и припуски на механическую обработку: Учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004.– 164 с.
- 12 Соломатов В. И. Технология полимербетонов и армополимербетонных изделий. М., 1984.
- 13 Патуроев В.В. Полимербетоны. –М.: Стройиздат, 1987. – 286 с.
- 14 Христофоров А.И., Христофорова И.А., Гуюмждян П.П., Глухоедов В.В. Полимербетон на основе поливинилхлоридного связующего. // Известия ВУЗов “Химия и хим. технология”.- 2004.- Том 47.- Вып. 1 - С. 159-160

Приложение А

УДК 691.342

Ә.Н. Мұрапбай, Б.С. Бейсенов

Научный руководитель – Б.С. Бейсенов, к.т.н., ассоциированный профессор
Satbayev University, Қазақстан, г. Алматы
asel_1504@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРУПНЫХ ФРАКЦИЙ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРБЕТОНОВ

Аннотация. В данной статье представлена исследование влияния крупных фракций на механические свойства полимербетонных смесей. Также поэтапная технология изготовления полимербетонных смесей. Так же показано изменение физико-механических свойств полимербетона в зависимости от процентного содержания применяемых наполнителей, заполнителей и смол.

Ключевые слова: технология, полимербетон, композит, физикомеханические свойства.

В настоящее время существует огромный ряд технологий по изготовлению различных изделий для машин и механизмов. Особое внимание в промышленности строительных материалов получила технология на основе композиционных материалов, а именно полимербетон. Технологи изготовления корпусных деталей с применением полимербетонных исследуются во всем мире. Кафедрой ТМТиЛ Satbayev University предложена идея изготовления корпусов промышленного оборудования, используемого на предприятиях горно-металлургической отрасли и работающих в тяжелых условиях, из полимербетонных и полимерных композитов.

Полимербетонные представляют собой новые эффективные химически стойкие материалы, у которых степень наполнения минеральными наполнителями и заполнителями доходит до 90-95% массы. Эти новые материалы были разработаны советскими учеными. По расходу полимерного связующего, которое составляет всего 5-10% общей массы полимербетона, они стоят вне конкуренции с другими наполненными полимерными композициями. Следовательно, стоимость такого материала сведена к минимуму. При сравнительно небольшом расходе полимерного связующего на единицу массы, полимербетонные обладают высокой плотностью, прочностью, химической стойкостью и многими другими положительными свойствами.

Основные методы испытания образцов из легких и тяжелых полимербетонных направлены на определение:

- а) плотности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости;
- б) кратковременной прочности на сжатие, растяжение и растяжение при изгибе;
- в) призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона при кратковременном нагружении;



Рисунок 1 – Формы для изготовления контрольных образцов,



Рисунок 2 - Контрольные образцы на примере состава №5.

Для проведения исследований были изготовлены образцы по три экземпляра одного состава (рис.2) для точности испытания.

При испытании образцов на изгиб были проведены исследования на контрольных образцах – призмах, длиной 160 мм., сечением в средней части 40х40 мм.. Высоту и ширину образца в средней его части измеряли с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм, испытания образцов выполнялись на ручном гидравлическом прессе с максимальным усилием 100 кН. Для проведения исследований была разработана приставка к прессу (рисунок 3), состоящая из стального диска на котором были закреплены два упора из прутка диаметром 10 мм..

Для контроля за параметрами нагружения образцов был использован штатный манометр пресса, а для расчета $P_{изг}$ измерили диаметр поршня пресса $d_{порш}$.



Рисунок 3 – Расположения образца на опорных элементах

С целью испытания образцов на сжатие были проведены исследования на девяти половинках образцов полученных после испытания на изгиб. Испытания образцов

выполняли на том же гидравлическом прессе с максимальным усилием 100 кН. Для проведения исследований были использованы нажимные пластинки (рисунок 4).

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

Влажность наполнителей и заполнителей полимербетонов должна быть не более 0,5...1 %. Это объясняется тем, что прочность и другие свойства полимербетонов резко падают при использовании влажного заполнителя: тончайший слой воды на частицах заполнителя ухудшает твердение полимерного вяжущего и снижает его адгезию к ним. Поэтому заполнители и наполнители сушились в сушильном шкафу при температуре 80...110°C и обязательно охлаждались перед дозированием до нормальной температуры.



Рисунок 4 – Размещение нажимных пластинок и образцов на прессе

Этапы отливки образцов:

1. Отмеряются фракции состава и закладываются в тару для смешивания.
2. Состав смешивается в течении 2...3 мин.
3. В отмеренный объем смолы заливается отвердитель и смешивается вручную в течении 15...20 с.
4. Смесь смолы и отвердителя заливается в тару с уже смешанной массой и перемешивается в течении 2...3 мин.
5. Готовую смесь закладывают в форму и подвергают вибрационному уплотнению на столе.
6. По мере затвердевания образцы вынимаются и складываются около батареи отопления (для сушки в течении 72 ч).

В качестве наполнителя использовали кварцевый песок, бутовый камень, а также кварцевую муку (таблица 1).

Таблица 1 - Составы для отливки

№	Компоненты	% содержание									
		Состав №1		Состав №2		Состав №3		Состав №4		Состав №5	
		%	г.	%	г.	%	г.	%	г.	%	г.
1	Крупная фракция (2..3 мм.)	56	1120	59	1180	62	1240	65	1300	68	1360
2	Кварцевый песок	29,5	590	28	560	26,5	530	25	500	23,5	470
3	Кварцевая мука	14,5	290	13	260	11,5	230	10	200	8,5	170

	Итого:	100	2000	100	2000	100	2000	100	2000	100	2000
4	Эпоксидная смола	15	150	15	150	15	150	15	150	15	150
5	Отвердитель	0,5	10	0,5	10	0,5	10	0,5	10	0,5	10

Результат наших исследований показали, что самыми прочными являются образцы процентным содержанием крупных фракций 62%. На основании этого, используя данные исследований из таблицы 1, для получения высокой прочности полимербетона, предлагается использовать компоненты с процентным содержанием соответствующим составу № 3.

Литература:

1 Автореферат. Прогнозирование механических свойств полимербетонов [Электронный ресурс] / Бабин Л.О., 2000. Режим доступа: <http://tekhnosfera.com/prognozirovanie-mehnicheskih-svoystv-polimerbetonov>

2 Михайлов К.В., Потуроев В.В., Крайс Р. Полимербетоны и конструкции на их основе/Под ред. В.В.Потуроева. - М.: Стройиздат, 1989. - 304с.

3 Потуроев В.В. Технология полимербетонов (физико-химические основы). - М.: Стройиздат, 1977. - 240с.

4 Потапов Ю.Б., Салогуб Л.П., Барабаш Д.Е., Дедов С.В. Определение долговечности полимерных композиций методом дифференциально-термического анализа. Воронежский ЦНТИ. № 97-97. 4 с.

5 Барабаш Д.Е. Надежность полимерных композиций для оперативного ремонта аэродромных покрытий. Воронежский ЦНТИ. № 139-97. 2с

A. N. Murapbay B. S. Beisenov

Investigation of the influence of large fractions on the mechanical properties of polymer concrete

Annotation. This article presents a study of the influence of large fractions on the mechanical properties of polymer concrete. There is also a step-by-step technology for the production of polymer-concrete mixtures. It also shows the change in the physical and mechanical properties of polymer concrete, depending on the fillers used and fillers with different resins.

Keywords: technology, polymer concrete, composite, physical and mechanical properties

Ә.Н. Мұрапбай Б. С. Бейсенов

Ірі фракциялардың полимербетондардың механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу

Андатпа. Бұл мақалада ірі фракциялардың полимербетондардың механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу ұсынылған. Сондай-ақ полимербетон қоспаларын дайындаудың кезең-кезеңмен технологиясы. Сондай-ақ, қолданылатын толтырғыштар мен әртүрлі шайырлармен агрегаттарға байланысты полимербетонның физика-механикалық қасиеттерінің өзгеруі көрсетілген.

Түйінді сөздер: технология, полимербетон, композит, физикомеханикалық қасиеттер

Приложение Б

ПРОЕКТ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ ПОЛИМЕРБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С
УЛУЧШЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Алматы 2021

Область применения

Настоящая технологическая инструкция распространяется на процесс изготовления элементов корпуса редуктора Ц2-250: основания и крышки.

Корпус редуктора – это деталь, обеспечивающая взаимное расположение деталей узла и воспринимающая основные силы. И основание и крышка имеют коробчатую конструкцию, как правило, довольно сложной конфигурации. Включает в себя бобышки, фланцы, ребра, стенки и т.д., которые в объединены в одно целое. Корпус редуктора является его базовой деталью, габаритные размеры которой определяются видом передаточных механизмов, составляющих редуктор; числом, размерами и относительным расположением деталей этих механизмов во внутренней полости корпуса; принятой системой смазывания зацеплений зубчатых колес редуктора и его подшипниковых узлов.

Требования к сырью. Рецепт.

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

Компоненты:

– Натуральный наполнитель, крупная фракция – бутовый щебень (ГОСТ 8267 и ГОСТ 10260, фракция 2,2...3,0 мм.). Процентное содержание базового наполнителя - 62%

– Среднефракционный наполнитель - кварцевый песок (ГОСТ 8736, фракция 0,5...1,3 мм.) – 26,5%;

– Мелкофракционный наполнитель – кварцевая мука (ГОСТ 8736).
Содержание – 14,5%.

– Связующий компонент – фурано-эпоксидная смола ФАЭД (ТУ 59-02-039.13-78) – 15%..

– Отвердитель - полиэтиленполиамин ПЭПА (ТУ 6-02-594-80Е) – не более 2%.

– Внешнее защитное покрытие – гелькоут.

Характеристики:

– высокая прочность;

– устойчивость к климатическим, атмосферным, температурным, механическим и иным воздействиям;

– материал не боится влаги, устойчив к биологическим факторам;

– относится к трудновоспламеняемым составам (при очень высоких температурах – частично оплавляется);

– готовые изделия не дают испарений, не имеют запаха и излучений, поэтому могут применяться в отделке интерьеров;

– относительно небольшой вес;

– прочность на растяжение составляет **15 МПа, прочность на сжатие – 9 МПа, на изгиб – 30-40 МПа.**

Технологический процесс

Приготовление полимербетонной смеси включает следующие операции:

- промыв заполнителей,
- сушку наполнителей и заполнителей, фракционирование заполнителей,
- подготовку отвердителей и ускорителей,
- дозирование компонентов и их перемешивание.

1. Наполнители и заполнители высушиваются в сушильном шкафу при температуре 80° С до остаточной влажности не более 1%. Не допускаются к применению наполнители, загрязненные карбонатами, основаниями и металлической пылью. Кислотостойкость наполнителей должна быть не ниже 96%.

Температура наполнителей и заполнителей перед подачей в смеситель должна быть в пределах 20-25 °С.

Дозирование компонентов должно осуществляться с точностью: смолы, наполнители, отвердители $\pm 1\%$, песок и щебень $\pm 2\%$.

2. Перемешивание составляющих полимербетонных смесей должно производиться в две стадии: приготовление мастики, приготовление полимербетонной смеси.

Приготовление мастики должно осуществляться в стеклянной таре (из нержавеющей стали), со скоростью вращения рабочего органа не менее 600-800 об/мин, время приготовления с учетом загрузки 2-2.5 мин.

Приготовление полимербетонных смесей должно производиться с использованием ручной дрели с применением специальной насадки в пластиковой таре путем принудительного перемешивания при скорости вращения рабочего органа 500-600 об/мин при 20°С и выше.

Технологический процесс формования полимербетонных изделий состоит из следующих операций:

- чистки и смазки форм,
- установки арматурных элементов,
- укладки полимербетонной смеси
- формования изделий.

3. Смазка силиконовой формы должно осуществляться специальными составами (разделителями) в % по массе: эмульсол - 55...60; графитовый порошок – 35...40; вода - 5... 10. Допускается также применение растворов битума в бензине, силиконовых смазок, раствора низкомолекулярного полиэтилена в толуоле.

4. Для укладки, разравнивания и заглаживания смеси используем плоские шпатели. Уплотнение осуществляем на вибростоле с параметрами: амплитуда колебаний 0,4 -0,9 мм по горизонтали, 0,2-0,4 мм по вертикали, частота 2600 кол/мин. Продолжительность вибрирования назначаем в зависимости от жесткости смеси, но не менее 4 мин. Признаком хорошего уплотнения смеси служит выделение на поверхности изделия жидкой фазы.

5. Набор прочности полимербетонов в естественных условиях (при температуре не ниже 15°C и влажности 60 – 70%) происходит в течении 28 – 30 суток.

С целью ускорения твердения подвергаем сухому прогреву в течении 6 – 18 ч термошкафу при температуре 80 – 100°C. При этом скорость подъема и снижения температуры должна быть не более 0,5 – 1°C в минуту.

Организация контроля за качеством и безопасностью продукции.

Основными показателями качества приготавливаемого полимербетона являются температура саморазогрева после формования, скорость нарастания твердости бетона, его прочностные характеристики, включая и однородность через 20 – 30 мин. После вибрационного уплотнения полимербетонная смесь начинает разогреваться до температуры 35 – 40°C. Недостаточный разогрев полимербетона свидетельствует о неудовлетворительном качестве смолы, отвердителя или высокой влажности наполнителей и заполнителей.

Для определения контрольных прочностных показателей полимербетонов испытывают образцы в соответствии с ГОСТ 10180 и инструкцией СН 525 – 80.

При производстве работ по изготовлению изделий и конструкций из полимербетона необходимо соблюдать правила, предусмотренные главой СНиП по технике безопасности в строительстве, санитарные правила организации технологических процессов, утвержденные Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Министерства здравоохранения и требования Инструкции по технологии изготовления полимербетонов (СР 52580).

РЕЦЕНЗИЯ

на _____ магистерскую диссертацию _____
(наименование вида работы)

_____ Мұрапбай Әсел Нұрболатқызы _____
(Ф.И.О. обучающегося)

7M07111-Цифровая инженерия машин и оборудования
(шифр и наименование специальности)

На тему: Исследование влияния фракционного состава наполнителей на прочностные характеристики полимербетонных смесей с разработкой ТИ

Выполнено:

- а) презентация на _____ слайдах
б) пояснительная записка на _____ 50 _____ страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

1. В материалах диссертации автор уделила достаточно много внимание влиянию крупной фракции на прочностные свойства полимербетонов, хотя тема влияния фракционного состава не до конца раскрыта – средняя и мелкая фракция тоже оказывает существенное влияние.

2. Для сравнения механических свойств автор ограничилась 3-мя образцами – думаю объем выборки получился ограниченным.

3. Автор не обратила внимание на такой важный показатель как твердость. Нужно было попытаться ее определить.

4. Как пожелание: автору можно посоветовать полнее учитывать рекомендации к сушке образцов и, наверное, изменить технологию отливки – заливать образцы в вертикальном положении через торец, тогда бы точность геометрии рабочих поверхностей была бы выше со всеми вытекающими последствиями.

Оценка работы

Магистерская диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к магистерским работам и установленным требованиям к ее оформлению и заслуживает оценки 90 баллов, а ее автор - Мұрапбай Әсел Нұрболатқызы - присвоения академическая степень «Магистра технических наук»

Рецензент

Зав. лабораторией разрушения горных пород ИГД им. Д.А. Кунаева, д.т.н., профессор
(должность, уч. степень, звание)

_____ Е.К. Едыгенов Ф. И.О.

_____ 06 _____ 2021 г.



ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на _____ магистерскую диссертацию _____
(наименование вида работы)
_____ Мурапбай Әсел Нұрболатқызы _____
(Ф.И.О. обучающегося)

Направление подготовки 7М07111-Цифровая инженерия машин и
оборудования _____
(шифр и наименование специальности)

Тема: «Исследование влияния фракционного состава наполнителей на прочностные характеристики полимербетонных смесей с разработкой ТИ»

Актуальность темы диссертации. Корпуса из полимербетона представляют собой новые эффективные химически стойкие изделия, прочные легкие изделия, у которых степень наполнения минеральными наполнителями и заполнителями доходит до 90–95% массы. При этом высокая степень наполнения позволяет резко снизить усадку и существенно повысить модуль упругости, что позволяет применять корпуса из полимербетона в тяжелых условиях эксплуатации. Но при этом очень большую роль играет соотношение между фракциями. При непосредственном участии магистрантки было внесено уточнение в рецептуру состава, позволяющего повысить его прочностные характеристики.

Считаю, что цели и задачи магистерского проекта не только правильно сформулированы но и решены и достигнуты: получен состав с пределом прочности на изгиб на 35% , сжатие на 32% - прочнее чем базовый.

1. Магистрант способен провести эксперименты и приспособлен к исследовательской деятельности.

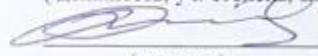
2. Выводы и рекомендации магистранта в полной мере отражают основные положения представленной диссертации и могут быть практически реализованы при изготовлении корпусов промышленного оборудования.

3. Проект соответствует требованиям, предъявляемым к магистерской работам и установленным требованиям к ее оформлению и может быть «Допущен» к защите.

Научный руководитель

_____ Асоц.проф.,к.т.н. _____

(должность, уч. степень, звание)

 _____ Бейсенов Б.С.

(подпись)

«17» 06 2021 г.

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Мұралбай Әсел Нұрболатқызы

Название: «Исследование влияния фракционного состава наполнителей на прочностные характеристики полимербетонных смесей с разработкой ТИ»

Координатор: Бауржан Бейсенов

Коэффициент подобия 1.3.1

Коэффициент подобия 2.3.1

Замена букв: 11

Интервалы: 0

Микропробелы: 92

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

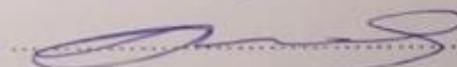
- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

Работа выполнена самостоятельно, с элементами исследования.
Всех значимых замечаний у работ
н. руководителем

18.06.2021

Дата



Подпись Научного руководителя

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Мұралбай Әсел Нұрболатқызы

Название: «Исследование влияния фракционного состава наполнителей на прочностные характеристики полимербетонных смесей с разработкой ТИ»

Координатор: Бауржан Бейсенов

Коэффициент подобия 1:3.1

Коэффициент подобия 2:3.1

Замена букв:11

Интервалы:0

Микропробелы:92

Белые знаки:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

Работа автора самостоятельна на базе экспериментальных исследований с наличием только добросовестными заимствованиями.

Дата

Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Работа допускается к защите



Дата 18.06.2021г

Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения