

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В. В. ГОНЧАРОВ и Н. Н. МИХАЙЛОВ

ОБ ЭЛАСТИЧНОСТИ ГЛИНЯНОГО ТЕСТА

(Представлено академиком И. В. Гребенниковым 23 X 1939)

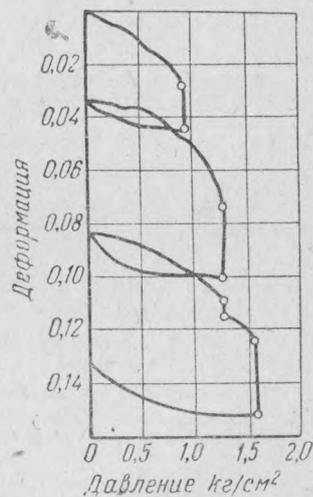
Исследование физических свойств глиняного теста относится к числу интересных и трудных задач глиноведения. Согласно имеющимся наблюдениям, глиняное тесто, подвергнутое ориентированным механическим воздействиям, обладает некоторой «структурностью», что сказывается в неодинаковом изменении его размеров в различных направлениях после высыхания (1). Глина обычно служит в качестве примера абсолютно неупругого тела (2). В действительности, однако, глина проявляет в известной степени упругие свойства, что было показано опытами Терцаги (3). Полученные им данные представлены на фиг. 1, из которой следует, что на кривой деформация—усилие для глин обнаруживаются петли гистерезиса, сходные по конфигурации и положению с таковыми для металлов за пределом упругости.

В связи с недостаточной изученностью физики глин представлялось не лишним сообщить здесь некоторые фактические данные из этой области.

Для исследования были взяты три образца высокопластичных, в обыденном значении этого слова, глин: глуховская, латинская и боровичская (месторождение «Дубровочка»). Попутно отметим, что пластичность глуховской глины считается исключительно высокой. Из глин готовилось тесто, причем для первой из них с пониженным, нормальным и повышенным водосодержанием. Под нормальным понимается такое водосодержание, когда тесто не прилипает к пальцам. Определения водосодержания помещены в табл. 1.

Определение эластических свойств глиняного теста проводилось по методу, предложенному М. О. Корнфельдом (4) для исследования теплообразования при деформации резин. Подробное описание этого метода можно найти у Н. Н. Михайлова и С. Е. Поляк (5).

В кратких словах сущность метода заключается в том, что образец испытуемого материала подвергается в специальном приборе периодической деформации сжатия, величина которой изменяется по синусоидальному закону с частотой порядка 20—30 периодов в секунду. В результате



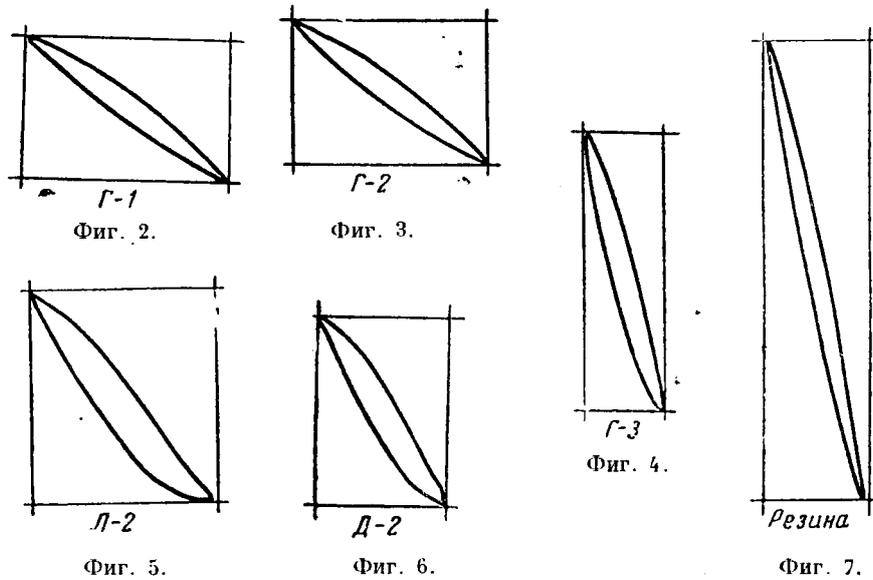
Фиг. 1.

Таблица 4

Обозначение образцов	Название глин	Водосодержание в %	Примечание
Г-1	Глуховская	37.8	Пониженное водосодержание
Г-2	»	42.6	Нормальное »
Г-3	»	47.2	Повышенное »
Л-2	Латинская	26.2	Нормальное »
Д-2	Боровичская	26.7	Нормальное »

опыта получается особого вида диаграмма усилие—деформация, служащая для вычисления некоторых упругих постоянных данного материала.

Из глиняного теста вырезывались заточенной латунной трубкой образцы $d=20$ мм и $h=23-25$ мм. К основаниям цилиндров прижимались метал-



лические кружки, $d=20$ мм и $h=1.5$ мм с тем, чтобы устранить прилипание глины к частям прибора.

Образцы помещались в прибор и получали начальную статическую нагрузку. Разумеется, что предварительная статическая нагрузка не должна превышать предела упругости, так как в противном случае она вызвала бы необратимую деформацию глиняного образца. Как показал опыт, предел упругости глиняного теста измеряется в зависимости от влажности и природы глины напряжениями от 0.1 до 0.3 кг/см². Статическое напряжение образца σ_s устанавливалось опытным путем и было близким к предельному. Затем производилось фотографирование кривой.

Полученные кривые показаны на фиг. 2—6. В виде первого, довольно грубого приближения их можно принять за эллипсы и рассчитать по схеме, принятой в цитированной работе⁽⁵⁾ для резин, которые дают в аналогичных условиях более правильные кривые. На фиг. 7 изображена кривая (диаграмма) образца резины, снятая на том же приборе.

Исходя из указанного допущения, связь между усилием и деформацией образца может быть выражена уравнениями

$$p = p_0 \sin \omega t \text{ кг},$$

$$\delta = \delta_0 \sin (\omega t - \Theta) \text{ см},$$

где p —действующее в данный момент усилие, p_0 —амплитуда усилия, δ —абсолютная деформация, δ_0 —амплитуда деформации, ω —угловая скорость радиуса вектора, t —время, Θ —угол отставания фазы деформации от фазы усилия.

Угол Θ зависит только от материала образца и характеризует внутреннее трение, сопровождающее деформацию. Количество механической работы, необратимо поглощенной благодаря трению в течение одного цикла, выражается уравнением

$$w_e = \pi p_0 \delta_0 \sin \Theta.$$

Величины p_0 и δ_0 зависят от условий испытания и связаны между собой следующим образом:

$$\frac{p_0}{\frac{f}{h}} = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} = E' \text{ кг/см}^2,$$

где E' —динамический модуль нормальной упругости, f —площадь сечения образца, h —высота образца, σ_0 —амплитуда напряжения, ε_0 —амплитуда относительной деформации.

Динамический модуль является характерной постоянной материала и в первом приближении не зависит от условий опыта.

Диаграммы деформации исследованных глин рассчитывались в соответствии с вышеприведенными положениями. Для вычисления постоянных служили следующие формулы:

$$E' = \frac{m}{n} \frac{h}{f} \frac{2a}{2b}, \quad (1)$$

где m —масштаб деформации и n —масштаб усилия (постоянные прибора), $2a$ —основание описанного около гистерезисной петли (кривой) параллельно осям прямоугольника, $2b$ —высота этого прямоугольника,

$$\sin \Theta = \frac{F}{\pi ab}, \quad (2)$$

где F —площадь гистерезисной петли, определенная планиметрированием. Результаты подсчета представлены в табл. 2.

Таблица 2

Обозначение образцов	h мм	d мм	σ_s кг/см ²	$2\sigma_0$ кг/см	$2\varepsilon_0$ %	E кг/см ²	$\sin \Theta$
Г-1	23.2	20	0.265	0.478	0.390	122	0.19
Г-1	23.2	20	0.265	0.406	0.290	142	0.17
Г-1	23.2	20	0.238	0.494	0.373	132	0.17
Г-2	32.5	20	0.230	0.363	0.340	107	0.19
Г-2	22.5	20	0.238	0.442	0.406	109	0.19
Г-3	22.0	20	0.106	0.191	0.786	24	0.25
Г-3	22.0	20	0.142	0.212	0.645	33	0.26
Д	23.0	20	0.177	0.314	0.513	61	0.23
Л	22.6	20	0.195	0.334	0.511	65	0.23
Л	22.6	20	0.214	0.424	0.597	71	0.25

На основании вышеприведенных данных можно прийти к следующим выводам:

1. Глины обнаруживают явление эластического гистерезиса и в этом отношении ведут себя аналогично типичным эластичным телам, как, например, резина.

Различие заключается лишь в количественной стороне явления, внешнее проявление которого в процессе эксперимента одинаково. В случае резины амплитуда деформации может достигать очень большой величины, в то время как для глин устанавливается предел порядка 1%, при переходе которого наступает пластическая деформация, и механическая обратимость процесса нарушается.

2. Статическая нагрузка (σ_s), близкая по величине критической, максимальная динамическая нагрузка ($2\sigma_0$) и модуль упругости (E) заметно убывают с увеличением водосодержания глин.

3. Относительная деформация ($2\varepsilon_0$) и механические потери ($\sin \theta$) возрастают с увеличением водосодержания.

4. По эластическим свойствам исследованные глины в общем существенно разнятся друг от друга.

Согласно ориентировочным опытам, здесь не помещенным, глиняное тесто проявляет свойства тиксотропии, что удается констатировать путем последовательных испытаний на приборе одного и того же образца.

Исследование эластических свойств глин на приборе Корнфельдта, при некотором дальнейшем уточнении и детализации методики работы, может привести к весьма ценным результатам. Этот метод позволит, повидимому, получить количественную характеристику пластичности глин в общепринятых единицах физических измерений и проследить закономерное изменение их свойств при переходе от концентрированных шликеров к тесту.

В заключение можно высказать предположение, что при небольших конструктивных изменениях этот прибор можно было бы использовать для исследования упругих свойств стекла в интервале температур размягчения.

Химико-минералогическая лаборатория
Института огнеупоров
Ленинград

Поступило
29 X 1939

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. А. Шмелев, *Керамика и стекло*, № 11—12 (1931). ² Г. Пешль, Л. Эвальд, Л. Прандтль, *Физика упругих и жидких тел* (1933). ³ К. Терцаги, *Основания механики грунтов* (1932). ⁴ М. Корнфельдт и В. Позняк, *Журн. техн. физ.*, IX, вып. 4 (1939). ⁵ Н. Н. Михайлов и С. Е. Поляк, *Каучук и резина*, № 4—5 (1939).