

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Г. В. ВИНОГРАДОВ и В. В. СИНИЦЫН

ВЯЗКОСТНО-ТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВОЙСТВА СМАЗОК

(Представлено академиком А. В. Топчиевым 23 I 1952)

Из ранее опубликованных работ по рассматриваемому вопросу⁽¹⁻³⁾ следует, что, несмотря на очень высокие вязкости смазок, часто достигающие значений порядка 10^5 — 10^7 пуаз, их зависимость от температуры (сравнение при постоянных средних скоростях деформаций) выражена слабо, как правило, слабее, чем для дисперсионных сред, на которых смазки изготовлены. Было выяснено, что влияние температуры на вязкостные свойства смазок проявляется прежде всего за счет температурной зависимости вязкости дисперсионных сред.

На примере жирового солидола нами было показано, что для смазок имеет место простая степенная зависимость их эффективных вязкостей (τ/\bar{D} , где τ — напряжение сдвига на стенке капилляра, \bar{D} — средняя скорость деформаций) от вязкостей дисперсионной среды η_0 . Сказанное иллюстрируется рис. 1, из которого, кроме того, видно, что если в двойных логарифмических координатах по оси ординат отсчитывать относительные эффективные вязкости $\bar{\eta}_{\text{отн}}$, то их зависимость от η_0 выражается пунктирной прямой.

До настоящего времени оставались нерешенными два важных вопроса:

1) сводится ли влияние температуры на вязкостные свойства смазок только к ее воздействию на вязкость дисперсионной среды; 2) играет ли решающую роль, наряду с вязкостными свойствами дисперсионной среды, ее природа — молекулярный вес, состав и т. п. Кроме того, отсутствовали попытки дать хотя бы качественное разъяснение особенностей кривых течения смазок. В данной работе сделана попытка ответить на эти вопросы. При этом ясно, что речь идет о вязкостных свойствах смазок, единообразно приготовляемых на одном и том же загустителе, притом для той области температур, где отсутствуют фазовые переходы мыла. Поэтому, а также с целью достижения хорошо воспроизводимых результатов опытов были использованы смазки, полученные единообразно загущением различных масел 10% стеарата лития.

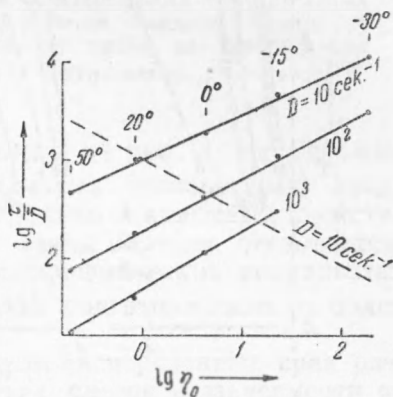


Рис. 1. Зависимость эффективных и относительных вязкостей жирового солидола при различных скоростях деформаций от вязкости дисперсионной среды (веретенного масла)

В табл. 1 указаны вязкости в пуазах минеральных масел, на которых были изготовлены три основных образца литиевых смазок.

Таблица 1

Образец	Температура в °			
	50	20	0	-30
Вязкость в пуазах				
1	0,118	0,424	1,64	42
2	0,595	3,78	22,6	—
3	1,85	16,4	127	—

Результаты вискозиметрического исследования упомянутых трех образцов литиевых смазок показаны на рис. 2. Из этого рисунка в полном согласии с ранее опубликованными данными (1-3) видно, что с увеличением значений η_0 и \bar{D} кривые течения становятся более пологими и на них сильнее сказывается влияние температуры.

Большая крутизна кривых течения (их угловые коэффициенты в двойных логарифмических координатах могут достигать величин порядка 10) должна объясняться тем, что большая часть сопротивлений, развиваемых смазками в потоке, приходится на разрушение их упруго-хрупкого структурного каркаса. Важную роль в снижении эффективных вязкостей смазок при повышении \bar{D} играет ориентация в направлении потока субмикроволокон мыла, которые образуют их дисперсную фазу (4).

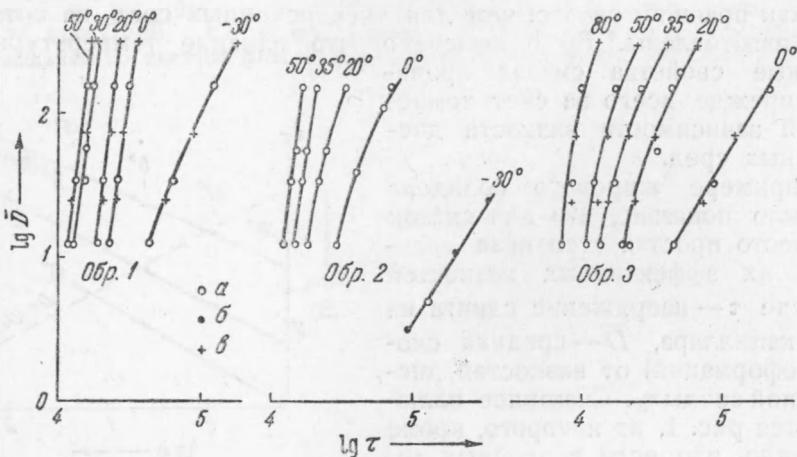


Рис. 2. Кривые течения Li-смазок, приготовленных на маслах различной вязкости. α — радиус капилляра $R = 0,550$ мм, длина большего $L_{дл} = 90,1$ мм, меньшего $L_{кор} = 44,8$ мм; β — $R = 1,885$ мм, $L_{дл} = 90,0$ мм, $L_{кор} = 32,3$ мм; γ — $R = 0,406$ мм, $L_{дл} = 88,7$ мм, $L_{кор} = 51,1$ мм

При низких скоростях деформаций наиболее сильно проявляются в значительной степени необратимые разрушения структурного каркаса смазок в потоке. В этих условиях роль вязкого течения обломков структурного каркаса и ориентационного эффекта относительно невелика. По мере увеличения скоростей деформаций и разрушения вторичных структур дисперсной фазы возрастает роль вязкого течения и ориентации в потоке частиц дисперсной фазы. Увеличивается также роль вязкого течения самой дисперсионной среды. Кривые течения смазок становятся при этом более пологими.

Увеличение вязкости дисперсионной среды в смазках (замена среды на более вязкую, снижение температуры, введение высоко-полимерных загустителей и т. п.) усиливает проявление ориентационного эффекта. Благодаря более совершенной ориентации частиц мыла снижается сопротивление структурного каркаса его деформированию в потоке,

т. е. снижается загущающий эффект действия дисперсной фазы. Подобное уменьшение загущающего эффекта частично компенсирует быстрый рост вязкости масел с понижением температуры, объясняя тем самым замечательные вязкостно-температурные свойства смазок. Вследствие этой же причины, хотя снижение вязкостей дисперсионных сред приводит к уменьшению эффективных вязкостей смазок, тем не менее различия эффективных вязкостей смазок бывают значительно меньше различий вязкостей дисперсионных сред. Так как с понижением температуры или с увеличением \bar{D} возрастает относительное влияние вязкого течения дисперсионной среды на вязкостные свойства смазок, то в этих условиях их зависимость от температуры проявляется в более сильной степени. По этой же причине кривые течения идут более полого при низких температурах. Вообще, чем положе идут кривые течения смазок, тем в большей степени сказывается на их вязкостных свойствах влияние температуры. В соответствии с этим наибольшей крутизной кривых течения и наименьшим влиянием на них температуры отличаются смазки, получаемые на маловязких маслах.

Используя степенную зависимость $\eta_{отн}$ от η_0 , легко сопоставить вязкостные свойства смазок, единообразно изготовленных на маслах различной вязкости. Сказанное представлено на рис. 3, где прямые 1—3 дают зависимость $\eta_{отн}(\eta_0)$ при различных температурах, тогда как пунктирная прямая относится к 20° . Прямая 1 описывает свойства образца 1, 2 — образца 2, 3 — образца 3. Таким образом, оказывается, что прямые, отображающие в двойных логарифмических координатах зависимость $\eta_{отн}(\eta_0)$, лежат выше для смазок, приготовленных на более легких маслах.

Из рис. 3 видно, что изменение вязкости дисперсионных сред различно сказывается на вязкостных свойствах смазок в зависимости от того, происходит оно вследствие изменения температуры или в результате замены дисперсионных сред (изменение вязкости при постоянной температуре).

Температура сложным образом влияет на вязкостные свойства смазок. С одной стороны, и это главное, повышение температуры приводит к увеличению загущающего действия дисперсной фазы. Происходит снижение вязкости дисперсионной среды, благодаря чему уменьшается степень ориентации частиц дисперсной фазы в потоке и возрастает роль сопротивлений деформированию дисперсной фазы относительно вязкого сопротивления течению дисперсионной среды, т. е. увеличивается загущающий эффект и соответственно $\eta_{отн}$. С другой стороны, повышение температуры само по себе уменьшает прочность структурного каркаса смазок⁽⁵⁾, вследствие чего снижается сопротивление его деформированию, а следовательно, и загущающий эффект действия дисперсной фазы. Однако влияние температуры на прочность структурного каркаса смазок проявляется слабо, во всяком случае, оно сказывается несоизмеримо меньше, чем изменение вязкостей дисперсионных сред. Поэтому суммарный эффект изменения температуры определяется влиянием ее на вязкостные свойства дисперсионной среды и на ориентацию частиц

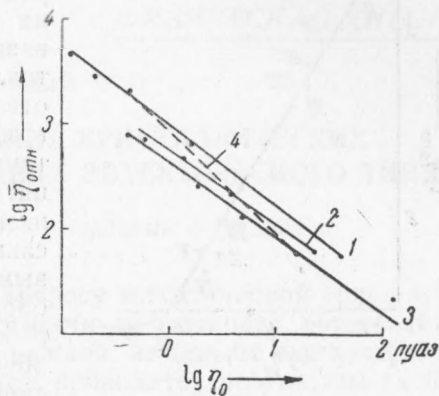


Рис. 3. Зависимость относительных эффективных вязкостей Li-смазок от вязкостей масел, на которых они были приготовлены. $\bar{D} = 25 \text{ сек.}^{-1}$

дисперсной фазы в потоке. Из сказанного становится ясно, почему имеет место различное изменение относительной вязкости смазок при одинаковом изменении вязкостей дисперсионных сред (рис. 3). Именно вследствие влияния температуры на сопротивление разрушению структурного каркаса изменение вязкости дисперсионной среды при постоянной температуре сказывается на вязкости смазок сильнее, нежели в случае одновременного и притом соответственного изменения температуры и η_0 .

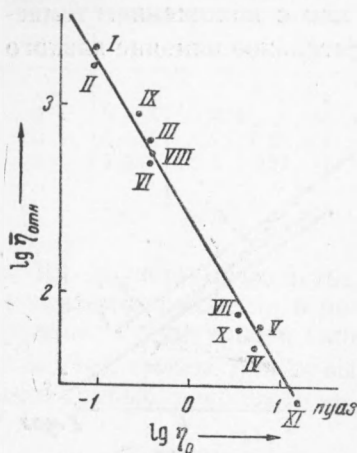


Рис. 4. Зависимость относительных эффективных вязкостей Li-смазок от вязкостей их дисперсионных сред (при 20°).
 $\bar{D} = 100 \text{ сек.}^{-1}$

Исходя из сказанного выше, следует ожидать, что при заданных температурах и вязкостях дисперсионных сред их природа должна слабо влиять на вязкостные свойства единообразно изготовляемых и испытываемых смазок. Для ответа на этот вопрос был построен график, представленный на рис. 4, все точки которого даны для 20°. Первые пять точек (I — V) относятся к смазкам, вязкостные свойства которых были описаны Г. В. Виноградовым и В. П. Павловым (2). Точки VI, VII, XI соответствуют образцам 1, 2, 3, указанным в настоящей работе (рис. 2). Точка VIII отвечает образцу, приготовленному на синтетическом масле единообразно с образцом 1, причем дисперсионные среды в этих образцах были равновязкими при 20°. Точка IX — образец, полученный аналогично образцу 1 на смеси синтетического и минерального масел (1:1); смесь масел

имела при 20° ту же вязкость, что и дисперсионная среда в образце 1. Наконец, точка X описывает свойства смазки, приготовленной на том же масле, что и образец 1, только с добавкой 7% оппанола.

На примере перечисленных выше 11 смазок видно, что, независимо от природы их дисперсионных сред, существует простая степенная зависимость между их вязкостями и вязкостями масел, на которых они были приготовлены. При этом следует обратить внимание на то, что указанная закономерность справедлива в широком интервале значений вязкостей дисперсионных сред — изменение примерно в 170 раз.

Сопоставление вязкостей смазок, приготовленных на равновязких маслах (точки VI и VIII, VII и X), показывает, что по сравнению с влиянием вязкостей масел их природа имеет второстепенное значение. При одинаковых вязкостях дисперсионных сред загущающий эффект действия мыла оказывается одним и тем же для минеральных масел, для масел с добавкой высокополимеров и для синтетических жидкостей.

Институт нефти
Академии наук СССР

Поступило
23 I 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. В. Виноградов и В. П. Павлов, ДАН, 58, 1391 (1947); 61, 1049 (1948).
² Г. В. Виноградов и В. П. Павлов, Сборн. Низкотемпературные свойства нефтепродуктов, 1949, стр. 61. ³ Г. В. Виноградов и В. П. Павлов, ДАН, 71, 1069 (1950). ⁴ Г. В. Виноградов, ДАН, 71, 505 (1950). ⁵ Г. В. Виноградов и К. И. Климов, ДАН, 71, 307 (1950).