

Министерство образования и науки Украины

Донбасская государственная  
машиностроительная академия

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторным работам по дисциплине  
**«Эксплуатация и обслуживание машин»**  
для студентов специальности 8.090218  
«Металлургическое оборудование»

Краматорск ДГМА 2000



Министерство образования и науки Украины

Донбасская государственная  
машиностроительная академия

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторным работам по дисциплине  
**«Эксплуатация и обслуживание машин»**  
для студентов специальности 8.090218  
«Металлургическое оборудование»

УТВЕРЖДЕНО  
на заседании кафедры  
автоматизированных  
металлургических машин  
и оборудования.

Протокол № 12  
от 16 марта 1999г

Краматорск ДГМА 2000

**УДК**

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Эксплуатация и обслуживание машин» для студентов специальности 8.090218 «Металлургическое оборудование» / Сост. А.Н. Кулик. - Краматорск: ДГМА, 2000. – 42 с.

Изложены содержание лабораторных работ, последовательность выполнения и порядок оформления отчетов.

Составитель  
Отв. за выпуск

А.Н. Кулик, ассист..  
В.И. Шпак, доц.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ .....	6
ПРАВИЛА ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ .....	7
ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТОВ.....	7
1 Лабораторная работа № 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ В СОПРЯГАЕМЫХ ПАРАХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН .....	8
1.1 Общие указания .....	8
1.1.1 Методы измерения износа .....	8
1.1.2 Подготовка и измерение износа .....	9
Рисунок 1.2 – Схема измерения износа.....	12
1.2 Материальное обеспечение работы.....	16
1.3 Порядок выполнения работы.....	17
1.4 Обработка результатов опытов.....	17
1.5 Содержание отчета .....	18
1.6 Контрольные вопросы .....	18
2 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРА ИЗНОСА И РАЗРУШЕНИЙ ПО ОБРАЗЦАМ ВЫШЕДШИХ ИЗ СТРОЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАШИН .....	18
2.1 Общие указания .....	19
2.2 Материальное обеспечение работы .....	21
2.3 Порядок проведения работы .....	21
2.4 Обработка результатов работы.....	22
2.5 Содержание отчета .....	22
2.6 Контрольные вопросы .....	22
3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ СТАНЦИИ РУЧНОЙ СМАЗКИ СРГ-8.....	22
3.1 Общие указания .....	22
3.2 Порядок выполнения работы.....	23
3.3 Обработка результатов работы.....	24
3.4 Содержание отчета .....	24
3.5 Контрольные вопросы .....	24
4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЖИДКОЙ СМАЗКИ ПРОКАТНОГО СТАНА .....	25
4.1 Общие указания .....	25
4.2 Материальное обеспечение.....	26

4.3	Порядок выполнения работы.....	27
4.4	Содержание отчета .....	27
4.5	Контрольные вопросы .....	27
5	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СМАЗКИ ПРОКАТНОГО СТАНА.....	28
5.1	Общие указания .....	28
5.2	Порядок выполнения работы.....	30
5.3	Содержание отчета .....	30
5.4	Контрольные вопросы .....	30
6	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ.....	31
6.1	Общие указания .....	31
6.1.1	Подготовка изделий к ультразвуковому контролю	33
6.1.2	Выбор рабочей частоты	33
6.2	Порядок выполнения работы.....	33
	Контроль с помощью искательной головки	34
6.3	Содержание отчета .....	34
6.4	Контрольные вопросы .....	35
	Список рекомендованной литературы .....	36

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Лабораторный практикум дисциплины "Эксплуатация и обслуживание машин" направлен на закрепление теоретических знаний студентов и приобретение навыков решения некоторых задач эксплуатационного обслуживания.

В ходе выполнения лабораторных работ студенты самостоятельно анализируют полученные результаты, устанавливают количественные и качественные взаимосвязи отдельных явлений.

### ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

- 1 Лабораторные работы выполняются по утвержденному кафедрой графику, который вывешивается в лаборатории на доске объявлений кафедры.
- 2 К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, ознакомившиеся заблаговременно с ее содержанием и методикой выполнения, изучившие соответствующие разделы теоретического курса.
- 3 Перед началом лабораторных работ распределяются обязанности между членами бригады (академическая группа разбивается на 4...5 бригад). Лабораторные работы в группе могут также проводиться по нескольким дисциплинам специальности одновременно.
- 4 Работы выполняются в последовательности, приведенной в методических указаниях. Заключительным этапом каждой работы является обработка и анализ данных, сравнение их с теоретическими, анализ причин расхождения этих данных, выводы по результатам работы.
- 5 При завершении работы до окончания занятий студенты приступают к составлению отчета.
- 6 Отчет о выполненной лабораторной работе предъявляется преподавателю в конце занятия или перед началом очередного занятия. В противном случае студент к последующим занятиям не допускается. При наличии правильно оформленного отчета разрешается защита лабораторной работы.
- 7 При защите лабораторной работы студент обязан знать основные теоретические положения по данной работе, методику тех или иных измерений, уметь объяснить значение полученных зависимостей и их характер.
- 8 К работе в лаборатории допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

## **ПРАВИЛА ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

- 1 Все лабораторные работы студенты обязаны выполнять в спецодежде (халатах).
- 2 Запрещается включать лабораторные установки без разрешения руководителя занятия.
- 3 При работе лабораторного стана разрешается находиться только со стороны обслуживания.
- 4 На работающие установки нельзя опираться и без надобности трогать их руками.
- 5 Запрещается уходить со своего рабочего места и переходить на другое без разрешения преподавателя.
- 6 Рабочее место необходимо содержать в чистоте и порядке.
- 7 После проведения работы необходимо отключать электрооборудование от источников питания.
- 8 В маслоподвале категорически запрещается зажигать спички.
- 9 Включать насос можно только с разрешения преподавателя.
- 10 Открывать вентили, люки резервуара, производить разборку фильтров и т.д. только с разрешения преподавателя.
- 11 Во время изучения устройства систем смазки они должны быть отключены. На пульте - таблички “НЕ ВКЛЮЧАТЬ - РАБОТАЮТ ЛЮДИ”.

### **ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТОВ**

- 1 Отчеты о лабораторных работах оформляются в специальной тетради (журнале) в порядке очередности выполнения работ.
- 2 Схемы и графики выполняются карандашом, обязательно с применением чертежных принадлежностей.
- 3 Элементы схем должны быть выполнены в соответствии с требованиями ЕСКД.
- 4 Графики рекомендуется выполнять на миллиметровой бумаге. Значения аргументов следует откладывать по горизонтальной оси, а значения функции – по вертикальной.
- 5 Вдоль осей следует наносить масштабные шкалы, деления которых должны быть равномерными.
- 6 Отчет должен содержать цель работы, краткое описание основных теоретических положений, описание лабораторной установки и порядок проведения эксперимента, обсуждение результатов эксперимента и выводы.

# 1 Лабораторная работа № 1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ В СОПРЯГАЕМЫХ ПАРАХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Цель работы - изучение процессов трения и методов измерения износа сопрягаемых пар; изучение конструкций машин трения; получение навыков исследования влияния качества поверхности материала на эксплуатационные свойства деталей.

### 1.1 Общие указания

Эксплуатационные характеристики машин и механизмов в большой мере зависят от состояния сопрягаемых деталей, подверженных износу в месте сопряжения, причем главной причиной изнашивания является внешнее трение.

Основой трения является взаимодействие поверхностей деталей машин, при котором происходит образование поверхностных связей, их работа и нарушение. При этом возникают упругопластические деформации поверхностных слоев взаимодействующих деталей, способствующие возникновению и развитию вторичных физических, механических и химических процессов.

В ходе эксплуатации значение износа необходимо периодически измерять.

#### 1.1.1 Методы измерения износа

Стандарты предусматривают следующие методы измерения износа:

- деталей из металлических конструктивных материалов на основе железа, меди и их сплавов и композиций с относительным содержанием других элементов не более 20% по массе - по уменьшению интенсивности гамма-излучения предварительно активированного в месте измерения износа поверхностного слоя (метод поверхностной активации) или торцевых поверхностей, прилегающих к поверхности износа (метод радиоактивных марок). Методы рекомендуются для контроля износа при переходных процессах типа приработки;
- металлических и неметаллических деталей трущихся сопряжений - активационным и спектральным анализом смазочного материала, в котором остаются продукты изнашивания при смазывании жидким или пластичным смазочным материалом, при наличии возможности отбора проб смазочного материала;

- металлических и неметаллических деталей или образцов фрикционных сопряжений - по уменьшению в результате изнашивания длины, предварительно вырезанной на трущихся поверхностях лунки, не распространяющиеся на случаи, когда пластические деформации на поверхности трения изменяют контур лунки и когда лунка может явиться эффективным концентратором напряжений (метод вырезанных лунок);
- рабочих поверхностей трения деталей машин и образцов, размеры и форма которых допускают профилографирование, а механические свойства обеспечивают отсутствие деформации под иглой профилографа (метод профилографирования) - по разнице высот профиля до и после изнашивания.

### 1.1.2 Подготовка и измерение износа

При измерении износа *методом поверхностной активации* выбирают место и размеры активируемого участка для облучения его прямолинейным пучком протонов с энергией  $(11,4 \pm 0,2)$  мЭв. Угол падения пучка между нормалью к участку и направлением пучка не более  $75^\circ$ . Режим активации должен обеспечивать получение радионуклида  $Co^{56}$  для сплавов и композиций на основе железа и радионуклида  $Zn^{65}$  - для сплавов на основе меди. Начальная интенсивность излучения активированного участка от изотопа-индикатора должна превышать уровень естественного фона в месте проведения измерений не менее чем в два раза. Допускается применять вставки-свидетели, которые устанавливают в деталь заподлицо с контролируемой поверхностью, что обеспечивается совместной окончательной обработкой, в процессе которой допускается снять не более 20% толщины активированного слоя. Уменьшение активности вставки при обработке должно учитываться как износ, предшествующий началу испытания. Чувствительность метода увеличивается с уменьшением толщины активированного слоя и зависит от нелинейности тарировочной функции. В общем виде чувствительность  $S$  можно представить как первую производную от тарировочной функции по значению линейного износа:

$$S \approx \frac{\Delta n_{отн}}{\Delta h} \quad (1.1)$$

При заданных выше параметрах облучения толщина активного слоя уменьшается с увеличением угла наклона пучка частиц к поверхности детали.

При активации необходимо исключить нагрев детали, вызывающий необратимые явления в поверхностном слое.

Суммарная активность детали не должна превышать уровня активности, допускаемого при работе без специальных мер защиты в соответствии с

нормами радиационной безопасности и действующими санитарными правилами.

Метод поверхностной активации рекомендуется для измерения значений износа в диапазоне от 0 до 150 мкм.

При измерении износа методом радиоактивных марок выбирают место, размеры и форму активируемого участка (марки) из торцевой поверхности, прилегающей к поверхности, подверженной износу. Размер активируемой площадки, перпендикулярной к изнашивающейся поверхности, должен быть на 20...25% больше ожидаемого значения износа.

Метод радиоактивных марок рекомендуется для измерения значений износа более 150 мкм.

При измерении износа *методом спектрального анализа* смазочного материала готовят набор эталонных проб с различными концентрациями, диапазон изменения которых перекрывает диапазон предполагаемых концентраций в пробе при измерении износа, отвечающих следующим требованиям:

надежно установленный химический состав;

максимальное соответствие по химическому составу и физическим свойствам проб, анализируемым при измерении износа;

стабильность состава во времени на весь период измерений.

Для приготовления эталонных проб служит головной эталон, получаемый путем дисперсирования тонкого порошка солей или окислов металлов, или металлоорганических соединений в чистом базовом масле при помощи ультразвукового диспергатора. Разбавлением головного эталона чистым базовым маслом получают серию эталонных проб с концентрацией каждого элемента - индикатора износа, пропорциональной ряду 1:4:10:20:40:100. Затем эталонные пробы и пробы отработанного смазочного материала неизвестного состава объемом 1 см<sup>3</sup> переносят с помощью пипетки в углубления на рабочих торцах угольных или графитовых электродов с последующим осушением с помощью инфракрасного излучения при включенной вытяжной вентиляции.

При измерении *износа методами вырезанных лунок и профилографирования* поверхности трения в местах измерения перед вырезанием лунок или нанесением отпечатков, а также перед каждым измерением промывают, обезжиривают и просушивают. Выбор мест измерений, размеров измеряемых участков, размеров отпечатков и лунок производят исходя из предполагаемого распределения износа по поверхности, а также поставленной задачи. Для построения эпюры износа вдоль какого-либо направления подготавливают измерения не менее чем в трех сечениях по этому направлению. Для облегчения нахождения мест измерений составляют схему их расположения, производя ее привязку к поверхности трения при помощи дополнительных

меток (кернов, штрихов). В протокол измерения вносят: наименование детали (образца), наименование материала поверхности трения, его твердость, наименование и заводской номер измерительного прибора, схему расположения мест измерений.

При измерении износа методом вырезанных лунок последние располагают таким образом, чтобы продольная ось их симметрии была перпендикулярна направлению относительного перемещения трущихся поверхностей. При вырезании лунки и ее измерении прибор и деталь (образец) фиксируют относительно друг друга согласно выбранной схеме расположения лунок.

Вырезание лунки производят по схеме, указанной на рисунке 1.1. Для этого трехгранный алмазный резец 1, вращающийся вокруг оси XX по радиусу OA, периодически подводят к поверхности трения 2 детали (образца) при подаче 0,002...0,003 мм/об, наблюдая за вырезанием в микроскоп прибора. В результате прохода резца должна образоваться лунка 3, имеющая длину EF.

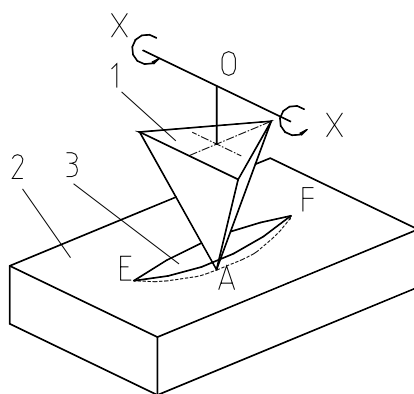


Рисунок 1.1 - Схема вырезания лунки

При достижении заданной длины лунки проводят доводку ее поверхности вращением резца в ту и другую сторону без подачи. Допускается проводить окончательную доводку лунки путем приработки сопряженных поверхностей трения. После доводки длину лунки измеряют с погрешностью не более 0,5 деления шкалы окуляра и результат заносят в протокол.

При измерении износа методом вырезанных лунок после каждого этапа изнашивания измеряют длину лунки, по которой вычисляют ее глубину и износ детали (образца) в месте нанесения лунки в соответствии с рисун-

ком 1.2 как разницу  $\Delta h$  расстояний между поверхностью трения до изнашивания 1 и дном лунки и поверхностью трения после изнашивания 2 и дном лунки ( $h_1$ ). Изменение длины лунки в процессе изнашивания от  $l$  до  $l_1$  связано со значением  $\Delta h$  через радиус вращения вершины резца  $r$  и для неплоских поверхностей радиус кривизны поверхности трения в месте нанесения лунки  $R$ .

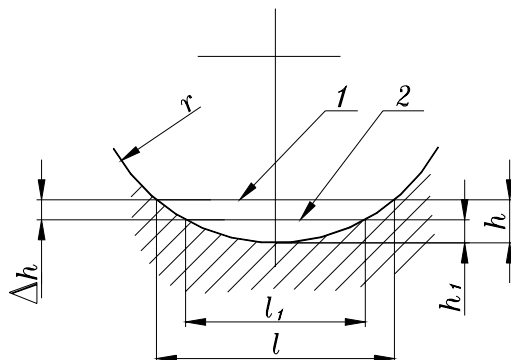


Рисунок 1.2 – Схема измерения износа

Для плоских поверхностей, а также цилиндрических поверхностей при расположении лунок вдоль образующей цилиндра износ вычисляют по формуле

$$\Delta h = 0,125(l^2 - l_1^2) \frac{1}{r} \quad (1.2)$$

Результаты получают в миллиметрах.

Для цилиндрических поверхностей при расположении лунки перпендикулярно образующей цилиндра износ вычисляют по формуле

$$\Delta h = 0,125(l^2 - l_1^2) \left( \frac{1}{r} \pm \frac{1}{R} \right), \quad (1.3)$$

где знак плюс подставляют для выпуклых поверхностей, а знак минус - для вогнутых. Вычисление износа производят с точностью  $\pm 0,001$  мм.

При измерении износа методом профилографирования с использованием ориентации детали (образца) на профилографе по двум отпечаткам место измерения готовят следующим образом.

На исследуемой детали 1 (образце), схема ориентации которого на профилографе показана на рисунке 1.3, наносят отпечатки 2 и 3, низшие точки которых 4, 5 лежат на заданной трассе профилографирования 6. Отпечатки выполняют на твердоме Виккерса по ГОСТ 2999 так, чтобы между отпечатками располагался исследуемый участок изнашиваемой поверхности, а глубина отпечатков превышала значение износа не более чем в два раза. Отпечатки располагают на максимальном друг от друга расстоянии, ограниченном значением хода иглы щупа профилографа. После нанесения отпечатков 2 и 3 деталь (образец) устанавливают на предметный столик 7, который может перемещаться в горизонтальной плоскости поперек движения иглы 8 щупа при помощи микровинта 9, а также поворачиваться в горизонтальной плоскости вращением микровинта 10. Образец 1 микровинтами 9 и 10 устанавливают относительно трассы профилографирования 6 таким образом, чтобы острие иглы 8 проходило через низшие точки 4 и 5 отпечатков 2 и 3. При этом глубины отпечатков контролируют по отклонению пера самописца.

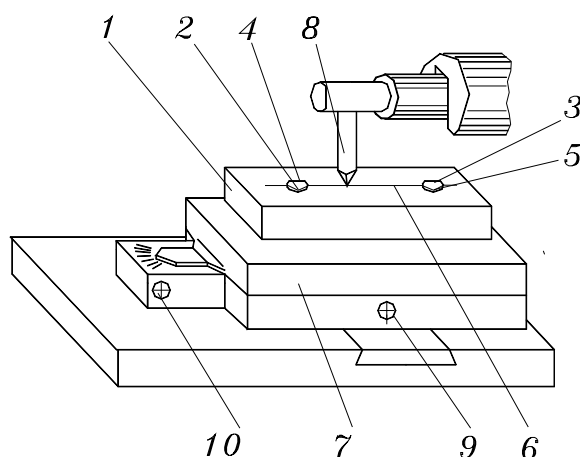


Рисунок 1.3 – Схема измерения износа методом профилографирования

**При измерении износа однократным профилографированием отпечатки на трассу профилографирования не наносят.**

При измерении износа методом профилографирования значение износа определяют как разницу высот профиля до и после изнашивания, определяемую либо путем совмещения профилограмм, снятых до и после определенного времени изнашивания, и оценки разницы высот на одном и том же

участке профиля, либо путем оценки разницы высот изношенных и неизношенных участков только по одной профилограмме после изнашивания.

При определении разницы высот профиля до и после изнашивания путем совмещения профилограмм после определенного этапа изнашивания деталь (образец) устанавливают на профилограф. Трасса профилографирования считается воспроизведенной правильно, если в соответствии с рисунком 1.4 у профилограмм 1, снятых до и после испытаний, совпадут максимальные глубины отпечатков 2 и 3.

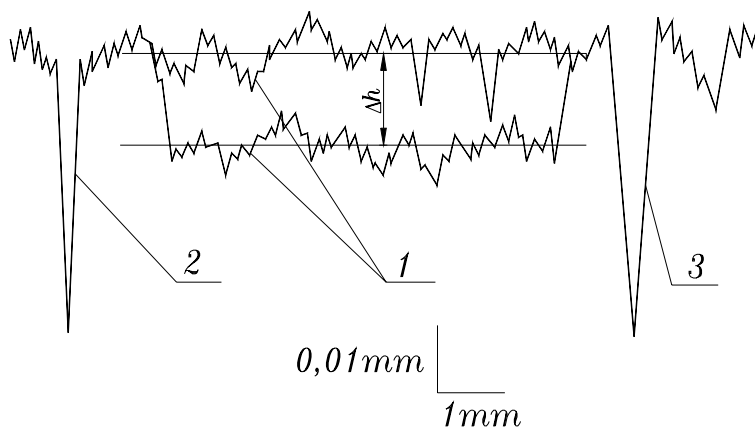


Рисунок 1.4 - Трасса профилографирования при износе  $\Delta h$  более  $R_z$

Износ определяют как расстояние между проведенными по ГОСТ 2789 средними линиями профилей изношенной и неизношенной поверхностей, если значение износа  $\Delta h > R_z$ , где  $R_z$  - высота неровностей профиля по десяти точкам, определенная в соответствии с ГОСТ 2789.

Если значение износа  $\Delta h \leq R_z$ , то его определяют в соответствии с рис.1.5 как разницу  $\Delta h$  между расстояниями от точек профилей изношенной  $h_n$  и неизношенной  $h_n$  поверхностей до базовой линии AA, осредненную не менее чем по десяти равномерно распределенным вдоль профилограммы сечениям 1-1, 2-2, 3-3 и т.д. В качестве базовой может быть выбрана любая линия, имеющая форму номинального профиля по ГОСТ 2789-73, положение которой относительно неизношенной поверхности детали (образца) не изменяется по мере изнашивания (проводится через точки, выбранные на неизношенных участках профиля). Измерение расстояний  $h_n$  и  $h_n$  на профилограмме следует производить с точностью  $\pm 0,05$  мм.

При *однократном профилографировании* для измерения износа на каждом этапе изнашивания путем оценки разницы высот изношенных и неизношенных участков после каждого этапа изнашивания уменьшают хотя бы один размер изнашиваемого участка поверхности детали (образца). Значения износа определяют после проведения всех этапов изнашивания, используя сохранившиеся на детали (образце) участки изношенных поверхностей, сформировавшихся на каждом из этих этапов.

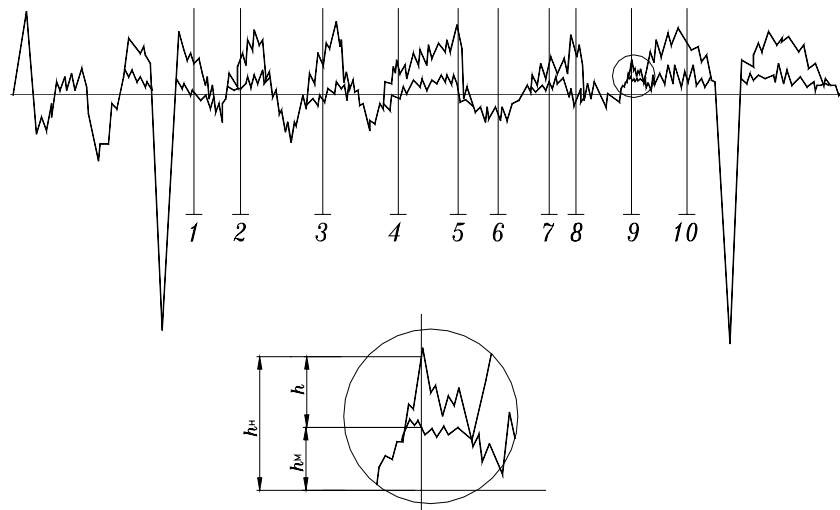


Рисунок 1.5 - Трасса профилографирования при износе  $\Delta h$  менее  $R_z$

Характерный вид профилограммы, полученной в соответствии с данной методикой, приводится на рисунке 1.6. Сохранившиеся на образце участки изношенных поверхностей сформировались на различных этапах изнашивания: А и  $A_1$  - на этапе притирки, С и  $C_1$  - на этапе приработочных испытаний, D - на этапе испытаний на износостойкость. Таким образом по профилограмме на рисунке 1.6 определяют значения приработочного износа  $\Delta h_n$  и износа в стационарных условиях  $\Delta h_m$ .

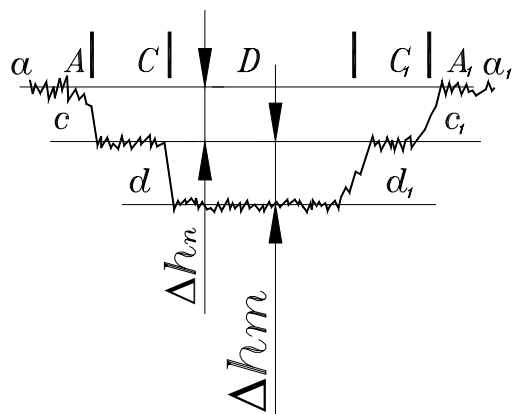


Рисунок 1.6 -

## 1.2 Материальное обеспечение работы

Исследования, связанные с выполнением работы, проводятся на машине трения МИ-1М, упрощенная кинематическая схема которой представлена на рисунке 1.7. Процесс износа происходит на поверхности образцов, один из которых закреплен неподвижно (1), а другой представляет собой вращающийся ролик (2). Привод ролика 2 осуществляется от электродвигателя 3 через зубчатые колеса 4,5 и дифференциальный механизм, состоящий из маховика 6 с внутренним зубчатым зацеплением планетарных шестерен 7, 8, которые смонтированы на маятнике 9.

От зубчатого колеса 5 вращение передается горизонтальному диску 10 через зубчатое колесо 11 и червячную пару 12. Таким образом, число оборотов диска 10 прямо пропорционально числу оборотов ролика 2. К диску 10 прижат обрезиненный ролик 13, ось вращения которого перпендикулярна оси вращения диска 10. Обрезиненный ролик 13 смонтирован на водиле 14, которое кинематически связано с маятником 9 так, что отклонение маятника 9 перемещает водило, изменяя радиус качения  $R$  ролика 13 по диску 10 пропорционально этому отклонению.

Испытуемый образец прижимается к ролику 2 пружинным нагрузочным устройством 17. Отсчет величины нагрузки (или прижатия образца к ролику 2) производится по шкале 18.

На маятник 9 устанавливаются сменные грузы 15. Маятник 9 устроен так, что его отклонение пропорционально моменту трения, возникающему на ролике 2. Поскольку маятник 9 кинематически связан с водилом 14, то перемещение последнего представляет собой тот же момент трения в определенном масштабе, зависящем от числа грузов, установленных на маятнике 9. Отсчет перемещения водила 14, а следовательно, и момента трения ведется по шкале 16.

Из кинематической схемы на рис.1.7 видно, что абсолютное число оборотов, совершенное обремененным роликом 13 за определенный промежуток времени, прямо пропорционально произведению абсолютного числа оборотов ролика 2, совершенного за тот же промежуток времени, на момент трения, т.е. работе трения.

Для измерения износа методом вырезанных лунок используют прибор по ГОСТ 23-301.

Для измерения износа методом профилографирования используют профилограф-профилометр (например, типа 1 по ГОСТ 19300), а также прибор для измерения твердости по ГОСТ 2999, соответствующий требованиям ГОСТ 13408 (для нанесения меток на трассу профилографирования).

### 1.3 Порядок выполнения работы

Работа выполняется бригадой в составе 5-6 человек.

- 1 Ознакомиться с конструкцией машины МИ-1М и особенностями ее работы.
- 2 Установить необходимое число грузов на маятник машины.
- 3 Взвесить образец.
- 4 Снять профилограмму поверхности образца.
- 5 Установить образец на верхний шпиндель машины.
- 6 Установить нагрузку.
- 7 Отклонить левой рукой маятник машины за его верхнюю часть на себя до упора и, держа его в таком положении, правой рукой поворотом ручки пакетного выключателя пустить мотор, одновременно включить секундомер.
- 8 Зафиксировать момент трения.
- 9 Выключить машину, снять образец, взвесить его и снять профилограмму поверхности образца.

### 1.4 Обработка результатов опытов

Сила трения на контактных поверхностях образца и стального ролика определяется законом Кулона:

$$F_{\text{тр}} = Nf, \quad (1.4)$$

где  $F_{\text{тр}}$  - сила трения, Н;  
 $N$  - сила прижатия образца к стальному ролику, Н;  
 $f$  - коэффициент трения.

Сила трения вычисляется по результатам опытов:

$$F_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{тр}}}{r_p} = \frac{2M_{\text{тр}}}{d_p}, \quad (1.5)$$

где  $r_p$ ,  $d_p$  – соответственно радиус и диаметр образца.

Износ образца в мкм определяется по измерению изменения массы образца и последующего пересчета. При этом учитывается фактическая площадь изнашиваемой поверхности.

### 1.5 Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать: краткие теоретические сведения, заполненную таблицу 1.1, графики зависимости момента трения и износа от нагрузки на образец для всех образцов, выводы о влиянии различных факторов на износ и коэффициент трения.

### 1.6 Контрольные вопросы

- 1 Что такое коэффициент трения?
- 2 Какие методы позволяют измерить износ?
- 3 Зачем наносят метки на трассу профилографирования при измерении износа?
- 4 Всегда ли нужно наносить метки на трассу профилографирования при измерении износа?
- 5 Каким образом измеряется сила трения на машине МИ-1М?

## **2 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРА ИЗНОСА И РАЗРУШЕНИЙ ПО ОБРАЗЦАМ ВЫШЕДШИХ ИЗ СТРОЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАШИН**

Цель работы: ознакомление с видами изнашивания и разрушения деталей металлургических машин, изучение характерных признаков каждого вида изнашивания и разрушения; приобретение практических навыков в определении условий эксплуатации и характера износа деталей машин по образцам наиболее изношенных деталей; разработка мероприятий по повышению сопротивления деталей металлургических машин каждому виду износа и разрушения.

## 2.1 Общие указания

Надежность, долговечность и производительность оборудования зависят от правильной организации обслуживания и надзора при эксплуатации. Обслуживание оборудования необходимо проводить систематически. Это дает возможность обеспечить безаварийную работу, позволяет выявить степень износа, наметить мероприятия по улучшению работы отдельных узлов и машин в целом.

Нормальный износ деталей представляет собой медленно протекающий процесс и является неизбежным следствием эксплуатации оборудования.

Износ проявляется в изменении размеров деталей с нарушением установленных посадок, ухудшении качества поверхности, уменьшении механической прочности деталей, нарушении формы и коробления деталей.

Износ рассматривается как следствие трения, воздействия высоких температур, лучистой энергии жидкого металла, горячих газов и пыли, горячего агломерата и кокса, паров серной и соляной кислот и других факторов, действующих в условиях высоких нагрузок, ударов и вибраций.

В соответствии с современной классификацией основными видами механического изнашивания деталей металлургических машин считаются:

- изнашивание вследствие пластического деформирования металла рабочих поверхностей;
- абразивное изнашивание;
- изнашивание вследствие хрупкого разрушения металла рабочих поверхностей;
- изнашивание при заедании.

Изнашивание вследствие пластического деформирования рабочих поверхностей возникает при весьма больших контактных напряжениях, вызывающих пластические деформации микрообъемов металла. При этом металл вытесняется из зоны контакта и может образовывать наплывы (накаты) за пределами рабочей поверхности и при многократном передеформировании может удаляться в виде отдельных участков отесненного металла.

Абразивное изнашивание происходит при сухом и полусухом трении, при попадании абразивных частиц (песок, пыль и др.) в зону контакта. При этом твердые абразивные частицы или зерна производят микровыцарапывание на более мягкой поверхности контактирующей детали. Это микровыцарапывание может носить различный характер - от шлифующего до весьма грубого. При абразивном изнашивании продукты износа сами удаляются с деталей.

Изнашивание вследствие хрупкого разрушения металла рабочих поверхностей возникает в результате хрупких или усталостных трещин на ра-

бочих поверхностях деталей с последующим выкрашиванием отдельных участков и образованием на поверхности "язвочек" ("осповидный" износ).

Изнашивание при заедании возникает вследствие молекулярного взаимодействия (схватывания) металла двух контактирующих поверхностей. Такое молекулярное схватывание возникает при весьма больших удельных давлениях на площадках фактического контакта, при отсутствии масляной пленки между контактирующими площадками и в случае разрушения окисных пленок, покрывающих рабочие поверхности. Такие большие удельные давления наиболее часто возникают при малых площадях мест фактического контакта в начальный период работы. В результате схватывания происходит перенос отдельных объемов металла с одной детали на другую, на поверхности одной детали образуются грубые вырывы и задиры, а на другой – "намазывание" металла контактирующей детали.

С учетом видов разрушения различают износы:

- механический;
- молекулярный;
- усталостный;
- тепловой;
- химический;
- эрозионный;
- комплексный.

Основной, наиболее часто встречающийся вид износа деталей машин - механический.

При механическом износе различают следующие виды разрушения трущихся поверхностей:

- 1 смятие и отслаивание поверхностных слоев трущейся пары в результате пластических деформаций;
- 2 образование питтингов на контактных поверхностях зубьев при качении или обкатывании, обусловленное цикличностью деформирования, высокими контактными напряжениями и неправильным подбором масла;
- 3 отслаивание и разрушение пленок окислов на поверхности трения;
- 4 истирание, царапанье, резание поверхностей трения в результате воздействия абразивных материалов (продуктов разрушения поверхностей и попадающих извне).

В практике часто встречается механическое изнашивание, усиленное явлением коррозии, воздействием высоких температур (в хоботах завалочных машин, клещах колодцевых и стрипперных кранов, люльках слитковозов, роликов рольгангов, барабанах моталок и др.) и т.д.

Аварийным износом называют быстрое разрушение детали, вызываемое дефектами конструкции механизмов или материала детали, неудовле-

творительной обработки деталей или сборкой машин и наиболее часто неправильной эксплуатацией оборудования.

Задача службы механика завода - предотвратить аварийный износ деталей.

Осмотры осуществляются через 0,5-1,0 месяца работниками цеха с записью результатов осмотров в журналах и составлением схем демонтажа и монтажа с целью обеспечения качественного проведения последующих ремонтов работниками ремонтно-механических служб завода.

## 2.2 Материальное обеспечение работы

Набор изношенных деталей - 1 комплект.

Мерительный инструмент:

1	Штангенциркуль	2 шт.
2	Штихмасс	2 шт.
3	Щуп (0,03-0,10)	2 шт.
4	Микрометр	2 шт.

## 2.3 Порядок проведения работы

- 1 Произвести демонтаж узла.
- 2 Осмотреть внутренние детали узла, установить наличие задиров, трещин, явлений поверхностной усталости, проверить частоту картера.
- 3 Покачивая вращающиеся детали или перемещая вдоль оси поступательные движущиеся детали, проверить, люфты.
- 4 Демонтировать вал (валок) и произвести ревизию уплотняющего элемента (узел вала не разбирать).
- 5 Произвести замеры диаметра вала (не менее 6) и записать результаты в карточку замеров.
- 6 Сравнить замеры с первоначальным размером вала.
- 7 Определить шероховатость уплотняющей поверхности шейки и сравнить ее с первоначальной.
- 8 Сделать вывод о сроках ремонта вала и сроках замены уплотнения, имея в виду, что ослабление вала допускается в пределах посадки h12. Вычертить схему уплотняющего узла.
- 9 Демонтировать узел трения с деталями, совершающими вращательное и поступательное движение, и произвести ревизию поверхностей трения, сделать вывод о пригодности узла, имея в виду, что первоначальная посадка - H7/k6, а предельно допустимая - H9/e8.
- 10 По заданию преподавателя взять из комплекта 2-3 изношенные детали, вычертить, установить вид и степень износа.

#### 2.4 Обработка результатов работы

- 1 Ознакомиться с инструкцией, материальной частью, мерительным и слесарным инструментом.
- 2 Произвести работы согласно технологии.
- 3 Составить отчет о выполненной работе.

#### 2.5 Содержание отчета

- 1 Краткое описание работы.
- 2 Эскизы разбираемого узла и изношенных деталей с необходимыми размерами.
- 3 Схемы демонтажа и монтажа.
- 4 Заключение о состоянии узла и деталей, о пригодности их к дальнейшей эксплуатации.

#### 2.6 Контрольные вопросы

- 1 Каким инструментом производят монтаж, демонтаж и замеры деталей?
- 2 Перечислите способы борьбы с интенсивным механическим износом.
- 3 Охарактеризуйте виды износа деталей машин.
- 4 Перечислите виды трения, приведите примеры.
- 5 Каковы признаки и причины возникновения износа?

### **3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ СТАНЦИИ РУЧНОЙ СМАЗКИ СРГ-8**

Цель работы- закрепление теоретического материала, овладение практическими навыками наладки станции ручной смазки и изучение ее работы.

#### 3.1 Общие указания

Несмотря на наличие многочисленных устройств для подачи пластичных смазок в узлы трения, до сих пор их часто вносят вручную. Так, на направляющие, винтовые и открытые зубчатые передачи, цепи и т.д. смазку наносят рукой. Также вручную заполняют смазкой подшипники качения перед их установкой в механизм.

Ручной способ очень трудоемок и приводит к чрезмерному расходу смазок. Кроме того, такой способ часто требует разборки механизма.

Для подачи смазки в механизмы с большим числом узлов трения используют централизованные системы подачи пластичной смазки. Ими снаб-

жены, главным образом, металлургические установки (доменные печи, прокатные станы), так как число точек смазки в них иногда исчисляется тысячами, а пополнение смазками необходимо производить очень часто (много раз в день). Никакое количество смазчиков не в состоянии справиться с такой задачей. Кроме того, многие узлы трения труднодоступны и расположены рядом с раскаленным металлом.

В зависимости от типа привода и системы управления различают станции автоматической подачи пластической смазки (САГ) и ручные станции пластичной смазки (СРГ).

В основном применяют станции автоматической подачи пластической смазки (САГ), оборудованные резервуарами емкостью  $(45...150)10^{-3} \text{ м}^3$  и плунжерными насосами. При помощи САГ через мазепроводы, длина которых иногда более километра, смазка после фильтрации поступает и дозирующим питателям (ПД), откуда определенное количество ее попадает в смазываемый узел.

Ручные станции пластичной смазки (СРГ) используют, когда применение САГ невыгодно, а смену смазки необходимо производить часто.

Внешний вид и принципиальная схема насосной станции с ручным приводом типа СРГ показаны на рисунке 3.1. Полезная емкость резервуара станции не менее  $2,3 \times 10^{-3} \text{ м}^3$ , она создает давление до 10 МПа. В резервуар 1 пластическая смазка поступает через обратный клапан 2 из перекачного насоса и, наполняя резервуар, поднимает поршень 3. Из резервуара под действием массы поршня 3 и усилия пружины 4 смазка поступает в рабочую камеру плунжерного насоса. Приводимый в движение от ручного рычага через реечно-зубчатую передачу 5 плунжер 6 плунжерного насоса нагнетает смазку, которая через клапаны 7 (в зависимости от направления движения плунжера периодически срабатывает правый или левый обратный клапан) поступает в магистраль 8 или 9, в зависимости от положения реверсивного устройства 10. Давление в магистрали, фиксируемое манометром 11, создается такое, при котором срабатывают все питатели ПД, присоединенные к станции.

Излишнее количество смазки в разгрузочной магистрали возвращается в резервуар по каналу 12.

Питатели типа ПД служат для дозирования смазки, подаваемой к узлам трения. Схема питателя типа ПД показана на рисунке 3.2.

### 3.2 Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться со схемой системы смазки и установить ее тип.
- 2 Проверить с помощью штока-указателя наличие смазки в резервуаре станции.

- 3 Установить золотник в одно из крайних положений.
- 4 Произвести нагнетание смазки в одну из магистралей. При этом следует иметь в виду, что сигналом о заполнении системы является возросшее сопротивление при качании рычага.
- 5 Настроить питатели на минимальную дозу с помощью регулировочного винта.
- 6 Переключить золотник на другую магистраль.
- 7 Произвести очередной цикл нагнетания смазки, собрав при этом ее в мерную пробирку и определив объем.
- 8 Настроить питатели на максимальную дозу с помощью тех же винтов.
- 9 Переключить золотник и произвести очередной цикл нагнетания, определив объем дозы смазки.
- 10 Сравнить обе производительности с номинальной, указанной в маркировке питателя.

### 3.3 Обработка результатов работы

- 1 Краткое описание устройства и принципы работы насосной станции и питателя.
- 2 Составить общую схему централизованной ручной системы пластичной смазки.
- 3 Отразить количественные данные, указанные в разделе “Порядок выполнения работы”.

### 3.4 Содержание отчета

- 1 Краткое описание работы.
- 2 Эскизы разбираемого узла и изношенных деталей с необходимыми размерами.
- 3 Схемы демонтажа и монтажа.
- 4 Заключение о состоянии узла и деталей, о пригодности их к дальнейшей эксплуатации.

### 3.5 Контрольные вопросы

- 1 Какие существуют способы подачи пластичной смазки в узлы трения и какова область их применения?
- 2 Типы централизованных систем подачи смазки. Какова область их применения?
- 3 Принцип действия станции ручной смазки СРГ.
- 4 Каковы назначения и принцип действия питателя ПД?
- 5 Перечислите виды смазочных систем.

- 6 В чем различие между периодическими и непрерывными системами пластической смазки?
- 7 Что такое САГ, СРГ, ПД?
- 8 Какие Вы знаете основные элементы ручной централизованной системы пластичной смазки?
- 9 Основные элементы автоматической централизованной системы пластичной смазки.
- 10 В чем принципиальная разница между концевой и петлевой централизованной системой пластичной смазки?

#### **4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4**

##### **ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЖИДКОЙ СМАЗКИ ПРОКАТНОГО СТАНА**

Цель работы - закрепление теоретического материала, практическое изучение устройства и работы системы жидкой смазки прокатного стана.

#### 4.1 Общие указания

Для подачи смазки к нескольким машинам, потребляющим масло одного типа, применяют централизованные циркуляционные системы жидкой смазки полуавтоматического и автоматического действия. Различают непрерывно и периодически работающие системы. Последние служат для централизованной смены масла в картерах редукторов и трансмиссий рольгангов с групповым приводом, работающим на заливной смазке.

Современные прокатные станы, в состав которых входит большое количество различных машин, обслуживают несколько автоматизированных систем централизованной смазки. Наиболее крупные и современные системы жидкой смазки применяются при обслуживании следующих групп прокатного оборудования:

- 1 приводов нажимных механизмов;
- 2 шестеренных клетей и редукторов;
- 3 подшипников качения рабочих и опорных валков;
- 4 подшипников жидкостного трения рабочих и опорных валков;
- 5 подшипников электрических машин главных приводов прокатных станов;
- 6 приводов рольгангов.

Каждая из указанных систем имеет некоторые конструктивные особенности и работает на определенных сортах масел. Кроме того, станы холодной прокатки оборудованы мощными установками для подачи технологической смазки, предназначенной для смазывания очага деформации, прокатываемой полосы и охлаждения валков.

В металлургическом оборудовании наибольшее распространение получили системы жидкой смазки с ротационно-поршневыми и шестеренными насосами.

На рисунке 4.1 показана схема циркуляционной системы жидкой смазки с шестеренными насосами. Система состоит из шестеренных насосов 1, резервуара 2, подогревателя 3, сливного 4 и напорного 5 трубопроводов, электроконтактных манометров 6, пресс-бака 7, маслоохладителя 8, перепускного клапана 9 и фильтра 10. Шестеренные насосы - это насосы постоянной подачи и постоянного давления. Их применяют обычно для небольшой группы машин 11 длительного режима работы (например, преобразовательные агрегаты в машинных залах). Система смазки с шестеренными насосами отличается от систем с ротационно-поршневыми насосами наличием пресс-бака 7, с помощью которого регулируют давление.

Пресс-бак представляет собой герметический резервуар, давление воздуха в котором равно давлению масла в напорном трубопроводе. Если расход масла в системе меньше, чем подача насосной установки, то давление в напорном трубопроводе увеличивается и уровень масла в пресс-баке повышается. При увеличении давления до максимальных значений первый электроконтактный манометр отключает рабочий насос, а масло поступает в узлы трения из пресс-бака. Когда уровень масла достигает минимального значения, второй электроконтактный манометр снова включает рабочий насос. А в аварийных ситуациях третий электроконтактный манометр отключает рабочие машины, систему смазки и включает аварийную сигнализацию.

#### 4.2 Материальное обеспечение

Система циркуляционной жидкой смазки прокатного стана размещается в маслоподвале. Она состоит из следующих узлов:

1 Резервуар для масла		1 шт.
2 Насос		2 шт.
3 Фильтр сетчатый		1 шт.
4 Обратный клапан		2 шт.
5 Золотник		1 шт.
6 Клапан предохранительный		1 шт.
7 Магистраль нагнетания масла.		
8 Магистраль слива.		
9 Запорные вентили.		
	Мерительный инструмент	
1 Штангенциркуль		2 шт.

#### 4.3 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить принципиальную схему системы жидкой смазки прокатного стана, вычертить схему.
- 2 Определить уровень масла в баке.
- 3 Замерить диаметр трубы магистрали нагнетания масла.
- 4 Замерить диаметр трубы магистрали слива.
- 5 Выяснить назначение обратных клапанов. Изучить их устройство.
- 6 Изучить устройство и работу сетчатого фильтра.
- 7 Определить размер ячейки сетки фильтра.
- 8 Произвести подсчет числа кассет фильтра.
- 9 Изучить устройство предохранительного клапана.
- 10 Изучить работу насоса. Вычертить принципиальную схему насоса.
- 11 Замерить температуру масла в резервуаре.
- 12 Изучить работу манометра.
- 13 Снять показания давления на выходе из магистрали нагнетания.
- 14 Произвести регулировку количества масла, подводимого к узлу трения (по указанию преподавателя).
- 15 Изучить систему подвода смазки к шестеренной клетки, редукторам, молоткам и т.д. Привести схемы подводящих и отводящих маслопроводов.

#### 4.4 Содержание отчета

В отчете необходимо описать устройство циркуляционной системы жидкой смазки лабораторного прокатного стана, представить ее принципиальную схему, а также ответы на все пункты, перечисленные в порядке выполнения работы.

#### 4.5 Контрольные вопросы

- 1 Состав оборудования системы жидкой смазки.
- 2 Какие факторы определяют производительность системы жидкой смазки?
- 3 Назначение и устройство обратного клапана.
- 4 Какие типы насосов применяются в системах жидкой смазки?
- 5 С какой целью производится подогрев масла?
- 6 Объясните работу фильтров.
- 7 Как контролируется давление масла в магистрали нагнетания?
- 8 Как производится заливка масла в бак?
- 9 В каком случае одновременно работают два насоса?

- 10 Какие причины вызывают засорение масла в системе?
- 11 Назовите приборы и средства контроля, используемые в автоматизированной системе жидкой смазки.

## **5 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СМАЗКИ ПРОКАТНОГО СТАНА**

Цель работы - закрепление теоретического материала, практическое изучение устройства и работы системы технологической смазки прокатного стана.

### 5.1 Общие указания

Современные станы холодной прокатки оборудованы циркуляционными эмульсионными системами, которые служат для подачи эмульсии на контактные поверхности между прокатываемым металлом и валками в очаге деформации с целью снижения коэффициента трения, для охлаждения валков и полосы путем отвода тепла, выделяющегося в процессе пластической деформации прокатываемого металла, а также для поддержания необходимого профиля валков. Наряду с эмульсионными системами часто предусматривают и системы для подачи технологической смазки, которые особенно необходимы при прокатке труднодеформируемых сталей.

Для подачи технологической смазки служат насосы шестеренного типа, которые забирают смазку из резервуара и через фильтры подают ее на стан. Распыление смазки на полосу осуществляется при помощи безвоздушных форсунок или форсунок с распылением сжатым воздухом.

После слива со стана смеси эмульсии и технологической смазки последняя всплывает на поверхность в приемном баке, откуда сцеживается при помощи поплавковых сборников в специальную емкость и подается на регенерацию.

Как известно, при прокатке возникает внутреннее молекулярное трение частиц металла и наружное трение полосы о поверхность валков. Если первое может быть значительно уменьшено термообработкой, то второе - только применением эффективной смазки. Для смазки требуется масло, которое давало бы в очаге деформации достаточно прочную пленку. Применение той или иной смазки определяет величину коэффициентов трения между прокатываемым металлом и валками. Чем выше вязкость - маслянистые свойства смазки, тем сильнее она уменьшает коэффициент трения металла о валок, благодаря чему уменьшаются удельное давление и удельный расход энергии на прокатку.

Помимо уменьшения трения и давления металла на валки технологическая смазка оказывает положительное и весьма существенное влияние на качество поверхности металла. При отсутствии или недостатке смазки в процессе больших обжатий может произойти местное сваривание полосы с валком, в результате чего в этом месте произойдет отрыв частиц металла с поверхности проката.

Выбор типа технологической смазки зависит не только от того, какова должна быть окончательная отделка или внешний вид прокатываемых полос, но и от окончательной толщины проката, так как чем меньше его толщина, тем выше давление металла на валки и тем более существенное значение имеет технологическая смазка, уменьшающая коэффициент трения и, следовательно, снижающая давление металла на валки.

Технологическая смазка, уменьшая коэффициент трения, снижает также количество тепла, выделяющегося в процессе деформации.

В качестве смазочно-охлаждающей жидкости применяют эмульсии различных видов (иногда с небольшим добавлением специальных смазочных материалов) и минеральные масла различной вязкости. При холодной прокатке полос со скоростями 15-20 м/с обычно применяют эмульсии, представляющие собой 3-5%-й раствор эмульсола (коллоидального раствора мыл и органических кислот в минеральном масле) в воде.

При больших скоростях прокатки рекомендуется кроме эмульсии подавать еще на прокатываемую полосу в качестве дополнительной технологической смазки минеральное масло или олеиновую кислоту. При прокатке жести на непрерывных станах в качестве охлаждающей жидкости применяют воду. Находит применение также смесь пальмового масла и воды, которая выполняет функции технологической смазки и охлаждающей жидкости. Применение пальмового масла в данном случае определяется тем, что оно снижает трение между полосой и валками лучше, чем другие смазки. Кроме того, оно способствует получению наилучшего качества поверхности прокатываемой жести.

При выборе смазки для определенных условий прокатки необходимо учитывать стоимость, дефицитность и допустимость использования этой смазки в значительных количествах.

На рисунке 5.1 представлена принципиальная схема эмульсионной системы смазки лабораторного прокатного стана холодной прокатки. Система имеет два резервуара для эмульсии и три насосных установки. Один из насосов 2 является рабочим, а второй - резервным. Третий насос применяется для смены обрабатываемой эмульсии, приготовления и подачи свежей эмульсии в один из резервуаров. Эмульсия из резервуара 1 засасывается насосом 2, проходит через фильтры 3, охладитель 4 и подается к прокатным валкам. Охлаждая валки, эмульсия стекает в ванну, расположенную под вал-

ками в клетки, и по сливной трубе самотеком возвращается обратно в резервуар, проходя через фильтр грубой очистки 6. На нагнетательном трубопроводе на участке между насосами и фильтрами установлен перепускной клапан 7, при срабатывании которого жидкость насоса попадает в магистраль слива. Перепускной клапан настроен на давление, превышающее рабочее на 98 кПа. Для контроля уровня эмульсии резервуар имеет водомерное стекло и поплавковое реле. Для измерений температуры применяют термометры сопротивления.

### 5.2 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить принципиальную схему эмульсионной смазки лабораторного прокатного стана.
- 2 Определить уровень эмульсии в резервуаре.
- 3 Изучить работу магистрали нагнетания эмульсии (привести схему).
- 4 Выяснить назначение и устройство обратных клапанов.
- 5 Изучить устройство и работу сетчатых фильтров.
- 6 Определить размеры ячейки в фильтре.
- 7 Изучить устройство охладителя (по чертежам).
- 8 Замерить диаметры трубы магистрали нагнетания.
- 9 Изучить устройство перепускного клапана.
- 10 Изучить работу коллектора и сопел (привести эскизы).
- 11 Изучить работу магистрали слива (привести схему).
- 12 Замерить диаметр трубы сливной магистрали.
- 13 Выяснить назначение поплавкового реле, манометров, приборов контроля и управления.
- 14 Снять показания давления магистрали нагнетания.
- 15 Снять показания давления эмульсии у разбрызгивающих сопел.
- 16 Произвести регулировку подачи эмульсии на прокатные валки.

### 5.3 Содержание отчета

В отчете необходимо описать устройство эмульсионной системы смазки лабораторного прокатного стана. В нем должны быть представлены ответы на все пункты, перечисленные в порядке выполнения работы.

### 5.4 Контрольные вопросы

- 1 Каково назначение технологической смазки?
- 2 Что такое эмульсия? Как определяется состав эмульсии?

- 3 Каково назначение каждого из насосов в системе технологической смазки?
- 4 Чем отличаются фильтры тонкой и грубой очистки?
- 5 Устройство обратного и перепускного клапанов. Каково их назначение?
- 6 Как производится замена эмульсии в резервуаре?
- 7 Как осуществляется контроль уровня эмульсии в резервуаре?
- 8 Объясните работу охладителя.
- 9 Назовите приборы и средства контроля, управления, сигнализации, имеющиеся в системе технологической смазки.
- 10 Когда производят подогрев эмульсии и что для этого предусмотрено в системе технологической смазки?

## **6 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ**

Цель работы - закрепление теоретического материала, практическое изучение устройства и овладение навыками работы с ультразвуковым дефектоскопом

### 6.1 Общие указания

Для надежной работы деталей металлургического оборудования необходимо обеспечить и проконтролировать их качественное изготовление. Кроме того, в ходе эксплуатации оборудования необходимо определять техническое состояние объектов, проводя их диагностирование. В практике изготовления, ремонта и диагностирования металлургического оборудования широко применяется ультразвуковая дефектоскопия.

В настоящее время различают три основных метода обнаружения дефектов с помощью ультразвука: теневой метод, метод отражения и резонансный. На рисунке 6.1 показаны наиболее часто применяемые методы обнаружения дефектов с помощью ультразвука: теневой и метод отражения. Из большого числа различных ультразвуковых дефектоскопов наибольшее распространение получили так называемые импульсные дефектоскопы. Эти дефектоскопы состоят из генератора электрических колебаний высокой частоты (генератора импульсов), излучателя, приемника (щупа), электронно-лучевой трубки (индикатора), усилителя отраженных импульсов и генератора развертки электроннолучевой трубки. Блок – схема ультразвукового дефектоскопа приведена на рисунке 6.2.

Дефектоскоп работает по принципу посылки ультразвуковых колебаний в контролируемое изделие и приема колебаний, отраженных от дефекта или дна.

Генератор импульсов 7 генерирует кратковременные импульсы высокочастотных электрических колебаний, которыми возбуждается пьезоэлектрический преобразователь (вibrator) искательной головки 1.

Пьезоэлектрический vibrator преобразует высокочастотные электрические колебания в механические (упругие) ультразвуковой частоты. Эти колебания при соприкосновении искательной головки через слой контактной смазки с поверхностью контролируемой детали проникают внутрь изделия и распространяются в нем узким пучком. Дойдя до дефекта или дна изделия, импульсы ультразвуковых колебаний (УЗК) отражаются от них. Часть отраженной энергии импульсов УЗК попадает на приемный пьезоэлектрический преобразователь 2, который преобразует их в электрические колебания, поступающие далее на усилитель 5.

Усиленные отраженные импульсы с усилителя поступают на вертикальные отклоняющие пластины осциллографического индикатора 8. На горизонтально отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки синхронно с излучаемыми (зондирующими) импульсами подается развертывающее пилообразное напряжение, вырабатываемое генератором развертки 6.

Измеряя с помощью метки электронного глубиномера время от момента посылки импульса УЗК до момента появления эхо-сигнала на экране индикатора, можно определить расстояние до дефекта или дна изделия.

Дефектоскоп может работать как на одну совмещенную искательную головку, так и на две отдельные головки. Искательная головка (рисунок 6.3) предназначена для преобразования электрических колебаний в упругие ультразвуковые колебания (УЗК), ввода УЗК в изделие, приема отраженных УЗК и обратного преобразования их в электрические колебания.

Для преобразования колебаний используется пьезоэффект керамики титаната бария.

В комплект дефектоскопа обычно входит набор нормальных и призматических искательных головок на частоты 1,8; 2,5; 5; 10 МГц, а также раздельно-совмещенная на - 2,5 МГц. Чувствительным элементом головки является пьезоэлемент 14 (пластина титаната бария). В зависимости от рабочей частоты пластина имеет разную толщину и диаметр. Поверхности пластины посеребрены. Для быстрого гашения колебаний после излучения импульсов УЗК пластины приклеиваются к демпферу 12, а контакт с контролируемым изделием осуществляется через основание 15. Электрический контакт пластины с дефектоскопом осуществляется через провод 9, пластину 8, контакт 7, пружину 6, корпус 2. Заземление подводится через крышку 5, плетенку 10, кольцо 13, основание 15.

На всех рабочих частотах головки имеют одинаковое устройство, отличаются они только размерами пластины титаната бария.

### 6.1.1 Подготовка изделий к ультразвуковому контролю

Контроль металлических изделий ультразвуком проводится после соответствующей подготовки поверхности изделия. Контроль изделий при их изготовлении целесообразно проводить на начальных стадиях обработки, когда изделия имеют припуски. Следует учитывать, что после окончательной обработки детали могут иметь настолько сложную форму, что ультразвуковой контроль их будет затруднен.

Требования к чистоте обработки зависят от ряда условий. При использовании нормальными испытательными головками требуется улучшенная обработка поверхности. Менее жесткие требования к чистоте поверхности предъявляются при использовании призматических искательных головок. Следует иметь в виду, что при работе по грубой поверхности искательные головки быстро изнашиваются.

Ультразвуковой контроль можно вести при обработке поверхности  $R_a 5 \dots R_a 0$  и даже по черновой поверхности после проката. Для более детального исследования изделия желательно доводить обработку до  $R_a 1,25$ .

Чтобы улучшить акустический контакт между искательной головкой и изделием, необходимо применять жидкую смазку соприкасающихся поверхностей искательной головки и изделия. В качестве жидкой смазки можно применять различные сорта масел, воду, мыльную пену. Желательно плотно притереть головку к изделию.

### 6.1.2 Выбор рабочей частоты

Рабочая частота зависит от величины зерна в материале изделия. Для контроля изделия из материалов имеющих мелкозернистое строение, целесообразно применять частоту 2,5 и 5 МГц.

Если материал имеет крупнозернистую структуру, то работать на высоких частотах бывает затруднительно или невозможно вследствие большего рассеяния УЗК. При этом на экране прибора появляется большое количество шумов. В этих случаях рабочая частота должна быть понижена. Выбор частоты зависит также от чистоты обработки и поверхности и толщины контролируемого изделия. Чем хуже чистота поверхности и больше толщина изделия, тем ниже следует выбирать частоту УЗК. Следует учитывать, что на более низких частотах понижается чувствительность прибора и увеличивается мертвая зона (минимальная глубина обнаружения дефектов).

### 6.2 Порядок выполнения работы.

1. Проверить заземление прибора УД.

2. Соединить шнур питания с источником переменного тока напряжением 220В.
3. Переключатели «Частота, МГц» установить на выбранную рабочую частоту.
4. Присоединить кабель с искательной головкой к одному гнезду при работе с одной совмещенной головкой или в оба гнезда при работе методом сквозного прозвучивания.
5. Переключатель «Диапазон прозвучивания» установить на нужный диапазон исходя из толщины контролируемого изделия.
6. Включить прибор.
7. Перед началом измерений остальные ручки прибора установить в следующие положения:
  - «Вид измерения» – в положение «Развертка плавно»;
  - «Электронная лупа» - в положение «Выкл»;
  - «Зона автоматического контроля» - в правое крайнее положение;
  - «Чувствительность» - в среднее положение;
  - «ВРЧ» - в левое крайнее положение;
  - «Отсечка» - в среднее положение.

#### Контроль с помощью искательной головки

После включения дефектоскопа искательную головку приложить к поверхности изделия и перемещать по ней. Ручками «Чувствительность», «Отсечка» устранить мешающие сигналы в начале развертки и шумы. Ручки «Диапазон прозвучивания» и «Развертка плавно» установить так, чтобы в правой части экрана появился донный сигнал (рис.6.4).

Перемещая искательную головку по поверхности изделия внимательно наблюдать за изображением на экране прибора. При наличии дефекта в изделии левее донного сигнала должен появиться эхо-сигнал от дефекта.

В процессе контроля необходимо следить за тем, чтобы искательная головка плотно прилегала через слой смазки к поверхности изделия. Плохой контакт может привести к пропуску дефекта или к появлению ложных сигналов. Акустический контакт оценивается по величине донного сигнала – при плохом контакте донный сигнал уменьшается.

#### 6.3 Содержание отчета

Краткое описание устройства, принципа действия и пользования дефектоскопом. Результаты исследования образцов.

#### 6.4 Контрольные вопросы

1. Каковы преимущества использования ультразвуковых дефектоскопов?
2. Каково устройство ультразвукового дефектоскопа?
3. Что является чувствительным элементом искательной головки?
4. Как выбрать рабочую частоту дефектоскопа?
5. Каковы требования к чистоте обработки поверхности контролируемых изделий?
6. Какие существуют методы обнаружения дефектов с помощью ультразвука?
7. Что такое донный сигнал?
8. Каков принцип работы импульсных дефектоскопов?
9. Как улучшить акустический контакт между искательной головкой и изделием?
10. Зачем нужен демпфер в искательной головке?

### **Список рекомендованной литературы**

1. Плахтин В.Д. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин. – М.: Металлургия, 1987. – 414с.
2. Седуш В.Я. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин - Киев УМК ВО. 1992. – 368с.
3. Сарамутин В.И. Технология ремонта и монтажа машин и агрегатов металлургических заводов - М.: Металлургия, 1991. – 239с.
4. Скрицкий В.Я., Роктский В.А. Эксплуатация промышленных гидроприводов - М.: Машиностроение, 1978. - 590с.

Методические указания  
к лабораторным работам по дисциплине «Эк-  
плуатация и обслуживание машин»  
для студентов специальности 8.090218 «Ме-  
таллургическое оборудование»

Составитель  
Редактор

Александр Николаевич Кулик  
Нелли Александровна Хахина

215/2000. Подп. в печ. Формат 60x84 1/16.  
Офсетная печать. Усл.-печ. л. 2,62. Уч.-изд.л. 1,91. Тираж 100 экз.

---

ДГМА. 84313, Краматорск, ул. Шкадинова, 72