

ми хим. реакциями и слабо изменяется в широком диапазоне внешних условий.

Большинство применяемых на практике теплозащитных покрытий — довольно сложные композиции. В процессе уноса массы таких покрытий протекают разл. физ.-хим. превращения как внутри материала, так и на его поверхности и в газообразном пограничном слое. Однако, как правило, к.-л. процесс — определяющий. Напр., в случае покрытия из стеклопластика, состоящего из стеклянных волокон и органич. связки (рис. 2), по мере прогрета глубинных слоёв материала 1 при нек-рой тем-ре начинается термич. разложение органич. связки (коксование). Коксование протекает в области 2 и полностью заканчивается до начала плавления стекловолокна. Образующиеся при коксовании газы вырываются наружу, а твёрдый остаток — кокс — вместе со стекловолокном располагается непосредственно под поверхностью

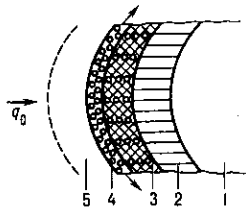


Рис. 2.

в слое 3. На поверхности покрытия стекловолокно плавится и образует жидкую плёнку 4, в к-рой содержатся твёрдые частицы кокса. Пары стекла вместе с газообразными продуктами разложения органич. связки и продуктами окисления частичек кокса поступают в газообразный пограничный слой 5. Для стеклопластика определяющим является процесс плавления и испарения наполнителя из стекла, поэтому данный материал может быть отнесён к классу плавящихся покрытий.

Выбор конкретного способа Т. производится с учётом особенностей работы установки или аппарата. В качестве примера на рис. 3 приведена сравнит. весовая характеристика разл. методов Т. искусств. спутника Земли, входящего в атмосферу по баллистич. траектории. По оси ординат отложен полный вес Т. P , а по оси абсцисс — баллистич. коэф. $\sigma = m/C_D S$, где m — масса спутника, C_D — его коэф. сопротивления, а S — площадь поперечного сечения. Кривая 1 характеризует пористое охлаждение, кривая 2 — Т. с помощью плавящегося покрытия, для к-рого $\psi = 0,25$, а кривая 3 — Т. с помощью сублимирующего покрытия.

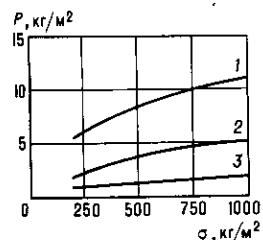


Рис. 3.

Н. А. Анфимов.

ТЕПЛООБМЕН — самопроизвольный необратимый процесс переноса теплоты, обусловленный градиентом темп-ры. В общем случае перенос теплоты может также вызываться неоднородностью полей др. физ. величин, напр. градиентом концентраций (см. *Дюфура эффект*). Различают след. виды Т.: *теплопроводность*, *конвекция*, *лучистый теплообмен*, Т. при фазовых превращениях; на практике Т. часто осуществляется неск. видами сразу. Т. определяет или сопровождает мн. процессы в природе (напр., эволюцию звёзд и планет, метеорологич. процессы на поверхности Земли и т. д.), в технике и быту. Во мн. случаях, напр. при исследовании процессов сушки, испарит. охлаждения, диффузии, Т. рассматривается совместно с массообменом. Т. между двумя теплоносителями (газами, жидкостями) через разделяющую их твёрдую стенку или через поверхность раздела между ними наз. *теплопередачей*.

ТЕПЛООТДАЧА — теплообмен между поверхностью твёрдого тела и соприкасающейся с ней средой — теплоносителем (жидкостью, газом). Т. осуществляется *конвекцией*, *теплопроводностью*, *лучистым теплообменом*. Различают Т. при свободном и вынужденном движении теплоносителя, а также при изменении его агрегатного состояния. Интенсивность Т. характеризуется коэф. Т. — кол-вом теплоты, переданным в единицу времени через единицу поверхности при разности темп-р между поверхностью и сре-

дой-теплоносителем в 1 К. Т. можно рассматривать как часть более общего процесса *теплопередачи*.

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА — теплообмен между двумя теплоносителями через разделяющую их твёрдую стенку или через поверхность раздела между ними. Т. включает в себя теплоотдачу от более горячей жидкости или газа к стенке, теплопроводность в стенке, теплоотдачу от стенки к более холодной жидкой или газообразной среде. Интенсивность передачи теплоты при Т. характеризуется коэф.фициентом теплопередачи k , численно равным кол-ву теплоты, к-рое передается через единицу площади поверхности стенки в единицу времени при разности темп-р между теплоносителями в 1 К. Величина $R = 1/k$ наз. полным термич. сопротивлением Т. Напр., для однослойной стенки

$$R = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2},$$

где α_1 и α_2 — коэф. теплоотдачи от горячей жидкости к поверхности стенки и от поверхности стенки к холодной жидкости, δ — толщина стенки, λ — коэф. теплопроводности. В большинстве встречающихся на практике случаев k определяется опытным путём по разности темп-р ΔT и *тепловому потоку* dQ через элемент поверхности раздела dS : $k = dQ / (\Delta T dS)$.

Лит.: Михеев М. А., Михеева И. М., Основы теплопередачи, 2 изд., М., 1977; Шорин С. Н., Теплопередача, 2 изд., М., 1964.

И. Н. Розенгауз.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ УРАВНЕНИЕ — ур-ние, описывающее процесс распространения теплоты в сплошной среде (газе, жидкости или твёрдом теле); осн. ур-ние матем. теории *теплопроводности*. Т. у. выражает тепловой баланс для малого элемента объёма среды с учётом поступления теплоты от источников и тепловых потерь через поверхность элементарного объёма вследствие теплопроводности. Для изотропной неоднородной среды Т. у. имеет вид

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho c_V T) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + F,$$

где ρ — плотность среды, c_V — теплоёмкость среды при пост. объёме V ; t — время; x, y, z — координаты; $T = T(x, y, z)$ — темп-ра, к-рая вычисляется при помощи Т. у.; λ — коэф. теплопроводности; $F = F(x, y, z)$ — заданная плотность тепловых источников. Величины ρ, c_V, λ зависят от координат и, вообще говоря, от T .

В случае изотропной однородной среды Т. у. принимает вид

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a^2 \Delta T + f,$$

где Δ — оператор Лапласа; $a^2 = \lambda / \rho c_V$ — коэф. температуропроводности $f = F / \rho c_V$. В стационарном состоянии, когда T не меняется со временем, Т. у. переходит в *Пуассона уравнение*: $\Delta T = f / a^2 = F_\lambda$, а в отсутствие источников теплоты — в *Лапласа уравнение* $\Delta T = 0$. Процессы *диффузии* также описываются ур-ниями типа Т. у.

Лит.: Тихонов А. Н., Самарский А. А., Уравнения математической физики, 5 изд., М., 1977; Карслоу Г., Егер Д., Теплопроводность твёрдых тел, пер. с англ., М., 1964; Владимиров В. С., Уравнения математической физики, 5 изд., М., 1988.

Д. Н. Зубарев.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ — один из видов переноса теплоты от более нагретых частей тела к менее нагретым, приводящий к выравниванию темп-ры. При Т. перенос энергии осуществляется в результате непосредств. передачи энергии от частиц (молекул, атомов, электронов), обладающих большей энергией, частицам с меньшей энергией. Если относит. изменение темп-ры T на расстоянии ср. длины *свободного пробега* частиц l мало, то выполняется осн. закон Т. (закон Фурье): плотность теплового потока q пропорц. градиенту темп-ры:

$$q = -\lambda \text{ grad } T. \quad (1)$$