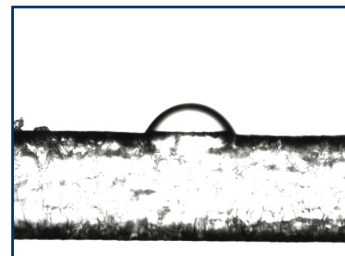


Смачиваемость волокон и пористых материалов

Автор: Dr. Christopher Rulison (Augustine Scientific)

Смачиваемость волокон измеряется на основе определения краевого угла смачивания одиночного волокна или связки нитей согласно теории Вашбурна. На практике данный метод реализован в процессорных тензиометрах K100 фирмы KRÜSS.

Смачиваемость различных поверхностей обычно изучают, определяя краевой угол по методу лежащей капли. Этим методом легко пользоваться, особенно если поверхность однородная, плоская, без пор. Сформировать каплю на поверхности нити или пористого материала довольно сложно, кроме того, она будет проникать в поры, следовательно, профиль капли будет недостоверным или искаженным. Несмотря на то, что приборы DSA100 фирмы KRÜSS позволяют дозировать микрокаплю на волос (см. фото), для изучения смачивающих свойств волокон, порошков и пористых материалов тензиометр K100 был оснащен специальными держателями.



Согласно теории Вашбурна при соприкосновении волокна или пористого материала с жидкостью последняя будет подниматься за счет капиллярных сил. Капиллярные силы будут подчиняться уравнению:

$$t = A \cdot m^2$$

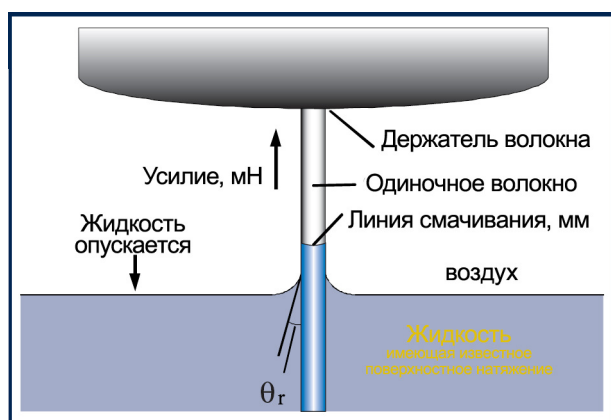
где t – время соприкосновения, m – масса жидкости, поднявшейся по поверхности или впитавшейся в нее, A – постоянная величина, зависящая от свойств жидкости и поверхности.

$$A = \frac{\eta}{c \rho^2 \sigma \cos \theta}$$

где η – вязкость жидкости, ρ – плотность жидкости, σ – поверхностное натяжение жидкости, θ – краевой угол между поверхностью и жидкостью, c – константа материала, зависящая от его пористости.

Основное уравнение теории Вашбурна имеет вид:

$$\cos \theta = \frac{m^2}{t} \frac{\eta}{c \rho^2 \sigma}$$

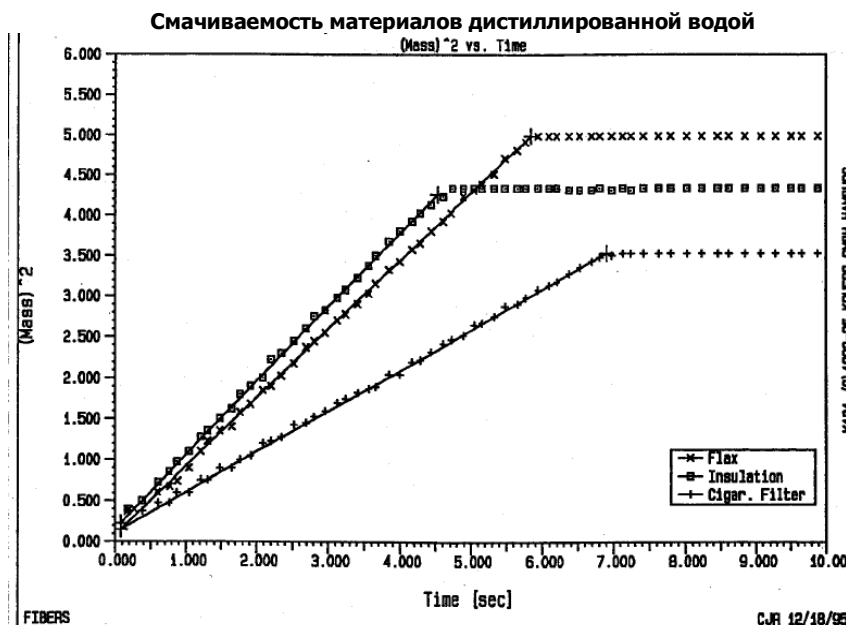


При проведении исследований используют жидкость с известной плотностью, вязкостью и поверхностным натяжением. Массу поднявшейся жидкости и время можно измерить. Следовательно, в уравнении Вашбурна останутся две неизвестных величины: краевой угол смачивания и константа поверхности.

Если заведомо знать, что краевой угол смачивания поверхности определенной жидкостью равен нулю $\theta = 0^\circ$ ($\cos \theta = 1$), то можно найти константу поверхности (c). Обычно для определения постоянной поверхности используют *n*-гексан, т.к. при комнатной температуре он имеет низкое поверхностное натяжение (18,4 мН/м). После определения константы материала второй образец можно тестировать на смачиваемость нужной жидкостью.

Для сравнения были выбраны три волокнистых материала: обычное оптоволокно, материал наподобие льна, использующийся для сохранности стекла при транспортировке (адсорбент), и сигаретный фильтр; результаты исследований приведены в таблице ниже.

В данном опыте исследовались не отдельные волокна, а пачки (пучки) нитей. Плотность упаковки влияет на результат. Интересно отметить, что адсорбент и сигаретный фильтр имеют схожие константы. Кроме того, упаковка этих материалов в специальный держатель была похожей, в обоих случаях было использовано 2,5 г. Для упаковки оптоволокна понадобилось 3,0 г на каждый опыт, стекло имеет относительно более высокую плотность; константа этого материала отличается.



Краевой угол смачивания материалов водой не стал неожиданностью. Минимальный угол (наилучшее смачивание) наблюдалось у льняного материала, который используют в качестве адсорбента. Оптоволокно по смачиваемости оказалось на втором месте, что также не явилось неожиданностью, т.к. стекло имеет высокую поверхностную энергию. Наихудшие смачивающие свойства показал сигаретный фильтр.

Волокнистый материал	Опыт	Константа материала (на основе н-гексана)	Краевой угол (на основе дистиллированной воды)
Оптоволокно	1	$1,172 \cdot 10^{-2} \text{ см}^5$	54,8°
	2	$1,161 \cdot 10^{-2} \text{ см}^5$	54,7°
Адсорбент	1	$1,634 \cdot 10^{-2} \text{ см}^5$	44,8°
	2	$1,655 \cdot 10^{-2} \text{ см}^5$	44,3°
Сигаретный фильтр	1	$1,623 \cdot 10^{-2} \text{ см}^5$	65,0°
	2	$1,632 \cdot 10^{-2} \text{ см}^5$	-

На сегодняшний день метод Вашбурна является почти единственной возможностью оценить смачиваемость пористых материалов, порошков и волокон. Константа материала, зависящая от плотности упаковки волокон/крупинки, может слегка отличаться от образца к образцу, но в пределах сохранения общих свойств материала.

Полимерная промышленность бурно развивается и позволяет производить материалы с заданными свойствами в зависимости от той области, где планируется использовать новый композит. Взаимодействие материала с разными жидкостями также определяет дальнейшую его судьбу. Порой для получения необходимого эффекта необходимо слегка изменить композиционный состав материала (см. статью «Оптимизация свойств покрытий»). Таким образом, поверхностная химия – важный инструмент в области производства материалов с заданными свойствами.