

**ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА
ЛИНЕЙНОГО ТЕПЛОГО
РАСШИРЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Антон Бахтин, ведущий разработчик, ООО «Шелтек»

Ярослав Соковиков, специалист по термическому анализу, ООО «Шелтек»

Введение

Тепловое расширение материалов – это физическое явление, при котором наблюдается изменение размеров и формы тела при повышении температуры. Этот факт необходимо учитывать при проектировании и конструировании многих установок, приборов, машин, сооружений и конструкций, работающих при значительных изменениях температуры: от печатных плат и архитектурного стекла до железнодорожных рельсов, подшипников, керамики и цемента.

Термическое расширение напрямую влияет на эксплуатационные свойства материалов и изделий из них: на Рис. 1 (а) показана деформация железнодорожных рельсов, нагретых за счет длительного воздействия солнечных лучей, а на Рис. 1 (б) – разрушение стеклянного изделия из-за неравномерного термического расширения стекла при наливании горячей жидкости.



Рис. 1: Разрушение изделий (а) и материалов (б) вследствие их термического расширения

Количественной мерой теплового расширения является коэффициент линейного термического расширения. Эта величина показывает, насколько изменится линейный размер образца при изменении температуры (Рис. 2):

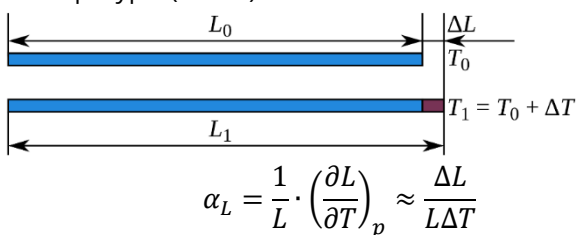


Рис. 2: Определение коэффициента линейного термического расширения (КТЛР)

Для определения КТЛР используются приборы, которые называются дилатометры. Такие приборы позволяют исследовать образцы в горизонтальной, либо вертикальной геометрии без наложения дополнительной механической нагрузки. В этой статье мы продемонстрируем возможности горизонтальных дилатометров с толкателем **INSPIRION DLH** компании **ION Engineering** для исследования различных материалов.

Оборудование и образцы

Для исследования образцов мы использовали горизонтальный дилатометр **INSPIRION DHL** с печью, способной нагреваться до 1700 °С (Рис. 3).



Рис. 3: Горизонтальный дилатометр INSPIRION DLH

Образцы представляли собой цилиндры длиной ~ 50 мм – именно такие размеры образца соответствуют возможностям стандартного держателя дилатометра (Рис. 4). Скорость нагрева была выбрана равной 5 °С/мин.

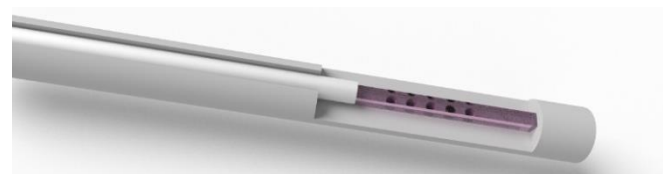


Рис. 4: Стандартный держатель образца INSPIRION DLH

Определение КТЛР металлов

В температурном диапазоне от 50 до 700 °С мы определили КТЛР следующих образцов: стали марки о8, латуни марки MS-65 и меди марки М2.

Результаты измерения показаны на Рис. 5:

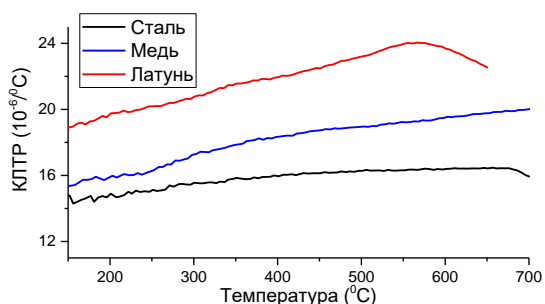


Рис. 5: Определение КТЛР различных металлов

Полученные данные хорошо согласуются со справочными значениями КТЛР:

Температура	300 °С	500 °С	600°С
Сталь о8, 10⁻⁶/°С			
Измерено	14,3	15,0	15,4
Литература, [1]	14,0	14,9	15,1
Медь М2, 10⁻⁶/°С			
Измерено	17,2	18,6	19,0
Литература, [1]	17,4	18,4	18,7
Латунь MS-65, 10⁻⁶/°С			
Измерено	20,7	23,2	23,9
Литература, [1]	20,5	23,4	23,8

Несмотря на то, что алюминий обладает гораздо более низкой температурой плавления, нежели, чем металлы и сплавы, перечисленные выше, его также можно анализировать на dilatометре **INSPIRION DLH**. В качестве образца мы взяли меру ТКЛР А-2-90, использующуюся в качестве рабочего эталона при поверке dilatометров [4]. Результаты представлены на Рис. 6:

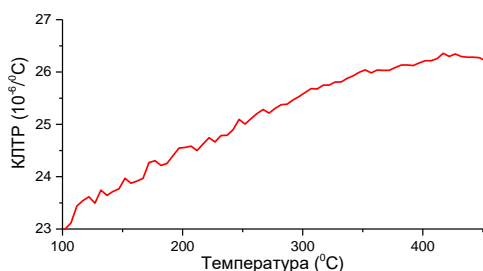


Рис. 6: Определение КТЛР алюминия

Полученные результаты согласуются с паспортными данными меры А-2-90:

Температура	200 °С	300 °С	400°С
Алюминий, мера ТКЛР А-2-90, 10⁻⁶/°С			
Измерено	24,5	25,4	26,6
Литература, [2]	24,5	25,4	26,3

Определение КТЛР кварца и корунда

Определение КТЛР для стекла и керамики мы продемонстрируем на образцах синтетического кварца (ТКЛР R92) и сапфира (ТКЛР LS-90), которые также используются в качестве мер ТКЛР и служат эталонами для поверки dilatометров при высоких температурах. Результаты измерения кварца (ТКЛР показаны на Рис. 7:

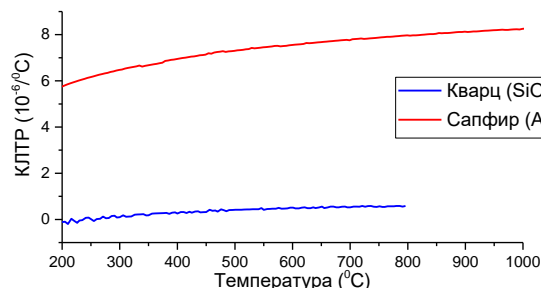


Рис. 7: Определение КТЛР кварца и сапфира

Полученные результаты согласуются с паспортными данными соответствующих мер:

Температура	400 °С	500 °С	700°С
Кварц (ТКЛР R92), 10⁻⁶/°С			
Измерено	0,42	0,42	0,47
Литература, [2]	0,58	0,56	0,52

Температура	400 °С	600 °С	800°С
Сапфир (ТКЛР LS-90), 10⁻⁶/°С			
Измерено	6,98	7,53	7,88
Литература, [2]	6,87	7,33	7,71

Выводы

Горизонтальные dilatометры **INSPIRION DLH** – это надежные и высокоточные приборы для измерения коэффициента линейного расширения различных материалов. Наличие трех вариантов печей (до 1200, 1400 и 1700 °С), широкий выбор систем охлаждения и наконечников, гибкое ПО и простая конструкция – всё это обеспечивает простое измерение коэффициентов линейного и объемного термического расширения, усадки, стеклования и размягчения практически любых образцов.

Литература

[1] Справочник «Азбука металла», URL:

<https://azbukametalla.ru/spravochnik>

[2] Рабочие эталоны единиц температурного коэффициента линейного расширения твердых тел. Технический паспорт. // ВНИИМ им. Д.И. Менделеева