

Л и т е р а т у р а

1. Кудрявцев Г.П. Расчет гидростатических подпятников с учетом центробежных сил. - В сб.: Детали машин и подъемно-транспортные машины. Киев, 1968, №7. 2. Лосик В.И. Об учете инерционных сил при расчете гидростатических упорных подшипников. - "Машиноведение", 1968, № 1. 3. Токарь И.Я., Черняков П.С. К задаче о смазке опор трения с осесимметричной формой несущей поверхности. - "Изв. АН СССР. Механика и машиностроение", 1963, №2. 4. Федорова Г.И. Эффект инерции в щели между соосными вращающимися конусами при наличии перепада давления на торцах. - "Машиноведение", 1972, №5. 5. Dowson D. Inertia Effects in Hydrostatic Thrust Bearings. - "Transactions ASME", 1961, S.D, v. 83, N2. 6. Пикус Ю.М. Неизотермический расчет гидростатических опор при применении реологически сложной смазочной среды. - В сб.: Тепло- и массоперенос. Т. 3., Минск, 1973.

В.П. Ящерицын

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЕРРОСУСПЕНЗИЙ

В последнее время появляется все больше работ, посвященных изучению механического поведения ферромагнитных текучих сред в магнитном поле. Хотя в большинстве случаев рабочие и технологические жидкости диа- или парамагнитны, их динамическое взаимодействие с внешним магнитным полем можно существенно интенсифицировать введением добавок мелкодисперсных ферромагнетиков. С помощью магнитореологических добавок можно, например, ламинаризовать турбулентное течение либо регулировать в нужную сторону характеристики турбулентности и тем самым радикальным образом влиять на структуру потока, гидродинамическое сопротивление и конвективный тепло-массоперенос.

Однако для практического использования магнитореологического эффекта нужно в первую очередь изучить основные закономерности взаимодействия ферросуспензий с магнитным по-

лем при сдвиговом течении, т.е. провести магнитореометрические измерения. Для этой цели нами был сконструирован специальный соосноцилиндрический магнитореометр. Однородное магнитное поле в нем ориентировано по нормали к поверхностям сдвига.

В качестве объекта исследования была выбрана суспензия на основе стандартного магнитномягкого ферропорошка Р10 со средним размером частиц 3,5 мкм. Несущей средой служила композиция из 50% масла индустриального 50 и 50% консистентной тугоплавкой смазки "1-13". Система подвергалась обработке на ультразвуковом диспергаторе.

Экспериментально получены полные кривые стационарного изотермического течения этих ферросуспензий с концентрациями твердой фазы от 0 до 70% по весу и варьировании напряженности магнитного поля от 0 до 10^5 а/м. Некоторые из полученных реограмм представлены на рис. 1, а.

Обращает на себя внимание тот факт, что с ростом напряженности магнитного поля кривые течения смещаются вверх вдоль оси напряжений, область нелинейности их расширяется, а наклон прямолинейного участка почти постоянен. Таким образом, магнитное поле чрезвычайно сильно изменяет пластичес-

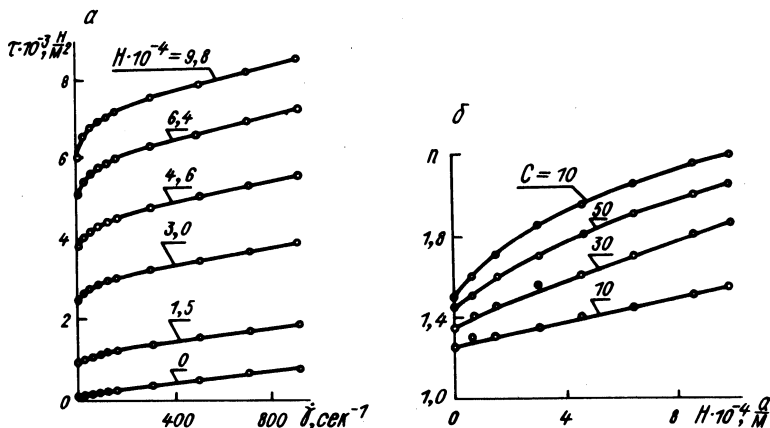


Рис. 1. Кривые течения ферросуспензии (а) при различных напряженностях H магнитного поля и зависимость параметра нелинейности кривой течения от напряженности магнитного поля (б) при различных концентрациях C (в вес. %).

кий, т.е. структурный, фактор (это находит свое выражение в резком увеличении статического предела текучести) и в гораздо меньшей мере влияет на пластическую вязкость.

Предел текучести ферросуспензий в определенном интервале возрастает пропорционально напряженности магнитного поля, а затем темп его увеличения снижается, т.е. кривая $\tau_0 = \tau_0(H)$ выходит на насыщение.

Как показали измерения, эффективная вязкость с ростом скорости сдвига прогрессивно снижается в десятки и сотни раз.

Итак, в отсутствие поля система является практически ньютоновской. Под воздействием магнитного поля она приобретает ярко выраженные неньютоновские псевдопластичные свойства. Обработка кривых течения показала, что они вполне адекватно описываются обобщенным уравнением нелинейновязкопластичной среды, предложенным З.П.Шульманом [1], в его частной формулировке

$$\tau^{\frac{1}{n}} = \tau_0^{\frac{1}{n}} + (\mu_p \dot{\gamma})^{\frac{1}{n}}, \quad (1)$$

где τ - напряжение сдвига; τ_0 - предел текучести (предельное статическое напряжение сдвига); $\dot{\gamma}$ - скорость сдвига одноосного течения; μ_p - аналог пластической вязкости; n - параметр нелинейной вязкопластичности.

Предельное статическое напряжение сдвига определялось экспериментально, а параметр нелинейности кривой течения находился по формуле

$$n = \frac{1}{1 + A}.$$

Здесь

$$A = \lg \frac{(d\tau/d\dot{\gamma})_2}{(d\tau/d\dot{\gamma})_1} \left(\lg \frac{\tau_1 \dot{\gamma}_2}{\tau_2 \dot{\gamma}_1} \right)^{-1},$$

где τ_1 , τ_2 , $\dot{\gamma}_1$, $\dot{\gamma}_2$, $(d\tau/d\dot{\gamma})_1$ и $(d\tau/d\dot{\gamma})_2$ - частные значения соответствующих величин для любых двух точек на кривой течения. Величина параметра μ_p тогда рассчитывается по формуле

$$\mu_p = \frac{(\tau_1^{\frac{1}{n}} - \tau_0^{\frac{1}{n}})^n}{\dot{\gamma}}. \quad (3)$$

Нами было установлено влияние напряженности магнитного поля на каждый реологический параметр уравнения состояния

(1). В качестве примера на рис. 1, б приведена зависимость фактора нелинейности кривой течения от напряженности магнитного поля.

Отметим, наконец, что независимо от индивидуальных особенностей ферромагнитного порошка и исходных реологических свойств несущей среды, реологическое поведение всех исследованных нами феррокомпозиций во внешнем магнитном поле качественно не отличается от описанного.

Л и т е р а т у р а

1. Смольский Б.М., Шульман З.П., Гориславец В.М. Реодинамика и теплообмен нелинейновязкопластичных материалов. Минск, 1970.

В.П. Ящерицын

МАГНИТОРЕОМЕТР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ТЕКУЧИХ СРЕД В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Потребность в реометрах для реологических исследований в магнитном поле появилась в связи с расширяющимся применением магниточувствительных текучих систем в различных аппаратах и процессах (электромагнитные ферропорошковые муфты, нанесение магнитного лака на магнитофонную ленту и др.).

Применявшиеся до сих пор для таких исследований капиллярные вискозиметры имеют существенные недостатки: неоднородность полей напряжений и скоростей сдвига, трудность получения малых скоростей сдвига, а значит, и полных кривых течения. В то же время наиболее интересные и важные особенности магнитореологического эффекта наблюдаются именно в области малых скоростей.

По указанным причинам для корректных магнитореологических исследований предпочтительнее использовать ротационные приборы. Следует отметить, что приспособить для этого существующие вискозиметры, описанные в [1], затруднительно ввиду специфичности требований, предъявляемых к магнитореометрам.