У 2041168

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ Р С Ф С Р

ТОМСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им.С.М.КИРОВА

А.И. Михайловский

Г. Толяковскому Л.К

АБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ РАЗЛИЧНОМ УАРАКТЕРЕ НАГРУЖЕНИЯ

(№ I5I – Машиноведение и детали машин)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Томск – 1971

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТС

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
Р С Ф С Р

ТОМСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ.С.М.КИРОВА

На правах рукописи

А.И.Михайловский

АБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ РАЗЛИЧНОМ ХАРАКТЕРЕ НАГРУЖЕНИЯ

(№ 161 - Машиноведение и детали машин)

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

2041168
50,00 р.
Михайловский А.И. Абразивный износ детале

М Г Т У
им. Н Э. Баумана
Библиотека

Томск - 1971

Работа выполнена на кафедрах "Техническая механика" Красноярского политехнического и "Технология металлов" Томского инженерно-строительного институтов. Научный руководитель кандидат технических наук, доцент В.Н.Борисов; научный консультант кандидат технических наук, доцент Г.В.Топоров.

Официальные оппоненты: профессор, доктор физико-математических наук В.Н.Кашеев и кандидат технических наук, доцент В.Т.Горбенко.

Ведущее предприятие: Гос НИИ Машиноведения, г.Москва

Автореферат разослан "____"_____1971 г.

Защита состоится "____"_____1971 г.

на заседании Совета по присуждению ученых степеней машиностроительного и теплотехнического факультетов Томского политехнического института имени С.М.Кирова по адресу: г.Томск, пр.им.Ленина 30, тел.9-22-96.

Ученый секретарь Совета А.П.Беляева

В В Е Д Е Н И Е

Технический прогресс в машиностроении, а также в горнодобывающей и строительной промышленности в настоящее время характеризуется непрерывным ростом производительности машин и оборудования за счет повышения мощности и скорости рабочих процессов. Одновременно наблюдается возникновение новых видов взаимодействия деталей рабочих органов породоразрушающих машин с породами и грунтами. Указанные обстоятельства приводят к повышенному абразивному износу деталей машин и снижению их долговечности. В результате недостаточного срока службы породоразрушающих машин непроизводительно расходуются огромные средства на замену и восстановление изношенных деталей.

Ведущее место в области абразивного трения и износа материалов занимают советские исследования. Наиболее значительный вклад в теорию абразивной износостойкости материалов внесли В.Д.Кузнецов, М.М.Хрущов, В.Ф.Лоренц, А.К.Зайцев, К.В.Савицкий, В.Н.Кащеев, Б.И.Костецкий, И.В.Крагельский, П.Н.Львов, М.М.Тененбаум, В.Н.Виноградов, И.Р.Клейс. Большое значение имеют также работы зарубежных ученых: Боудена, Тейбора, Веллингтера, Уетца и других.

Все большее внимание ученых, особенно советских, привлекают вопросы износостойкости материалов при различном характере нагружения. Однако, условия нагружения деталей рабочих органов породоразрушающих машин изучены недостаточно. Кроме этого, отсутствует единое мнение о методах исследования изнашивания материалов. Одни авторы утверждают, что исследования следует проводить в лабораторных ус-

ловиях с последующей производственной проверкой результатов. Другие считают, что должны проводиться только натурные испытания, которые, как известно, являются дорогостоящими и продолжительными.

Исходя из сказанного выше, задачей исследований являлось: а) изучение влияния условий изнашивания на долговечность деталей рабочих органов породоразрушающих машин; б) сопоставление результатов лабораторных и производственных испытаний, выяснение полноты воспроизводимости условий изнашивания деталей рабочих органов породоразрушающих машин в лабораторных условиях.

Решение поставленной задачи исследований проводилось в следующих направлениях:

1. анализ условий изнашивания деталей рабочих органов породоразрушающих машин с точки зрения характера их нагружения;

2. разработка методики исследования изнашивания материалов о закрепленный абразив при различном характере нагружения образцов;

3. обоснование и теоретический расчет параметров режима нагружения испытуемых образцов;

4. исследование влияния различных факторов на абразивный износ материалов при некоторых видах взаимодействия образцов с абразивом;

5. производственные испытания некоторых деталей рабочих органов породоразрушающих машин, сравнительный анализ полученных результатов с данными лабораторных исследований и разработка рекомендаций по повышению абразивной

износостойкости деталей, работающих в конкретных условиях.

Диссертационная работа состоит из введения и четырех глав.

I. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Одним из наиболее интенсивных процессов разрушения твердых тел является абразивный износ. В настоящее время существует мнение, что абразивное изнашивание материалов происходит в результате режущего или царапающего действия [8], [12] минеральными частицами, усталостного выкрашивания [2], а также возникновения ослабленных вторичных структур, легко отделяемых абразивной средой [9].

Конечный результат процесса изнашивания материалов - износ, зависит от физико-механических свойств и структуры материалов, продолжительности и скорости трения, удельной нагрузки, размеров, формы и свойств абразивных частиц.

Многочисленными опытами установлено, что в значительной степени износостойкость материалов при испытании по схеме трения скольжения определяется их твердостью [12]. По данным [8] в некоторых случаях повышение твердости сталей отрицательно влияет на их абразивную износостойкость.

Выполненный анализ современного состояния теории трения и износа позволяет отметить недостаточную разработку вопросов методического характера, а также отсутствие систематических исследований закономерностей абразивного изнашивания материалов, применительно к конкретным условиям работы деталей рабочих органов породоразрушающих машин.

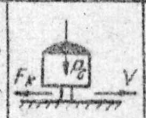
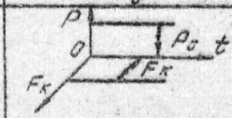
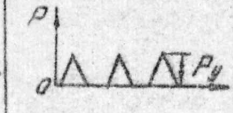
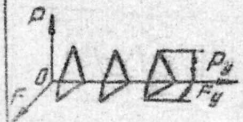
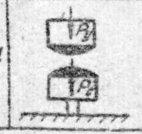
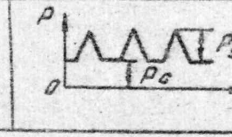
Известные методы исследования абразивной износостойкости материалов имеют ряд существенных недостатков, к ко-

торым следует отнести невозможность в некоторых случаях точного установления параметров режимов испытания, изменения их в процессе изнашивания и недостаточно полная воспроизводимость условий нагружения деталей рабочих органов породоразрушающих машин. В настоящее время основные результаты лабораторных исследований изнашивания материалов получены при испытаниях образцов по схеме трения скольжения о закрепленный абразив [12]. Последние данные свидетельствуют о повышенном внимании ученых к исследованию абразивного изнашивания материалов при ударе об абразив [12] [2].

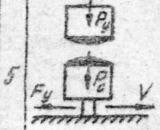
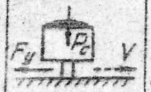
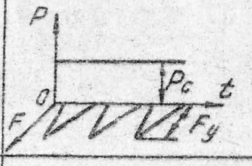
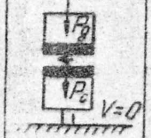
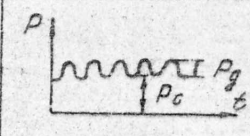
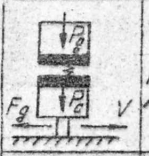
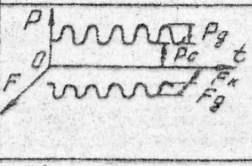
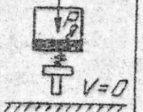
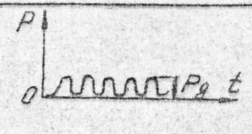
На основании анализа условий эксплуатации породоразрушающих машин нами предложена классификация наиболее общих видов (табл.I) взаимодействия деталей рабочих органов с разработанными грунтами и породами. Из классификации видно, что процесс абразивного изнашивания деталей характеризуется воздействием на них статических, ударных и вибрационных нагрузок, как в "чистом" виде, так и в различных сочетаниях. Соответствующий характер нагружения деталей предопределяется принципом работы машин, их конструктивным исполнением, физико-механическими свойствами грунтов и пород [3], состоянием рабочей площадки и т.д.

Реализация предложенных схем нагружения при лабораторных испытаниях материалов на абразивный износ позволит получить результаты, которые с необходимой уверенностью могут быть использованы при изготовлении деталей, работающих в конкретных условиях.

Таблица 1

№ схемы	Схема нагружения деталей рабочих органов	Диаграмма изменения нагрузок	Вид нагружения	Факторы, предопределяющие данную схему нагружения	Примеры машин
1	2	3	4	5	6
1			Статическая нагрузка и касательная сила трения	Принцип работы и состояние грунта	Буровые установки, бульдозеры, рыхлители, экскаваторы
2			Ударная нагрузка	Принцип работы	Станки ударно-канатного бурения, клин-и шар-бабы, рыхлители вертикального действия, пневмопробойники
3			Ударная нагрузка и касательная сила трения	Принцип работы, характер разрушения пород и грунтов	Станки ударно-вращательного бурения, дробилки, экскаваторы
4			Ударная нагрузка и статическое пригружение	Принцип работы	Рыхлители вертикального действия, пневматические отбойные молотки, перфораторы

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
5			Ударная нагрузка, статическое приложение и касательная сила трения	Принцип работы, характер разрушения пород и грунтов, состояние рабочей площади конструкция рабочего органа и машины	Рыхлители типа Д-652А, экскаваторы, станки ударно-вращательного бурения, бульдозеры
6			Статическая нагрузка и ударная касательная сила трения	Принцип работы	Буровая установка импульсно-вращательного действия (экспериментальная)
7			Вибрационная нагрузка и статическое приложение	Принцип работы	Установки для вибронагружения трубчатых пороразрушающих органов
8			Вибрационная нагрузка, статическое приложение и касательная сила трения	Принцип работы, характер разрушения пород грунтов, конструкция машины	Зубья ковшей экскаваторов и рыхлителей активного действия (вибрационное рыхление мерзлых грунтов и пород)
9			Вибрационная нагрузка	Принцип работы	Вибраторы

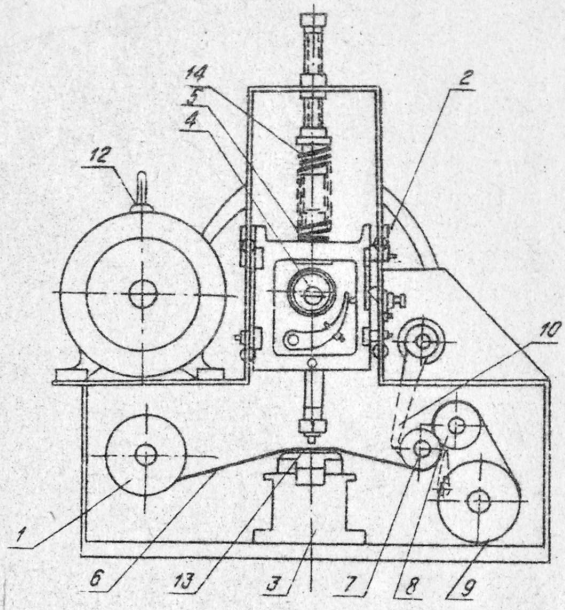
П. МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА АБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС ПРИ РАЗЛИЧНОМ ХАРАКТЕРЕ НАГРУЖЕНИЯ

Для испытаний материалов на абразивное изнашивание при различном характере нагружения образцов была создана новая лабораторная машина (рис. 1 и 2). Преимуществами указанной машины являются возможность проведения испытаний при различном характере нагружения образцов, а также отсутствие дополнительных соударений образца об абразивную поверхность и возможность регулирования частоты и скорости соударения в пределах до 10 гц и до 6 м/сек соответственно.

В качестве изнашивающего абразива принята абразивная шкурка. Это обусловлено тем, что высокопрочные породы и мерзлые грунты являются как бы жестко закрепленными абразивными частицами. Примерами деталей машин, изнашивающихся о жестко закрепленный абразив, являются зубья ковшей экскаваторов, щеки и молотки дробилок, рабочие органы буровых установок и другие.

Для расчета энергетических режимов испытания был выполнен теоретический анализ работы машины и получена формула скорости соударения образца с абразивной поверхностью. Экспериментальная проверка предложенной формулы при помощи осциллографической аппаратуры показала, что расхождение расчетных данных и результатов эксперимента составляют в среднем 4,6%. С целью облегчения выбора параметров настройки испытательной машины была построена номограмма.

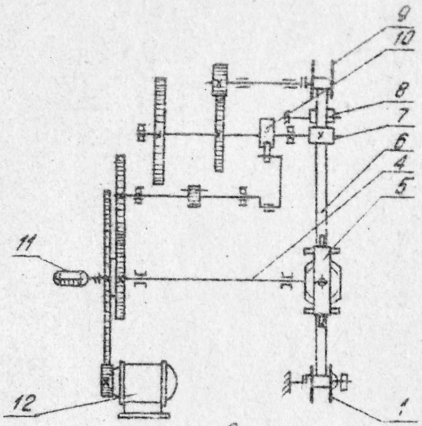
Разработанная машина позволяет проводить испытания на изнашивание при трении скольжения, нормальном и тангенци-



1.

Рис. 1. Машина для исследования абразивного изнашивания материалов.

Рис. 2. Кинематическая схема машины.



2.

1. Ведомая кассета.
2. Ролики направляющие.
3. Наковальня.
4. Главный вал.
5. Ударная часть.
6. Лента абразивная.
7. Ролик ведущий.
8. Ролик прижимной.
9. Ведущая кассета.
10. Храповой механизм.
11. Счетчик.
12. Электродвигатель.
13. Образец.
14. Пружина.

альном ударах и вибрационном взаимодействии образцов с абразивом. Настройка машины на требуемый вид нагружения образцов и режим испытаний не представляет трудностей.

Исследования проводились на образцах диаметром 8 мм (0,5 $см^2$), изготовленных из углеродистых (0,1-1,2%С) и легированных сталей (табл.2).

Таблица 2.

Химический состав сталей

Марка стали	Содержание химических элементов, %								
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	D	Ti
110Г13Л	1,15	12,11	0,56	0,007	0,05	0,50	0,30	-	-
Х13Г19ТЛ	0,42	18,95	0,63	0,04	0,01	15,16	-	-	0,35
17СНМД	0,17	0,70	0,38	0,013	0,018	0,20	0,85	1,5	-

Выбор группы углеродистых сталей объясняется их широким распространением в машиностроении, а также необходимостью получения зависимостей между износостойкостью и механическими свойствами, составом и структурой. Легированные стали интересны тем, что они имеют приблизительно одинаковые значения твердости и предела прочности до испытания, однако обладают различной способностью к самоупрочнению.

Перед испытаниями образцы освобождались от окалины и прирабатывались. Твердость замерялась на приборе ТК-2. Износ определялся взвешиванием на аналитических весах ВЛА-200М с точностью $\pm$ 0,1 мг. Оценка углеродистых сталей осуществ-

лялась по величине износа или по износостойкости, определяемой как отношение износа эталонного образца к износу испытуемого. В качестве эталонных применялись образцы, изготовленные из стали 45 после нормального отжига. Для легированных сталей эталоном служила высокомарганцевая сталь 110Г13Л.

С целью исключения влияния неравномерности изнашивающей способности абразивной шкурки испытания эталонных и исследуемых образцов проводились по соседним полоскам, для нарезания которых применено специально созданное устройство. Испытания проводились по схеме трения скольжения, при нормальном и тангенциальном ударном нагружении. Выбор режимов исследования сталей осуществлялся после предварительных испытаний методического характера. Результаты подвергались обработке методами математической статистики.

Ш. ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРА НАГРУЖЕНИЯ НА АБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС СТАЛЕЙ

Под характером нагружения деталей следует понимать вид действующих нагрузок, их сочетание и скорость взаимодействия с разрушаемой средой.

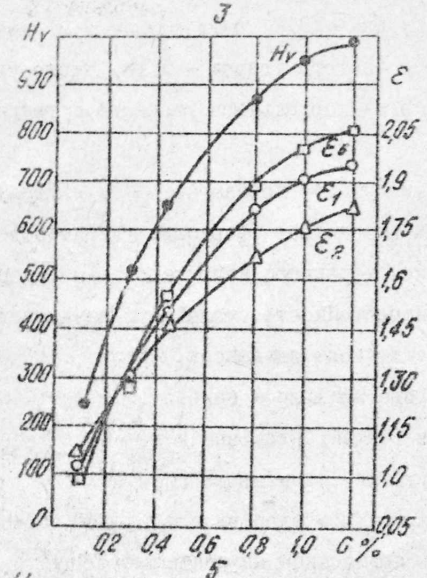
Нами были проведены исследования влияния характера нагружения на абразивный износ сталей различного состава, структуры и механических свойств. Ниже приводится краткое содержание полученных результатов и предлагаются объяснения установленных закономерностей.

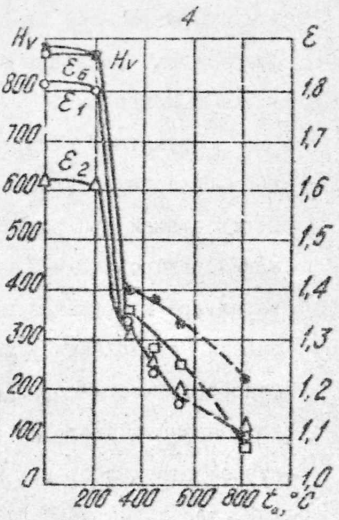
И з н о с у г л е р о д и с т ы х с т а л е й р а з л и ч н о г о с о с т а в а . Для испытаний при-

менялись образцы углеродистых сталей, подвергнутые закалке и отпуску при 180-200°С. Условия испытаний, выбранные на основании предварительных лабораторных экспериментов, были следующими: абразивная шкурка - 35б, путь трения-3 м, удельная нагрузка - 6,4 кг/см^2, частота ударов - 5 гц, число ударов - 2500, удельная энергия нормального ударного нагружения - 0,2 кГм/см^2.

Результаты испытаний (рис.3) показывают, что с увеличением содержания углерода возрастает твердость и износостойкость сталей при различном характере нагружения. До содержания углерода 0,45% износостойкость сталей при различном характере нагружения практически одинакова. Дальнейшее повышение содержания углерода привело к наибольшему увеличению износостойкости образцов сталей, испытанных по схеме ударного тангенциального нагружения. Наименьшая износостойкость сталей отмечалась при нормальном ударном нагружении образцов. Это можно объяснить повышением механических свойств сталей при ударном тангенциальном нагружении, меньшим заглублением абразивных частиц, а также большей вероятностью их разрушения. Кроме этого, на основании классической схемы Н.Н.Давиденкова [5], можно предположить, что путь, который проходят абразивные частицы (индентор) при ударном тангенциальном нагружении значительно больше из-за периодического подъема и заглубления (по количеству ударов на один опыт). Следовательно, большим будет износ режущих выступов абразивных зерен.

Наименьшая износостойкость относительно твердых сталей наблюдается при нормальном ударном взаимодействии образцов





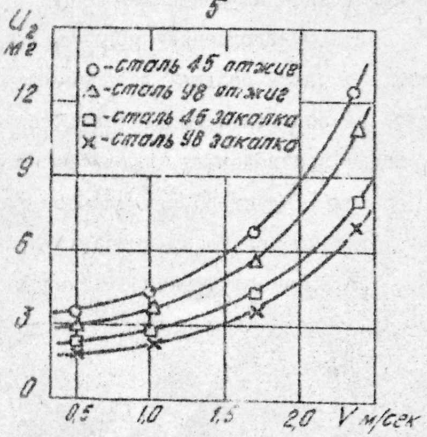


Рис.3. Абразивная износостойкость сталей при различном характере нагружения:
ε_1 - трение скольжения;
ε_6 - тангенциальный удар;
ε_2 - нормальный удар.

Рис. 4. Влияние температуры отпуска на абразивную износостойкость стали У8 при различном характере нагружения.

Рис. 5. Влияние скорости соударения на абразивный износ сталей.

сталей с абразивом. В данном случае, по-видимому, сказывается меньшая сопротивляемость хрупких материалов нормальным нагрузкам [8], [10].

Влияние структуры сталей. Исследования проводились со сталью У12, термообработанной на одинаковую твердость (HR_c = 60) и имеющей в своей структуре цементитные включения в виде разорванной сетки по границам зерен, равномерно распределенных крупных и мелких зерен.

Полученные результаты (табл.3) свидетельствуют о том, что наибольшей износостойкостью при различном характере нагружения обладает структура, имеющая цементитные включения в виде мелких зерен. Наименьшая износостойкость наблюдается у структуры с пластинчатым и крупным зернистым цементитом.

Таблица 3

Форма и размеры цементита	Характер нагружения		
	Скольжение	нормальный удар	тангенциальный удар
пластинчатая	I,95	I,64	2,15
зернистая крупная	I,98	I,68	2,27
зернистая мелкая	2,03	I,87	2,44

Малая износостойкость структуры с пластинчатой и крупной зернистой формой цементитных включений объясняется большей разрушаемостью цементита при деформации за счет дробления и выкалывания [4]. В то же время структура с мелкими зернами це-

ментита является наиболее благоприятной с точки зрения торможения дислокаций [4].

Как и для сталей с различным содержанием углерода, наибольшая износостойкость отмечена при изнашивании образцов по схеме тангенциального ударного нагружения; наименьшая - при нормальном ударном нагружении.

В л и я н и е м е х а н и ч е с к и х с в о й с т в. Испытания проводились на образцах из сталей 45 и У8, закаленных и отпущенных при температурах 200, 350, 450 и 550°С. Эксперименты (рис.4) показали, что различия в износостойкости с т а л е й при различном характере нагружения наблюдается только от твердости выше 400 H_V. Для всех режимов испытаний износостойкость сталей 45 и У8 повышается с уменьшением твердости. Порядок по износостойкости сталей при различном харктере нагружения такой же, как в предыдущем случае; объяснения этому явлению те же.

В л и я н и е с к о р о с т и с о у д а р е н и я. Наблюдения за работой породоразрушающих машин ударного действия показывают, что скорость нагружения деталей рабочих органов при изнашивании составляет 0,5-6 м/сек. В литературе нам не встретились данные о влиянии скорости соударения образца о жестко закрепленный абразив на износ сталей.

Лабораторные опыты проводились в следующих условиях: абразив - 35I2 и КрI2, частота ударов - 5 гц, число ударов-2450. Произведение веса ударной части на скорость соударения было принято равным 2,0 кГм/сек. Считалось, что в этом случае сила удара будет оставаться постоянной, так как время соударения для случая пластической деформации (в нашем

случае испытуемых образцов и абразивной шкурки) при всех прочих равных условиях не меняется [I]. Если испытания проводятся в области упругой деформации металлов, то в этом случае на время соударения оказывает влияние скорость деформации [IO].

Испытания проводились на образцах из сталей 45 и У8 в состоянии нормальной закалки с низким отпуском (I80-200°С) и отжига.

Полученные зависимости (рис.5) указывают на прогрессирующее возрастание величины износа сталей с увеличением скорости соударения. Причем более интенсивно нарастает износ у сталей в состоянии отжига.

На наш взгляд, полученное увеличение износа сталей можно объяснить явлением охрупчивания, на который указывали Н.Н.Давиденков [5], В.Д.Кузнецов [IO] и другие. Приведенные рассуждения [7] показывают, что увеличение скорости деформации приводит к возрастанию доли энергии, приходящейся на образование хрупких трещин. В то же время известно, что хрупкие материалы легко разрушаются под действием нормальных нагрузок [8], что имеет место в данном случае. В случае, когда предел текучести, возрастающий со скоростью деформации, станет выше сопротивления отрыву, материал полностью перейдет в хрупкое состояние [IO].

Качественно зависимости износа сталей от скорости соударения образцов по электрокорундовой и кремниевой абразивным шкуркам одинаковы.

Абразивный износ легированных сталей при различном характере

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
Библиотека

нагружения. Как указывалось выше, во вторую группу испытанных материалов входили легированные стали 110Г13Л, Х13Г19ТЛ и 17СНМД.

Высокомарганцевая сталь 110Г13Л имеет очень широкое распространение для изготовления деталей, подверженных абразивному изнашиванию при наличии ударных нагрузок. Отличительной особенностью этой стали является ее способность к значительному наклепу.

Сталь Х13Г19ТЛ, как и высокомарганцевая, относится к сталям аустенитного класса и трудно поддается механической обработке из-за наклепа.

Сталь 17СНМД имеет структуру сорбитообразного перлита и легированного феррита; заметного упрочнения в процессе деформаций этой стали не наблюдается.

Опыты проводились при трении скольжения, нормальном и тангенциальном нагружении. Кроме этого была использована схема испытания, предусматривающая нормальное ударное нагружение с последующим скольжением. По-видимому, при испытании по последней схеме способность сталей к самоупрочнению будет проявляться с наибольшей эффективностью: чем больший наклеп получит сталь в результате удара, тем меньшим будет износ при последующем скольжении.

Результаты исследования легированных сталей 110Г13Л, Х13Г19ТЛ и 17СНМД при различном характере нагружения даны в табл.4.

Таблица 4

Влияние характера нагружения на абразивную износостойкость легированных сталей

Марка стали	Характер нагружения			
	скольжения	нормальный удар	нормальный удар с последующим скольжением	тангенциальный удар
110Г13Л	I	I	I	I
Х13Г19ТЛ	0,94	0,73	0,63	0,8
17СНМД	I,I	0,62	0,35	0,65

Сказалось, что наибольшая разница в износостойкости исследуемых сталей наблюдается при испытании по схеме нормального удара с последующим скольжением (табл.4).

Испытания по другим схемам нагружения привели к результатам, аналогичным описанным ранее: наибольшая износостойкость легированных сталей наблюдается для случая нагружения по схеме трения скольжения образцов и тангенциальным ударом. Износостойкость сталей при испытании по схеме трения скольжения практически одинакова и зависит, главным образом, от исходной твердости.

IУ. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ СТАЛЕЙ НА АБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС

В производственных условиях были проведены испытания зубьев ковшей экскаваторов ЭКГ-8, изготовленных из сталей 110Г13Л, Х13Г19ТЛ и 17СНМД, разрабатывавших предварительно

взорванные, не затронутые выветриванием, толщи габбро и габбродиабазов (крепость по шкале профессора М.М.Протодьяконова 12-16 единиц и сопротивление сжатию до 1600 кГ/см^2). Местом испытаний был выбран рудник "Медвежий ручей" Норильского ГМК им.А.П.Завенягина.

Выбор условий испытаний обуславливался необходимостью создания наиболее жестких условий работы зубьев, обеспечения наименьшего времени испытаний и получения точных данных о показателях изнашивания.

Износ режущей кромки зубьев происходит при ударе о высокоабразивные породы с последующим проскальзыванием. Верхняя поверхность зубьев изнашивается в процессе перемещения разрабатываемой породы при статическом нагружении по схеме трения скольжения. Износ зубьев в первом случае определялся по уменьшению длины их рабочей части за определенное время или объем погруженной массы. Для определения износа верхней поверхности зубьев было разработано и применено специальное индикаторное приспособление.

Краткая методика измерения величины износа зубьев индикаторным приспособлением заключается в следующем. Бойком с крестообразными выступами или керном на изнашивающуюся поверхность наносится углубление. Затем трехточечной опорой приспособление устанавливается так, чтобы игла штока попала в углубление риски, и снимаются показания /глубина/ по шкале индикатора. После известного времени работы зубьев подобные измерения повторялись. Износ определялся как разность глубин рисок, замеренных до и после изнашивания. Сопоставление данного метода с помощью математической статистики со способом

негативных оттисков [13] показал, что расхождение результатов не превышает 6,25%.

Кроме этого определялись величины верхней и нижней площадки износа, приращение угла черпания, глубины и количество рисок изношенных зубьев.

Данные производственных /в знаменателе/ и лабораторных испытаний представлены в таблице 5.

Таблица 5

Марка стали	Характер нагружения			
	скольжение	нормальный удар	нормальный удар с последующим скольжением	тангенциальный удар
110Г13Л	I / I	I / -	I / I	I / -
Х13Г19Т2	0,94 / 0,9	0,73 / -	0,63 / 0,6	0,8 / -
17СНМД	I,I / I,02	0,62 / -	0,35 / 0,2	0,65 / -

Сравнение полученных результатов испытаний в производственных и лабораторных условиях говорят о достаточно хорошей их сходимости. Несколько завышенные данные по износостойкости, полученные в лабораторных условиях, по-видимому, можно объяснить различиями в глубине наклепанного слоя при лабораторных и производственных испытаниях.

В Ы В О Д Ы

I. На основании анализа условий работы породоразрушающих машин установлено, что износ деталей рабочих органов происходит при действии статических, ударных и вибрационных нагрузок, как в "чистом" виде, так и в различных их сочетаниях. Тот или иной характер нагружения предопределяется принципом действия машин, физико-механическими свойствами грунтов и пород, конструкцией рабочих органов, состоянием рабочей площадки и другими.

2. Разработанная методика и созданная универсальная лабораторная машина, позволяет проводить исследования изнашивания материалов при различном характере нагружения образцов.

3. Лабораторными исследованиями установлено, что наибольшей износостойкостью обладают стали различного состава, структуры и механических свойств при ударном тангенциальном, наименьшей - при нормальном ударном нагружении образцов. Заметная разница в износостойкости сталей появляется при твердости приблизительно выше 400 H_V.

4. Высокая износостойкость сталей при ударном тангенциальном нагружении объясняется увеличением механических свойств (пределов упругости, текучести и прочности) и откалыванием абразивных частиц. Кроме этого износ царапающих выступов абразивных частиц будет более интенсивным при большем (волнистом) пути трения, возникающего в результате периодического заглубления и выглубления.

5. Малая износостойкость твердых сталей при нормальном

ударном нагружении объясняется их слабой сопротивляемостью действию нормальных нагрузок [8].

6. Наличие цементита в мартенситной структуре в виде разорванной сетки по границам зерен и равномерно распределенных крупных и мелких зерен оказывает различное влияние на износ стали У12 при одинаковой твердости ($H R_c = 60$). Наиболее благоприятной является структура с мелким зернистым цементитом, который не разрушается абразивом и создает наилучшие условия для торможения дислокаций [4].

7. С увеличением скорости соударения абразивный износ сталей возрастает. Это можно объяснить явлением охрупчивания материалов [5] [10] [7], которые слабо сопротивляются нормальным нагрузкам.

8. Данные лабораторных исследований абразивного изнашивания легированных сталей 110Г13Л, Х13Г19ТЛ и 17СНМД, обладающих различной способностью к самоупрочнению при одинаковых исходных значениях предела прочности и твердости, показали хорошее соответствие с результатами производственных испытаний.

9. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что большое влияние на износостойкость материалов оказывает характер нагружения, поэтому при планировании лабораторных испытаний необходимо учитывать конкретные условия изнашивания деталей рабочих органов породоразрушающих машин.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДАННОЙ РАБОТЫ ДОКЛАДЫВАЛИСЬ:

I. На научном семинаре кафедры надежности и долговечности машин Украинской сельскохозяйственной академии, Киев, июнь, 1969.

2. На научно-технической конференции по ударно-циклической прочности материалов, ТИСИ, Томск, февраль-март 1970г.

3. На научно-технической конференции, посвященной 70-летию машиностроительного факультета ТПИ, Томск, октябрь, 1970г.

4. На заседании Технического Совета отдела Главного механика Норильского ордена В.И.Ленина горно-металлургического комбината им.А.П.Завенягина, Норильск, июнь 1965 г.

5. На заседании секции механизмов Научно-технического Совета Норильского ордена В.И.Ленина горно-металлургического комбината им.А.П.Завенягина, Норильск, апрель 1966 г.

6. На научном семинаре по трению и износу в машинах ГосНИИ Машиноведения, Москва, январь, 1971 г.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНО В РАБОТАХ:

I. А.И.Михайловский, Г.В.Топоров, И.Г.Басов. О характере взаимодействия деталей рабочих органов породоразрушающих машин с объектом разрушения. Сб.трудов механического факультета КПИ, № 3, Красноярск, 1970.

2. А.И.Михайловский. Методика исследования изнашивания материалов при ударном циклическом нагружении. Материалы конференции по ударно-циклической прочности материалов, ТИСИ, Томск, 1970.

3. А.И.Михайловский. Об исследовании абразивного изнашивания

материалов при ударном нагружении. Сб.трудов механического факультета КПИ, № 4, Красноярск, 1970.

4. А.И.Михайловский. Исследования изнашивания материалов. Материалы 2-й научно-технической конференции Череповецкого филиала СЗПИ, Ленинград, 1970.

5. А.И.Михайловский., Г.В.Топоров. Влияние скорости соударения на абразивный износ материалов. Материалы 3-й научно-технической конференции Череповецкого филиала СЗПИ, Ленинград 1971. (в печати).

6. А.И.Михайловский, В.А.Ковальчук. Ускоренный способ измерения износа деталей машин в эксплуатационных условиях. Труды 4-го совещания-семинара по строительству в Сибири и на Севере. КрасПСНИИП,т.8, Красноярск, 1966.

7. В.П.Шамоня, А.И.Михайловский и др. Долговечность зубьев ковшей экскаваторов ЭКГ-8 в условиях Норильска, "Горный журнал", № 7, 1966.

8. А.И.Михайловский. Износ сталей при высокодинамическом взаимодействии с абразивом. Труды 4-го совещания-семинара по строительству в Сибири и на Севере, КрасПСНИИП т.8, Красноярск, 1966.

9. Ковальчук В.А., Б.М.Благих, А.И.Михайловский и др.Эксплуатационные испытания зубьев ковшей экскаваторов ЭКГ-8 в условиях Норильска. Сб.трудов КрасПСНИИП, вып.13, Красноярск, 1966.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г.С.Батуев и др. Инженерные методы исследования ударных процессов. Изд. "Машиностроение", М., 1969.

2. Е.Н.Бородина. Кандидатская диссертация, МИНХ и ГП

им.И.М.Губкина, М., 1970.

3. Ю.А.Ветров. Расчеты сил резания и копания грунтов. Изд. КГУ, Киев, 1965.

4. В.Н.Гриднев, К.Н.Петров. Сб."Механизм разрушения металлов", серия "Металлофизика", АНУССР, изд."Наукова думка", Киев, 1966.

5. Н.Н.Давиденков. Динамические испытания металлов. ОНТИ, М., 1936.

6. В.В.Ефимов. Сб.КНИУИ. "Вопросы технологии и экономики горной промышленности", вып.12, М., 1963.

7. В.С.Иванова и др. Усталость и хрупкость металлических материалов. Изд."Наука", М., 1968.

8. В.Н.Кащеев. Абразивное разрушение твердых тел. Изд."Наука", М., 1970.

9. Б.И.Костецкий, С.Д.Лехман. Исследование изнашивания металлов по грунту. Сб."Научные сообщения", вып.3, КрасПСНИИП, Красноярск, 1969.

10. В.Д.Кузнецов. Физика твердого тела, т.5, Томск, 1949.

11. М.Я.Левандовский, Г.В.Топоров. Материалы конференции по ударно-циклической прочности металлов, ТИСИ, Томск, 1970.

12. М.М.Хрущов, М.А.Бабичев. Абразивное изнашивание. Изд."Наука", М., 1970.

13. К.П.Чудаков и др. "Вестник машиностроения", № 1, 1952.

З А К А З № 70 от 22.04.71. К300876.
ТИРАЖ 150 экз.
ОТПЕЧАТАНО НА РОТАПРИНТЕ ТИСИ,
г.ТОМСК-3, ПЛ. СОЛЯНАЯ 2.