

В теории пластичности наряду с разработкой основ общей теории большое внимание уделяется конструированию в рамках феноменологического подхода простейших математических моделей. В частности, обстоятельные исследования в этом направлении выполнены М. Я. Леоновым и его сотрудниками [4]. В этих работах предложена модель линейной анизотропно упрочняющейся среды и выделен класс нагружений, отличных от пропорциональных, для которых возможно применение деформационной теории. Применение более простых математических теорий, построенных на феноменологической основе и призванных описывать ограниченные классы нагружений, безусловно целесообразно и в механике грунтов.

Поступила 4 VIII 1974

ЛИТЕРАТУРА

1. И в а щ е н к о И. Н. Влияние траектории нагружения на деформируемость глинистых грунтов. В сб. «Вопросы деформируемости и прочности грунтов», Баку, 1966.
2. D r u c k e r D. C., G i b s o n R. E., H e n k e l D. J. Soil mechanics and work hardening theories of plasticity. Trans. Amer. Soc. Civil. Engrs., 1957, vol. 122. pp. 338—346.
3. Д и д у х Б. И., И о с е л е в и ч В. А. О построении теории пластического упрочнения грунтов. III Всес. съезд по теорет. и прикл. механ., Аннот. докл., М., «Наука», 1968.
4. Ш в а й к о Н. Ю., К л ы ш е в и ч Ю. В., Р ы ч к о в Б. А. Линейная анизотропно упрочняющаяся среда. В сб. «Пластичность и хрупкость», Фрунзе, «Илим», 1967.

ХОЛОДНОЕ СОЕДИНЕНИЕ СТЕКЛА ПРИ ТОНКОЙ ОЧИСТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Б. В. Войцеховский, Ю. А. Дудин, Э. З. Мамлеев

(Новосибирск)

Сообщается о новом эффекте — возникновении больших сил молекулярного сцепления между плоскими стеклянными поверхностями, очистка которых производилась струей воды. При этом основное внимание обращалось на удаление твердых микроскопических загрязнений, препятствующих сближению поверхностей на малые расстояния.

Эксперименты производились со стеклянными дисками промышленного изготовления, отполированными до III оптического класса чистоты по ГОСТ 11141-65. Размеры дисков $\varnothing 40 \times 1.5$ мм.²

1. При предварительной очистке поверхностей были опробованы следующие моющие средства: водные растворы мыла, хромпика, тринатрийфосфата, этиловый и изопропиловый спирты. Осуществлялась также очистка в указанных средах, совмещенная с ультразвуковой обработкой. Окончательная промывка дисков во всех случаях производилась в проточной дистиллированной воде.

Для защиты от возможного последующего загрязнения, поверхности двух дисков приводились в соприкосновение под слоем воды, после чего в собранном виде просушивались на воздухе при температуре 40° С.

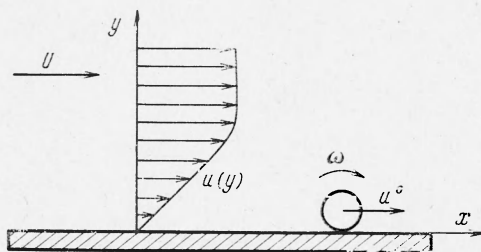
Степень чистоты соприкасающихся поверхностей контролировалась под микроскопом МИМ-7 в темном поле при увеличении 500.

Оказалось, что после очистки перечисленными способами поверхности равномерно загрязнены твердыми частицами диаметром в основном менее 2 мкм при среднем расстоянии между ними порядка 100 мкм. Отдельные частицы достигали величины 10—30 мкм.

2. Было решено ввести промежуточную обработку струей воды. Теперь поверхности стекловидно предварительно промывались в водном растворе мыла, где удалялась основная масса загрязнений и ослаблялись силы сцепления микроскопических частиц со стеклом. Затем последовательно очищались все участки поверхности дисков струей водопроводной воды, подаваемой из сопла диаметром 3 мм со скоростью ~ 20 м/сек.

Угол наклона струи к поверхности стекла составлял $\sim 30^\circ$. Немедленно после очистки струей (так, чтобы поверхности не успели охолиться от воды) диски переносились в проточную дистиллированную воду, где прополаскивались в течение ~ 1 мин и затем под водой, как и раньше, приводились в соприкосновение. Сушка перед контролем чистоты поверхностей осуществлялась на воздухе. Специальных мер для обеспыливания окружающего воздуха и фильтрации водопроводной воды не принималось.

Количество твердых частиц на обработанных поверхностях с использованием струйного метода резко сократилось. В отдельных случаях пары дисков совсем не имели загрязнений, видимых при увеличении 500. Интерференционные полосы наблюдались только на периферии (из-за неплоскостности краев дисков, возникающей



при полировке), что позволило оценить зазор между поверхностями стекл сверху величиной 2000 Å.

Эффективность струйной очистки можно объяснить тем, что все частицы одновременно увлекаются пограничным слоем, возникающим при обтекании диска. Пограничный слой характеризуется большим градиентом скорости, вследствие чего частицы приобретают заметную угловую скорость и скатываются к периферии поверхности, не повреждая ее (фигура).

Оценка скорости удаления частицы (см. ниже) показывает, что частица диаметром 1000 Å перемещается вдоль поверхности со скоростью порядка 20 мм/сек.

Наиболее чистые образцы подвергались сушке при температуре 40°C с приложением к наружным поверхностям дисков давления величиной ~ 300 кг/см². Оказалось, что диски после просушки под давлением сцеплены с такой силой, что попытки разъединить образцы по поверхности контакта приводили к сколам по монолиту. При наблюдении под микроскопом поверхностей флора следов стыка между дисками обнаружить не удалось. Пары дисков разрушались как целое тело. Это обстоятельство позволяет оценить силы сцепления дисков, исходя из прочности стекла на разрыв, величиной порядка 500 кг/см².

3. Столь большие силы сцепления могут возникать только при очень малых расстояниях между поверхностями. Оценка по молекулярному взаимодействию без прослойки воды дает величину зазора не более 20 Å. Если предположить, что сцепление вызвано капиллярными силами оставшейся между дисками тонкой пленки воды, то величина зазора не должна превышать 30 Å, что соответствует толщине нескольких молекулярных слоев. По-видимому, нельзя пользоваться оценкой по модели капиллярного взаимодействия, так как вода, находящаяся в столь тонком зазоре, отличается по своим свойствам от воды в объемной фазе [1,3].

Сделать определенные количественные выводы относительно влияния пленки воды на возникновение больших сил сцепления не представляется возможным, так как свойства тонких слоев воды изучены недостаточно полно.

4. При струйной очистке обтекание диска происходит при числе Рейнольдса R не выше $5 \cdot 10^5$. Можно полагать, что повсюду пограничный слой остается ламинарным, и с высокой точностью считать распределение скоростей (фигура) вблизи поверхности линейным [4]. Поэтому из соотношения

$$\tau = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)_{y=0} = c \frac{\rho U^2}{2}$$

приближенно заменяя

$$\frac{\partial u}{\partial y} \approx \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)_{y=0}$$

получаем

$$u \approx \frac{c \rho U^2}{2 \mu} y$$

и, предполагая, что частица движется со скоростью потока на высоте ее центра, имеем оценку

$$u^o \approx \frac{c \rho U^2}{4 \mu} d$$

Здесь U — скорость в пограничном слое, y — расстояние от поверхности, μ — динамический коэффициент вязкости, τ — касательные напряжения на поверхности, s — местный коэффициент трения, ρ — плотность воды, U — скорость набегающего потока, U^0 — скорость частицы, d — диаметр частицы.

Численное значение скорости при $R = 10^5$ для частицы диаметром 1000 Å равно 20 мм/сек.

Поступила 27 V 1970

ЛИТЕРАТУРА

1. Конспект общего курса коллоидной химии по лекциям П. А. Ребиндера. М., Изд-во МГУ, 1949.
2. Дерягин Б. В., Кусakov М. М. Экспериментальное исследование сольватации поверхностей в применении к построению математической теории устойчивости леофильных коллоидов (аномальные свойства тонких слоев жидкостей). V. Изв. АН СССР, Сер. хим., 1937, № 5.
3. Фрумкин А. Об явлениях смачивания и прилипания пузырьков. I. Ж. физ. хим., 1938, т. 12, вып. 4.
4. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М., «Наука», 1969.

ТЕПЛОБМЕН ПРИ КОНДЕНСАЦИИ ДВИЖУЩЕГОСЯ ПАРА ФРЕОНА-21 НА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ТРУБЕ

И. И. Гогонин, А. Р. Дорохов

(Новосибирск)

Вопрос о влиянии скорости конденсирующегося пара на теплообмен впервые был теоретически исследован Нуссельтом для ламинарного течения пленки конденсата [1], решение которого может быть представлено в виде [2]

$$\frac{\alpha}{\alpha_0} = f(\pi) \quad \left(\pi = \frac{c_f w^2 \gamma'' \alpha_0}{\lambda \gamma' g} \right) \quad (1)$$

Здесь π — безразмерный комплекс, α и α_0 — коэффициенты теплоотдачи при конденсации движущегося и неподвижного пара соответственно (вт/м·град), λ — коэффициент теплопроводности жидкости (вт/м·град), γ'' и γ' — удельные веса пара и жидкости (н/м³), c_f — локальный коэффициент трения и w — скорость пара вне пограничного слоя (м/сек).

Для турбулентного течения пленки конденсата первое достаточно общее рассмотрение было дано в работе [3]. Дальнейшее развитие теории содержится в работах [4-6].

Однако результаты экспериментальных исследований [4,7,8] не подтверждают существования однозначной зависимости (1), если коэффициент трения c_f принимать из условий обтекания «сухой» поверхности. Наблюдается не только количественное, но и качественное расхождение теории и эксперимента.

Авторы [9] это расхождение объясняют тем, что все предыдущие исследования не учитывали значительного влияния отсоса из пограничного слоя пара на коэффициент трения последнего о поверхность конденсата. Действительно, при наличии сильного от-