

АННОТАЦИЯ

диссертации на тему:

«РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АРМИРОВАННОЙ ЗАКЛАДКИ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСОВ РЕДУКТОРОВ»,

представленной на соискание степени доктора философии (PhD)

по специальности 6D070700 – «Горное дело»

БАСКАНБАЕВОЙ ДИНАРЫ ДЖУМАБАЕВНЫ

Обоснование необходимости проведения данной научно-исследовательской работы. Повышение эффективности работы предприятий горно-металлургического комплекса за счет снижения затрат на материалы диктует необходимость изыскания новых материалов с улучшенными характеристиками и меньшей стоимостью, что требует проведения специальных исследований, которые проведены в данной работе.

Научные исследования по теме диссертации осуществлялись в рамках выполнения гранта «2018/AP05131236» по теме: «Модернизация горнометаллургического оборудования с использованием инновационных материалов и компоновок приводов», на 2018-2020 г.г.

Сведения о планируемой научно-технологическом уровне разработки, о патентных исследованиях и выводы из них. Научно-технологический уровень научных разработок соответствует мировым тенденциями, а результаты превосходят по многим параметрам существующий уровень известных разработок.

По теме исследований проведен патентный поиск на глубину 10-15 лет, который показал отсутствие аналогичных исследований. По результатам исследований по теме диссертации получен патент РК № 34808 от 19.02.2021.

Актуальность темы исследований. Современный этап разработки месторождений полезных ископаемых характеризуется ухудшением качества добываемых руд, усложнением условий разработки полезных ископаемых, ростом затрат на основные процессы добычи. Значительное число месторождений руд разрабатывается системами с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями. Это позволяет существенно снизить потери полезного ископаемого в недрах, но увеличивает себестоимость добычи.

Твердеющая закладочная смесь является композиционным материалом с регулируемыми прочностными характеристиками. Поэтому исследования, направленные на повышение прочности закладки способами, позволяющими одновременно снизить ее стоимость является актуальной задачей при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом.

На предприятиях горно-металлургического комплекса большое количество оборудования работает в тяжелых условиях эксплуатации. Это агрессивная среда, высокая запыленность, резкая смена температур и т.д. Исходя из указанного, корпуса оборудования изготавливаются из дорогостоящих металлов, имеют повышенную толщину, а, следовательно, и массу, невысокий

срок службы, что требует частой замены оборудования, значительных материальных и трудовых затрат.

В то же время появившиеся в других промышленных отраслях новые композиционные материалы позволяют заменить металл и избавиться от указанных недостатков. Изыскания новых композитов со свойствами, позволяющими использовать эти материалы в машиностроении весьма актуальны.

Настоящая диссертация посвящена решению этих вопросов путем изыскания новых композиционных материалов со специфическими свойствами и технологии их изготовления и применения.

Целью настоящей работы является повышение эффективности работы предприятий горно-металлургического комплекса за счет использования композиционных материалов с улучшенными характеристиками, соответствующими условиями эксплуатации.

Методика исследований. При выполнении диссертации использовался комплексный метод исследований, включающий критический анализ научно-технической литературы и опыта промышленного производства, проведение теоретических исследований, лабораторные эксперименты, конструкторско-технологические разработки, стендовые испытания, статистическая обработка экспериментальных результатов методами математической статистики.

Задачи исследований.

- Изыскание материалов для новых композиционных материалов с повышенными прочностными характеристиками.
- Теоретическое обоснование рационального соотношения компонентов композиционных материалов, обеспечивающих изделия из них с улучшенными прочностными и технологическими характеристиками.
- Разработка рациональных составов упрочненных закладочных смесей и полимербетонных смесей.
- Разработка оснастки для отливки изделий из полимербетона и технологии изготовления корпусов редукторов из него.
- Оценка эффективности предлагаемых технических и технологических решений.

Научные положения, вносимые на защиту:

1. Добавка в твердеющую закладочную смесь базальтового волокна в количестве 9 кг/м^3 позволяет получить армированную закладку способную эффективно противостоять сейсмическому воздействию взрывных работ за счет увеличения ударной прочности.

2. Полимербетон, который возможно использовать как конструкционный материал в машиностроении должен иметь прерывистую гранулометрию заполнителя, причем рациональная его структура должна быть трехкомпонентной, при которой размер каждой группы заполнителя должен отличаться на порядок.

3. Для получения полимербетона с заданными прочностными характеристиками смешивание компонентов должно происходить при частоте

вращения рабочего органа смесителя 800-1000 об/мин в течение 3... 4 минут, а сушка готового изделия должна осуществляться при температуре 130 °С.

Научная новизна исследования

1. Установлена закономерность изменения ударной прочности армированной закладки от величины добавки в смесь базальтового волокна, что дает возможность проектировать и получать закладочный массив с заданными прочностными характеристиками

2. Разработана модель рациональной структуры полимербетонной смеси с прерывистой гранулометрией заполнителя, что позволяет получить полимербетон высокой плотности и прочности, позволяющий использовать его в качестве конструкционного материала в машиностроении.

3. Установлены закономерности влияния на прочность затвердевшего полимербетона режимов смесеобразования (частоты вращения рабочего органа смесителя, времени перемешивания компонентов), температуры связующего (эпоксидной смолы) и температуры сушки готового изделия, что позволило обосновать рациональный технологический режим изготовления изделий из полимербетона.

Обоснованность и достоверность научных положений, результатов и рекомендаций базируется на использовании стандартных апробированных методик и методов исследований, использования физических и химических законов, высокой сходимостью результатов теоретических и экспериментальных данных, с применением методов статистической обработки результатов экспериментов с высоким показателем корреляции.

Практическая значимость работы. Разработанный и рекомендованный состав армированной твердеющей закладки позволяет повысить ударную прочность закладочного массива при одновременном снижении расхода дорогостоящего вяжущего. Это позволяет расширить область использования систем разработки месторождений полезных ископаемых с твердеющей закладкой выработанного пространства.

Доказана техническая возможность и экономическая целесообразность применения нового композиционного материала- полимербетона предложенного состава в качестве материала для изготовления корпусов редукторов. Разработанные методики подбора рациональных составов полимербетонных смесей, технологии их приготовления и технологии изготовления корпусов редукторов могут быть эффективно использованы в машиностроении с повышенными характеристиками при эксплуатации.

Личный вклад автора состоит в формулировке и обосновании темы диссертационного исследования, постановки задач и проведении теоретических и экспериментальных исследований, формулировке научных положений, в доказательстве их новизны, разработке методического обеспечения проведенных работ, разработке выводов и рекомендации.

Апробация работы. Результаты исследований по диссертации докладывались и получили одобрение на международных научно - практических конференциях: II International Conference Essays of Mining Science and Practice. (2020); Международной научно-практической конференции "Сатпаевские

чтения - 2020"; 2 nd International Scientific and Technical Internet Conference "Innovative Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing" Book of Abstracts. - Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, (2019); Международной научно-практической конференции «Рациональное использование минерального и техногенного сырья в условиях индустрии 4.0» (2019).

На научно-технических советах: ТОО «Хайдаромунай», г.Кызылорда (2018); Филиала корпорации «Дженерал Электрик Интернэшнл Инк.» в Республике Казахстан. Подразделения GE Transportation (2019); ТОО "Зерде - Керамика» г.Шымкент (2019); ТОО «Эман -Эксперт» г.Кызылорда (2019); АО «АЗТМ» (2020).

На научных семинарах кафедр «Горное дело» и «Технологические машины, транспорт и логистика» «Satbayev University» (2019-2021 год).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, в том числе публикации включают 5 статей в журналах, входящих в базу данных Scopus (Naukovyi Visnyk NHU, Mining of Mineral Deposits, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Web of Science, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering) с высоким квартилем Q2; 2 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан; 1 статья в журнале, рекомендованной РИНЦ; 5 докладов на Международных научно-практических конференциях, из них три в дальнем зарубежье (Румыния); 3 статьи в ведущих научных журналах различных стран.

Вклад диссертанта в подготовку публикаций

1 «Studying fiber – reinforced concrete for casting housing parts of pumps». Подбор материалов для обзора, написание обзора и введения, обработка и описание результатов экспериментов, написание заключения.

2 «Substantiation and process design to manufacture polymer-concrete transfer cases for mining machines». Поиск публикаций для обзора и его написание, написание разделов: методика исследований, результаты исследований, оформление графиков, ответы на замечания рецензентов.

3 «Justification of rational parameters for manufacturing pump housings made of fibroconcrete». Написание разделов: введение, методика исследований, математическая обработка и обсуждение результатов экспериментов, оформление статьи.

4 «Polymer concrete and fibre concrete as efficient materials for manufacture of gear cases and pumps». Подбор материалов для обзора и его написание, написание введения, методики и заключения, подготовка графиков и их описание, оформление статьи.

5 «On the reliability of technological innovation systems». Написание разделов: введение, методика, проведение экспериментов и их результаты, оформление статьи.

6 «Исследование оптимального состава фибробетона для изготовления корпусов центробежных насосов». Составление плана статьи, подбор материалов для обзора, написание введения, обзора и заключения.

7 «Полимербетон - новый материал для изготовления корпусов редукторов горных машин». Составление плана статьи, написание разделов: обсуждение результатов исследований и заключения, оформление статьи

8 «Повышение прочности твердеющей закладки армированием базальтовым волокнам». Составление плана доклада и его полная подготовка.

9 «Fiber concrete is an effective material for the manufacture of pump housings». Разработка плана доклада, подбор материалов, написание основной части с обсуждением результатов исследований.

10 «Gearbox bodies made of polymer concrete for mining and metallurgical complex». Подбор материала и его систематизация, написание основных разделов, оформление доклада.

11 «Методика проведения экспериментальных исследований параметров центробежного насоса с корпусом из фибробетона». Разработка плана доклада, подбор и систематизация материалов, написание двух разделов, выступление на конференции.

12 «Use of air bellows for low – speed drive mechanisms». Поиск и подбор материалов для обзора и его написание, статистическая обработка результатов исследований и их описание, написание заключения.

13 «Reliability Estimate of Technical systems containing composite materials through analysis of the concurrent risks». Разработка плана и структуры доклада, систематизация материала и написание основных разделов, оформление доклада.

14 «Manufacturing prospects for polymer concrete gear box». Систематизация экспериментальных данных и описание результатов исследований, написание разделов: методика и обсуждение результатов, оформление статьи.

15 «Изыскание новых конструкционных материалов и технологии изготовления прочных корпусов редукторов и центробежных насосов». Разработка плана статьи, написание обзора, методика и обсуждение результатов, ответы на замечания рецензентов.

16 «За надежность и безопасность на человека как элемент от техники – экономические системы». Написание разделов: актуальность, методика и заключение.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 разделов, основных выводов, списка использованных литературных источников и 10 приложений.

Объем диссертации составляет 107 страниц машинописного текста, 30 таблиц, 48 рисунков, 95 литературных источников.

Основное содержание работы

Индустриальная революция 4.0 для ее активной и эффективной реализации требует использования новых материалов с улучшенными технологическими свойствами, более дешевыми и долговечными. Это позволит заменить традиционно используемые металлы – чугун, стали, различные сплавы.

Среди новых композиционных материалов, которые возможно использовать в горном производстве можно выделить армированную закладку для улучшения прочностных и реологических характеристик, а также полимербетон для изготовления машин и механизмов.

Очень важно получить закладку с высокими прочностными характеристиками, но в то же время с меньшей себестоимостью. Решению этой проблемы может способствовать применение армированной закладки.

Проведенный анализ литературных источников и практики работы горных предприятий Казахстана, стран СНГ и дальнего зарубежья показал, что вопросам использования армированной закладки не уделяется должного внимания, хотя качество искусственных массивов из твердеющей закладки, ее стоимость требуют коренных усовершенствований.

Другим перспективным направлением использования композиционных материалов следует считать применение полимербетона в машиностроении.

Проведенный анализ состояния вопроса – расширения в горном производстве использования композиционных материалов показал, что в настоящее время мало исследований, которые бы обосновали возможность, эффективность и экономичность использования таких новых материалов. Для этих целей, как показал анализ необходимо решить ряд научно-технических и проектно-конструкторских задач.

1. По направлению использования армированной закладки:
 - Обосновать применение определенного типа армирующего элемента;
 - установить рациональное количество армирующего элемента;
 - предложить рациональные составы закладки с армирующим элементом;
 - разработать технологию приготовления армированной закладки.
2. По направлению использования полимербетона для изготовления корпусов редукторов:
 - Исследование работы корпуса редуктора;
 - изыскание рациональных компонентов для полимербетона;
 - изыскание рационального состава полимербетонной смеси для изготовления корпуса редуктора и экспериментальное его подтверждение;
 - конструкторско – технологическая разработка оснастки для литья, корпуса редуктора из полимербетона;
 - экспериментальные исследования технологии отливки корпуса редуктора из полимербетона;
 - полупромышленные испытания корпуса редуктора из полимербетона;
 - оценка экономической эффективности применения корпусов редукторов из полимербетона.

Как и в традиционно армированных структурах, упрочнение закладки волокнами или фибрами основывается на том, что волокнам передается приложенная нагрузка посредством касательных сил, действующих на поверхности раздела, и, если модуль упругости армирующих элементов больше модуля упругости смеси, то основную часть приложенных напряжений воспринимают волокна, а общая прочность закладочного массива пропорциональна их объемному содержанию. Эффективность работы закладки

с упрочняющими их базальтовыми волокнами зависит от характера их расположения и ориентации в массиве.

Для экспериментального подтверждения предлагаемого способа упрочнения закладки необходимо было решить две задачи.

Первая - это установление факта эффективного повышения прочности армированной закладки по сравнению с традиционной и выявление закономерностей динамики этого процесса.

Вторая задача – установление оптимальной добавки базальтового волокна для упрочнения твердеющей закладки.

В качестве базового состава закладочной смеси использовался состав, применяемый на Маллевском руднике Зырянского горно-обогатительного комплекса ТОО «Казцинк».

Исследованиями установлено, что объемная доля волокна в массиве должна быть достаточно велика для того, чтобы доля нагрузки, воспринимаемая волокном, было как можно больше. Однако, если содержание волокон в материале превышает некоторый уровень, то это приведет к ухудшению свойств материала вследствие того, что смесь не в состоянии пропитать все пучки волокон. В результате этого сцепление волокон со смесью уменьшается, в массиве могут образоваться пустоты.

С целью установления оптимальной добавки базальтового волокна для упрочнения твердеющей закладки были проведены эксперименты.

Статистическая обработка результатов экспериментов позволила получить математическое выражение зависимости прочности закладки от величины добавки в смесь армирующего элемента – базальтового волокна, имеющее вид:

$$\sigma = 0,0489m^2 + 0,9869 \text{ МПа}, \quad \sigma < m < 12 \quad (1)$$

где σ – прочность закладки, МПа,

m – масса базальтового волокна в объеме смеси, кг/м³;

Графически эта зависимость представлена на рисунке 1

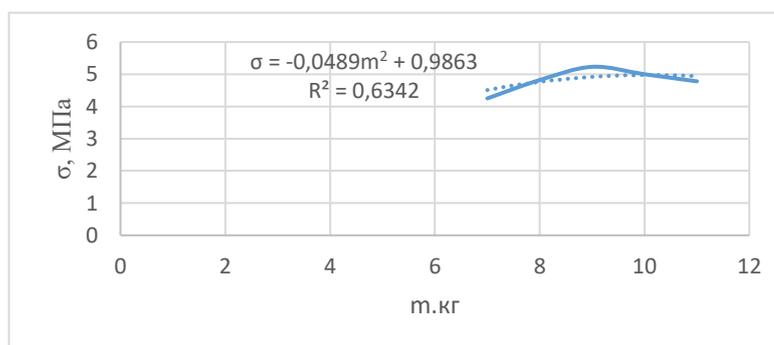


Рисунок 1 - Зависимости прочности закладки от величины добавки в смесь армирующего элемента – базальтового волокна.

Анализ результатов экспериментов показывает, что оптимальным количеством армирующего элемента является добавка базальтового волокна 9

кг/м³. При этом смесь имеет наилучшие прочностные характеристики, сохраняя необходимую подвижность.

Как показали исследования для достижения проектной прочности закладки 4,0 МПа (это практически максимальная необходимая прочность, для большинства горных предприятий Казахстана) при использовании закладочных смесей, армированных базальтовым волокном возможно сократить расход цемента на 35...42 кг/м³. При этом армированная закладка при той же прочности 4,0 МПа будет гораздо эффективнее противостоять ударному сейсмическому воздействию взрывных работ.

При изготовлении композиционных материалов важным является подбор исходных компонентов. От их состава, физико – химических и технических характеристик будут зависеть окончательные характеристики нового материала: прочность, модули Пуассона и Юнга, технологичность, способность к обработке. Причем эти характеристики должны в большой степени соответствовать требованиям к изделиям, которые предстоит изготавливать из нового композиционного материала. В нашем случае – это корпус редуктора, испытывающий определенные нагрузки от статических и динамических усилий, вибрации и ряда других, возникающих при эксплуатации редуктора.

Проведенный анализ материалов, используемых для приготовления полимербетонов, с учетом приобретения свойств для изготовления корпусов редукторов, позволил принять к дальнейшим исследованиям следующие исходные компоненты:

- крупный заполнитель – бутовый щебень;
- мелкий заполнитель – кварцевый песок;
- наполнитель – кварцевая мука;
- связующее – эпоксидная смола ЭД -20.

Для того, чтобы добиться улучшенных прочностных и упругих характеристик затвердевшего полимербетона необходимо в первую очередь добиться того, чтобы смесь была гомогенной.

Изложенные позволяет сделать вывод о том, что основным фактором, обеспечивающим получение гарантированных характеристик полимербетона является оптимальная структура смеси, т.е. рациональное соотношение составляющих смесь компонентов, а затем уже способ и технология приготовления самой смеси – качественное перемешивание компонентов.

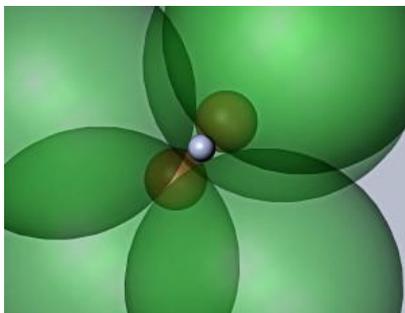
Для этого были проведены специальные исследования для обоснования рациональной структуры смеси и, как следствие, количественное соотношение ее составляющих – заполнителей и связующего.

Эта задача решалась путем сочетания теоретических исследований с проверкой их результатов экспериментально.

Проведя некоторые теоретические исследования, в частности, объемное моделирование, установлено, что для наиболее плотного заполнения воздушных пустот в смеси, она должна иметь прерывистую гранулометрию, т.е. состоять из 2-3 фракций. Размеры зерен каждой из фракций должны примерно на порядок отличаться друг от друга. Это связано с пустотностью заполнителя.

На рисунке 2 показано, как располагаются гранулы например размеров 1,2 мм; 0,2 мм и 0,02 мм, в смеси. Если отобразить все гранулы в объеме, на рисунке, то крупные будут заслонять мелкие. Для наглядности оставлены лишь несколько гранул а более крупные являются – прозрачными.

Рисунок 2 – Расположение гранул размеров 1,2 мм; 0,2 мм и 0,02 мм, в смеси



В этом случае пустоты в зернах большей крупности (бутового щебня) заполняются более мелкими частицами (кварцевого песка), а пустоты в мелком заполнителе заполняются тонким наполнителем (кварцевой мукой).

В результате появляется плотная структура, обеспечивающая в итоге высокую прочность полимербетона при его отвердевании. Это положение легло в основу методики выбора рационального состава полимербетона для изготовления корпуса редуктора.

Правильно выбранное соотношение различных фракций заполнителей очень важно при проектировании состава смеси. Избыточное содержание заполнителя, а также чрезмерное содержание тонких фракций повлекут за собой получение излишне вязкой смеси, что затруднит в дальнейшем отливку изделий из нее, а также большого скопления воздуха у поверхностного слоя.

Большое количество крупной фракции может явиться причиной недостаточной пропитки ее смолой, что может привести к возникновению дефектов в изделии из – за неравномерной усадки смеси в процессе изготовления изделия из нее.

Для нашего случая, количество крупной фракции должно составлять 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.

По данной методике выбран рациональный состав полимербетонной смеси для дальнейших исследований:

- бутовый щебень - 50-52%, кварцевый песок 25-27%, кварцевая мука 10,5-11,5 %, смола ЭД2- 20%. Состав защищен патентом РК № 34808.

Одной из основных характеристик полимербетона, который предполагается использовать для изготовления корпусов редукторов является прочность на сжатие и изгиб. С целью определения этих характеристик для

выбранного состава полимербетона были проведены специальные исследования по следующей методике.

Анализ данных экспериментов позволил сделать следующие выводы

1. Прочность при изгибе образца в полимербетон почти в 5...6 раз превысила данные по прочности, приведенные в литературе и составляет 80-85 МПа.

2. Наибольшую прочность показали пробники, изготовленные с наполнителем из бутового щебня.

Анализ экспериментальных данных позволил констатировать следующее.

Наивысшей прочностью характеризуется состав полимербетона на основе бутового щебня, кварцевого песка и муки. Она в 10...12 раз превышает данные литературных источников для строительных полимербетонов и составляет 130-135 МПа.

Таким образом для дальнейших исследований следует ориентироваться на этот состав полимербетона. Он по своим характеристикам в полной мере отвечает конструкционным материалам для изготовления корпусов редукторов методом отливки. Это – необходимая прочность на сжатие и изгиб, а также высокая подвижность смеси после ее приготовления. Полученные характеристики предлагаемого состава полимербетона позволяют изготавливать корпуса редукторов с уменьшенной толщиной стенок меньшей массой, что дает возможность получить изделие с низкой стоимостью. Для этого необходимо разработать соответствующую технологию и разработать соответствующую оснастку для нее.

Как показал – анализ лучшая технология изготовления корпусов редукторов – это их отливка. Такая технология является наиболее совершенной, малозатратной, исключая необходимость механической обработки деталей, обеспечивающей высокую точность их изготовления.

В качестве материала для формирования внешних и внутренних поверхностей был использован литейный силикон.

Предложена конструкция матрицы, которая позволяет с высокой степенью технологичности производить отливку изделий из полимербетона используя существующие устройства механизации при минимальных затратах ручного труда (рис.3).



Рисунок 3 – Установка разделительной пластины в каркас основания редуктора

Как указывалось ранее важно получить гомогенную полимербетонную смесь.

Частота вращения рабочего органа смесителя обеспечивает эффективное распределение компонентов полимербетонной смеси с равномерным их размещением во всем объеме. Это позволяет получить полимербетон с гарантированными характеристиками. С целью получения закономерности влияния скоростного режима работы смесителя проведены лабораторные эксперименты.

После статистической обработки результатов экспериментов получена закономерность влияния частоты вращения рабочего органа смесителя на прочность полимербетона, приведенная на рисунке 4

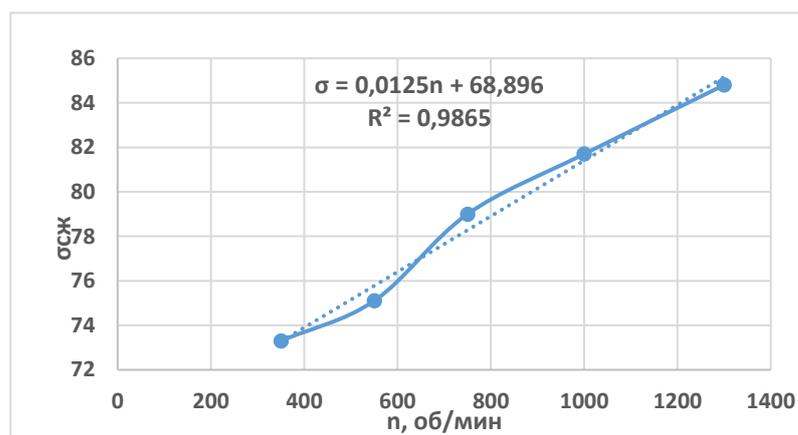


Рисунок 4 – Закономерность влияния частоты вращения рабочего органа смесителя на прочность полимербетона

Анализ полученной закономерности позволяет сделать вывод о том, что прочность полимербетона растет пропорционально увеличению частоты вращения. Это объясняется гомогенизацией смеси, что обеспечивает изотропность затвердевшего полимербетона. Однако для получения необходимой прочности полимербетона 75...80 МПа достаточна частота вращения 600...900 мин⁻¹. Дальнейшее увеличение частоты вращения приведет к перерасходу электроэнергии и увеличению стоимости полимербетона.

Одним из важнейших факторов, влияющих на качество полимербетонной смеси является время перемешивания. Учитывая различие в характеристиках исходных материалов, оно должно быть достаточным для равномерного размещения всех компонентов в объеме смеси. Это обеспечит ее гомогенность, что в свою очередь дает возможность рационального ее размещения в формах без образования внутренних пустот (раковин), снижающих прочность затвердевшего полимербетона.

По результатам статистической обработки этих данных на рисунке 5 представлена закономерность, описывающая этот процесс.

Анализ результатов экспериментов показал, что для достижения требуемой прочности полимербетона для изготовления корпусов редукторов вполне достаточно время перемешивания 3...4 мин. Дальнейшее время перемешивания не приводит к существенному росту прочности, поэтому его нерационально увеличивать.

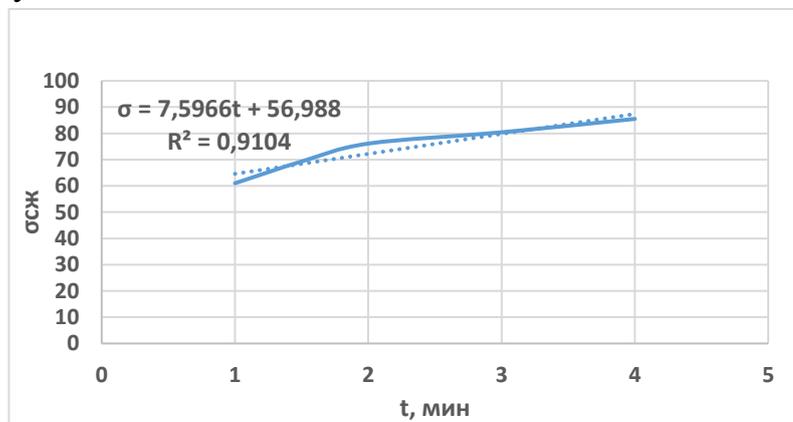


Рисунок 5 – Зависимость влияния времени перемешивания на прочность затвердевшего полимербетона

Важную роль в связывании компонентов полимербетона является температура смолы. В окончательном варианте предложенного для отливки корпусов редукторов состава полимербетона ранее установлено рациональное содержание смолы ЭДН в количестве 11 %.

Для лучшего режима работы смолы, как связующего хорошо обвалакивающего зерна заполнителя, было проведено исследование влияния температуры смолы на конечный результат – прочность затвердевшего полимербетона.

В результате статистической обработки результатов экспериментов получена закономерность влияния нагрева ЭДН-20 на прочность изделий из полимербетона, представленный на рисунке 6

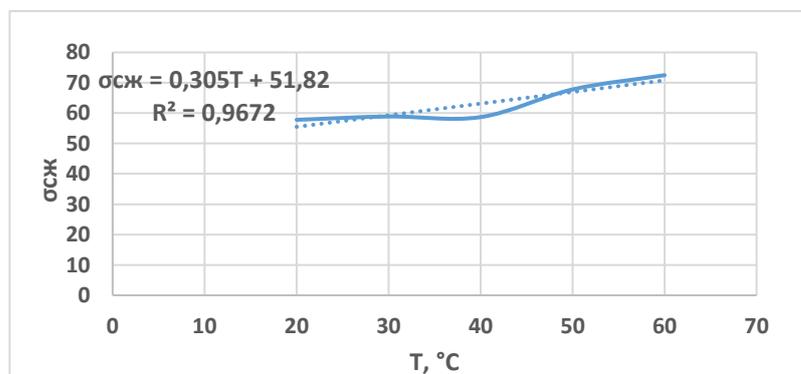


Рисунок 6 – Влияние температуры смолы, на прочность затвердевшего полимербетона

Как показали результаты экспериментов для достижения необходимой прочности изделий из полимербетона необходимо подогревать эпоксидную

смолу до температуры 60 °С. Это температура позволяет повысить текучесть смолы и обеспечить условия для лучшего обволакивания зерен заполнителя смеси.

Набор прочности при отвердевании изделий из полимербетона может занимать достаточно длительный период. Поэтому данный процесс необходимо интенсифицировать, подвергая готовое изделие сушке.

С этой целью были проведены эксперименты с рекомендованным составом полимербетона.

На рисунке 7 представлены графически это закономерность и уравнение регрессии после статистической обработки результатов экспериментов.

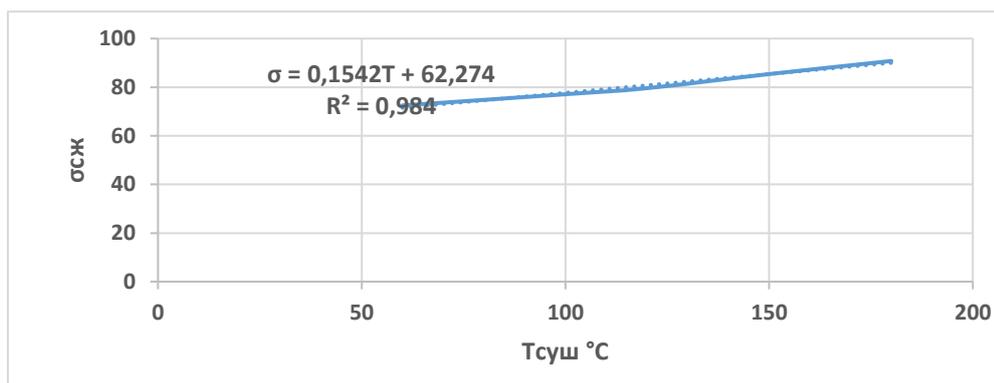


Рисунок 7 – Влияние температуры сушки на прочность изделий из полимербетона

Анализ полученных результатов показал, что для достижения заданной прочности рациональной является температура сушки 120...130⁰С. Она обеспечивает стабильно заданную прочность изделий из полимербетона.

Таким образом эти исследования дали возможность выявить ряд закономерностей, использование которых позволяет проектировать полимербетонные смеси с гарантированными характеристиками.

На основе полученных закономерностей и результатов исследований разработана «Технологическая инструкция по технологии приготовления полимербетонной смеси».

Очень важным моментом для получения отливок деталей корпусов редукторов, отвечающих требованиям ТУ является формование их из полимербетона. Учитывая тот момент, что отливка деталей из полимербетона существенно отличается от технологии литья из металлов, были проведены специальные исследования, которые дали возможность отработать технологию литья с учетом особенностей полимербетонных смесей.

Исследованиями отработаны наилучшие варианты этих операций.

Проведенные исследования позволили разработать «Технологическую инструкцию на литье элементов корпусов редукторов Ц2-250 из полимербетона». Эта инструкция позволяет регламентировать все действия по отливке элементов корпусов редукторов из полимербетонной смеси и обеспечивает высокое качество изделий.

По результатам проведенных работ были отлиты нижняя и верхняя крышки редуктора Ц2-250 (рисунок 8 – 9), собран редуктор и представлен на испытания.



Рисунок 8 – Верхняя крышка корпуса редуктора



Рисунок 9 – Нижняя крышка корпуса редуктора

Для сравнительных испытаний редуктора Ц2-250 с корпусом из полимербетона и с металлическим корпусом был разработан и изготовлен специальный стенд.

В процессе стендовых испытаний была проведена оценка состояния корпуса редуктора, изготовленного из полимербетона. Ее проводили по двум критериям: по внешнему виду: шероховатость, волнистость, наличие пор и раковин, наплывов и тд.

Таким образом испытаниями установлено, что редуктор с корпусом из полимербетона не уступает по своим характеристикам металлическим корпусам, а по ряду параметров превосходит их.

Заключение

Диссертация является научно – квалификационной работой, в которой дано новое решение задач повышения ударной прочности искусственных закладочных массивов путем армирования твердеющей закладки базальтовым волокном и обоснования использования полимербетона для изготовления корпусов редукторов. Выполненные исследования позволили формулировать следующие выводы и рекомендации.

1. Техническая революция 4.0 требует широкого использования новых материалов с улучшенными характеристиками для существенного повышения эффективности производства снижения производственных затрат и повышения производительности труда.

2. Искусственные закладочные массивы должны противостоять разрушению от воздействия горного давления и сейсмического действия взрывных работ. Засорение рудной массы закладочным материалом приводит к снижению извлечения полезных компонентов при обогащении, что требует увеличения ударной прочности закладки.

3. Установлено, что армирование твердеющей закладки фибрами базальтового волокна в количестве 5...7% от массы вяжущего позволяет увеличить ударную прочность искусственного закладочного массива получить нормативную прочность закладки при снижении расхода вяжущего на 18...20%.

4. Наиболее рациональной является структура полимербетонной смеси, имеющей трехкомпонентный состав заполнителя с прерывистой гранулометрией, где мелкий заполнитель заполняет пустоты в крупном, а тонкий – в мелком, причем гранулометрический состав крупного, мелкого и тонкого заполнителя должны отличаться друг от друга на порядок.

5. Теоретическими и экспериментальными исследованиями для изготовления корпусов редукторов рекомендован состав полимербетонной смеси (% по массе): бутовый щебень 50-52%, кварцевый песок 25-27%, кварцевая мука 10,5-11,5 %, эпоксидная смола 20%, отвердитель 2%. Этот состав защищен патентом Республики Казахстан.

6. Основными факторами, влияющими на прочность полимербетона и изделий из него являются частота вращения рабочего органа смесителя, время перемешивания компонентов, температура смолы, параметры виброуплотнения, а также температура сушки готового изделия. Экспериментально установлены рациональные параметры приготовления полимербетонной смеси и ее отверждения в изделии:

- частота вращения рабочего органа смесителя 600 – 800 об/мин
- время перемешивания компонентов 3...4 мин
- температура смолы 60 С°
- частота колебаний вибрирования при формировании смеси 2900±100 кол/мин
- амплитуда колебаний вибростола 0,4±0,05 мм.
- продолжительность вибрирования 100±30 с
- температура сушки готового изделия 120...130 °С

7. Разработанные технологические инструкции по приготовлению полимербетонных смесей и отливке из них корпусов редукторов позволяют обеспечить стабильный производственный процесс с гарантией высокого качества изделий.

8. Проведенные сравнительные стендовые испытания редукторов Ц2-250 с корпусами из металла и полимербетона показали, что редуктор с корпусом из полимербетона не уступает по своим характеристикам металлическим корпусам, а по ряду параметров превосходит их: масса снижается в 2...2,5 раза, толщина стенок – на 18-20%, прогнозный срок службы увеличивается в 1,5 раза, себестоимость ниже на 37.4%.

9. Проведенные экономические расчеты показали, что экономический эффект составляет:

✓ от внедрения упрочненной закладки базальтовым волокнам в расчете на 1 млн.т добычи руды 243 600 000 млн.тенге;

✓ 89668,7 тенге на один корпус редуктора Ц2-250, что в расчете на годовой выпуск 1000 редукторов составит 86,688 миллионов тенге.