



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

MATERJALITEHNIKA INSTITUUT

MTT40LT

Ivan Moltšanov

SISSETÖÖTLUSE KESTVUSE MÄÄRAMINE JA ABRASIIVJOA
KIIRUSE MÕJU METALLISULAMITE, KERAAMIKA, KERMISE,
KUMMI JA PLASTMASSI EROSION KULUMIS
INTENSIIVSUSELE IV PARTII KVARTSLIIVA KASUTADES
Bakalaureusetöö

Autor taotleb
tehnikateaduste bakalaureuse
akadeemilist kraadi

Tallinn
2014



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

МТТ40ЛТ

Иван Молчанов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРИРАБОТКИ И
ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ НА ЭРОЗИОННЫЙ ИЗНОС
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ, КЕРАМИКИ, КЕРМЕТА, РЕЗИНЫ
И ПЛАСТМАССЫ КВАРЦЕВЫМ ПЕСКОМ ПАРТИИ IV

Автор ходатайствует о
получении академической степени
бакалавра технических наук

Таллинн
2014

Autori deklaratsioon

Deklareerin, et see töö on koostatud iseseisvalt. See töö ei ole varem esitatud kaitsmisele.
Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega

Autor: Ivan Moltšanov

Kuupäev:

Allkiri:

Bakalaureuse lõputöö ülesanne

2014. aasta kevadsemester

Üliõpilane:	Ivan Moltšanov, 104158	(nimi, kood)
Õppesuund:	Materjalitehnika	
Juhendaja:	Maksim Antonov, Vanemteadur, Tribolabori Juhataja, MTI, TTÜ	(amet, nimi)
Konsultandid:	Dmitri Goljandin, MTI, TTÜ Ahto Vallikivi, MTI, TTÜ	(nimi, amet, telefon)

LÕPUTÖÖ **Sissetöötamise kestvuse määramine ja abrasiivjoa kiiruse mõju**
TEEMA: **metallisulamite, keraamika, kermise, kummi ja plastmassi**
erosioon kulumis intensiivsusele IV partii kvartslüüa kasutades

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Kirjanduse lugemine ja teiste infoallikate uurimine. Teemad uurimiseks: materjalid, kulumine, erosioon, sissetöötamine.	31/03/2014
2.	Katsetamine	14/04/2014
3.	Andmete analüüs	28/04/2014
4.	Lõputöö kirjutamine	19/05/2014

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

Töö eesmärgiks on uue liiva partii analüüs, minimaalse katsekestvuse määramine ja abrasiivsejoakiiruse mõju kulumisprotsessile.

Esitatav graafiline materjal:

Liiva pildid, graafikud ja teised skeemid ja joonised üliõpilase soovidel.

Lõputöö esitamise tähtaeg 19/05/2014

Üliõpilane Ivan Moltšanov /allkiri/ kuupäev 06/03/2014

Juhendaja Maksim Antonov /allkiri/ kuupäev 06/03/2014

Kontakttelefon 555 71072 E-mail: Maksim.Antonov@ttu.ee

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel - (nõuded puuduvad)

Содержание

Autori deklaratsioon.....	3
Bakalaurese lõputöö ulesanne.....	4
Содержание.....	5
Eessõna.....	7
Введение.....	8
1. Обзор литературы.....	9
1.1. Трение, изнашивание, износ.....	9
1.1.1. Разновидности износа.....	9
1.1.2. Методы измерения износа	10
1.1.3. Приборы для измерения износа, имеющиеся в ТТУ.....	11
1.2. Материалы.....	15
1.2.1. Сплавы алюминия.....	15
1.2.2. Износостойкий сплав Hardox.....	16
1.2.3. Нержавеющая сталь.....	17
1.2.4. Керамические материалы	18
1.2.5. Резина.....	18
1.2.6. Керметы (твердые сплавы)	19
1.2.7. Пластмассы.....	20
2. Цель работы.....	21
3. Практическая часть.....	22
3.1. Описание применяемых приборов.....	22
3.1.1. Эрозионный ускоритель.....	22
3.1.2. Набор сит.....	24
3.1.3. Весы для измерения потери веса.....	25
3.2. Определение фракции песка партии IV.....	26
3.2.1. Изображение частичек песка (электронный микроскоп)	29
3.2.2. Сравнение с песком партии III.....	30

3.3. Просеивание песка для получения заданной фракции.....	31
3.4. Определение продолжительности приработки материалов.....	32
3.5. Определение влияния скорости на износ материалов.....	37
3.6. Выводы.....	39
Kokkuvõtte.....	40
Summary.....	42
Список литературы.....	44

Графическая часть:

Крепеж

Крышка

Эрозионный ускоритель

Eessõna

Lõputöö teema « Sissetöötuse kestvuse määramine ja abrasiivjoa kiiruse mõju metallisulamite, keraamika, kermise, kummi ja plastmassi erosioon kulumis intensiivsusele IV partii kvartslüüva kasutades » oli mulle pakutud minu juhendaja Maksim Antonovi poolt. Töö peamine põhimõte on läbiviia mitme materjali erosioonilise vastupidavuse kontroll. Antud teemas on olemas mitu praktilisi katseid, mis on tehtud erosioonilise kiirendaja ja muu vahendite abil. Mulle pakus huvi selle teema praktiline osa ja võimalus tutvuda uuete seadmetega.

Введение

В данной работе необходимо провести опыты над множеством материалов и узнать их стойкость к абразивному износу. Из материалов выбрали нержавеющую сталь, высокоизносостойкий материал Nadrox 400, алюминий, резину, пластмассу и разные виды керамики. Данные материалы требуется пропустить через эрозионный ускоритель с разными скоростями по очереди. Струи абразива попадают на материалы под углом 30° и отталкиваются от него, образуя износ. Предстоит так же сделать анализ абразива. Перед каждым опытом следует тщательно промывать детали и замерять их вес. Таким образом может наблюдать подробно за процессом абразивного износа и провести анализ каждого материала замерами до и после приработки через эрозионный ускоритель.

Для данной работы нам понадобится:

- Набор сит
- Эрозионный ускоритель САК-5
- Точные весы для измерения веса

В данной работе рассматривается описание каждого используемого прибора, каждого материала и теоретическая часть про разновидности износа и методов их измерения.

1. Обзор литературы

1.1. Трение, изнашивание, износ

1.1.1. Разновидности износа

Износ – процесс столкновения двух поверхностей друг с другой в результате образуется повреждение одного или обеих поверхностей, в общем случае прогрессирует в потерю веса. В большинстве случаев износ причиняет вред, которые ведёт к увеличению зазора между движущимися компонентами, не желательную свободу хода и потерю точности [1].

Изнашивание - классифицируется как процесс отделения материала с поверхности твердого тела и увеличения его остаточной деформации [2].

К главным видам износа можно отнести следующие виды.

1. **Адгезионный износ** возникает в условиях трения, когда два гладких тела скользят друг по другу и частицы материала, вырванные с одной поверхности, прилипают к другой. Этот вид износа имеет место, когда атомы контактирующих поверхностей входят в близкий контакт. На площадях контакта при скольжении поверхностей всегда существует вероятность того, что из-за адгезионных сил разрушение этого контакта происходит не по первоначальной поверхности раздела одного материала, а внутри него [2].
2. **Абразивный износ** возникает когда материал удаляется или смещается с поверхности твёрдыми частицами или твёрдыми выступами на сопряженной поверхности прижимаясь или скользя [1].
3. **Коррозионный износ** имеет место, когда контакт поверхностей происходит в коррозионных средах. В процессе скольжения образующиеся на поверхности пленки разрушаются и коррозионное воздействие распространяется вглубь материалов [2].
4. **Поверхностная усталость** наблюдается во время многократного скольжения или качения по одним и тем же поверхностям с непрерывно повторяющимися циклами нагружения и разгрузки [2].
5. **Фреттинговый износ** включает в себя небольшое колебательное движение между двумя твёрдыми поверхностями. Направление движения обычное, но не обязательно касательно поверхности. Амплитуда движения варьируется от 1 до 100 микрометров [1].

Установлено два наиболее решающих фактора, влияющих на процесс схватывания трущихся тел: их температура и нагрузка [2]

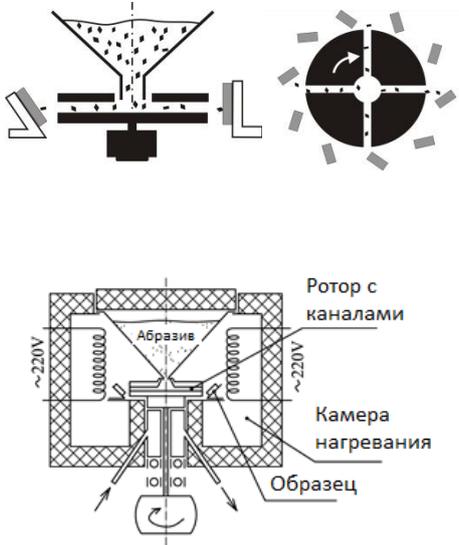
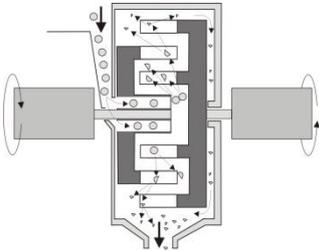
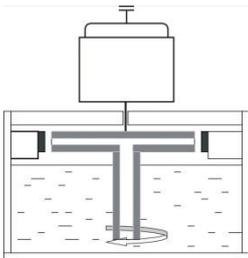
1.1.2. Методы измерения износа

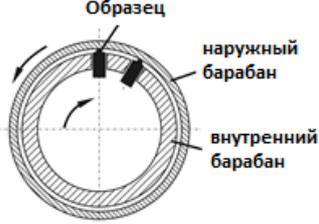
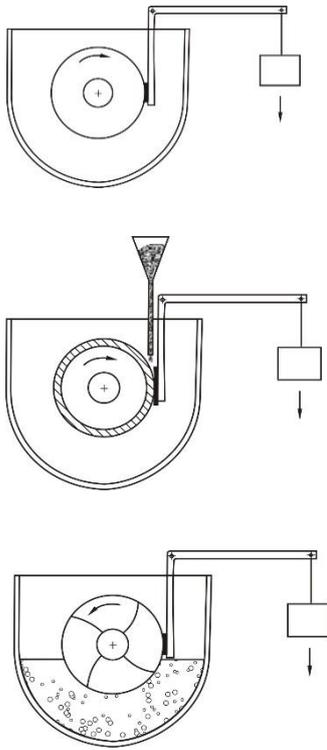
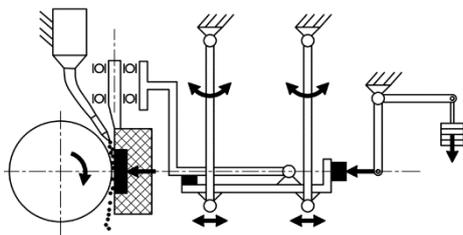
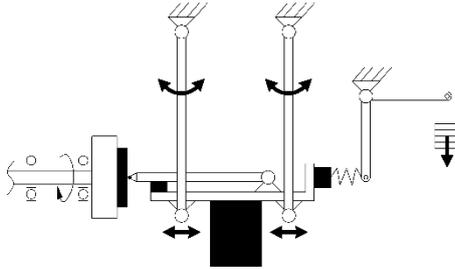
В практике исследования износостойкости деталей наиболее часто применяют следующие методы: микрометрирование, взвешивание, снятие профилограмм, метод искусственных баз, радиоизотопные методы (радиоактивные изотопы и индикаторы, нейтронная активация), спектральный анализ [3].

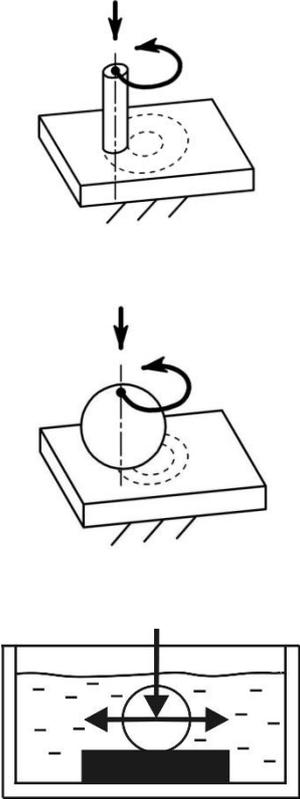
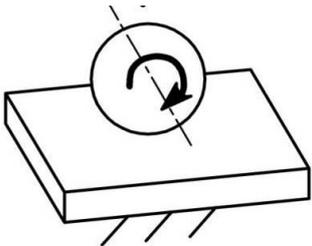
Наиболее распространенным и доступным методом определения величины износа является метод микрометрических измерений. Этот метод чаще всего используется при условии больших абсолютных величин износа деталей. Он основан на измерении детали при помощи механических контактных или каких-либо других приборов до и после испытания на изнашивание [3].

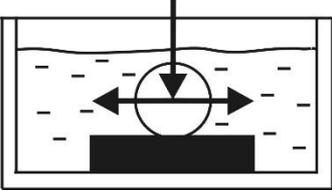
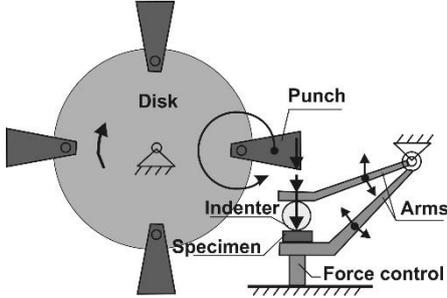
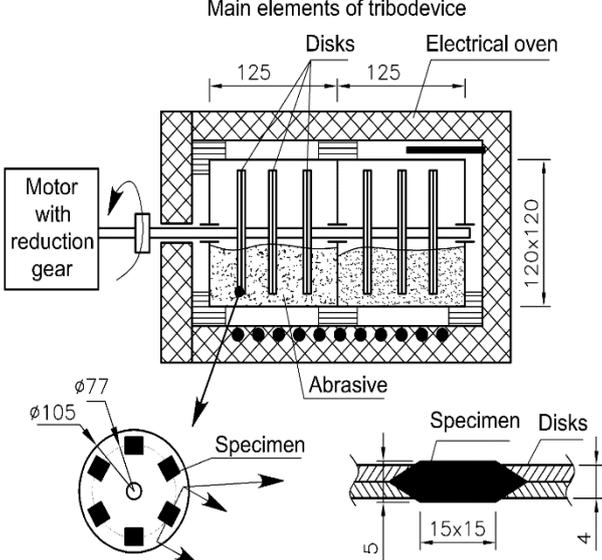
- Взвешивание деталей до и после изнашивания. Применяют для проверки состояния поршневых колец, вкладышей, втулок. При этом определяют суммарный массовый (весовой) износ деталей [3].
- Снятие профилограмм. Преимущества—высокая точность измерений, возможность определения шероховатости и волнистости. Недостатки—большая трудоемкость из-за операций разборки-сборки, сложность снятия профилограмм, невозможность исследования деталей, подверженных пластической деформации [3].
- Метод искусственных баз. Основан на определении местного износа детали по изменению линейных размеров отпечатков или лунок, вырезанных на их поверхности. В процессе изнашивания детали длина лунки сокращается, глубина ее уменьшается. Зная первоначальные размеры и размеры, полученные после испытаний, определяют износ деталей [3].
- Радиоизотопные методы. Включают способы радиоактивных изотопов, радиоактивных индикаторов, нейтронной активации. Преимущества метода радиоактивных изотопов: не требует разборки, отличается высокой чувствительностью и скоростью исследований. Недостатки: дорогостоящее оборудование, специальные меры защиты, сложность процесса активации [3].
- Спектральный анализ. Применяют для определения износа сборочных единиц без их разборки. Спектральный анализ избирателен. Этим методом можно определить качественный и количественный состав масел на присутствие в них различных элементов (например, железа, меди, алюминия, свинца, хрома, сурьмы, цинка, углерода, кремния, фосфора, серы и др.). Метод очень чувствительный. [3].

1.1.3. Приборы для измерения износа, имеющиеся в ТТУ

Тип износа	Схема	Описание/Параметры
<p>Абразивная эрозия</p> <p>► При комнатной температуре</p> <p>► При высокой температуре</p> <p>20 – 650 °С</p> <p>(Возможность провести опыт с инертным газом)</p>	<p>Центробежный ускоритель</p> 	<p>Угол атаки 15-90°</p> <p>Скорость струи частиц 0-80 м/сек</p> <p>Размер абразива до 1.0 мм</p> <p>15 / 20 образцов за тест</p>
<p>Абразивный износ с ударом</p>		<p>Скорость первого соударения 40-125м/сек, второго до 200м/с</p> <p>Размер абразива до 7 мм</p> <p>14+14 образцов за тест</p>
<p>Гидроабразивная эрозия</p>		<p>Скорость: 3-35 м/с (обычно 20 м/с)</p> <p>Содержание абразива до 60 %</p> <p>30-35 образцов одновременно</p>

<p>Трение скольжения</p>	<p>Трибометр центробежного типа</p> 	<p>12 / 16 образцов за тест</p> <p>Скорость до 30 м/сек</p>
<p>Блок-по-Колесу трибометры</p> <p>▶ Трение скольжения</p> <p>▶ Абразивный износ при низких контактных напряжениях (с резиновым колесом)</p> <p>▶ Гидроабразивный</p>		<p>Диаметр колеса \varnothing 228.6 (стальное) \varnothing 228.6 или 80 (резиновое)</p> <p>Скорость 0.1-15м/с</p> <p>Усилие 1-250Н</p> <p>Создание усилия - гириями</p> <p>Один образец за тест</p>
<p>Трение скольжение без или с использованием абразива</p>	<p>Блок-по-Колесу схема</p>  <p>Шар-по-Диску или Палец-по-Диску схемы</p>  <p>Возможность изучать влияние инерции</p>	<p>Температура 20-450°C (Блок-по-Колесу схема)</p> <p>Усилие 1-200 Н</p> <p>Частота вращения 30-700 об/мин</p> <p>Один образец за тест</p> <p>Создание усилия - гириями</p>

<p>Трение скольжения или фреттинг с использованием универсального трибометра CETR/Bruker UMT-2</p>		<p>Шар-по-Диску или Палец-по-Диску схемы</p> <p>Шар 3 или 10мм Усилие 0.1-200 Н Серво-контроль с пружинной подвеской</p> <p>Скольжение: Частота вращения 0.1-1000 об/мин Температура 20-1000°C Возможно в среде защитного газа</p> <p>Фреттинг: Ход 0.1-25 мм Частота 0.1-25 Гц Возможен контроль влажности</p> <p>Один образец за тест</p>
<p>Трение скольжение без или с использованием абразива</p>		<p>Усилие зависит от веса шара</p> <p>Диаметр шара 15-30мм Частота вращения 20-500 об/мин Абразив – алмазная суспензия с размером частиц 1мкм Один образец за тест</p>

<p>Фреттинг</p> <p>Wazau SVT500 с пневмоподшипниками</p>		<p>Шар-по-Диску или Палец-по-Диску схемы</p> <p>Возможно в жидкости</p> <p>Диаметр шара или пальца 6-10мм</p> <p>Ход до 2 мм</p> <p>Частота 0.1-40 Гц</p> <p>Температура 20-150°C</p> <p>Усилие 0-500 Н</p> <p>Создание усилия – гириями</p> <p>Один образец за тест</p>
<p>Поверхностная усталость</p>		<p>Частота 12-100 Гц</p> <p>Диаметр шара 5-20 мм</p> <p>Один образец за тест</p>
<p>Абразивный износ оксидной пленки</p>	<p>Main elements of tribodevice</p> 	<p>Скорость 0-0.1 м/с</p> <p>Температура 20-900 °C</p> <p>Давление со стороны абразива 200-400 Н/м²</p> <p>Возможно тестирование одновременно в двух абразивах.</p> <p>18+18 образцов одновременно</p>

Переведено с источника [13].

1.2. Материалы

1.2.1 Сплавы алюминия

Алюминий имеет огромное значение в промышленности из-за высокой пластичности, большой тепло и электропроводности, слабой коррозии, т.к. образующая на поверхности пленка Al_2O_3 защищает металл от окисления. Из него делают тонкий прокат, фольгу, любой профиль прессованием и другими видами обработки давлением. Из него изготавливают разного типа провода, применяют в электроаппаратуре. Как конструкционный материал алюминий чаще всего применяется в сплавах со следующими легирующими элементами: Cu, Zn, Mg, Ni, Fe, Mn, Ti, Si, Cr, которые формируют упрочняющие зоны и фазы [4].

Сплав алюминия с медью называется дуралюминием (дюраль); сплав с кремнием – силумин – только литейный сплав. Сплав с марганцем – AlMn одновременно повышает коррозионную стойкость; Ni, Ti, Cr, Fe повышает жаропрочность сплавов, затормаживая процесс диффузии; литий и бериллий способствуют возрастанию модуля упругости [4].

Все алюминиевые сплавы можно разделить на деформируемые (получают лист, трубы, профиль, паковки, штамповки) и литейные – для фасонного литья. Сплавы алюминия нашли широкое применение прежде всего в авиации, автомобилестроении, судостроении и др. отраслях народного хозяйства [4].

Алюминиевые сплавы подразделяются на деформируемые и литейные. Порошковые материалы, композиты деформируются, а иногда лются.

Неупрочняемые сплавы Al – Mn и Al – Mg. Это стойкие в коррозии материалы, идущие на изготовление бензо -, маслобаков, корпусов судов.

Упрочняемые сплавы Al -Mg – Si идут для изготовления лопастей и деталей кабин вертолетов, барабанов колес гидросамолетов [4].

Высокопрочные сплавы Al – Zn – Mg – Cu. Более прочны, чем дуралюминий, обладают лучшей коррозионной стойкостью и применяются для изготовления шпангоутов, лонжеронов, стрингеров. Алюминиевые сплавы часто применяются для изготовления поволоков штамповок лопастей винта самолета, рам, поясов лонжеронов, крепежных деталей [4].

1.2.2. Износостойкий сплав Hardox

Сталь Hardox отличается уникальным сочетанием твердости и прочности. Она позволяет создавать эргономичные и легкие структуры, отличающиеся превосходными эксплуатационными характеристиками и длительным сроком службы [5].

Самое важное отличие стали Hardox от обычной «твердой стали» заключается в ее прочности. Именно поэтому ее можно использовать в качестве конструкционной стали. Ее можно гнуть, обрабатывать и сваривать без ущерба для характеристик. Наряду с высоким пределом текучести данная особенность позволяет изготавливать из этой стали более легкие конструкции [5].

Сварка

Сталь Hardox прекрасно сваривается со сталью Hardox и любой другой свариваемой сталью. Сталь Hardox не нуждается в высокой температуре подогрева и между проходами благодаря низкому углеродному эквиваленту. Высокая плоскостность и малые допуски также упрощают автоматическую сварку и помогают ускорить изготовление сварных конструкций [5].

Гибка

Благодаря постоянству характеристик, малым допускам по толщине и гладкой поверхности сталь Hardox отлично подходит для свободной гибки и гибки в вальцах. Листовая сталь Hardox отличается высокой твердостью и прочностью, но при этом допускает гибку малого радиуса [5].

Резка

Листовая сталь Hardox подходит как для термической, так и для механической резки. Термическая резка может выполняться с помощью газа, плазмы и лазера, в зависимости от толщины листа, размера листа и расстояния между разрезами. Если нагрев нежелателен, сталь Hardox можно резать гидроабразивным методом, ножницами, пилой и абразивным диском [5].

1.2.3. Нержавеющая сталь

Нержавеющая сталь — это сложнолегированная сталь, достаточно стойкая против коррозии в так называемых агрессивных средах, в том числе в атмосферных условиях. Основным легирующим элементом является хром (Cr (12-20%)). Для усиления коррозионных свойств и придания необходимых физико-химических свойств нержавеющей стали легируют никелем (Ni), титаном (Ti), молибденом (Mo), ниобием (Nb) и другими элементами [6].

О стойкости нержавеющей стали к коррозии можно чаще всего судить по содержанию основных легирующих элементов — хрома и никеля. При содержании хрома в нержавеющей стали более 12% сплавы уже будут являться нержавеющими как в обычных условиях, так и в слабоагрессивных средах. Если содержание хрома более 17%, такие сплавы коррозионностойки в более агрессивных окислительных (и не только) средах (например, в азотной кислоте конц. до 50%) [6].

Хромистые нержавеющие стали содержат углерод от 0,03 до 0,40%, хром от 13 до 30%. Они могут быть ферритными, мартенситно – ферритными, мартенситными. Стали термообрабатываются (закалка с отпуском) для получения определенных механических свойств. Для получения мелкого зерна хромистые стали легируют титаном. Хромоникелевые нержавеющие стали получают путем ввода в хромистые стали от 9 до 28 % никеля, который обеспечивает лучшие механические свойства, меньшую склонность к росту зерна, большую коррозионную стойкость. В нержавеющих сталях может встречаться α и γ - фазы в зависимости от содержания хрома, никеля [4].

Коррозия – процесс разрушения металла под действием внешней среды. Различают химическую коррозию и электрохимическую, развивающуюся при контакте с электролитами с образованием на поверхности сплава микрогальванических элементов на границах фаз, зерен, дефектах структур. Анодные участки растворяются в электролите, реализуется межкристаллитная коррозия. Под воздействием нагрузок коррозия усиливается, появляется коррозионное растрескивание [4].

Стали, устойчивые против электрохимической коррозии, называются нержавеющими. Введение более 13% хрома резко изменяет электрохимический потенциал стали с отрицательного на положительный и делает сталь нержавеющей [4].

1.2.4. Керамические материалы

Керамика – полукристаллические материалы, получаемые спеканием природных глин и их смесей с минеральными добавками, а также оксидов металлов и других тугоплавких соединений [7].

Благодаря высоким диэлектрическим свойствам, стойкости в химически активных средах, высоким механическим свойствам нашли широкое применение в электронной, радиотехнической и электротехнической промышленности, в химической промышленности для футеровки ёмкостей, в металлообработке для изготовления металлорежущего инструмента и различных деталей [7].

Окисная керамика, состоящая из чистых оксидов, сохраняет высокие механические свойства до высоких температур и обладает высокими диэлектрическими свойствами [7].

Механическую обработку керамики производят шлифовальными инструментами из синтетических и природных алмазов, полированием алмазными порошками и пастами [7].

Детали из керамики соединяют с другими материалами с помощью стеклокристаллического цемента с последующей термической обработкой при температуре, клеев и замазок на основе эпоксидной смолы и жидкого стекла, металлизацией и последующей пайкой [7].

1.2.5. Резина

Резина как конструкционный материал отличается высокими эластичными свойствами в широком диапазоне температур и частот деформации. Кроме того, резины обладают высоким сопротивлением разрыву, износу, газо- и водонепроницаемостью, химической стойкостью, ценными электрическими свойствами и прочее [7].

По назначению резины различают:

- a) Мягкие (для изделий и деталей в промышленной технике)
- b) Жесткие (для изделий электротехнической промышленности)
- c) Пористые или губчатые, применяемые в качестве амортизаторов
- d) Пастообразные для герметизации и уплотнения

1.2.6. Керметы (твердые сплавы)

Керметы, или керамикометаллические материалы, получают спеканием смесей порошков металлов и неметаллических компонентов - тугоплавких оксидов, карбидов, боридов и др. В качестве металлической составляющей используют, главным образом, металлы подгрупп хрома и железа. Эти материалы сочетают в себе тугоплавкость, твердость и жаростойкость керамики с проводимостью, пластичностью и другими свойствами металлов [8].

Керметы на основе карбида титана удовлетворительно работают при температурах до [8].

Керметы на основе карбидов кремния и бора используют для изготовления деталей, которые не испытывают вибрационных и ударных нагрузок и работают в течение нескольких десятков секунд при и выше [9].

Керметы на основе боридов хрома и циркония содержат до 15 % металлической связки, состоящей из хрома, никеля или их сплавов с добавками алюминия, меди, цинка, олова, свинца. Горячим прессованием боридных керметов изготавливают различные детали реактивных двигателей, работающих при высоких температурах и в среде химически агрессивных газов [9].

Керметы на основе системы монооксид кремния - хром обладают хорошими адгезионными свойствами, однородностью, стабильностью, высокой температуро-устойчивостью и хорошими механическими свойствами. Сопротивление пленки в широких пределах может варьироваться в зависимости от состава смеси. Наилучшие данные получены при 70 % хрома и 30 % монооксида кремния. Для предотвращения агломерации к смеси обычно добавляют 0,5 % коллоидного раствора окиси кремния. Испарение смеси производится с вольфрамовой спирали при температуре - на подложку, нагретую до - . После напыления пленки ее нагревают в контролируемой среде при температуре для стабилизации параметров [9].

Керметы соединяют в себе высокую жаростойкость, присущую керамике, в соединении с пластичностью и прочностью, сообщаемой этому сплаву металлами. Применяют их в различных областях техники, где требуется стойкость в отношении высоких температур в сочетании с вязкостью [9].

1.2.7. Пластмассы

Пластмассы получают на основе высокомолекулярных соединений – полимеров. Их разделяют на два класса – термопласты и реактопласты. Основные механические свойства пластмасс те же, что и для металлов [7].

- Термопласты при нагреве расплавляются, а при охлаждении возвращаются в исходное состояние
- Реактопласты отличаются более высокими рабочими температурами, но при нагреве разрушаются и при последующем охлаждении не восстанавливаются.

[7].

К термопластичным пластмассам относятся:

- **Полиэтилен**, получаемый из газа этилена с помощью полимеризации. Он бывает высокого и низкого давления, применяется от температур – 700С до 1000 С
- **Полипропилен** - работает от – 200 С до 1500
- **Полистирол** - твердый материал, жесткий, прозрачный, хорошо обрабатывается, окрашивается, растворим в бензоле. Ударопрочный полистирол делается с добавками каучука

[4].

Для изготовления термореактивных пластмасс применяются термореактивные смолы: фенолоформальдегидные, кремнийорганические, эпоксидные и непредельные полиэферы. Часто в смолы вводят пластификаторы, отвердители, растворители, ускорители и замедлители реакций. Смолы должны обладать высокой адгезией (клеящей способностью), теплостойкостью, электроизоляционными свойствами, небольшой усадкой, технологичностью, отсутствием токсичности [4].

2. Цель работы

1) Ситовой анализ песка партии IV

Узнать средний размер и состав данной фракции песка и сравнить с предыдущей

2) Определение продолжительности приработки различных материалов.

Проведение опытов с определёнными материалами с помощью эрозионного ускорителя

3) Влияние скорости абразивной струи на эрозионный износ различных материалов.

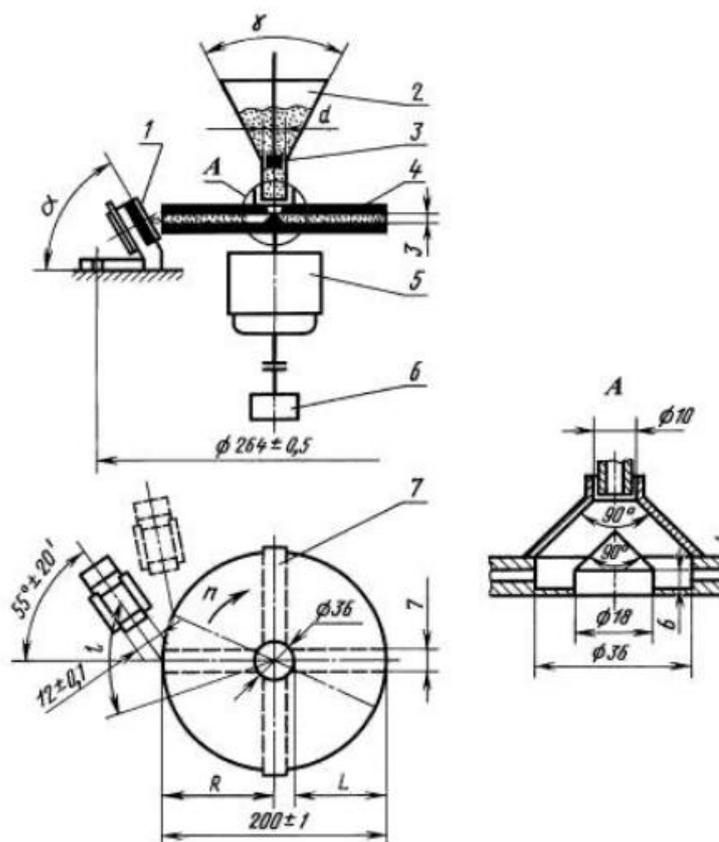
Анализ полученных данных

3. Практическая часть

3.1. Описание применяемых приборов

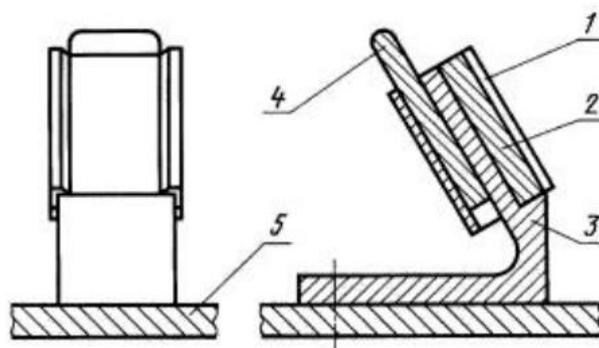
3.1.1. Эрозионный ускоритель

Испытуемые образцы 1 закрепляют симметрично относительно оси вращения ротора 4. Из бункера 2 абразивные частицы при открытой заслонке 3 поступают в центральное отверстие ротора 4, откуда под действием центробежных сил поступают через четыре радиальных канала на образцы 1. Ротор крепят непосредственно к валу электродвигателя 5, а с нижней частью вала двигателя связан датчик частоты вращения вала. Регулятор частоты вращения обеспечивает возможность плавного регулирования скорости вращения ротора с автоматическим поддержанием установленной частоты вращения [10].



(Рис. 1)

Рисунок 1. Центробежный эрозионный ускоритель САК-5 работающий по ГОСТ 23.201-78. 1-образец, 2-бункер, 3-заслонка, 4-ротор, 5-двигатель, 6-датчик частоты вращения, 7-радиальные каналы ротора [10].



(Рис. 2)

Рисунок 2. Крепление образца. 1-прижимная скоба, 2-образец, 3-держатель, 4-клин, 5-опорное кольцо [10].



Рисунок 3. 3-D модель эрозионного ускорителя

Износ определялся как потеря массы образца, измеренная до и после тестирования. Для определения интенсивности изнашивания, значения износа (в мг) делилось на вес абразива вызвавшего данный износ (кг) с учетом угла, в течении которого абразив воздействовал на образец [14].

3.1.2. Набор сит

Сита лабораторные представляют собой плоскую рабочую поверхность с отверстиями определенных форм и размеров, которая заключена в обечайку, выполняющую роль несущей конструкции сита [11].

В промышленных и лабораторных условиях используются сита, с помощью которых просеиваются сыпучие материалы. При этом определяется их гранулометрический состав. Ситовой анализ проводится с помощью нескольких или одного сита, оборудованного крышкой и поддоном. Условия проводимого анализа определяют необходимость количества сит, а также размер и форму отверстий полотен перфорированных или размеры ячейки сетки. Материал, который необходимо просеять засыпается в верхнее лабораторное сито и накрывается крышкой. Снизу необходимо установить поддон, затем пакету лабораторных сит сообщаются колебания (с использованием вибропривода или вручную). В результате сита производят возвратно-поступательные винтовые движения [11].

Частицы материала (в нашем случае песок), которые меньше по размеру величины отверстий, просыпаются через просеивающую поверхность, попадая на следующее сито, где цикл повторяется. Таким образом, рассеиваемый материал распределяется между разными уровнями сит и поддонам в полном соответствии с его составом. На заключительном этапе этого процесса содержимое каждого сита взвешивается и дается характеристика его гранулометрическому составу. Благодаря надежной конструкции современных лабораторных сит им обеспечен длительный срок службы [11].

Пример набора сит: 0.14, 0.315, 0.5, 1.25, 2.5, 3.0, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 20.0, 25.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0 мм.

3.1.3. Весы для измерения потери веса



Рисунок 5. Весы A&D GR-202, использованные в работе с точностью 0.1мг

Технические характеристики:

Наибольший предел взвешивания, г	210/42
Дискретность отсчета, мг	0.1 / 0.01
Наименьший предел взвешивания, г	0.1 / 0.001
Цена поверочного деления, мг	1
Пределы допускаемой погрешности, (+-) мг	(+/-)0.3 / 0.07
Среднее квадратическое отклонение мг, не более	0.1 / 0.02
Время установления показаний, с	3,5 / 8.0
Рабочий диапазон температур, °С	От 5°С до 40°С При влажности менее 85%
Размер платформы, мм	D 85
Размер весов, мм	249x330x327
Внутренние размеры противосквознякового бокса, мм	178x160x233
Масса весов, кг	6,0
Потребляемая мощность, Вт	11

Взято с источника [15].

3.2. Определение фракции песка партии IV

Фракционированный песок - разделенный методом рассева на группы по размерам песчинок - фракции. Каждая фракция характеризуется своим гранулометрическим составом [12].

Добыча кварцевого песка:

Фракционированный кварцевый песок производится из сырца добываемого открытым способом (карьерным) и земснарядом в поймах рек и озер исключительно в местах природных месторождений. Таких месторождений, где добывается очень чистый кварцевый песок, в мире не более десяти. И некоторые из них находятся и в нашей стране. Добытый сырец, пройдя цепочку технологических процессов (обогащение), превращается в чистейший материал разделенный на фракции по размеру зерна (песчинок). Теперь, когда из природного сырья удалены все не нужные элементы (органические, механические, глинистые, содержащие железо песчинки), он промыт огромным количеством воды, просушен и рассеян на фракции – этот материал называется фракционированный кварцевый песок. В зависимости от фракции песок кварцевый фракционированный находит себе все больше и больше областей применения [12].

Мелкие фракции:

Для изготовления строительных материалов, таких как всевозможные шпатлевки, строительные смеси, краски, бетон, абразивные материалы [12].

Средние фракции:

Благодаря уникальной сорбционной способности кварцевого песка удалять из жидкостей железо и марганец, в том числе из воды, а также межзерновой пористости и грязеемкости (способность задерживать механические включения), он широко применяется для производства фильтров, где наполнителем является обогащенный кварцевый песок, как для очистки воды (водоочистные предприятия, ЖКХ, спортивные и частные бассейны), так и для очистки нефтепродуктов(нефтяная промышленность). Сегодня кварцевый песок для фильтров является одним из востребованных материалов [12].

Средняя фракция также имеет широкое применение для изготовления сухих строительных смесей, растворов, фасадных и интерьерных штукатурок, бетонов, наливных полов и строительства в целом [12].

Крупные фракции

Используются при изготовлении тротуарной плитки, бетонов для изготовления строительных блоков, различных растворов, являясь основным наполнителем в производстве строительных материалов, в декоративных целях для отсыпки (ландшафтный дизайн), как фильтрующий материал для кварцевых фильтров [12].

Фракция песка партии IV включает в себя песок размером от 0 до 0.63мм. Это обычный песок, широко доступный и не дорогой.

(Таб. 1)

Размер, мм	>1	0,63-1	0,5- 0,63	0,4- 0,5	0,315- 0,4	0,2- 0,315	0,1- 0,2	0,05- 0,1	0-0,05	Сумма
Вес, г	0,1	19,8	48,2	61,6	191,1	303,5	243,6	27	3,2	898,1
%	0,01	2,2	5,37	6,86	21,28	33,79	27,12	3,01	0,36	100

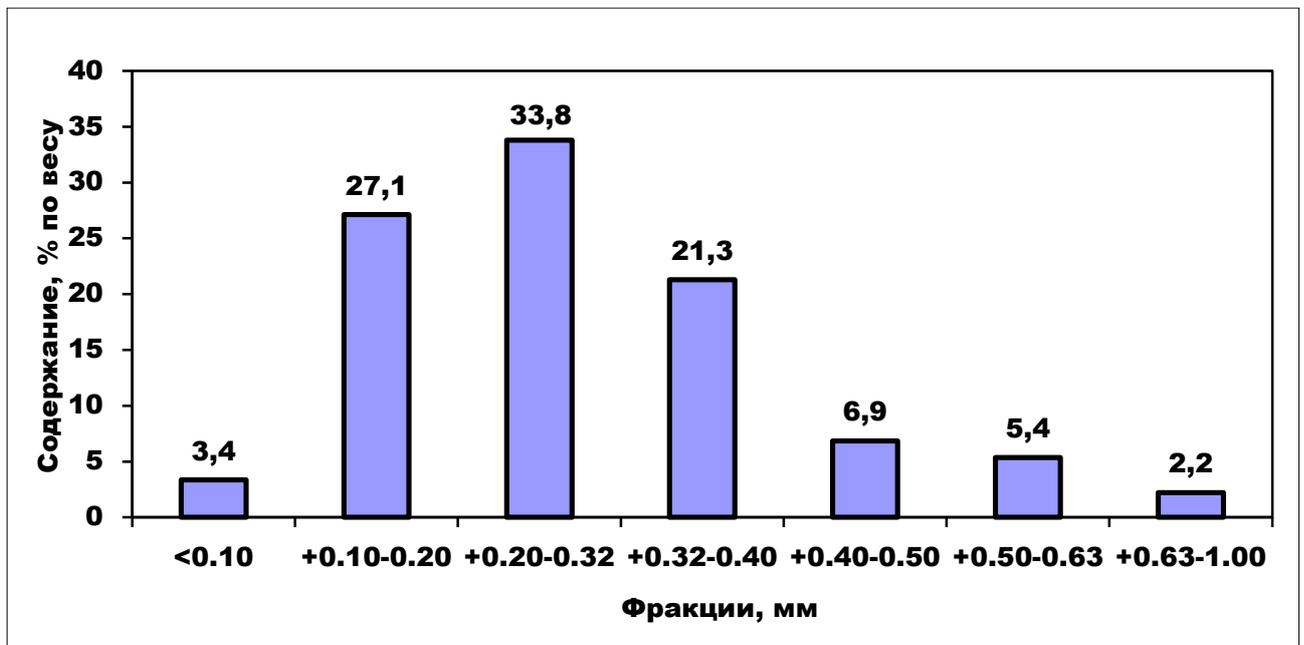


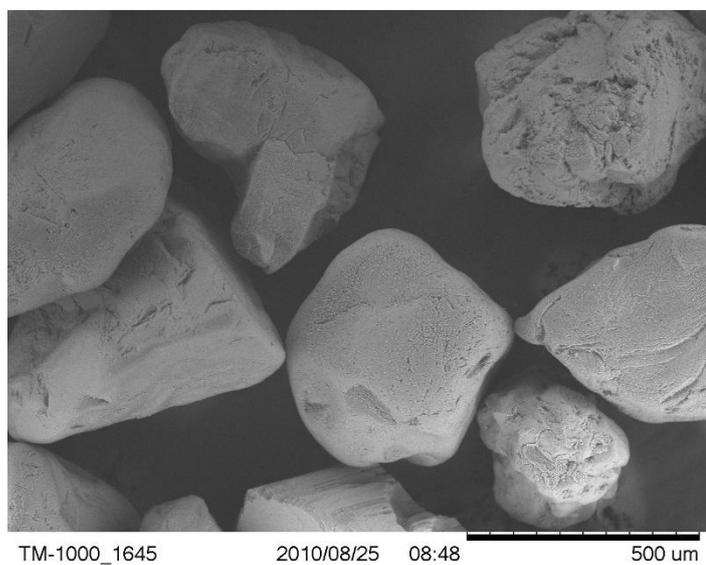
Рисунок 6. Распределение фракций в песке партии IV в процентах.

Таблица 1 и рисунок 5 показывают подробное распределение частиц песка по фракциям. Были отобраны репрезентативные пробы песка и просеяны через автоматический аппарат с последующим взвешиванием фракции из каждого сита.

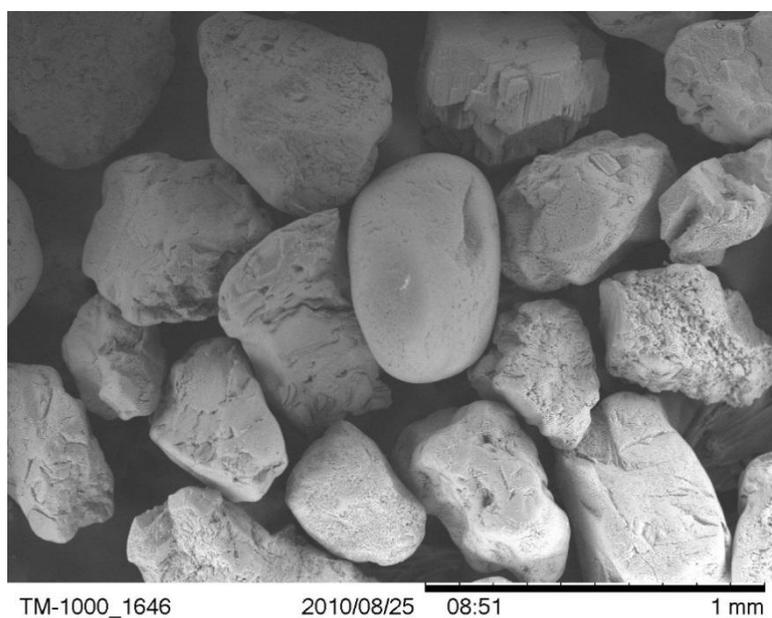
По рисунку 6 наглядно видно преобладание фракции 0.1-0.4.

3.2.1 Изображение частичек песка

Частицы песка были изучены при помощи электронного сканирующего микроскопа (Рисунок 7, 8).



(Рис. 7)



(Рис. 8)

Рисунок 7,8. Изображения частичек кварцевого песка полученные электронным сканирующим микроскопом Hitachi TM1000

3.2.2 Сравнение с песком партии III

Исходя из данных приведенных на Рисунках 9 и 10 можно сделать вывод, что в целом, распределение размеров частиц песка партии III и IV очень похоже. В песке партии IV увеличилось содержание мелких зерен размером менее 0.2 мм.

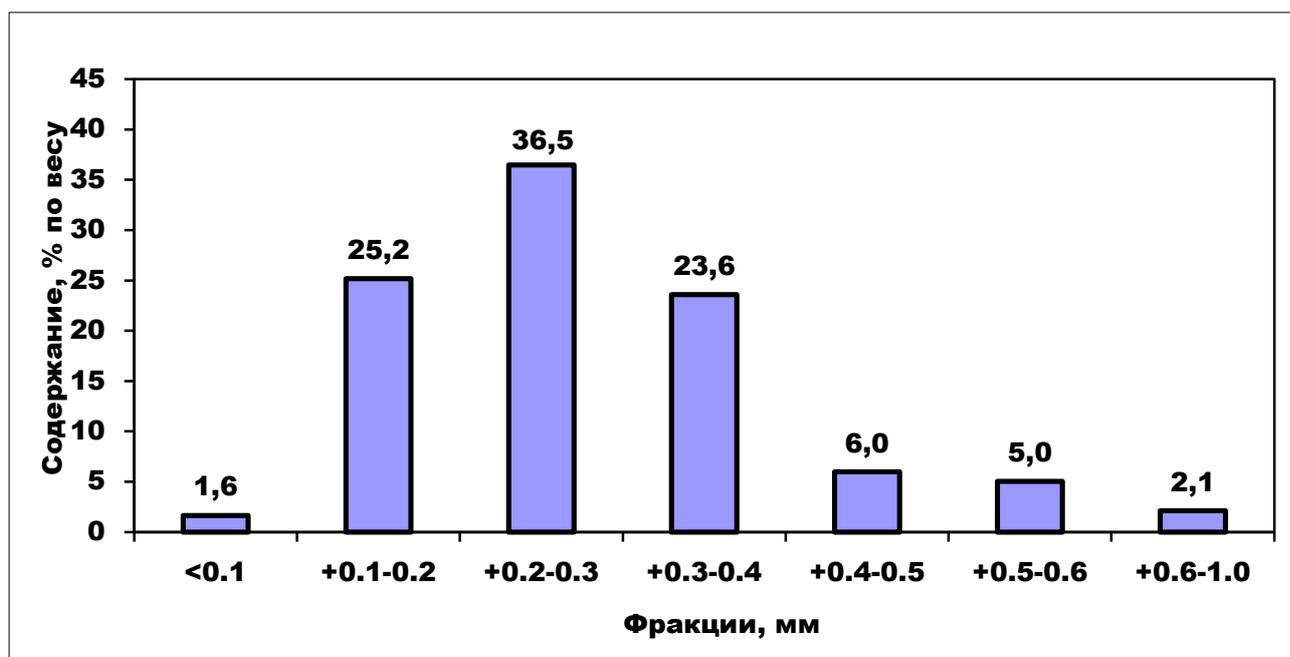


Рисунок 9. Распределение фракций в песке партии III

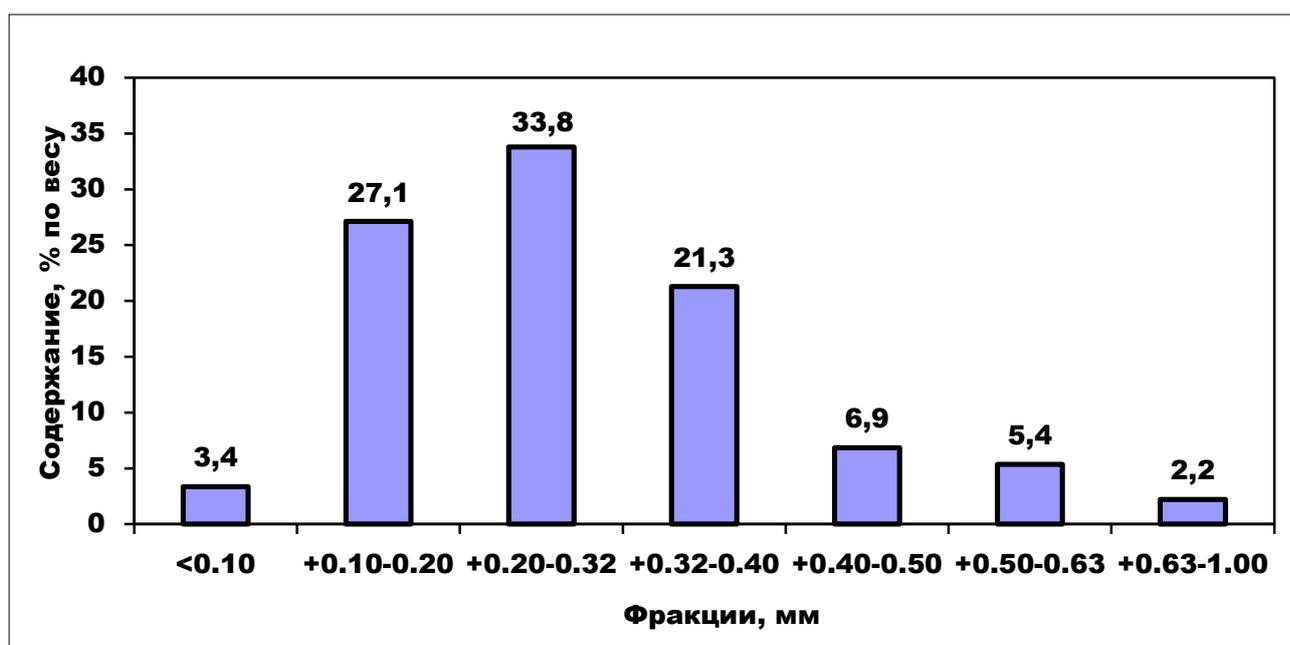


Рисунок 10. Распределение фракций в песке партии IV в процентах (повторяется для удобства сравнения, оригинал – Рисунок 6).

3.3 Просеивание песка для получения заданной фракции

Просеивание проходило в лаборатории ГТУ вручную.

В качестве исходного материала был приобретён песок фракции 0.6-2.0мм. Для данной работы необходимо было просеять до фракции 0.63-1.25 т.к. абразив большего размера будет застревать в питателе эрозионного ускорителя.

Всего было необходимо получить 70 кг абразива. Из них 40 кг для опытов данной фракции, а остальные 30 кг идут для смешивания с другими фракциями (не рассматривается в данной работе).

3.4. Определение продолжительности приработки материалов

Изменение веса образцов в зависимости от массы абразива, использованного для эрозионного износа (кг)

Таблица 2. Изменение массы образца в зависимости от продолжительности тестирования

	10 м/с	0	0,5	1	2	6	30	до 120**	после 120 **
1	Aisi 316	14,3764	14,3763	14,3762	14,3761	14,3761	14,3753	14,3747	14,3730
		14,3873	14,3872	14,3873	14,3872	14,3872	14,3865	14,3855	14,3840
2	Hardox 400	10,4363	10,4362	10,4362	10,4361	10,4360	10,4355	10,4316	10,4296
		10,4566	10,4566	10,4566	10,4565	10,4564	10,4559	10,4544	10,4526
3	WC-10	22,7989	22,7987	22,7988	22,7987	22,7986	22,7982	22,7960	22,7956
		21,9941	21,9936	21,9937	21,9936	21,9931	21,9920	21,9903	21,9891
4	Al 6061	2,9968	2,9967	2,9967	2,9965	2,9967	2,9965	2,9964	2,9949
		2,9222	2,9222	2,9222	2,9221	2,9221	2,9219	2,9217	2,9202
5	Пластмасса*	4,8275	4,8273	4,8272	4,8273	4,8272	4,8264	4,3850	4,3820
		4,4016	4,4016	4,4016	4,4015	4,4016	4,4007	4,8157	4,8127
6	Al ₂ O ₃	14,2537	14,2536	14,2535	14,2534	14,2533	14,2529	14,2485	14,2470
		13,9456	13,9455	13,9453	13,9452	13,9448	13,9444	13,9391	13,9374
7	ZrO ₂	22,0552	22,0552	22,0552	22,0552	22,0553	22,0552	22,0532	22,0529
		21,5604	21,5604	21,5604	21,5604	21,5605	21,5607	21,5556	21,5552
8	Резина*	8,5179	8,5179	8,5179	8,5181	8,5182	8,5180	8,5173	8,5163

*Точная марка не разглашается в интересах фирмы предоставившей данные образцы для испытаний

** Маркировка образцов была сделана более глубокой для лучшей считываемости

В Таблице 2 приведены подробные данные по проведенным опытам на скорости 10 м/с. Для более высоких скоростей будут приведены только графики.

Таблица 3. Средняя потеря веса на 2 материала при скорости 10 м/с

Материал	0,5(кг)	1,0	2,0	6,0	30,0	120,0
Aisi 316	0,1	0,1	0,2	0,2	1,0	2,6
Hardox 400	0,0	0,0	0,1	0,2	0,8	2,6
WC-10	0,3	0,2	0,3	0,7	1,4	2,2
Al 6061	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3	1,8
Пластмасса	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0	4,0
Al2O3	0,1	0,3	0,4	0,6	1,0	2,6
ZrO2	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,2
Резина	0,0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	0,9

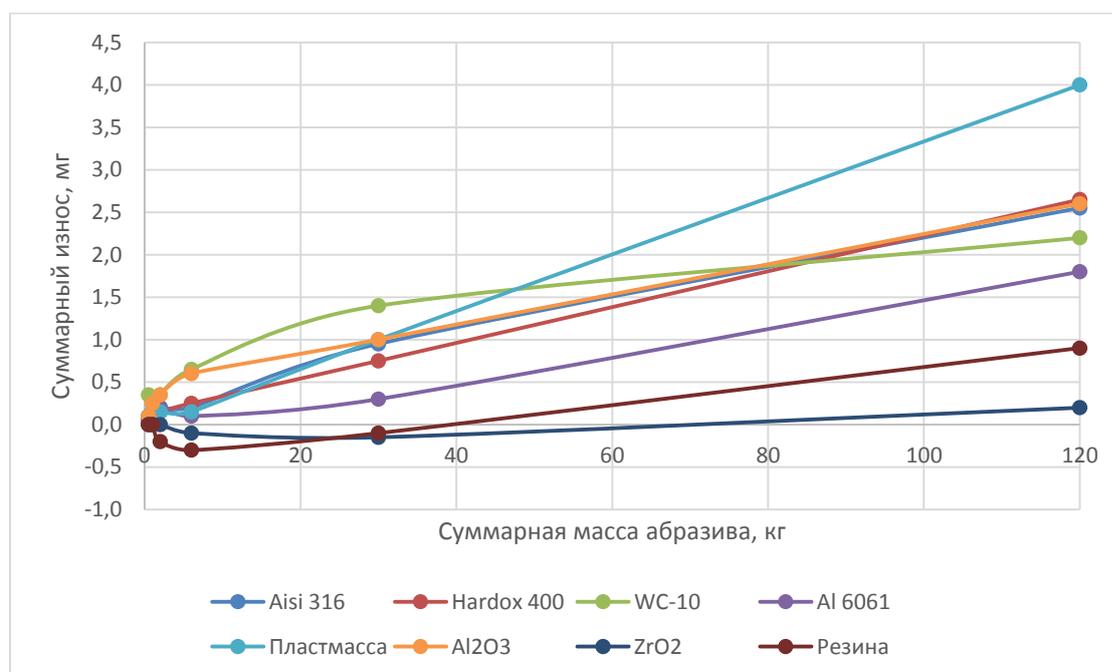


Рисунок 11. Суммарный износ материалов при скорости в 10 м/с в зависимости от массы абразива, использованного для эрозионного износа.

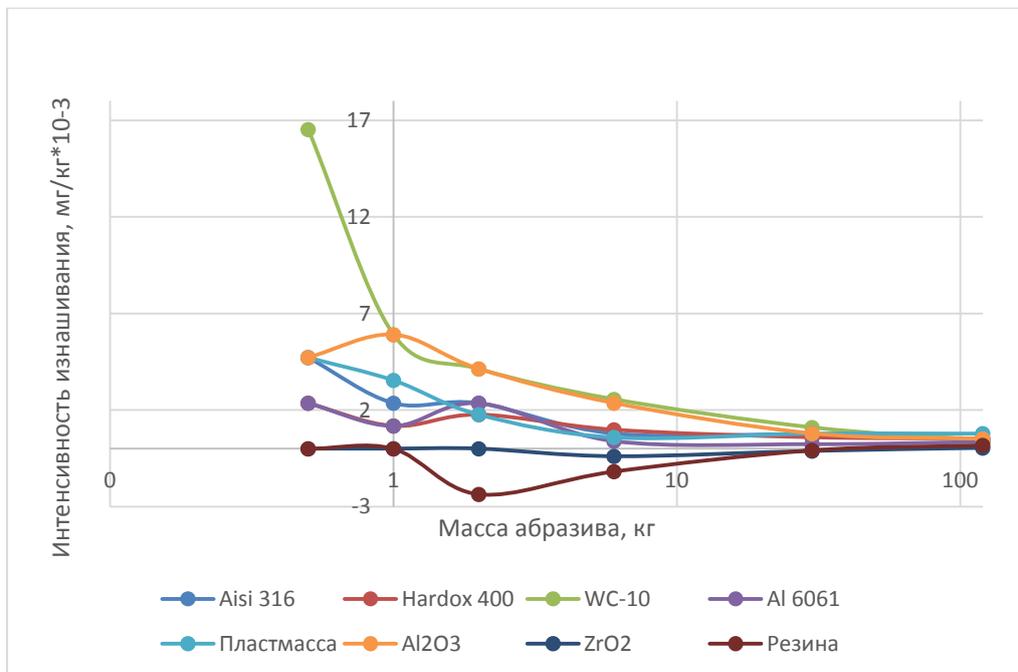


Рисунок 12. Интенсивность изнашивания при скорости в 10 м/с в зависимости от массы абразива, использованного для эрозионного износа. Логарифмическая шкала.

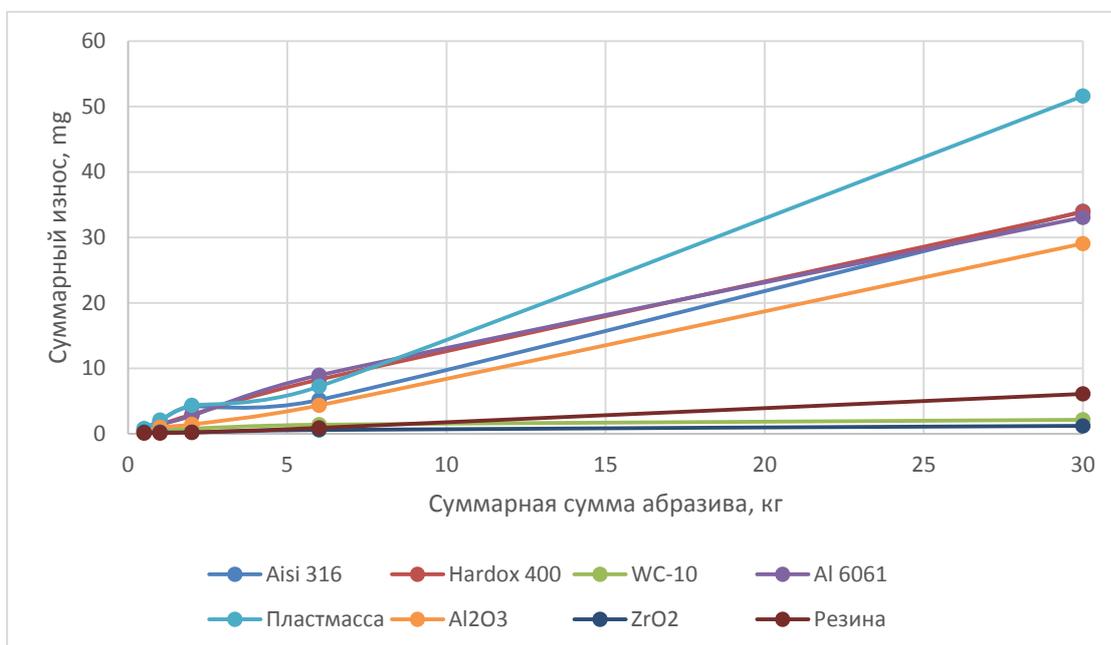


Рисунок 13. Суммарный износ материалов при скорости в 40 м/с в зависимости от массы абразива, использованного для эрозионного износа.

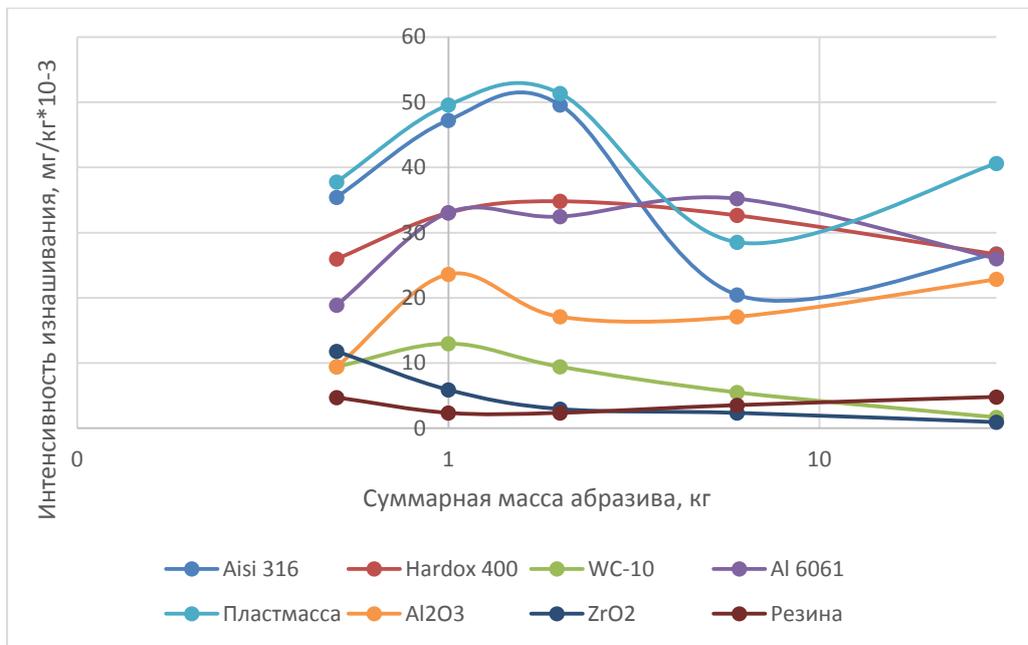


Рисунок 14. Интенсивность изнашивания при скорости в 40 м/с в зависимости от массы абразива, использованного для эрозионного износа. Логарифмическая шкала.

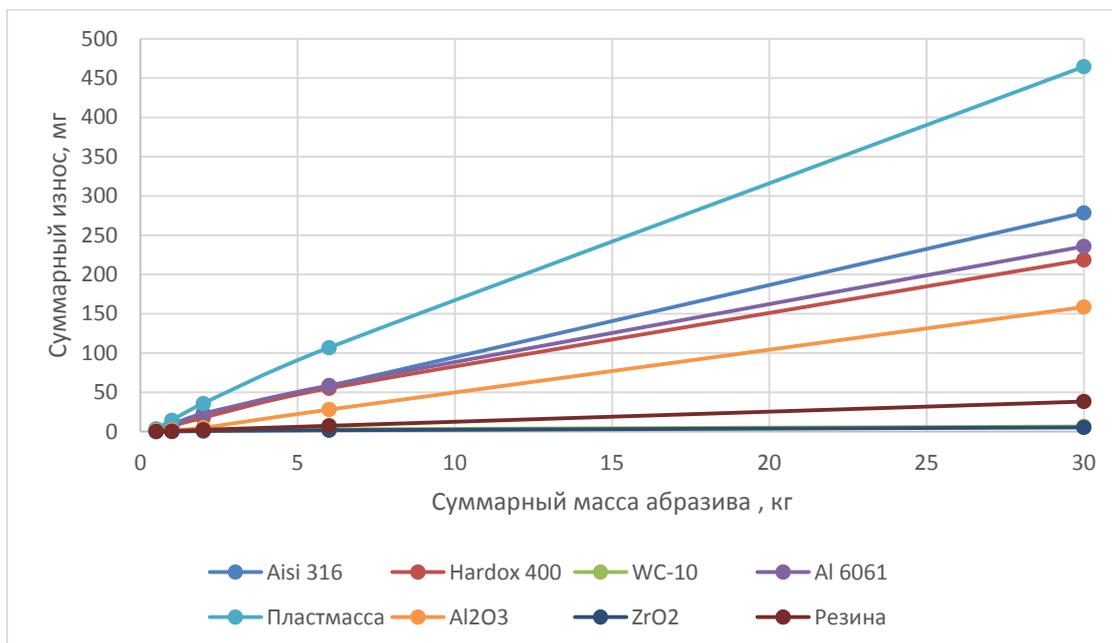


Рисунок 15. Суммарный износ материалов при скорости в 80 м/с в зависимости от массы абразива, использованного для эрозионного износа.

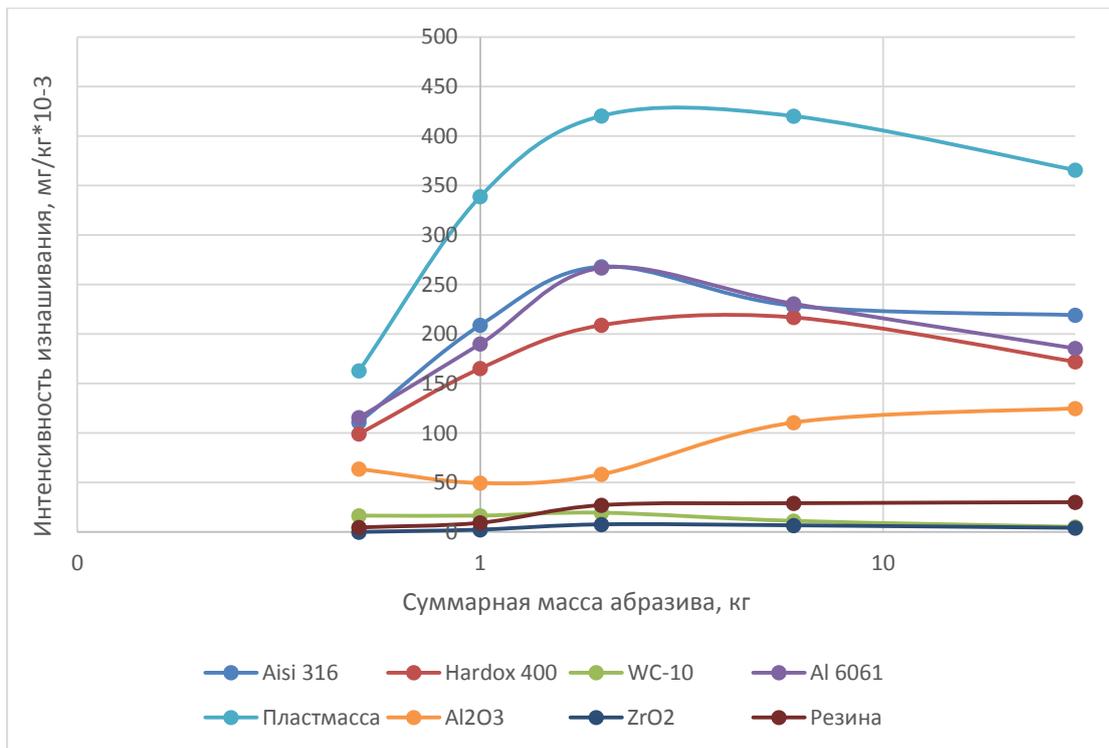


Рисунок 16. Интенсивность изнашивания при скорости в 80 м/с в зависимости от массы абразива, использованного для эрозионного износа. Логарифмическая шкала.

3.5. Определение влияния скорости на износ материалов

Влияние скорости потока частиц на износ изученных материалов показано на Рисунке 17.

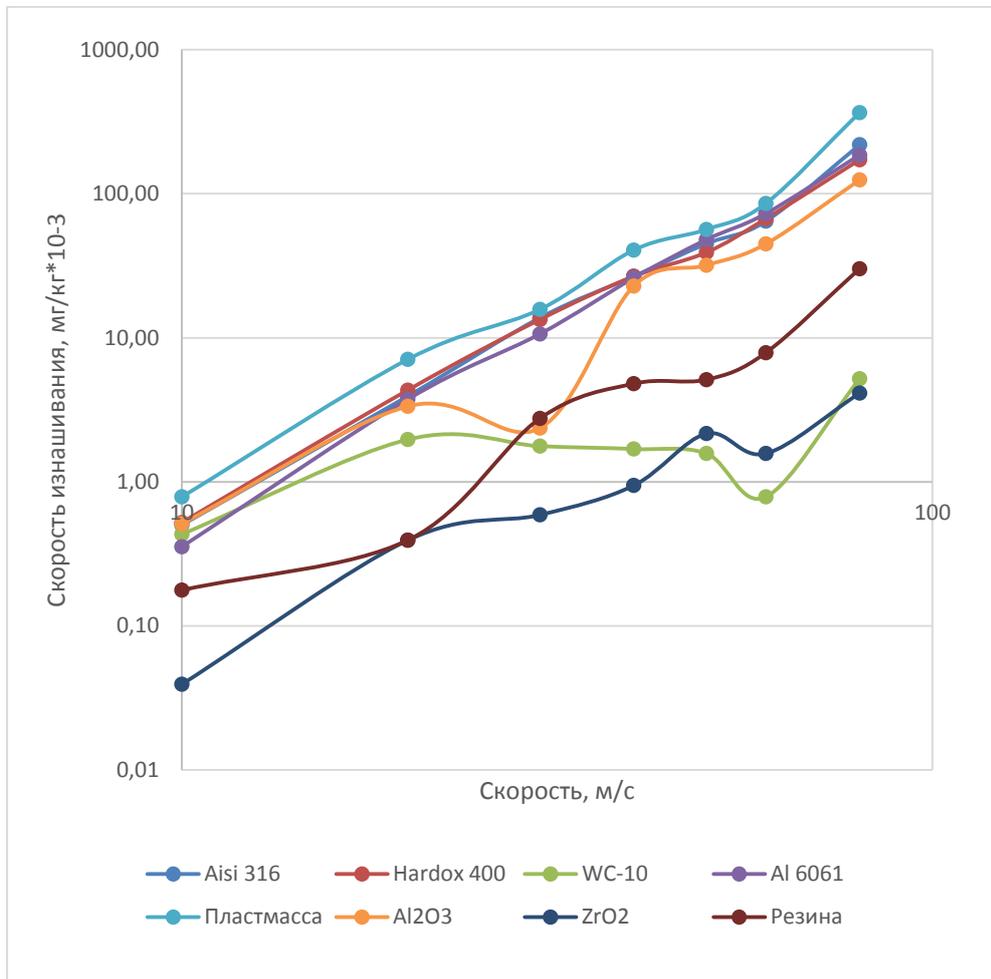


Рисунок 17. Влияние скорости на износ. Необходимый вес абразива предоставлен в таблице 4. Логарифмические шкалы.

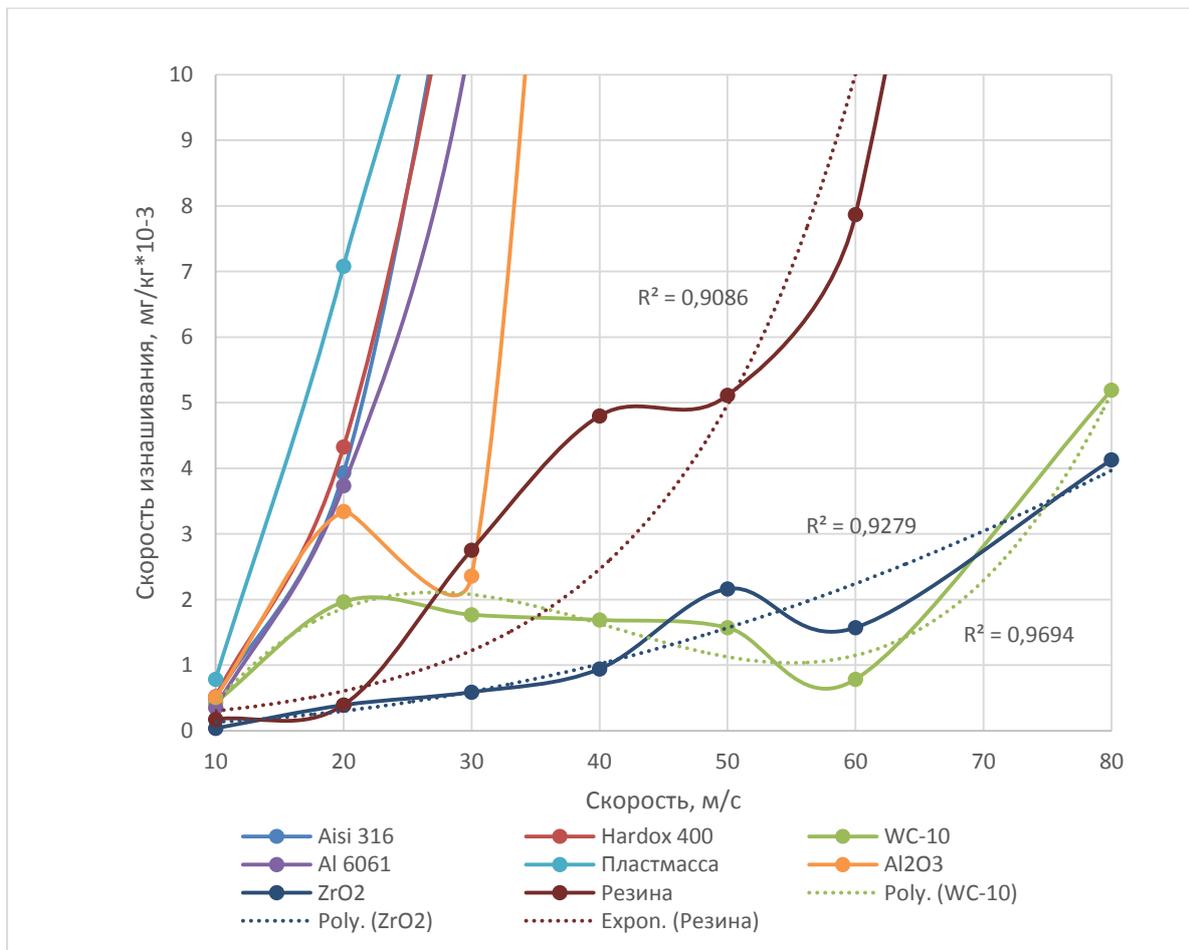


Рисунок 18. Влияние скорости на износ, более подробный график.

Исходя из полученных данных на основании опытов была составлена следующая таблица.

Таблица 4. Необходимая минимальная продолжительность тестирования материалов.

Материал	Рекомендуемая продолжительность эрозионного тестирования (вес кварцевого песка) в зависимости от скорости струи, кг		
	10 м/с	40 м/с	80 м/с
Aisi 316	6	6	6
Hardox 400	30	6	6
WC-10	120	30	30
Al 6061	6	6	6
Пластмасса	30	6	6
Al2O3	6	6	6
ZrO2	>120	30	30
Резина	120	30	6

3.6. Выводы

1. В целом, распределение размеров частиц песка партии III и IV очень похоже. В песке партии IV увеличилось содержание мелких зерен размером менее 0.2 мм.
2. Необходимая продолжительность тестирования уменьшается с повышением скорости абразивной струи.
3. Излишне длинная продолжительность тестирования приводит к износу (образованию лунки) что может снижать интенсивность износа за счет того, что абразивные частицы мешают друг другу отскакивая от вогнутой поверхности образца.
4. Не у всех материалов есть пропорциональная зависимость интенсивности изнашивания от скорости абразивной струи. Это может объясняться изменением механизма изнашивания с увеличением скорости.
5. При маленьких скоростях некоторые материалы способны поглощать абразив и тем самым набирать вес.
6. Материал с наименьшей износостойкостью при тестах со значительной продолжительностью и особенно при больших скоростях - пластмасса. Причиной этому является то, что пластмасса слишком мягкая и не способна противостоять данному виду разрушения в полной мере.

Kokkuvõtte

Selles töös olid läbi viidud mitmed uuringud ja katsed. Töö põhimõtteks on tuua välja ühe või teise materjali eelised ja puudused seoses erosioonkulumisega. Olemas on kirjeldus, mis selgitab seda mis on kulumine ning millised on olemas viisid kulumise mõõtmiseks antud töös.

Formuleeritud töö eesmärgid on järgnevalt:

1. Neljanda liivapartii analüüs. Liiva fraktsiooni ja keskmise suuruse selgitamine ning võrdlemine eelmise liivapartii omaga.
2. Määrata erinevate materjalide sisse töötamise kestvust. Läbi viia katsed vastavate materjalidega koos erosiooni kiirendajaga.
3. Kiiruse mõju abrasiivse joa erinevate materjalide erosiooni kulumisele. Saadud andmete analüüs.

Võib määrata mitu tööetapi:

1. Olid valitud esindajad põhiliste materjali gruppidele (alumiinium, roostevaba teras, plastmass, kumm, kulumiskindel Hardox 400 sulam, keraamiline materjal). Töös on olemas põhjalik kirjeldus iga materjali jaoks.
2. Neljanda liivapartii analüüs oli läbiviidud, fraktsioonide järjestuse tabel oli koostatud, oli tehtud võrdlus eelmise partiiiga (III). Pärast oli tehtud 0.63-1.25mm fraktsiooni (70 kg) sõelumine käsitsi fraktsioonist vahemikus 0.6-2.0 mm. IV partii fraktsioonide jaotus liivas oli esitatud 6 ndal pildil. III partii fraktsioonide jaotus liivas oli esitatud 9 ndal pildil.
3. Antud abrasiiviga katsed olid läbiviidud materjalidel erosiooni kiirendaja abil (kõikide kasutatud tööriistade kirjeldus on töös esitatud). Katsed olid tehtud erinevate kiirustega (10 m/s, 30 m/s, 40 m/s, 50 m/s, 60m/s, 80 m/s), antud töös olid põhjalikult läbivaadatud kiirused 10 m/s, 40 m/s ja 80 m/s koos läbi lastud abrasiivi kaaluga, nagu 0.5, 1.0, 2.0, 6.0 ja 30.0 kg. Kiiruse 10 m/s jaoks oli tehtud katse 120kg-se abrasiiviga täpsema kulumi tulemuse saavutamiseks.
4. Antud töös oli esitatud analüütiline osa. Kogutud andmete analüüs, tabelite ja graafikute koostamine. Summaarne materjalide kulumine kiirusel 10, 40 ja 80 m/s, vastavalt abrasiivi massist, on esitatud pildidel 11, 13 ja 15. Kiiruse mõju kulumisele on esitatud pildil 17. Vajalik minimaalne abrasiivi kaal, mis on nõutud valitud materjalide katsetamiseks, on esitatud tabelil 4.

Töös on samuti olemas: tööriistade kirjeldus, mida kasutatakse kulumise mõõtmiseks ning on olemas TTÜ-s, sõelade komplekti kirjeldus, kaalude kirjeldus, liivaosakeste pilt, mis on saadud elektroonilise skaneeriva mikroskoobiga, erosiooni kiirendaja 3D mudel.

Kogutud andmete alusel olid tehtud järgmised järeldused:

1. Üldiselt, III-nda ja IV-nda partii liivaosakeste suuruste jaotamine on väga sarnased. IV-da partii liivas oli suurenenud väikeste terade kogus, mis on suurusega väiksemad kui 0.2mm.
2. Vajalik katsetamise kestvus väheneb vastavalt abrasiivse joa kiiruse suurendamisega.
3. Ülimalt pikk katse kestvus viib kulumini, mis võib vähendada kulumise intensiivsust selle põhjal, et abrasiivsed osakesed hakkavad üksteist segama, põrgates katsekeha kõverast pinnast.
4. Mitte kõikidel materjalidel on olemas proportsionaalne sõltuvus kulumi intensiivsusest, mis on saadud abrasiivse joa kiiruse alusel. See võib põhjenduda kulumis mehhanismi muutumisega kiiruse alusel.
5. Väikestel kiirustel on mõned materjalid võimelised abrasiivi välise pinna sees koguneda ning seega on seotud kaalukasv.
6. Kõige väiksema kulumivastupidavusega materjal on saadud suure kestvusega katsete põhjal ning eriti suuretel kiirustel – plastmass. Selle põhjuseks on, et plastmass on väga pehme ning ei ole võimeline vastu panna vastavale kulumisliigile täies mahus.

Töö lõpus on esitatud viited kasutatud allikate jaoks.

Summary

In this work several studies and experiments has been done. The main subject of this work was to find the wear resistance of materials and the duration of the run-in stage of wear process. Description of wear and the main types of wear measurements is given in this work.

The main purposes are as following:

- 1) Sieve analyse of the batch IV sand.
To find the average size and distribution of new sand and to compare with earlier one.
- 2) Find out the minimum duration of testing of different materials.
To run experiments with selected materials with the help of erosion accelerator.
- 3) To study the influence of speed of abrasive on wear rate.
Analysis of obtained data.

Main stages of the work were as following:

- 1) Different material were taken (aluminium, stainless steel, high wear resistant alloy Hardox 400, plastic, rubber, ceramics, hard metal) in quantity of 2 samples of each material. In this work every material is described.
- 2) Analysis of IV batch of sand was made and compared to the previous sand of batch III. Then sieving from 0.6-2.0mm fraction into 0.63-1.25mm fraction in quantity of 70kg was performed. Distribution of fractions in sand of batch III and IV is given in Figure 9 and 10.
- 3) Experiments with this sand on the materials with the help of erosion accelerator (the description is given in the work). Experiments were performed with different speeds (10 m/s, 30 m/s, 50 m/s, 60m/s, 80m/s). In this work only 10 m/s, 40m/s and 80 m/s is presented with sand amount of 0.5, 1.0, 2.0, 6.0, 30.0 kg. For the speed 10m/s extra 120kg test has been made for an accurate result.
- 4) Then the analytic part in presented. Analysis of the taken results, creation of tables and charts. Total wear of materials with the speed of 10, 40 and 80 m/s according to the amount of abrasive is shown on Figure 11, 13 and 15. Effect of speed on wear rate is shown in Figure 17. The minimal needed amount of the abrasive for the tests for studied material is shown in Table 4.

This work also includes: description of the devices for wear measurement available in TUT, description of the sieves, description of the scales, images of the pieces of the sand received by an electronic scanning microscope, 3-D model of erosion accelerator

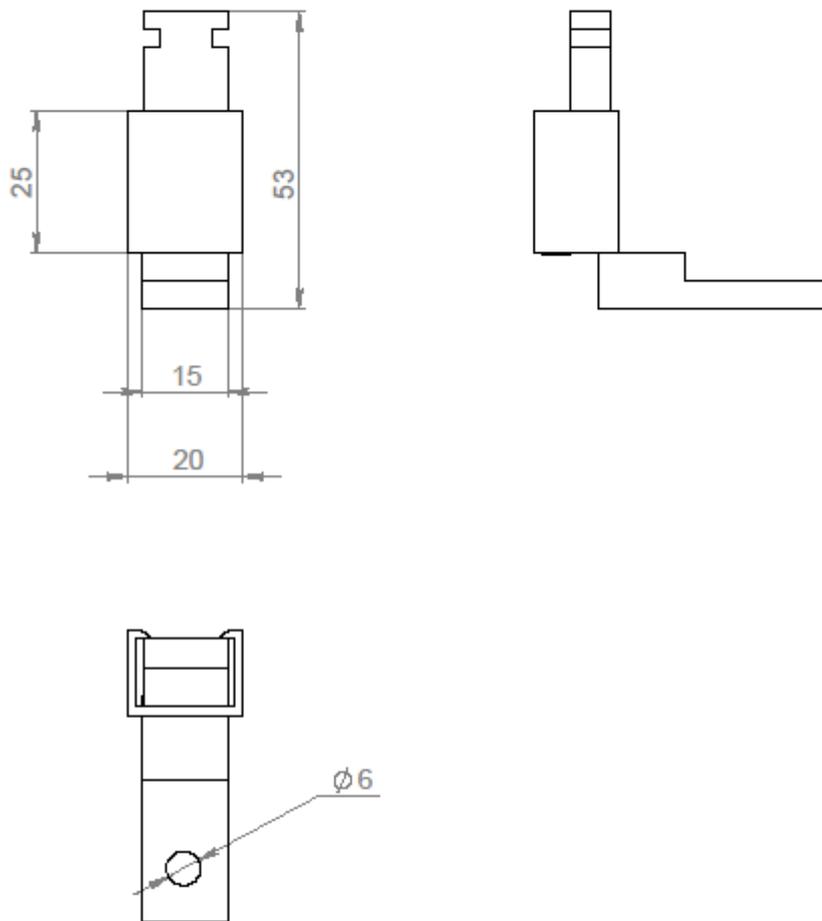
Conclusion:

1. In general, distribution of the sand size among the part III and IV is very similar. In the part IV sand the content of small particles with size less than 0.2 mm went up.
2. The needed duration of testing goes down with the increase of impact speed.
3. Excessive duration of testing may result in reduction of wear intensity due to shielding effect caused by the concave surface of the sample.
4. Not all materials have a proportional relation between wear rate and the speed of abrasive flow. This can be explained by the change of the mechanism of wear with the increasing speed.
5. At low speed some materials have a possibility to absorb the abrasive and gain weight.
6. Material with the least wear resistance on high speed and during long tests is plastic. The reason for this is that plastic is too soft and cannot withstand this type of wear in full capacity.

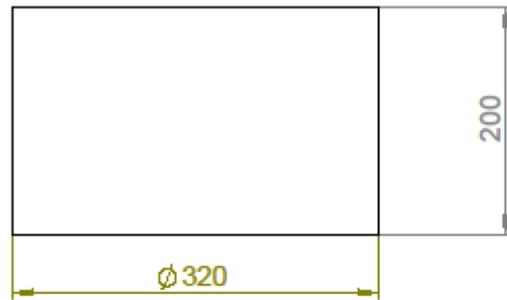
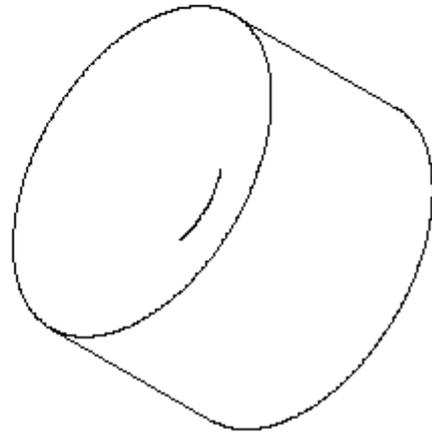
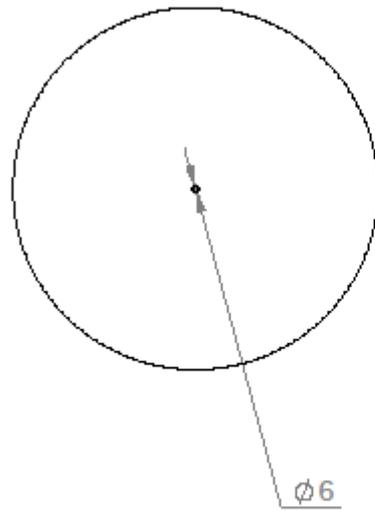
At the end of work references to used sources are given.

Список литературы

1. Tribology, Friction and Wear of Engineering Materials I.M.Hutchings
2. Веб-сайт “<http://chiefengineer.ru>”
3. Веб-сайт “<http://avto-meh.ru>”
4. Веб-сайт “<http://materiall.ru>”
5. Веб-сайт “<http://www.hardox.com>”
6. Веб-сайт “<http://nergconstructions.spb.ru>”
7. Общетехнический справочник под ред. Скороходова Е А
8. «Общая химия 1985» Глинка Н.Л.
9. «Новые материалы в технике» Андреев Н.Х.
10. Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытания материалов и покрытий на газообразивное изнашивание с помощью центробежного ускорителя ГОСТ 23.201-78
11. Веб-сайт “<http://standart-m.com.ua/ispitatelnoe-oborudovanie/sita-laboratornye>”
12. Веб-сайт “<http://www.kvarzpeski.ru>”
13. Веб-сайт “www.ttu.ee/tribo”
14. I. Kleis, P. Kulu. Solid Particle Erosion. Occurrence, prediction and control. TUT press, 2005.
15. Веб-сайт “<http://www.labteh.com/productID565>”



Valmist: - Mõõrmed millimeetrites Lubatud vead: Uneasused: Nurgalised:		Tööriist: -		Süda ebataasused ja teavad servad		Jooni mõõde:		Juhid:	
						TTÜ MEHAANIKA TEADUSKOND Meterjalitehnika Instituut			
Nimi:		Allik:		Kuupäev:		Nimetus:			
Leos:		Ivan Molčanov				Kinnitusvahend			
Kontroll:						Jooni Nr:		A4	
Kinnit:						EK.01.00.01			
				Materjal:		Mass:		Mõõr: 1:1	
				-		-		Leht 1/1	



Valmist: - Mõõmed millimeetrites Lubatud vead: Lühemad: Nurgalised:		Töötlus: -	Süda ebalaadused ja teravad servad	Joonist mõtte mõõta	Juhised
TTÜ MEHAANIKA TEADUSKOND METERJALITEHNIKA INSTITUUT					
Nimi Lec. Kontroll Kinnit.	Nimi Ivan Möllenov	Alkiri	Kuupäev	Nimealus Kaas	
				Joonist Nr: EK.01.00.02	A4
			Molekool: -	Mõõ: 1:5	leht 1/1
			Mass: -		