

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Оренбургский государственный университет

Кафедра материаловедения и технологии материалов

А.С. КИЛОВ

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом
Оренбургского государственного университета

Оренбург 2002

УДК 621.892 (07)
ББК 30.82 я7
К39

Рецензент

доктор технических наук, профессор С.И. Богодухов

Килов А.С.

К 39

Смазочные материалы: Методические указания к лабораторным работам.- Оренбург: ОГУ, 2002. – 30 с.

Методические указания содержат 7 лабораторных работ по смазочным материалам. Каждая работа включает краткие теоретические сведения, перечень оборудования, инструментов и материалов, объем и порядок проведения работы, контрольные вопросы для самоподготовки, а также приведены требования по составлению отчета.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине “Смазочные материалы” для студентов специальности 120600.

ББК 30.82я7

© Килов А.С., 2002

© ОГУ, 2002

Содержание

1 Лабораторная работа №1. Определение влаги в смазочных материалах.....	7
2 Лабораторная работа №2. Определение кинематической и расчет динамической вязкости смазочного материала.....	10
3 Лабораторная работа №3. Определение температуры вспышки и воспламенения смазочных материалов	13
4 Лабораторная работа №4. Определение содержания механических примесей в смазочных материалах.....	16
5 Лабораторная работа №5. Определение плотности смазочных материалов	19
6 Лабораторная работа №6. Исследование эксплуатационных свойств пластичного смазочного материала	23
7 Лабораторная работа №7. Влияние смазочных материалов и шероховатости бойков на неоднородность деформации при осадке	28
Список использованных источников.....	33

1 Лабораторная работа №1. Определение влаги в смазочных материалах

1.1 Цель работы

Освоить методику определения влаги в смазочных материалах.

1.2 Общие сведения

Наличие влаги в смазочных материалах в большинстве случаев отрицательно сказывается на смазочном материале, так как вода приводит к гидролизу присадок масел, что, в свою очередь, приводит к повышению коррозионного разрушения пар трибосопряжения.

В тоже время в связи с высокими теплоемкостью и теплопроводимостью вода является основой смазывающе-охлаждающих жидкостей (СОЖ) для процессов требующих отвода тепла, например, при механической обработке резанием.

В связи с этим, знание качества смазочного материала по содержанию влаги в нем весьма важно, а владение методикой определения влаги в смазочном материале желательно. В основу методики количественного определения содержания воды в смазочных материалах взяты положения стандарта, изложенные в ГОСТ 2477-65 (с продолжением срока действия).

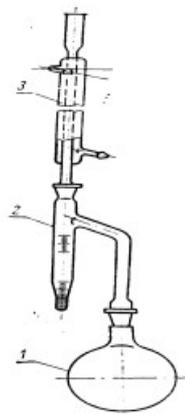
1.3 Задание

Определить количественное содержание воды в жидком и пластичном смазочном материале.

1.4 Указания по выполнению работы

1.4.1 Приборы и оборудование

Аппарат для количественного определения содержания воды в нефтепродуктах, показанный на рисунке 1, допускается применение колбы со шлифом; прямой холодильник; чашка фарфоровая; колбонагреватель с электронагревом или электроплитка с закрытой спиралью.



1 – колба; 2- приемник-ловушка; 3- холодильник.

Рисунок 1 – Аппарат для количественного определения содержания воды в смазочном материале.

1.4.1.1 Аппаратура, реактивы, материалы

Термометры, палочка стеклянная или проволока, бензин-растворитель, пемза или неглазурованный фарфор.

1.4.2 Подготовка к испытанию

Пробу испытуемого смазочного материала тщательно перемешивают в течении 5 минут. Вязкие нефтепродукты предварительно нагревают до 50 °С.

Пробы берут из разных участков и после перемешивания навеску от 25 г (для консистентного смазочного материала) до 100 г (для жидкого смазочного материала) помещают в колбу, куда добавляют 100 см³ растворителя (предварительно обезвоженного). Смазочный материал растворяют и в колбу добавляют несколько кусочков неглазурованного фарфора. Колбу соединяют с приемником – ловушкой, а последнюю с холодильником.

1.4.3 Проведение испытаний

Колбу аппарата устанавливают в колбонагреватель, нагревают содержимое колбы до кипения и далее перегонку ведут так, чтобы обеспечить падение в приемник-ловушку 2 - 4 капель жидкости в секунду. Перегонку прекращают как только объем воды в приемнике-ловушке перестает увеличиваться и верхний слой растворителя станет прозрачным.

После охлаждения приемника-ловушки записывают объем воды, собравшейся в нижней части приемника-ловушки. Если растворитель мутный, то приемник-ловушку помещают на 20 - 30 мин в горячую воду для осветления и снова охлаждают до комнатной температуры.

1.4.3.1 Обработка результатов

Содержание воды в смазочном материале в весовых процентах определяют по формуле:

$$X = \frac{V \cdot \rho}{G} \cdot 100,$$

где X – количество воды в весовых процентах, %;

V - объем воды в приемнике-ловушке, см³;

ρ - плотность воды, принимают 1 г/см³. (При навеске смазочного материала 100 ± 1 г за содержание воды в нем в весовых процентах принимают число см³ воды, собравшейся в приемнике-ловушке).

G – навеска смазочного материала, взятая для испытания, г.

Если количество воды в приемнике-ловушке 0,03 см³ и меньше, то считается, что воды в смазочном материале следы.

Если в приемнике-ловушке не видно капель воды, то такое состояние считается отсутствием воды в смазочном материале.

В сомнительных случаях отсутствие воды проверяется нагревом испытуемого смазочного материала в пробирке помещенной в масляную баню при 150 °С. Отсутствием воды считается случай, когда не слышен треск. Расхождения между параллельными опытами допускается, если содержание воды не отличается на одно деление приемника-ловушки.

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов двух определений, округленное до целого числа и выраженное в процентах.

1.4.4 Точность метода измерения

1.4.4.1 Сходимость

Два результата испытаний, полученные одним исполнителем, признаются достоверными (с 95-ной % доверительной вероятностью, если расхождения между ними не превышает 5 % значения).

1.4.4.2 Воспроизводимость

Два результата испытаний, полученные в разных лабораториях признаются достоверными (с 95-ной % доверительной вероятностью), если расхождения между ними не превышают 10 %.

1.5 Содержание отчета

В отчете о работе указать цель работы, основы принципа определения количественного содержания воды в смазочном материале. Показать найденные значения и ошибку измерения. Привести выводы по работе.

1.6 Контрольные вопросы

- 1.6.1 Влияние воды на смазочный материал?
- 1.6.2 Для чего добавляют воду в смазочный материал?
- 1.6.3 В чем отличие сходимости от воспроизводимости результатов?
- 1.6.4 Что такое следы воды в смазочном материале?
- 1.6.5 Как проверить отсутствие воды в смазочном материале?

2 Лабораторная работа №2. Определение кинематической и расчет динамической вязкости смазочного материала

2.1 Цель работы

Приобретение практических навыков в определении кинематической и расчете динамической вязкости смазочных материалов.

2.2 Общие сведения

2.2.1 Основные понятия

2.2.1.1 Кинематическая вязкость.

Кинематическая вязкость - важный физико-механический параметр (показатель) характеризующий смазочные материалы и введенный во все классификации. Кинематическая вязкость - отношение динамической вязкости жидкости к плотности при той же температуре. Это мера сопротивления жидкости течению под влиянием гравитационных сил. Сущность метода определения кинематической вязкости заключается в измерении времени истечения определенного объема испытуемого материала под влиянием силы тяжести.

Кинематическую вязкость (ν) вычисляют как произведение измеренного времени истечения (τ) и постоянной вискозиметра (c). Единицей измерения кинематической вязкости является $\text{м}^2/\text{с}$ в практике используют меньшие единицы $\text{мм}^2/\text{с} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, допускается применять сантистокс ($\text{сСт} = \text{мм}^2/\text{с}$).

2.2.1.2 Динамическая вязкость.

Динамическая вязкость (коэффициент динамической вязкости) - отношение действующего касательного напряжения сдвига к градиенту скорости, то есть давления, при котором движется смазочный материал в приборе к средней скорости деформации. Она является мерой сопротивления жидкости течению. Динамическую вязкость (η) вычисляют как произведение кинематической вязкости жидкости (ν) и ее плотности (ρ) при той же температуре. В практике единицей измерения динамической вязкости является $\text{мПа}\cdot\text{с} = 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$, допускается применять сантипуаз ($\text{сП} = \text{мПа}\cdot\text{с}$).

2.2.2 Методы определения кинематической вязкости

Существует несколько методов определения кинематической вязкости, в основе которых лежит определение времени перемещения мениска определяемой жидкости в вискозиметре от одной метки до другой.

Различие в методах заключается в различной конструкции вискозиметров, имеющих различные диапазоны измеряемой вязкости. Основными типами вискозиметров являются:

- 1 Вискозиметр Канон-Фенске (рисунок 2.1).
- 2 Вискозиметр типа Пинкевича (ВПЖТ-2 и ВПЖТ-4).
- 3 Вискозиметр типа ВПЖТ-1 (БС/ИП/СЛ).
- 4 Вискозиметр типа Уббеллоде (рисунок 2.2).
- 5 Вискозиметр типа ВЖТ (Канон-Фенске-Опака).
- 6 Вискозиметр типа БС/ИП/РФ.
- 7 Автоматические вискозиметры.

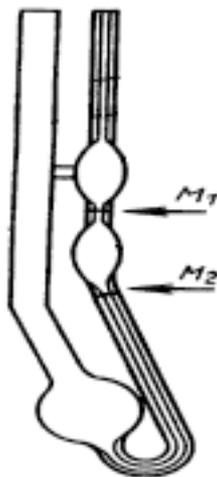


Рисунок 2.1 – Вискозиметр Канон-Фенске

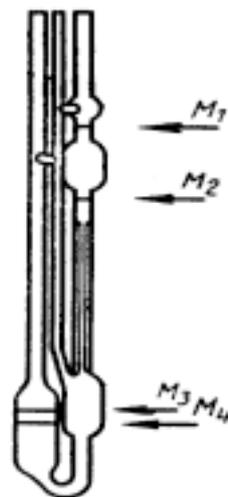


Рисунок 2.2 – Вискозиметр типа Уббелоде

2.3 Приборы, оборудование и принадлежности

Вискозиметры капиллярные из стекла, с минимальным временем истечения 200 с; штатив, термостат или баня, термометр, шкаф сушильный, воронки фильтрующие, фильтровальная бумага, соль поваренная крупнокристаллическая, растворители (бензин, эфир, ацетон, толуол, спирт, смесь хромовая), кислота соляная, вода дистиллированная.

2.4 Порядок выполнения работы и обработка опытных данных

2.4.1 Подготовка к испытанию

Пробу сушат, при необходимости фильтруют. Вискозиметр между испытаниями моют несколько раз растворителем, затем сушат до полного испарения растворителя и удаления его следов.

2.4.2 Проведение испытаний

Вискозиметр заполняют испытуемой жидкостью, для этого всасывают определяемую жидкость в вискозиметр до определенной метки, затем при необходимости убирают избыток жидкости, и прибор с набранной жидкостью помещают в термостат (баню). Выдерживают в термостате примерно 30 минут при определенной температуре и затем определяют время перемещения жидкости от одной метки до другой. Время перемещения мениска от первой метки до второй при свободном истечении жидкости является основой для расчета кинематической и динамической вязкости.

2.4.3 Обработка результатов

2.4.3.1 Кинематическую вязкость исследуемого материала вычисляют по формуле

$$\nu = C \cdot \tau, \quad (2.1)$$

где ν - кинематическая вязкость, мм²/с;

C – постоянная вискозиметра, мм²/с²;

τ - среднеарифметическое время истечения жидкости в вискозиметре, с.

2.4.3.2 Динамическую вязкость исследуемого материала вычисляют по формуле

$$\eta = \nu \cdot \rho, \quad (2.2)$$

где η - динамическая вязкость, мПа·с;

ρ - плотность жидкости, г/см³.

2.5 Содержание отчета

В отчете должны быть изложены: цель работы; основные понятия вязкости; расчеты и полученные результаты. Привести выводы по работе.

2.6 Контрольные вопросы

2.6.1 Виды вязкости и их отличия.

2.6.2 Определение кинематической вязкости.

2.6.3 Определение динамической вязкости.

2.6.4 Отличительные признаки методов определения кинематической вязкости.

2.6.5 Параметры, влияющие на величины значения вязкости.

3 Лабораторная работа №3. Определение температуры вспышки и воспламенения смазочных материалов

3.1 Цель работы

Ознакомление с понятиями температуры вспышки и воспламенения и приобретение практических навыков в определении указанных температур.

3.2 Общие сведения

3.2.1 Основные понятия

Температура вспышки смазочного материала в открытом тигле – это минимальная температура, при которой пары продукта, нагреваемого в особых условиях, образуют с окружающим воздухом смесь, вспыхивающую при поднесении к ней пламени.

За температуру вспышки принимают температуру, показываемую термометром при появлении первого синего пламени над частью поверхности или над всей поверхностью испытываемого смазочного материала. Истинную вспышку не следует смешивать с отблеском от пламени зажигательного приспособления.

Температура воспламенения смазочного материала это минимальная температура, при которой продукт, нагреваемый в особых условиях загорается при поднесении к нему пламени и горит не менее пяти секунд.

За температуру воспламенения принимают температуру, показываемую термометром в тот момент, в который испытываемый смазочный материал при поднесении к нему пламени зажигательного приспособления загорается и продолжает гореть не менее пяти секунд.

3.2.2 Методы определения температуры вспышки и воспламенения смазочных материалов

Температуры вспышки и воспламенения определяют несколькими методами, в т.ч. в открытых тиглях (метод Кливленда (А) и метод Бренкена (Б)) или в приборах закрытого типа (тигель с крышкой с подвижной заслонкой, в крышке имеется три отверстия, два для подвода воздуха и центральное для подвода пламени).

Первые методы применяют для относительно вязких нефтепродуктов. Различие этих методов в том, что по методу Бренкена используют два тигля, вставленных один в другой, зазор между ними засыпан прокаленным песком слоем от 5 до 8 мм над нижним дном, такой же песок насыпан между стенками тиглей на высоту около 12 мм от края внутреннего тигля. Этот метод более точный по сравнению с методом Кливленда.

Метод определения температуры в закрытых тиглях применяют для низкотемпературных нефтепродуктов.

3.3 Приборы, оборудование и принадлежности

Аппарат для определения температур вспышки и воспламенения (автоматический или полуавтоматический типа ТВ-2 или их модификации), термометр, секундомер, пипетка, бумага фильтровальная, растворители, осушающие агенты, вода дистиллированная, нагреватель.

3.4 Порядок выполнения работы и обработка опытных данных

3.4.1 Подготовка пробы

Пробу осторожно и тщательно перемешивают (твердую пробу предварительно расплавляют), при необходимости сушат (встряхивают с одним из осушающих реагентов). Затем пробу фильтруют.

3.4.2 Подготовка аппарата

Перед каждым испытанием тигель промывают. В тигель помещают термометр на расстоянии примерно 6 мм от дна тигля на одной четверти диаметра тигля.

3.4.3 Проведение испытаний

Тигель заполняют смазочным материалом так, чтобы уровень жидкости отстоял от края тигля примерно на 12 мм для нефтепродуктов с температурой вспышки в пределах 210 °С включительно и примерно на 18 мм для нефтепродуктов с температурой вспышки выше 210 °С, не допуская попадания смазочного материала на наружную поверхность тигля.

Тигель с пробой нагревают пламенем газовой горелки или при помощи электрообогрева сначала со скоростью 14 – 17 ° в минуту, а затем (за 30 ° до ожидаемой температуры вспышки) со скоростью 5 ° в минуту. Начиная с температуры не менее чем на 28 ° ниже температуры вспышки, применяют зажигательное устройство каждый раз при повышении температуры на 2 °. Пламя зажигательного устройства перемещают в горизонтальном направлении, не останавливаясь над краем тигля, в одном направлении в течение одной секунды.

Появление первого синего пламени над поверхностью – вспышка. В случае появления неясной вспышки она должна быть подтверждена последующей вспышкой через 2 °.

Продолжение испытаний при прежних условиях позволяет выявить температуру воспламенения.

3.4.4 Обработка результатов

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов двух определений, округленное до целого числа и выраженное в градусах Цельсия.

При низком (менее 715 мм рт. ст.) атмосферном давлении к полученным значениям температур вводят поправки на давление от 715 до 665 мм рт. ст. +2 °С, от 664 до 610 мм рт. ст. + 4 °С и от 609 до 550 мм рт. ст. + 6 °С.

3.4.5 Точность метода

3.4.5.1 Сходимость

Два результата испытаний, полученные одним исполнителем, признаются достоверными (с 95 %-ной доверительной вероятностью) если расхождения между ними не превышает значений указанных в таблице 3.1.

3.5.2 Воспроизводимость

Два результата испытаний, полученные в двух разных лабораториях признаются достоверными (с 95 %-ной доверительной вероятностью), если расхождения между ними не превышает значений указанных в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Показания сходимости и воспроизводимости значений.

Наименование показателя	Сходимость	Воспроизводимость
Температура вспышки, °С	5	16
Температура воспламенения, °С	8	14

3.6 Содержание отчета

В отчете должны быть изложены: цель работы; основные понятия исследуемых величин; полученные результаты. Привести выводы по работе.

3.7 Контрольные вопросы

3.7.1 Что такое температура вспышки?

3.7.2 Что такое температура воспламенения?

3.7.3 Методы определения температур вспышки и воспламенения?

3.7.4 Когда вводятся поправки?

3.7.5 Чем характеризуются сходимость и воспроизводимость результатов?

4 Лабораторная работа №4. Определение содержания механических примесей в смазочных материалах

4.1 Цель работы

Освоить методику определения механических примесей в смазочных материалах.

4.2 Общие сведения

Присутствие механических примесей в смазочных материалах весьма нежелательно, так как в соприкасающихся парах они ведут себя как абразивные материалы, приводящие к истиранию трибосопряжения. К тому же механические примеси могут привести к засорению маслопроводов. Для предотвращения нежелательных последствий смазочные масла постоянно пропускают через фильтры грубой и тонкой очистки. Все это приводит к потере мощности и перерасходу топлива, но, тем не менее, это выгодно, так как предотвращает преждевременный выход из строя оборудования.

В зависимости от вида смазочного материала существует два стандарта для количественного определения механических примесей в смазочном материале, а именно, ГОСТ 6370-83 предусматривает определение механических примесей в нефти и нефтепродуктах. Сущность метода заключается в фильтровании испытуемого продукта с предварительным растворением медленно фильтруемых продуктов в бензине или толуоле, промывании осадка на фильтре с последующим высушиванием и взвешиванием фильтра, а ГОСТ 6479-73 (с последующим продлением) регламентирует метод определения содержания механических примесей в пластичных смазочных материалах разложением соляной кислотой. Сущность метода заключается в растворении смазочного материала в смеси растворителей: толуол – этиловый спирт – четыреххлористый углерод или этиловый спирт – бензин; разложении остатка 20 процентной соляной кислотой, фильтрование, обработка осадка на фильтре растворителем, соляной кислотой, горячей дистиллированной водой и определении массы нерастворимого остатка.

4.3 Задание

Определить количественное содержание механических примесей в смазочном материале

4.4 Указания по выполнению работы

4.4.1 Приборы и оборудование

Чашка и шпатель фарфоровые, палочка стеклянная или проволока, стеклянные колбы, воронка фильтровальная вакуумная, шкаф сушильный, растворители, индикатор, насос водоструйный, эксикатор, промывалка с резиновой грушей, вода дистиллированная, бумага фильтровальная.

4.4.2 Подготовка к испытанию

Пробу хорошо перемешивают, при необходимости подогревают до 40 - 80 °С. Растворители предварительно фильтруют на фильтре того же типа.

Стаканчик с фильтром сушат в шкафу при температуре 105 ± 2 °С в течение 30 мин и взвешивают с погрешностью не более 0,0002 г.

4.4.3 Проведение испытаний

4.4.3.1 Определение содержания механических примесей в маслах.

Пробу испытуемого масла помещают в стакан и разбавляют подогретым растворителем, минимальная масса навески и количество растворителя соответственно составляет 25-100 г, и от 5 до 10 раз больше для вязких масел и от 2 до 4 раз больше для маловязких масел. Температуру растворителей доводят до 40-80 ° С. Раствор фильтруют, причем остаток из стакана смывают чистым бензином, остатки твердых примесей снимают стеклянной палочкой. Медленно фильтрующиеся продукты допускается фильтровать под вакуумом.

Фильтр с осадком промывают подогретым до 40 °С бензином до отсутствия на фильтре следов масла.

При определении механических примесей в маслах с присадками и в присадках, при наличии на фильтре нерастворимого остатка допускается дополнительно промывать подогретой до 60 °С спирто-толуольной смесью и горячей дистиллированной водой.

Фильтр сушат при 105 °С не менее 45 мин. Затем охлаждают в эксикаторе 30 мин и взвешивают с точностью до 0,0002 г.

4.4.3.2 Определение содержания механических примесей в пластичных смазочных материалах.

В колбу помещают навеску 20 - 25 г и 50 см³ растворителей и взбалтывают до равномерного распределения, добавляют 50 см³ 20 %-ного раствора соляной кислоты и кипятят с обратным холодильником 45 мин до полного растворения смазочного материала. После разделения в воронке, водный слой фильтруют в вакууме. Фильтр с остатком промывают горячей дистиллированной водой до исчезновения масляного пятна и сушат в шкафу при 105 ± 2 °С в течение часа, затем охлаждают в эксикаторе 30 мин.

Высушивание и взвешивание повторяют до достижения расхождений во взвешивании не более 0,0004 г.

4.4.4 Обработка результатов

Массовую долю механических примесей (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} 100, \quad (4.1)$$

где m-масса навески, г

m₁, m₂- масса воронки с осадком и без него соответственно, г.

За результат испытаний принимают среднеарифметическое результатов двух параллельных определений.

Массовая доля механических примесей до 0,02 % оценивается как отсутствие. Два результата считаются сходимы, если расхождения лежат в пределах 0,01 %. Два результата, полученные в разных лабораториях считаются воспроизводимыми. Если расхождения лежат в пределах 0,02 %.

4.5 Содержание отчета

В отчете о работе указать цель, основные принципы определения количественного содержания механических примесей в смазочном материале. Показать найденные значения и ошибку измерения. Сделать выводы по работе.

4.6 Контрольные вопросы

- 4.6.1 В чем вред механических примесей в смазочных материалах?
- 4.6.2 Как избавиться от механических примесей?
- 4.6.3 Сущность методов определения содержания механических примесей?
- 4.6.4 Какое расхождение во взвешивании считается допустимым?
- 4.6.5 В чем различие сходимости и воспроизводимости результатов?

5 Лабораторная работа №5. Определение плотности смазочных материалов

5.1 Цель работы

Освоить методику определения плотности смазочных материалов.

5.2 Общие положения

Знание плотности смазочных материалов необходимо для предварительного суждения о качестве смазочных материалов, а также для перерасчета массы смазочных материалов из массовых единиц в объемные и обратно. Определение плотности смазочных материалов проводят в соответствии с ГОСТ 3900-85 (с продлением срока действия) и включает испытания двумя методами: определение плотности нефтепродуктов (смазочных материалов) с помощью ареометра для нефти и с помощью пикнометра.

5.2.1 Определение плотности ареометром

Данный метод заключается в погружении ареометра в испытуемый смазочный материал, снятии показания по шкале ареометра при температуре определения и пересчет результатов измерения на плотность при температуре 20 °С.

5.2.2 Определение плотности пикнометром

Метод основан на определении относительной плотности - отношение массы испытуемого продукта к массе воды взятой в том же объеме и при той же температуре. Относительная плотность (ρ^t) является безразмерным числом. Плотность смазочного материала определяют при температуре 20 °С пикнометрами ПЖ-1, ПЖ-2, ПЖ-3, ПТ и при любой температуре двухколенным пикнометром.

В зависимости от исследуемого продукта используют ту или иную методику определения плотности, а именно, либо весь пикнометр заполняют исследуемым продуктом, либо часть пикнометра (чуть больше половины) заполняют исследуемым продуктом, а остаток дистиллированной водой.

5.3 Задание

Определить плотность твердого и (или) жидкого смазочного материала.

5.4 Указания по выполнению работы

5.4.1 Приборы и оборудование

Ареометры для нефти тарированные (по верхнему краю мениска и совмещённые с термометром) или любые ареометры тарированные (по нижнему краю мениска) с широким диапазоном измерения плотности от 0,6 до $1,10 \cdot 10^{-3}$ кг/м³ (при этом вносится поправка на мениск + 0,0007 при цене деления 0,0005 или 0,0014 при цене деления 0,001); цилиндры для ареометров; термометры; термостат или водяная баня для поддержания температуры с погрешностью не более 0,2 °С.

5.4.1.1 Аппаратура, реактивы и материалы

Пикнометры ПЖ-1, ПЖ-2, ПЖ-3, ПТ, термометры, термостаты или водяная баня, весы аналитические, пипетки, фильтровальная бумага, хромовая

смесь (60 г K_2CrO_4 , 0,1 дм³ дистиллированной воды и 1 дм³ H_2SO_4), спирт этиловый (ацетон, бензин-растворитель), вода дистиллированная.

5.4.2 Подготовка к испытаниям

5.4.2.1 Проведение испытания ареометром

Испытание плотности смазочных материалов обладающих значительной вязкостью проводят при температуре обеспечивающей достаточную текучесть, а всех остальных - при любой температуре не выше 90 °С.

Ареометр осторожно и медленно опускают в цилиндр с испытуемой жидкостью и после прекращения колебаний отсчитывают показания по шкале ареометра.

5.4.2.2 Обработка результатов

Измеренные значения плотности при данной температуре пересчитывают в плотность при 20 °С по таблице обязательного приложения 1 ГОСТ 3900-85. За результат испытания принимают среднее арифметическое двух определений.

5.4.2.3 Точность метода

Точность метода характеризуется сходимостью и воспроизводимостью. Первая обеспечивается в том случае, когда два результата определений полученные одним исполнителем, признаются достоверными (с 95 %-ной доверительной вероятностью) если расхождение между ними не превышает $0,0005 \cdot 10^3$ кг/м³ для прозрачных и $0,0006 \cdot 10^3$ кг/м³ для темных и непрозрачных смазочных материалов.

Воспроизводимость характеризует результаты полученные в двух лабораториях и расхождения между ними не должны превышать $0,0012 \cdot 10^3$ и $0,0015 \cdot 10^3$ кг/м³ соответственно для прозрачных непрозрачных смазочных материалов.

5.4.3 Проведение испытаний пикнометром

5.4.3.1 Подготовка пикнометра

Пикнометр представляет собой стеклянную ёмкость с пробкой, в которую вставлена трубка с меткой.

Пикнометр тщательно моют хромовой смесью, ополаскивают водой и дистиллированной водой, затем ацетоном или спиртом.

Перед повторным испытанием пикнометр также промывают растворителем и высушивают. Для предотвращения возникновения статического электричества пикнометр протирают слегка влажной тряпкой, статическое электричество снимают с пикнометра, подув на него.

5.4.3.2 Установление "водного числа" пикнометра

Для этого устанавливают массу воды в объеме пикнометра при температуре 20 °С. Подготовленный пикнометр взвешивают при 20 °С с погрешностью не более 0,0002 г, наполняют дистиллированной прокипяченной водой немного выше метки, выдерживают в термостате или водяной бане при 20 °С примерно 30 минут. Избыток воды отбирают пипеткой или фильтровальной бумагой. Уровень воды в пикнометре определяют по верхнему краю мениска. Пикнометр вынимают из бани, вытирают, снимают статическое электричество, взвешивают с погрешностью не более 0,0002 г.

"Водное число" пикнометра (m) вычисляют по формуле:

$$m = m_1 - m_2, \quad (5.1)$$

где m_1 - масса пустого пикнометра, г;

m_2 - масса пикнометра с водой, г.

При этом производят не менее трех измерений и за результат испытания принимают среднее арифметическое всех испытаний.

5.4.4 Обработка результатов

5.4.4.1 Для продуктов с вязкостью при 50 °С не более 75 мм²/с относительную плотность вычисляют по формуле

$$\rho^t 4 = \frac{m_3 - m_1}{m}, \quad (5.2)$$

где m_1 - масса пустого пикнометра, г;

m_3 - масса пикнометра с продуктом, г;

m - "водное число" пикнометра.

Плотность испытуемого продукта (ρ), кг/м³ вычисляют по формуле

$$\rho = \rho^t 4 \cdot \rho / C_d, \quad (5.3)$$

где $\rho^t 4$ - относительная плотность испытуемого продукта;

ρ_0 - плотность воды при температуре испытания, 1000 кг/м³;

C_d - поправка к плотности на атмосферное давление (принимается по приложению 4 ГОСТ 3900-85).

За результат испытаний принимают среднее арифметическое двух испытаний.

5.4.4.2 Для продуктов с вязкостью при 50 °С более 75 мм²/с и твердых продуктов относительную плотность вычисляют по формуле

$$\rho^t 4 = \frac{m_3 - m_1}{m(m_4 - m_3)}, \quad (5.4)$$

где m_1 - масса пустого пикнометра, г;

m_3 - масса пикнометра с продуктом, г;

m_4 - масса пикнометра с продуктом и водой, г;

m - водное число пикнометра.

5.4.4.3 Точность и воспроизводимость метода

Два результата полученные одним исполнителем признаются достоверными (с 95 %-ной доверительной вероятностью), если расхождение не превышает 0,6 кг/м³.

Два результата испытаний полученных двумя испытателями признаются достоверными (с 95 %-ной доверительной вероятностью), если расхождение между ними не превышает 2,4 кг/м³.

5.5 Содержание отчета

В отчет о работе включить цель работы; описание основ принципа определения плотности. Показать найденные значения и ошибку измерения. Сделать соответствующие выводы по работе.

5.6 Контрольные вопросы

5.6.1 Виды определения плотности.

5.6.2 Что такое плотность?

5.6.3 Что такое относительная плотность?

5.6.4 Отличие в определении плотности для твердых, вязких и текучих материалов.

5.6.5 Достоверность результатов.

6 Лабораторная работа №6. Исследование эксплуатационных свойств пластичного смазочного материала

6.1 Цель работы

Научиться определять эксплуатационные свойства пластичного смазочного материала простейшими методами.

6.2 Общие сведения

Пластичные смазочные материалы представляют собой коллоидную систему, состоящую из жидкой основы, загустителя и присадок. В качестве жидкой основы в них применяют в основном минеральные масла, в качестве загустителей применяют твердые углеводороды, кальциевые, натриевые, алюминиевые, литиевые и другие мыла высших жирных кислот. С целью улучшения вязкостно-температурной характеристики, антифрикционных свойств, повышения термостабильности в смазочный материал добавляют присадки - синтетические продукты, графит, дисульфид молибдена и др.

Классификацию пластичных смазочных материалов проводят по их составу или по области применения.

Свойства смазочных материалов в основном зависят от загустителя, поэтому при классификации по составу за определитель принимают загуститель:

- смазочные материалы, загущенные немыльными загустителями (парафинами, восками, озокеритами). Эти смазочные материалы обладают хорошей химической и коллоидной стабильностью и водостойкостью. В основном углеводородные смазочные материалы применяют для консервации. Положительными свойствами этих материалов является их способность после расплавления и последующего охлаждения восстанавливать свою структуру. Поэтому на консервируемые поверхности смазочный материал наносят нагретым до 110 °С, что обеспечивает качественную консервацию поверхностей. Такие материалы обладают низкой температурой плавления от 40 до 65 °С.

- смазочные материалы, загущенные мылами. Мыльными загустителями являются главным образом соли (мыла) естественных и синтетических жирных кислот, образующиеся при воздействии на последние щелочами. В зависимости от того, какие щелочи применены при омылении кислот для получения мыльных загустителей, пластичные смазочные материалы подразделяют на натриевые, кальциевые, алюминиевые, цинковые и другие.

Смазочные материалы, изготовленные на натриевых мылах отличаются высокой температурой плавления (от 100 до 150 °С), способностью удерживаться в тяжело нагруженных узлах трения при высоких температурах. Однако, эти материалы не водостойки, т.к. натриевые мыла растворимы в воде.

Смазочные материалы, изготовленные на кальциевых, алюминиевых, магниевых мылах относятся к числу среднеплавких (температура плавления от 65° до 100 °С) они влагостойки.

По области применения смазочные материалы делят на:

А - антифрикционные - для снижения трения и износа в узлах машин и механизмов;

Б - защитные - для предохранения изделий из металла от коррозии;

В - уплотнительные - для герметизации трущихся поверхностей, сальников и др.

Из пластичных смазочных материалов на немых загустителях наиболее часто применяют технический вазелин УН. Его используют в качестве антифрикционного смазочного материала для механизмов с малыми нагрузками и работающих в условиях невысокой температуры (не выше 40 - 45 °С).

Из числа кальциевых смазочных материалов для автомобилей и тракторов широко применяют солидолы жировые (УС-1, УС-2, УС-3) и солидолы синтетические (солидол С и пресс-солидол С). Солидолы применяют в качестве антифрикционных смазочных материалов в механизмах с невысокой рабочей температурой (до 50 - 70 °С), к которым не исключен доступ влаги. Их применяют также для консервации различных механизмов и машин, но только на короткое время, так как со временем антикоррозионные свойства солидолов ухудшаются. Эти смазочные материалы наносят на детали только при низких температурах, так как при плавлении солидолы необратимо распадаются.

Из числа натриевых пластичных смазочных материалов наиболее часто применяют консталины жировые (УТ-1, УТ-2) и консталины синтетические (УТС-1, УТС-2). Эти материалы применяют при повышенных температурах (115 - 135 °С). При температурах ниже 0 °С применять консталины не рекомендуется, так как при низких температурах они имеют большую вязкость и затрудняют работу механизмов.

Консталины нельзя применять в механизмах, к которым есть доступ влаги, так как они растворяются в воде, образуя эмульсии, не обладающие смазочными свойствами.

6.3 Приборы, оборудование, принадлежности

Спиртовка или плитка, пробирки, стекло, фильтровая бумага и образцы смазочных материалов.

6.4 Порядок проведения работы

6.4.1 Цветовая характеристика смазочного материала

Визуальным осмотром определяют цвет смазочного материала. Цвет зависит от его состава, качества исходного сырья и технологии изготовления. Однако цвет даже одного и того же сорта смазочного материала может меняться от светло-желтого до темно-коричневого, поэтому для большинства смазочных материалов он не является характерным признаком.

Только некоторые сорта пластичных смазочных материалов имеют определенный цвет. Так, графитовые имеют черный цвет, иногда с зеленоватым отливом; технический вазелин прозрачен, в тонком слое - коричневого цвета.

6.4.2 Характеристика однородности

Однородность смазочного материала и наличие механических примесей проверяют при нанесении смазочного материала тонким слоем (1-2 мм) равномерно на кусочек чистого оконного стекла. Слой смазочного материала рассматривают в проходящем свете, при этом легко обнаруживаются посторонние примеси. Если они имеются, то материал к эксплуатации не пригоден. Абразивные механические примеси можно обнаружить, если по этому слою смазочного материала потереть другим стеклом, при этом слышится, характерны скрип. Иногда абразивные примеси обнаружить можно при растирании смазочного материала между пальцами.

6.4.3 Характеристика жирового пятна

Сорт смазочного материала определяют пробой на жировое пятно. Для этого шарик исследуемого смазочного материала величиной с горошину наносят на фильтровальную бумагу. Снизу бумагу осторожно нагревают, держа ее над электроплиткой (спиртовкой). При этом масла и углеводородные загустители легко впитываются бумагой, а мыла остаются на бумаге в виде плотного остатка. Технический вазелин, имеющий углеводородный загуститель весь расплавляется и впитывается бумагой, давая светло-желтое пятно. Графитный смазочный материал оставляет на бумаге темно-коричневое пятно с отчетливо видимыми кристалликами графита по всему пятну. Консталин на бумаге остается в виде того же шарика небольшой величины. Масляное пятно также небольшой величины. При более сильном нагревании бумага обугливается, но комочек не расплавляется.

Солидолы быстро образуют жировое пятно, в центре которого находится мягкий остаток. При увеличении нагревания из остатков выделяются небольшие пузырьки воды, так как в состав солидолов входит структурная вода.

6.4.4 Определение расслаиваемости образца

Пластичные смазочные материалы хорошего качества не должны расслаиваться на составляющие, как при использовании, так и при хранении. При выделении из смазочного материала минерального масла наблюдается его вытекание из узлов трения в машинах и механизмах.

Проверку на расслаиваемость проводят следующим образом: в пробирку при помощи стеклянной палочки помещают 3 - 4 грамма исследуемого смазочного материала. Пробирку медленно нагревают на спиртовке до перехода смазочного материала из пластичного в жидкое состояние. Расплавившийся материал должен быть однородным, т.е. не должно быть обнаружено расслоения масла и мыла.

6.4.5 Проверка растворимости образца

Растворимостью пластичного смазочного материала проверяют природу загустителей. Для испытания в две пробирки помещают по 1,5 - 2,0 грамма исследуемого материала при помощи стеклянной палочки. В одну пробирку наливают на 1/3 высоты дистиллированную воду, полученную смесь размешивают и осторожно нагревают на открытом огне до 60 - 70 °С,

периодически взбалтывая пробирку. Если вода в пробирке остается прозрачной, смазочный материал в ней не растворяется. Если вода мутнеет, то смазочный материал в ней растворяется.

В другую пробирку наливают бензина, примерно в 4 - 5 раз больше, чем смазочного материала, размешивают стеклянной палочкой и осторожно нагревают до 50 - 60 °С (на закрытой электроплитке). Если материал полностью растворяется в бензине, то образуется однородный прозрачный раствор.

Смазочные материалы с натриевыми загустителями полностью растворяются в воде, в бензине полностью не растворяются.

Смазочные материалы с кальциевыми загустителями полностью не растворяются ни в воде, ни в бензине.

Смазочные материалы с углеводородными загустителями в воде не растворяются, в бензине растворяются полностью.

6.5 Содержание отчета

Отчет о лабораторной работе должен содержать: цель работы, краткие сведения о эксплуатационных свойствах смазочного материала. Результаты опытов сводят в таблицу (смотри приложение), выводы.

6.6 Контрольные вопросы

6.6.1 Классификация пластичных смазочных материалов по области применения.

6.6.2 Виды загустителей применяемых для получения пластичных смазочных материалов.

6.6.3 Какие свойства смазочных материалов определяют при исследовании?

6.6.4 Что позволяет выявить исследование растворимости смазочного материала?

6.6.5 Как исследуется характеристика жирового пятна?

Таблица 6.1 – Образец оформления результатов испытаний.

Показатели качества	Результаты исследования	
	Образец 1	Образец 2
1. Цвет смазочного материала	Желтый	Светло-коричневый
2. Наличие механических примесей в смазочном материале	Смазочный материал однороден, механические примеси отсутствуют	Смазочный материал неоднороден, видны комочки, имеются посторонние примеси, слышится скрип, т.е. они абразивные
3. Проба на жировое пятно	Пятно светло-желтое, материал весь расплавился и впитался бумагой	Жировое пятно образовалось быстро, в центре имеется мягкий остаток, при увеличении нагревания выделялись пузырьки воды
4. Однородность и расслаиваемость образцов	Расслаиваемости не наблюдается	Расслаиваемость наблюдается
5. Растворимость - в воде - в бензине	Не растворяется Растворяется	Не растворяется Не растворяется

7 Лабораторная работа №7. Влияние смазочных материалов и шероховатости бойков на неоднородность деформации при осадке

7.1 Цель работы

Изучение формоизменения при осадке на различных бойках и стадиях деформации со смазочным материалом и без него (проверка принципа наименьшего сопротивления). Определение работы деформации и работы сил трения по опытным и расчетным данным при осадке заготовок.

7.2 Общие сведения

7.2.1 Характеристика осадки

Осадкой называют технологическую операцию, при помощи которой увеличивают поперечное сечение заготовок за счет уменьшения ее длины. В технологических процессахковки осадку применяют как основную (для получения формы поковки) и как предварительную операцию (для увеличения уклова, для обеспечения соответствующего расположения волокон в поковках).

7.2.2 Наружная неравномерность деформации

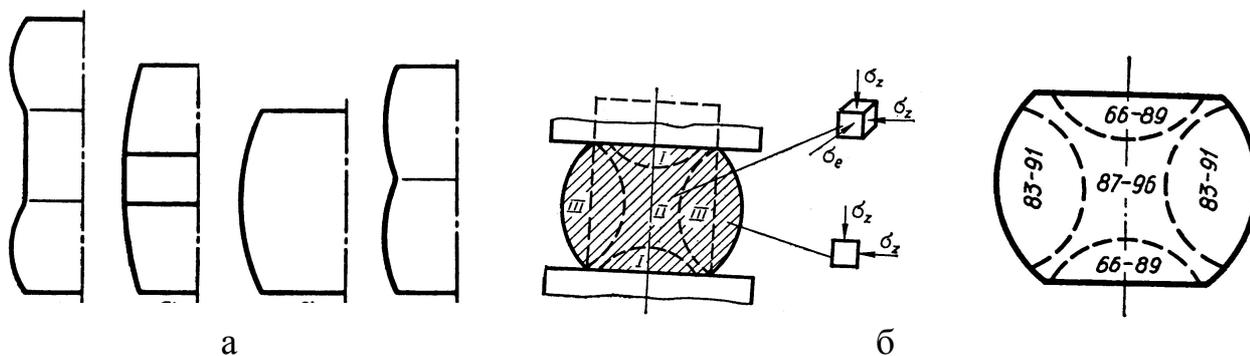
Вследствие наличия контактных сил трения, которые зависят от присутствия и вида смазочного материала и шероховатости бойков, процесс осадки характеризуется ярко выраженной неравномерностью деформаций в геометрическом плане. Силы контактного трения повышают величину необходимой деформирующей силы. Поэтому от величины контактного трения зависит не только форма образца после осадки, но также и удельное усилие деформирования и работа деформации. Неправильно выбранное соотношение геометрических параметров осаживаемой заготовки (при $H/D > 2,5$ - где H - высота и D - диаметр заготовки) могут привести к потере ее устойчивости и появлению продольного изгиба.

При осадке заготовок произвольной формы любая частица металла под действием внешних сил перемещается по направлению наименьшего сопротивления. При осадке цилиндрических заготовок перемещение частиц металла происходит по радиусу, являющимся кратчайшим путем к свободной поверхности. Поперечное сечение сохраняет круговую форму, а меридиальные сечения получают форму бочки, причем степень бочкообразности зависит от величины контактных сил трения, возникающих на границе "заготовка – инструмент"; причем характер бочкообразования зависит от соотношения D/H (рисунок 7.1). При значении отношения больше 1 в средней части заготовки наблюдается максимальный диаметр. При осадке высоких заготовок ($D/H < 0,35$) наблюдается двойное бочкообразование у торцов, при дальнейшей осадке, т.е. с увеличением степени деформации они соединяются и переходят в единую бочку (рис. 7.1 а).

7.2.3 Внутренняя неоднородность деформации

Искажению наружного контура соответствует неравномерность деформации внутренних зон и элементов осаживаемых заготовок.

Различают 3 зоны: прилегающие к торцам зоны 1 с малой деформацией; зоны 3 - по наибольшему диаметру заготовки; находящаяся между ними зона 2 с максимальной степенью деформаций (рисунок 7.1 б).



а - геометрические искажения;
б - внутренняя неоднородность

Рисунок 7.1 - Неравномерность деформаций цилиндрического образца

7.2.4 Осадка образцов с прямоугольными основаниями

При осадке образца с прямоугольным основанием деформации неоднородны. Минимум течения в углах образца, а максимум - в средних частях боковых поверхностей. В результате осадки прямоугольник в плане приобретает форму эллипса, а квадрат приближается к кругу (рис. 2).

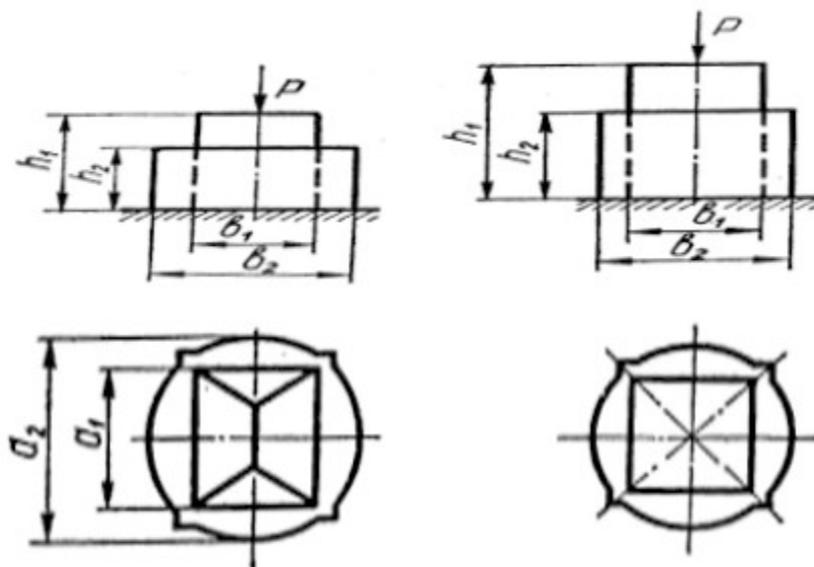


Рисунок 2 - Изменение формы торцевых поверхностей

7.3 Приборы, оборудование и принадлежности

- 1) гидравлический пресс;
- 2) бойки для осадки (шероховатые и гладкие);
- 3) штангенциркуль и линейка;
- 4) чертилка.
- 5) смазочный материал (графитовый или солидол)
- 6) обезжириватель (эфир, бензин или спирт)
- 7) обтирочный материал (ветошь)
- 8) образцы свинцовые (по 4 штуки каждого размера):
 - а) $D = 30$ мм, $H = 40$ мм – 6 штук;
 - б) $D = 30$ мм, $H = 100$ мм – 2 штуки;
 - в) $A \cdot B \cdot H = 30 \cdot 30 \cdot 30$ мм – 6 штук;
 - г) $A \cdot B \cdot H = 15 \cdot 30 \cdot 30$ мм;
 - д) $D = 30$ мм, $H = 45$ мм – 2 штуки.

7.4 Порядок проведения работы и обработка опытных данных

7.4.1 Порядок выполнения работы

— Измерить исходные размеры образцов

— На шлифованные торцы образцов нанести метки (окружности, диагонали, характерные плоскости в виде рисок, причем для цилиндрических образцов риски проводить радиусами, примерно соответствующими зонам 1, 2, 3 (рис. 7.1 б). На боковую поверхность образцов чертилкой нанести риски по образующим. После осадки измерить параметры рисок и сравнить их с соответствующими параметрами до осадки.

— Произвести осадку ступенями (3 - 4 раза) с обжатием по 5 - 7 мм. Осадку производится без смазочного материала (по 1 образцу каждого вида) и с ним (также по 1 образцу каждого вида). При каждом обжатии фиксируют усилие по манометру и производят измерение образцов. Величину осадки образцов контролировать линейкой. После каждой осадки образца измерять периметр образца. Для этого образец установить контактной поверхностью на листе бумаги с нанесенными осями до осадки и очертить периметр основания. После каждой осадки образец устанавливать на этот же лист бумаги так, чтобы линия торца проектировалась на оси предыдущего изображения и очерчивать полученные периметры основания образца.

Результаты измерений занести в таблицы 7.1 и 7.2.

— Построить кривую усилия в функции перемещения инструмента

Таблица 7.1 – Цилиндрические образцы

Номер		Величина обжатия ΔH , мм	Высота образца, мм	Диаметр образца, мм					Усилие Р, Н
образца	обжатия			верха, D_v	средн. части, D_{cp}	низа, D_n	$D_{cp}-D_v$	$D_{cp}-D_n$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 7.2 – Образцы с прямоугольным основанием

Номер		Величина обжатия ΔH , мм	Высота образца, мм	Размеры образца, мм						Выпучивание				Усилие Р,Н
образца	обжатия			верхний торец		средняя часть		нижний торец		$X_{cp}-X_v$		$X_{cp}-X_n$		
				А	В	а	в	А	в	а	в	а	В	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Примечание - Величина обжатия $\Delta H = H_n - H_k$; (7.1)

Усилие $P = 10 \cdot F \cdot \rho$, (7.2)

где ρ - давление по манометру, Н/мм²;

F – площадь поршня, мм².

Таблица 7.3 – Величина работ

Номер осадки	Размеры, мм				Отношения		Степень деформации, δ	Работа, Дж			
	начальные		конечные		$\frac{D_k}{H_k}$	$\frac{D_n}{H_n}$		A_d	$A_{тр}$	А	$A_{пр}$
	H_n	D_n	H_k	D_k							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Примечание - Степень деформации $\delta = \ln \frac{H_n}{H_k}$. (7.3)

7.4.2 Обработка опытных данных и расчет по теоретическим формулам

7.4.2.1 Энергию (работу) прессы определим по формуле

$$A_{пр} = P \cdot \Delta H, \quad (7.4)$$

где $A_{пр}$ - работа прессы, Дж;

P - усилие прессы, Н; $P = 10 \cdot P \cdot F$; (7.5)

$$\Delta H - \text{перемещение, м;} \\ \Delta H = (H_n - H_k) \cdot 0,001 . \quad (7.6)$$

7.4.2.2 Работа A , затраченная на формоизменение образца и на преодоление сил трения

$$A = A_d + A_{\text{тр}}, \quad (7.7)$$

где A_d - работа, затрачиваемая на формоизменение образца, Дж;
 $A_{\text{тр}}$ - работа, затрачиваемая на преодоление сил трения, Дж.

7.4.2.3 Работу формоизменения определим по формуле

$$A = 10 \cdot \square \cdot W \cdot V \cdot \sigma_s \cdot \ln \frac{H_n}{H_k}, \quad (7.8)$$

где \square - масштабный коэффициент; $\square = 1,0$ при $V < 2,5 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$;
 W - скоростной коэффициент; $w = 1,0$ для гидропресса;
 v - объем образца, мм^3 ;
 σ_s - напряжение течения, Н/мм^2 (для свинца $\sigma_s = 18 \text{ Н/мм}^2$).

7.4.2.4 Работу сил трения определим по формуле

$$A = \frac{1}{9} \cdot \square \cdot W \cdot \sigma_s \cdot V \cdot \left(\frac{D_k}{H_k} - \frac{D_n}{H_n} \right), \quad (7.9)$$

где D_n и D_k , H_n и H_k - размеры образца до и после деформации.

7.4.2.5 На основании выполненных расчетов построить графики

$$A = f(\delta); \\ A_d = f(\delta); \\ A_{\text{тр}} = f(\delta); \\ A = f(\delta).$$

7.5 Содержание отчета

В отчете должны быть изложены: цели работы; характеристика осадки и ее неравномерность; эскизы осажённых образцов и пояснения к ним; графики зависимостей усилий и работ осадки. Выводы (сделать заключения о влиянии смазочного материала и его вид, а также шероховатости бойков на равномерность деформирования; о влиянии сил контактного трения на величину работы; о сходимости опытных и расчетных данных.

7.6 Контрольные вопросы

7.6.1 Факторы, влияющие на бочкообразование при осадке.

7.6.2 Применение какого закона проявляется при осадке и в чем?

7.6.3 Какую форму принимают различные образцы при осадке?

7.6.4 Что влияет на неоднородность деформации?

7.6.5 Способы уменьшения неоднородности деформации.

7.6.6 Существующие зоны неоднородной деформации и причины их образования.

Список использованных источников

- 1 Содержание воды ГОСТ 2477-65. М.: Госстандарт, 1971. – 5 с.
- 2 Вязкость, индекс вязкости. ГОСТ 33-82. М.: Госстандарт, 1984. – 6 с.
- 3 Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле. ГОСТ 4333-87. -М.: Издательство стандартов, 1981. – 2с.
- 4 Определение плотности. ГОСТ 3900-85. М.: Госстандарт, 1986. – 6с.
- 5 Содержание механических примесей. ГОСТ 6370-83. -М.: Госстандарт, 1994. -7 с.
- 6 Содержание механических примесей ГОСТ 6479-73. М.: Госстандарт, 1986. -4 с.
- 7 Кузнецов А.В., Кульчаев М.А. Практикум по топливу и смазочным материалам. -М.: Агропромиздат, 1987. -214 с.
- 8 Смазочные материалы./ Под ред. Матвиевского. -М.: Машиностроение. 1989. –264 с.
- 9 Павлов В.П. Автомобильные эксплуатационные материалы. -М.: Транспорт, - 1976. 165 с.
- 10 Брусянец Н.В. Автотракторные топлива и смазочные материалы. - М.: Машгиз, 1988. -215 с.
- 11 Итинская Н.И. Лабораторные работы по топливу и смазочным материалам. -М.: Сельхозгиз, 1982. -187 с.
- 12 Консистентные смазки/Под ред. Вайнштока. -М.: Химия, 1966. -142 с.
- 13 Боровая Н.С., Нехамкина М.С. Лаборант нефтяной и газовой лаборатории. -М.: Недра, 1990. -317 с.
- 14 Товарные нефтепродукты, их свойства и применение. -М.: Химия, 1971. -246 с.
- 15 Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. - М.: Машиностроение. -1971.
- 16 Машины и технология обработки металлов давлением: Лабораторные работы/ Под ред. Л.И.Живова. -Киев: Вища школа. -1975.