

**Занятие 10 (2 часа)**

**Значение режима смазывания  
для увеличения  
долговечности работы  
машин и механизмов**

Одна из основных мер борьбы с износом деталей машин — это своевременное смазывание трущихся поверхностей.

Слой смазочного материала разделяет трущиеся поверхности, поэтому они не соприкасаются между собой имеющимися мельчайшими выступами, которые и характеризуют шероховатость.

Уменьшению трения благоприятствует подвижность смазки. Кроме того, смазка хорошо отводит теплоту, уносит частицы металла, обладающие абразивным (истирающим) свойством, и предохраняет детали от коррозии.

## 10.1. Виды трения при смазывании трущихся поверхностей.

Когда поверхности двух сопрягаемых деталей полностью разделены слоем смазки и нагрузка воспринимается смазочной пленкой, имеет место так называемое **жидкостное трение**.

На рис. 10.1, а, б. показано расположение вала в подшипнике в состоянии покоя и во время работы. В первом случае, когда вал в подшипнике не вращается, его цапфа под действием силы тяжести  $P$ , прижимается к нижней части подшипника, зазор с между подшипником и цапфой имеет серповидную форму (рис. 10.1, а).

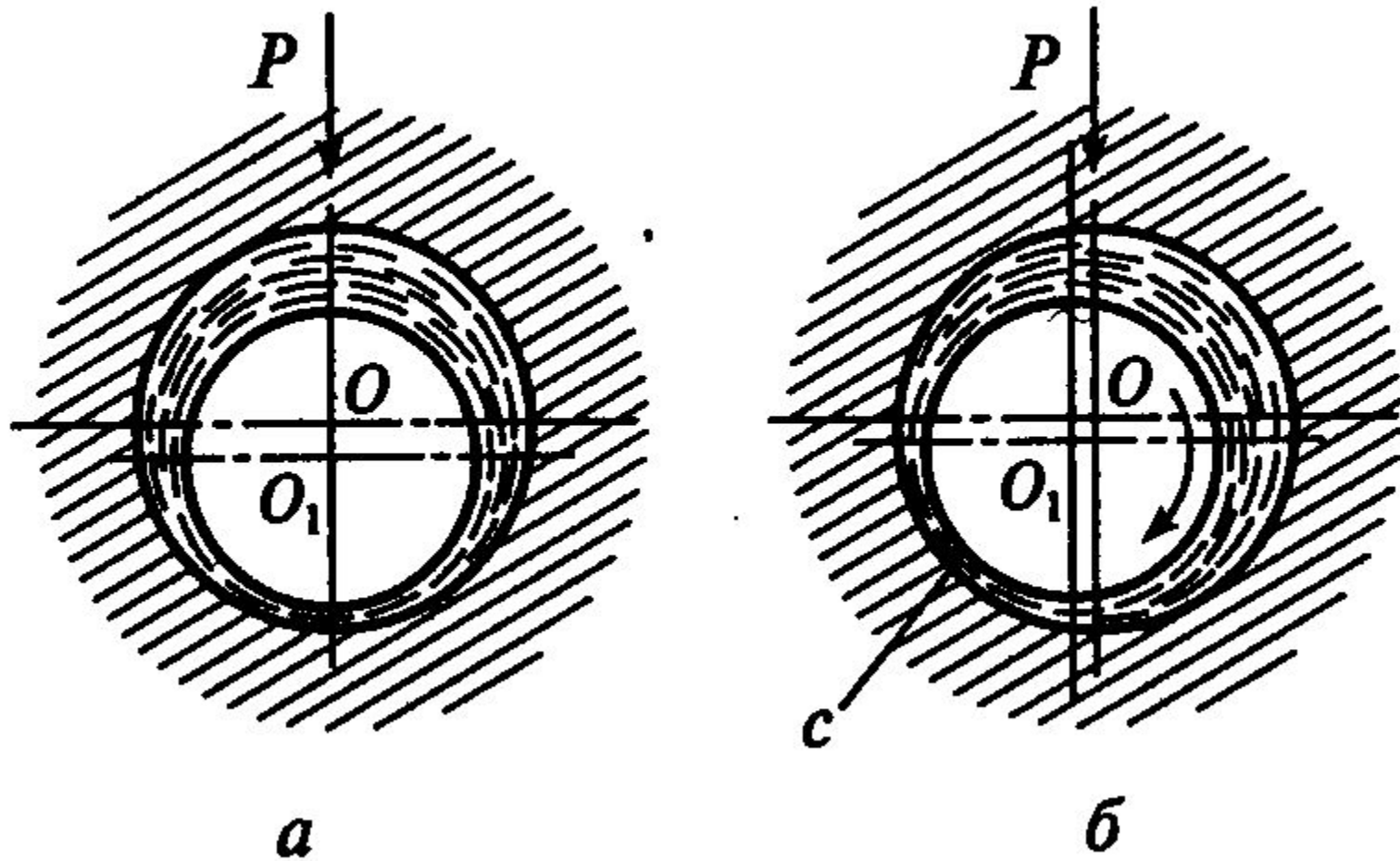


Рис. 10.1. Положение вала в подшипнике  
а - в состоянии покоя  
б - во время работы

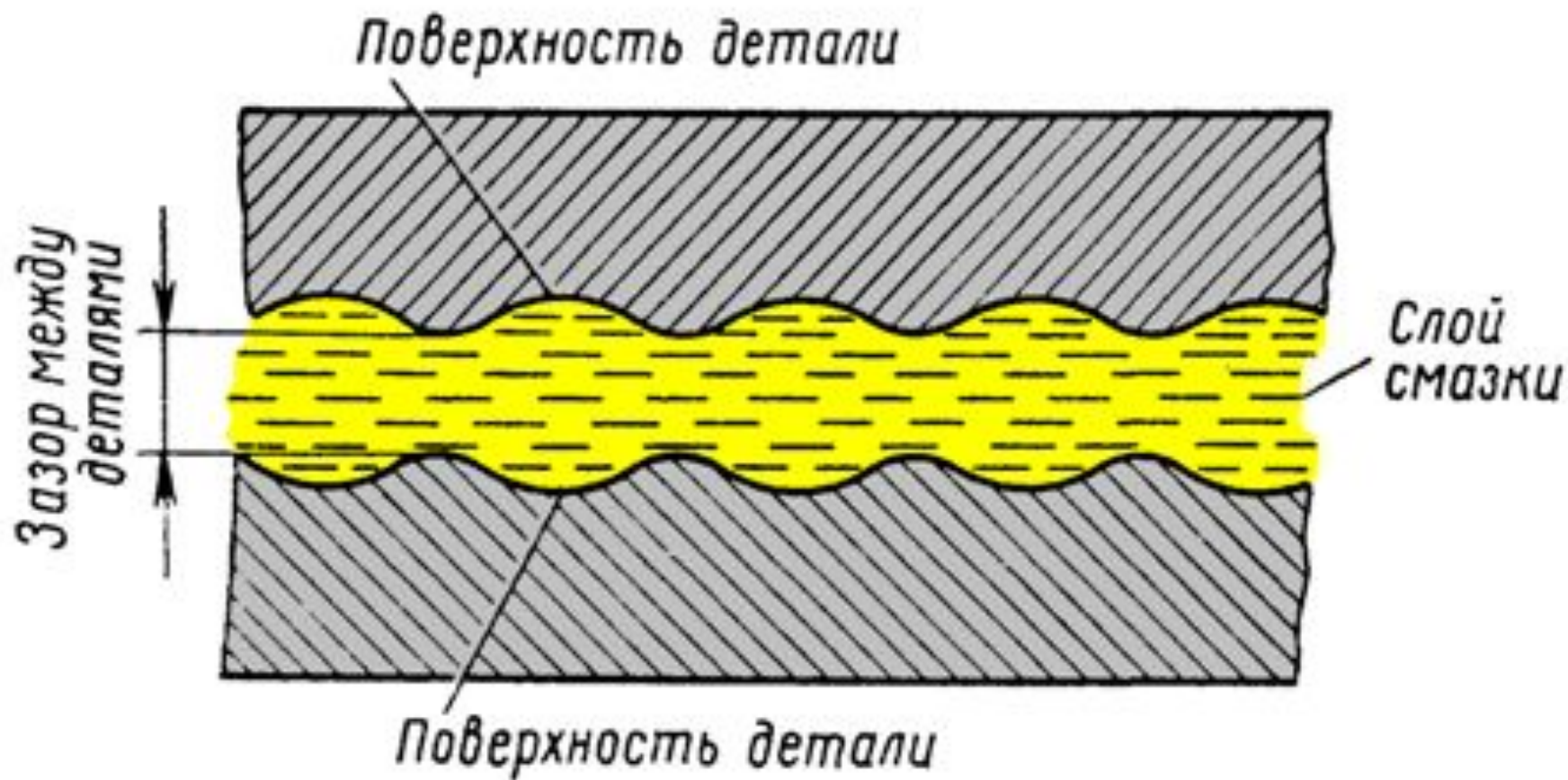


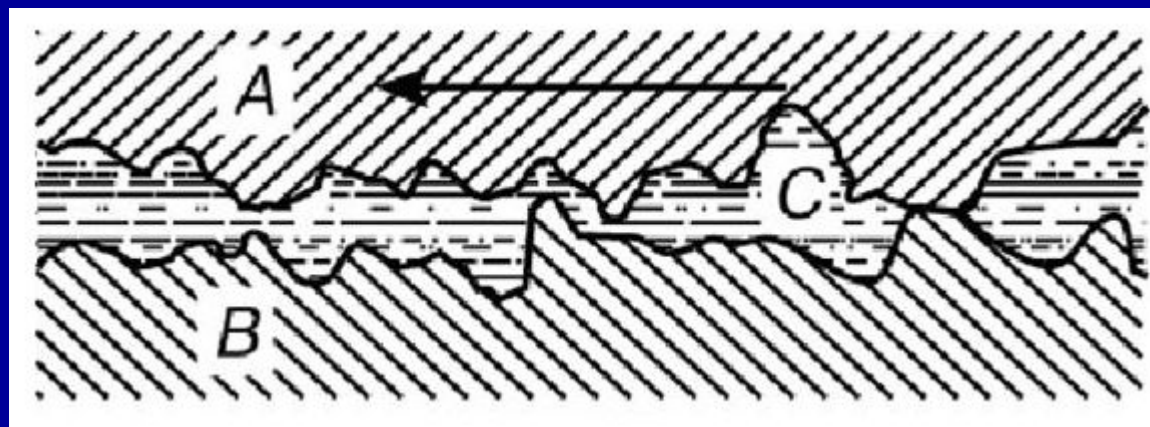
Рис. 10.2. Жидкостное трение во время работы

При вращении вала масло, заполняющее зазор, будет увлекаться под цапфу; цапфа как бы всплывает (рис. 10.1, б), образуя на самом узком участке с зазор — масляный клин. С повышением частоты вращения вала начнет увеличиваться толщина клинового слоя за счет увеличения количества смазки, увлекаемой цапфой в клиновой зазор.

При очень большой частоте вращения ось  $OO_1$  цапфы совпадает с осью подшипника, а толщина масляного клина достигает максимальной величины, способствуя жидкостному трению.

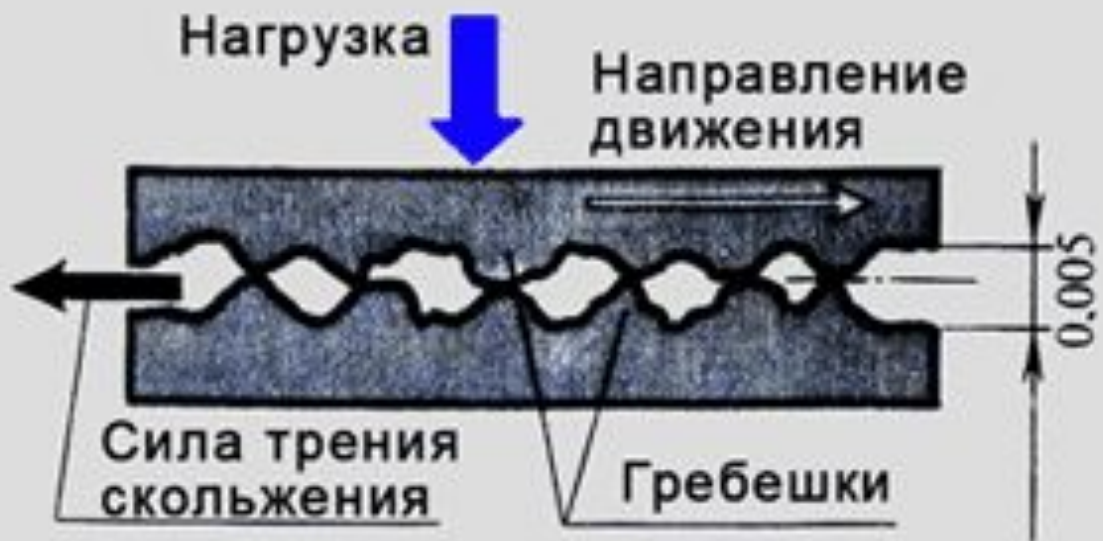
**Полужидкостное трение** имеет место в том случае, когда большая часть сопряженных поверхностей разделена слоем смазки, но их отдельные элементы соприкасаются.

При полужидкостном трении работают тяжело нагруженные валы с частотой вращения до 400 об/мин и детали, совершающие качательное и возвратно-поступательное движения.

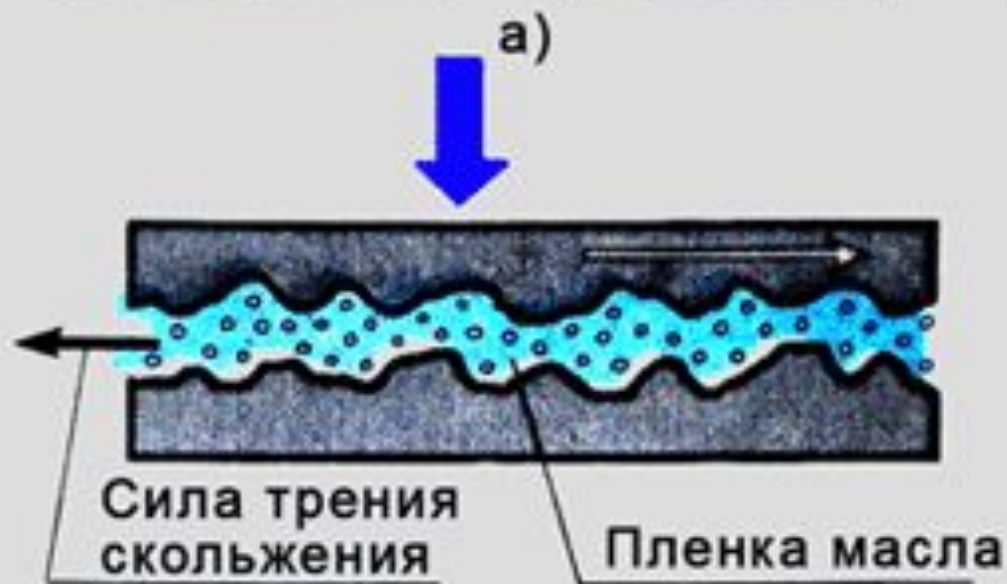


**Сухое трение** возникает при отсутствии смазки между скользящими поверхностями, когда трудно или вообще невозможно произвести смазывание, или сопряжение работает при высоких температурах (свыше 300 °С). Коэффициент сухого трения можно снизить путем правильного подбора материала сопряженных деталей, нанесения защитных пленок и термической обработки поверхностей.





а) Сухое трение



б) Жидкостное трение

б)

**Занятие 11 (2 часа)**  
**Смазочные материалы**  
**и их применение.**

## 11.1. Общие определения

Смазочные масла должны соответствовать ряду показателей, в том числе показателю вязкости (внутреннего трения), имеющему большое практическое значение.

**Под вязкостью жидкостей** понимают их свойство, характеризующее сопротивление действию внешних сил, вызывающих течение жидкостей.

### Различают вязкости

- динамическую,
- кинематическую
- условную.

**Динамическая вязкость** (коэффициент вязкости внутреннего трения) выражает собой силу, затрачиваемую на перемещение одного слоя жидкости относительно другого.

За единицу динамической вязкости принята паскаль-секунда (Па·с).

**Кинематическая вязкость** (удельный коэффициент внутреннего трения) представляет собой отношение динамической вязкости жидкости к ее плотности. За единицу кинематической вязкости принят квадратный метр на секунду ( $\text{м}^2/\text{с}$ ).

**Условная вязкость** представляет собой отвлеченное число, выражающее отношение времени истечения 200 г масла из вискозиметра типа ВУ к времени истечения такого же количества дистиллированной воды при температуре 20 °С. Условную (или относительную) вязкость выражают в градусах ВУ<sub>50</sub> или ВУ<sub>100</sub>. Индекс обозначает температуру масла при испытании, которую принимают равной 50 или 100 °С.

С понижением температуры и повышением давления вязкость масел возрастает.

## 11.2. Вискозиметры

**Вискозиметр** — прибор для определения вязкости вещества.

Вискозиметры бывают:

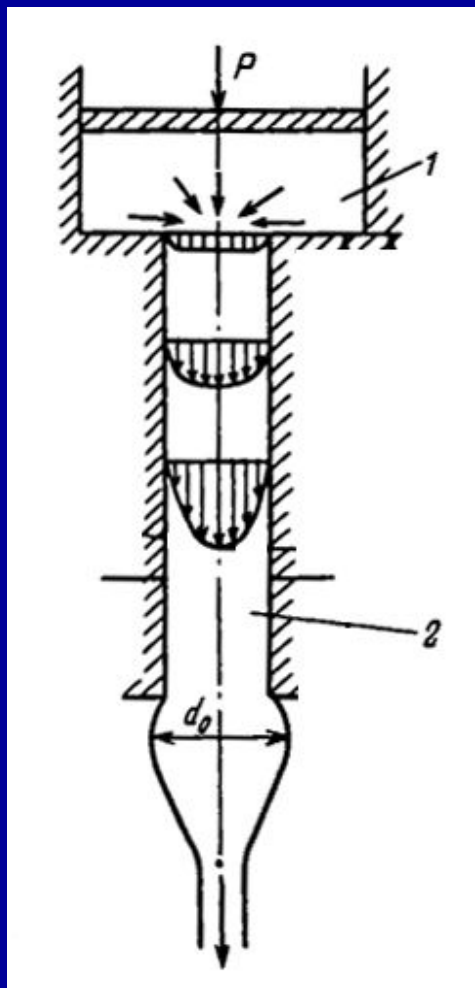
- капиллярными,
- ротационными,
- с падающим шариком.



Приборы для определения вязкости веществ (вискозиметры)

## 11.2.1. Капиллярные вискозиметры

Принцип действия основан на подсчёте времени протекания заданного объёма жидкости через узкое отверстие или трубку, при заданной разнице давлений.



При использовании капиллярных вискозиметров измеряется время истечения известного количества жидкости сквозь капиллярные трубки определенного диаметра.



## 11.2.2. Ротационные вискозиметры

Два тела вращения, одинаковых или разных, совмещаются по осям так, что одно из них прикасается изнутри к другому (примером может послужить цилиндр или конус).

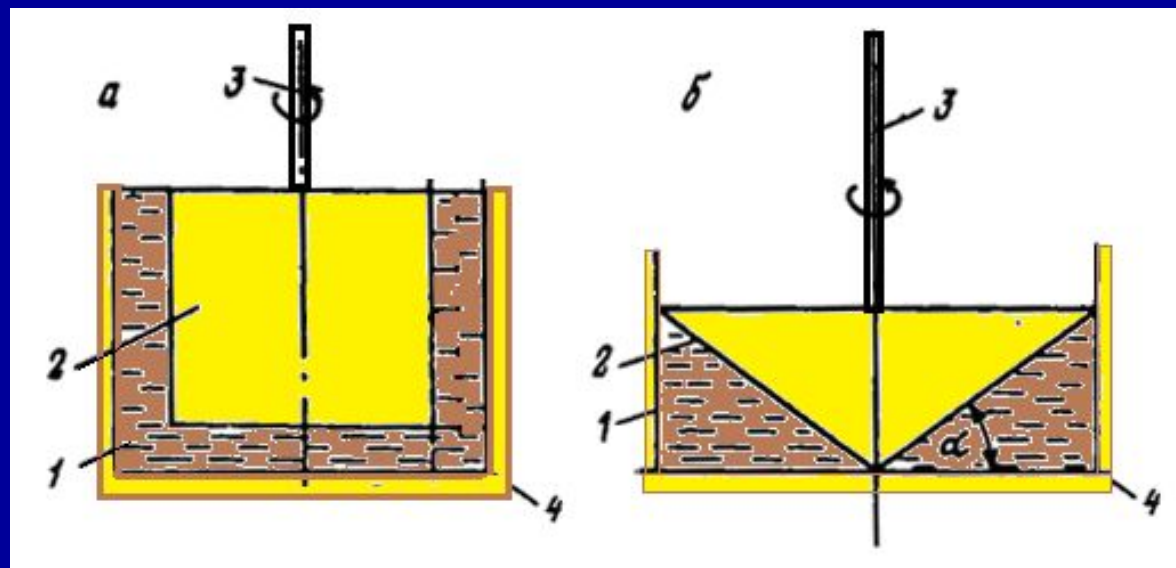


Рис.11.2. Ротационный вискозиметр

1 – исследуемый материал; 2 – вращающееся тело; 3 – ось вращения;  
4 - сосуд

Пространство между телами заполняют исследуемым веществом, (1) и к одному из тел (2) подаётся крутящий момент, тело начинает вращаться с угловой скоростью, зависящей от вязкости вещества (у вискозиметров, как правило, стабилизируется скорость вращения и измеряется крутящий момент)

## 11.2.3. Вискозиметр с движущимся шариком

Вязкость определяется по времени прохождения шариком определенного расстояния, под воздействием его собственного веса или под действием определенного давления



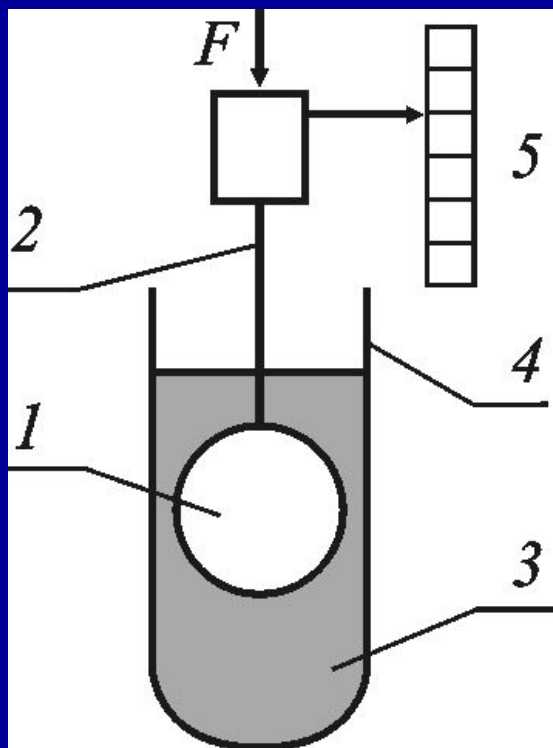


Рис.11.3. Шариковый вискозиметр:

1 — шарик; 2 — шток;

3 — исследуемый раствор;

4 — пробирка; 5 — шкала;

$F$  — действующая на шарик сила

Шарик 1, укрепленный на штоке 2, вдавливается с заданной силой  $F$  в исследуемый раствор 3, помещенный в цилиндрический сосуд 4 со строго постоянным по высоте внутренним диаметром.

Скорость вдавливания

вычисляется по времени  $t$

прохождения определенного числа делений шкалы 5.

При подборе смазки для машин следует руководствоваться некоторыми правилами:

1. Быстроходные механизмы необходимо смазывать маслами пониженной вязкости.
2. Тихоходные механизмы, работающие под большими нагрузками, нужно смазывать маслами высокой вязкости или же густыми (консистентными) смазками.
3. Тяжело нагруженные тихоходные механизмы, работающие при высокой температуре, рекомендуется смазывать твердыми смазочными материалами, к которым относятся, например, тальк, графит, слюда.

**Смазочные масла и мази**

Табл.11.1.

Наименование	ГОСТ	Область применения
Масло промышленное И-5А	20799 — 75	Быстроходные точные механизмы, работающие с частотой вращения 15000...20000 об/мин или с окружной скоростью на шейке вала 4,5...6 м/с
Масло промышленное И-8А	20799 — 75	Механизмы, работающие с малой нагрузкой при частоте вращения 1000...1500 об/мин или с окружной скоростью на шейке вала 3...4,5 м/с
Масло промышленное И-12А	20799 — 75	Механизмы, работающие с окружной скоростью вала до 3 м/с; гидросистемы с давлением до 6 МПа (60 кгс/мм <sup>2</sup> ); поршневая группа аммиачных компрессоров
Масло промышленное И-20А	20799 — 75	Механизмы, работающие при средних нагрузках и повышенных скоростях; гидросистемы металлообрабатывающих станков и других механизмов
Масло промышленное И-30А	20799 — 75	Крупные и тяжелые станки; гидравлические системы с поршневыми регулируемые насосами
Масло промышленное И-40А	20799 — 75	Тяжелые станки, работающие с малыми скоростями

Табл.11.1. окончание.

Наименование	ГОСТ	Область применения
Смазка ЦИАТИМ-202 (универсальная тугоплавкая, влагостойкая, морозоустойчивая, активированная)	11110—75	Подшипники качения закрытого типа и другие сборочные единицы трения, работающие при температурах от $-60$ до $+120$ °С
Солидол синтетический УС-1 и УС-2 (универсальная среднеплавкая, синтетическая, влагостойкая)	1033—75	Сборочные единицы трения, работающие при температурах до $+65$ °С
Графитная смазка УСс-А (влагостойкая)	3333—80	Тяжело нагруженные сборочные единицы трения, зубчатые передачи, рессоры, лебедки и т. п.

# Занятие 17 (2 часа)

## Дефектация деталей



Во время дефектации выявляют дефекты и определяют возможности дальнейшего использования деталей, необходимость их ремонта или замены.

При дефектации устанавливают:

- износы рабочих поверхностей;
- наличие выкрашиваний, трещин, сколов, пробоин, царапин, задиров;
- остаточные деформации в виде изгиба, перекоса;
- изменение физико-механических свойств в результате воздействия температуры, влаги

Каждую деталь сначала осматривают, затем соответствующим поверочным и измерительным инструментом контролируют ее форму и размеры.

В отдельных случаях проверяют взаимодействие данной детали с другими, сопряженными с ней, с целью установить, что целесообразнее — ее ремонт или замена новой. (табл.17.1.)

**Цель дефектации** — выявить дефекты деталей и установить возможность ремонта или необходимость их замены.

В процессе дефектации детали сортируются на три группы:

- годные,
- ремонтпригодные
- негодные.

**К годным** относят детали, у которых износ рабочих поверхностей находится в пределах допуска.

**У ремонтпригодных деталей** износ может быть выше предельных допусков, но ремонт их экономически целесообразен.

**Негодные детали** подлежат замене.

## Способы дефектации деталей

табл.17.1.

Способы дефектации	Характеристика и применение
Наружный осмотр	При наружном осмотре обнаруживается наличие поверхностных дефектов, трещин, забоин, раковин, изгибов, значительных износов, поломок
Остукивание	Деталь остукивается мягким молотком, рукояткой молотка. Способ позволяет обнаружить внутренние трещины, о чем свидетельствует дребезжащий звук
Гидравлическое (пневматическое) испытание	Применяется для обнаружения трещин или раковин в корпусных деталях. В детали заглушаются все отверстия, за исключением одного, через внутреннюю полость которого нагнетается жидкость при давлении 0,2...0,3 МПа. При наличии трещины или раковины наблюдается вытекание жидкости или запотевание стенок. Можно погружать деталь в воду и во внутреннюю полость нагнетать воздух, наличие пузырьков укажет на имеющуюся неплотность

табл.17.1. продолжение

<b>Измерение</b>	<p>Позволяет определить величину износа, отклонения элементов детали от правильной геометрической формы (овальность, конусообразность, неплоскостность) и нарушения взаимного расположения поверхностей (отклонения от перпендикулярности, параллельности, соосности и т.д.).</p> <p>Выполняются измерения с помощью различных измерительных инструментов и приборов</p>
<b>Проверка твердости</b>	<p>Позволяет обнаружить изменения, происшедшие в материалах детали в процессе эксплуатации из-за наклепа, влияния высоких температур или агрессивных сред и т. п.</p>
<b>Проверка сопряжения деталей</b>	<p>Определяет наличие и величины зазоров, плотность и надежность неподвижных соединений, функциональную пригодность данного соединения и т. д.</p>

Способы дефектации	Характеристика и применение
Магнитная и ультразвуковая дефектоскопия	<p>Предназначена для обнаружения скрытых дефектов в стальных и чугунных деталях.</p> <p>Выполняется магнитным дефектоскопом.</p> <p>Действие метода основано на различной магнитной проницаемости сплошного металла и металла с трещинами, раковинами.</p> <p>При ультразвуковой дефектоскопии пороки металла выявляются при помощи ультразвуковых колебаний, которые отражаются на экране</p>
Люминесцентный способ	<p>Сущность способа заключается в свойстве некоторых веществ светиться в ультрафиолетовых лучах.</p> <p>На поверхность детали наносят флюоресцирующий раствор. Через 10... 15 мин поверхность протирают, просушивают сжатым воздухом и наносят тонкий слой порошка (углекислого магния, талька, силикагеля), впитывающего раствор из трещин или пор.</p> <p>Затем деталь осматривают в ультрафиолетовых лучах в затемненном помещении. Расположение трещины определяется по свечению люминофора</p>
Керосиновая проба	<p>Предназначена для обнаружения трещин. Деталь погружают на 15... 30 мин в керосин, затем тщательно протирают и покрывают мелом. Выступающий из трещины керосин увлажняет мел и дает четкие контуры трещины</p>