

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Е. П. МОСИХИН и Г. В. ВИНОГРАДОВ

**ОБ ИССЛЕДОВАНИИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СМАЗОК
В УСЛОВИЯХ ОДНООСНОГО РАСТЯЖЕНИЯ**

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 22 II 1954)

Несмотря на значительные успехи, достигнутые за последнее время в области изучения механических свойств пластичных смазок, их исследования проводились исключительно в условиях деформации сдвига, а на упруго-прочностные свойства мягких пластичных тел распространялись методы исследования жидкотекучих систем. Отсутствуют данные об испытаниях смазок и других подобных им мягких тел при растяжении и сжатии, т. е. при тех видах деформации, когда можно непосредственно установить роль нормальных напряжений. Сопоставление результатов опытов на растяжение и сжатие с опытами, в которых реализуются условия чистого сдвига, могут дать важные сведения о возможности использования условий пластичности, предлагаемых для описания пластического состояния металлов. В опытах со смазками при деформациях чистого сдвига (приборы с концентрическими зазорами и т. п.) обычно не удается проследить за разрушением структурного каркаса образцов, вследствие чего трудно установить условия перехода за предел прочности. Наконец, при растяжении возможно исследование чисто объемных свойств смазок, тогда как в случае опытов, проводимых при деформациях сдвига, почти всегда приходится считаться с эффектом пристенного скольжения.

Принципиальная схема установки, предлагаемой для испытания смазок на растяжение, показана на рис. 1. Основной узел этой установки представляет заполненную смазкой 1 калиброванную металлическую втулку 2, в которую вводятся обоймы-захваты 3 и 4. Нижний захват 3 жестко связан с массивной стойкой 5, верхний захват 4 имеет хвостовик, за который он подвешивается на нити 6 к коромыслу весов 7. На чашку весов 8 кладутся гири.

Калиброванная втулка предварительно заполняется испытуемой смазкой. Нижний захват располагается под верхним соосно с ним. Затем оба захвата одновременно вводятся во втулку. При этом смазка частично выдавливается через отверстия в торцевой части обойм так, как это показано стрелками на рис. 1.

Длина испытываемого на растяжение образца определяется величиной перемещения обойм во внутрь втулки. Обычно эта длина составляет 40—60 мм. Сообразно с этим высота подвеса подбиралась так, чтобы при установлении окончательного положения обойм-захватов во втулке нить испытывала только небольшое натяжение. Подготовка образца к испытаниям заканчивается тем, что втулка медленно опускается вниз на основание стойки, которая поддерживает нижний захват.

Испытание смазок на растяжение производилось при постоянной скорости увеличения нагрузки на чашку весов (2 Г/мин). Удлинение образца определялось по перемещению индикаторной стрелки, укреплен-

ной на верхнем захвате. Контрольная стрелка, противостоящая индикаторной, была связана с измерительным микроскопом, позволяющим определять длину и удлинения с точностью 5μ .

По мере перемещения верхнего захвата контрольная стрелка доводилась до уровня индикаторной стрелки. Кроме замеров всей длины образца производилось также измерение удлинений по изменению расстояний между рисками, наносимыми на его поверхности. Замер углов наклона линий скольжения и площадок, по которым происходит сдвиг (срез) и разрушение в образцах, производился с точностью до $1'$.

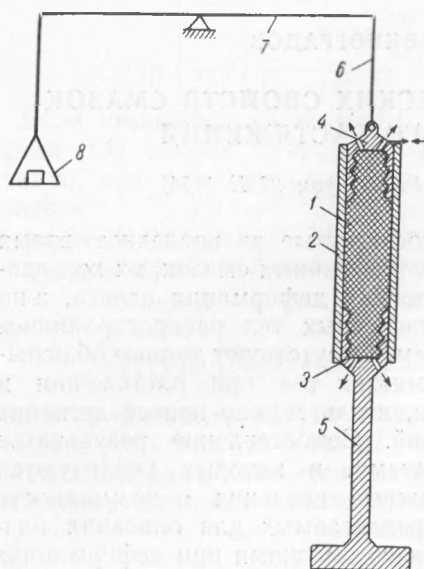


Рис. 1

Из рассмотрения принципиальной схемы испытаний мягких пластичных тел на растяжение видно, что в основе предлагаемого метода лежит возможность регулирования «силы захвата» образцов, исходя из их пределов прочности на сдвиг ($\tau_{пч}$) и высоты обжимных захватов. Очевидно, что сила с которой образец удерживается в захвате, в первом приближении, определяется произведением его сдвиговой прочности на величину площади внутренней цилиндрической поверхности захвата. Эта сила должна быть в несколько раз больше предела прочности, измеряемого при растяжении ($\sigma_{пч}$).

В описанном выше варианте метод растяжения мягких тел обладает двумя основными недостатками. Во-первых, приходится считаться с неоднородностью напряженного состояния ввиду влияния собственного веса образцов. Во-вторых, невозможно регистрировать

снижение сопротивлений деформированию в результате образования шейки, поэтому диаграммы растяжения приходится строить только для области пластических деформаций до момента возникновения местного сужения.

Для испытаний на растяжение использовался жировой солидол, Са — смазка, реологические свойства которой были детально изучены многими советскими исследователями за последние годы.

Некоторые результаты испытаний солидола, тщательно гомогенизированного протираем через тонкие сетки, представлены на рис. 2 (на вклейке к стр. 465). Здесь на фотографии а изображен исходный образец, на фотографии б — момент образования местного сужения, который соответствует завершению равномерной пластической деформации. Особенно важно отметить, что при растяжении гомогенизированных смазок легко наблюдать линии скольжения и трещины, появление которых отвечает началу разрушения образцов. Эти линии скольжения образуют углы наклона относительно оси образцов близкие к 45° . (Для повышения контрастности фотографий и четкости изображения линии скольжения, трещин и мест разрыва поверхность образцов опылялась порошкообразным алюминием.)

В результате образования шейки деформация начинает увеличиваться при постоянной нагрузке до тех пор, пока не произойдет разрыв образца. В сечении, перпендикулярном к его оси, шейка имеет форму овала. Вид на эту шейку со стороны большой и малой осей овала показан соответственно на фотографиях в и г рис. 2. Ввиду того, что при испытаниях сказывается собственный вес образцов, шейка появляется в верхней части образцов, где действуют наивысшие напряжения.

Типичный вид образцов после разрыва показан на фотографии *д* рис. 2. В наших опытах наибольшее относительное сужение при равномерной пластической деформации составляло 13—15%, наименьшее относительное сужение после разрыва 30—40%. Площадки разрушения были наклонены относительно оси образцов под углами $43^{\circ},5 \div 47^{\circ},6$. Наблюдались случаи разрыва образцов из неомогенизированной смазки без образования шейки. Однако и в этом случае площадки разрушения были наклонены к оси образцов под углами близкими к 45° . Из сказанного следует, что разрушение образцов смазок при их растяжении происходит в направлении действия максимальных касательных напряжений.

Предлагаемый метод растяжения позволяет изучать упругие, пластические и прочностные свойства смазок. При этом особенно важна возможность сопоставить визуально оцениваемое поведение смазок с их динамической характеристикой, например, с кривыми растяжения для гомогенизированного солидола в координатах напряжение (условное) — относительное удлинение. Прямолинейный участок кривой, выходящий из начала координат, до $\sigma = 10 \text{ Г/см}^2$ (предел упругости) соответствует чисто упругим деформациям солидола. Модуль нормальной упругости в этом случае составляет примерно $3 \cdot 10^3 \text{ Г/см}^2$.

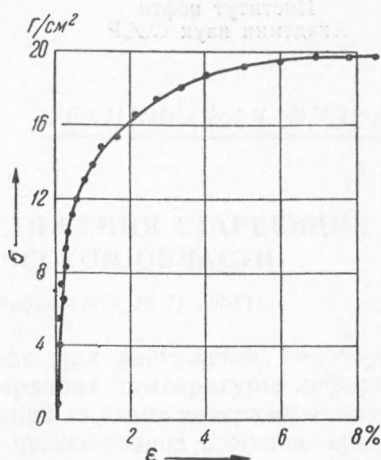


Рис. 3

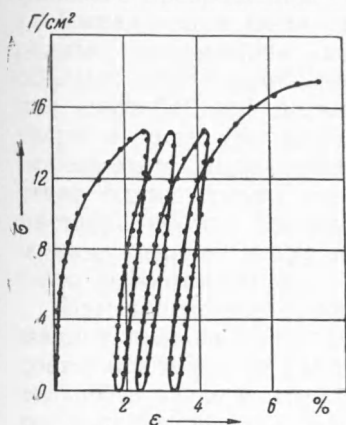


Рис. 4

Начало разрушения образцов сопровождается появлением линий скольжения и трещин, которые указывают на достижение образцов предела прочности. На рассматриваемой диаграмме это соответствует точке *К*.

Из сравнения диаграмм растяжения смазок с опытами на сдвиг установлено, что $\sigma_{пч}$, примерно, в два раза превосходит $\tau_{пч}$. Кроме того, гомогенизированные смазки испытывают довольно значительные удлинения, обнаруживая заметную пластичность.

До напряжения $\sigma = 10 \text{ Г/см}^2$ имело место практически полное совпадение линий нагрузки. В области пластических деформаций наблюдались ярко выраженные гистерезисные явления. Это иллюстрируется рис. 4, из которого следует, что линии разгрузки близки к прямым и что при повторных нагружениях увеличение нагрузок сопровождается меньшими удлинениями, т. е. в меньшей мере проявляется пластичность испытуемых образцов. В описываемом опыте перед последним нагружением образцу был дан отдых в течение одного часа.

При многократном приложении нагрузок больших предела упругости, но меньших $\sigma_{пч}$ наблюдается заметное снижение предела прочности — эффект разупрочнения, хорошо известный из опытов со смазками в условиях чистого сдвига. Таким образом, становится ясно, что указанный эффект имеет общее значение, а также то, что он проявляется не только вследствие перехода через предел прочности, но вообще в результате пластических деформаций смазок. С другой стороны, предоставление

образу отдыха, после того как он испытал пластические деформации, приводит к повышению $\sigma_{пл}$. Это свидетельствует о том, что тиксотропия у пластичных дисперсных систем может проявляться при напряжениях, меньших предела прочности.

Институт нефти
Академии наук СССР

Поступило
24 XII 1953

