

3. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

3.1. Тепловое расширение вещества

Все вещества (газы, жидкости, твёрдые тела) имеют атомно-молекулярную структуру. Атомы, равно как и молекулы, во всем диапазоне температур находятся в непрерывном хаотическом движении, причём, чем выше температура объёма вещества, тем выше скорость перемещения отдельных атомов и молекул внутри этого объёма (в газах и жидкостях) или их колебания – в кристаллических решётках твёрдых тел. Поэтому с ростом температуры увеличивается среднее расстояние между атомами и молекулами, в результате чего газы, жидкости и твёрдые тела расширяются, при условии, что внешнее давление остаётся постоянным. Коэффициенты расширения различных газов близких между собой (около $0,0037 \text{ град}^{-1}$; для жидкостей они могут различаться на порядок (ртуть – $0,00018 \text{ град}^{-1}$, глицерин – $0,0005 \text{ град}^{-1}$, ацетон – $0,0014 \text{ град}^{-1}$, эфир – $0,007 \text{ град}^{-1}$). Величина теплового расширения твёрдых тел определяется строением. Структуры с плотной упаковкой (алмаз, платина, отдельные металлические сплавы) мало чувствительны к температуре; рыхлая, неплотная упаковка вещества способствует сильному расширению твёрдых тел (алюминий, полиэтилен).

3.1.1. Силы теплового расширения

При температурном расширении или сжатии твёрдых тел развиваются огромные силы; это можно использовать в соответствующих технологических процессах.

Например, это свойство использовано в электрическом домкрате для растяжения арматуры при изготовлении напряжённого железобетона. Принцип действия очень прост: к растягиваемой арматуре прикрепляют стержень из металла с подходящим коэффициентом термического расширения. Затем его нагревают током от сварочного трансформатора, после чего стержень жестко закрепляют и убирают нагрев.

В результате охлаждения и сокращения линейных размеров стержня развивается тянущее усилие порядка сотен тонн, которое растягивает холодную арматуру до необходимой величины.

Так как в этом домкрате работают молекулярные силы, он практически не может сломаться.

3.1.2. Получение высокого давления

С помощью теплового расширения жидкости можно давать необходимые гидростатические давления.

А.с. №471140:

Устройство для волочения металлов со смазкой под давлением,

содержащее установленные в корпусе рабочую и уплотнительную волокни, образующие между собой и корпусом замкнутую камеру (в которой находится смазка. Ред.) и средства для создания высокого давления

отличающееся тем, что, с целью упрощения конструкции и повышения производительности

средство для создания в камере высокого давления выполнено в виде нагревательного элемента, расположенного внутри камеры.

3.1.3. Разностные эффекты

Тепловое расширение поможет просто решить технические задачи, которые обычными средствами разрешаются с большим трудом. Например, для того, чтобы ступица прочно охватывала вал, первую перед напрессовкой нагревают. После охлаждения надетой на вал ступицы силы термического сжатия делают этот узел практически монолитным. Но как после этого разобрать данное соединение? Механически – почти невозможно без риска испортить деталь. Но достаточно сделать вал из металла с меньшим коэффициентом термического расширения или, если это невозможно, ввести в сопрягаемое пространство, прокладку из металла с меньшим терморасширением, как техническое противоречие исчезает.

Общеизвестные биметаллические пластинки – соединенные каким-либо способом две металлические полосы с различным терморасширением – являются отличным преобразователем тепловой энергии в механическую.

А.с.№1751190:

Устройство для учета количества наливов металла в изложницу, отличающееся тем, что с целью автоматизации процесса учёта, оно выполнено в виде корпуса, прикрепленного к изложнице, в полости которого расположено счетное устройство, состоящее из трубки с шариками и биметаллической пластинкой, на конце которой укреплен отсекающий при нагреве пластинки шарик, падающий в накопительную емкость.

Использование эффекта различного теплового расширения у различных металлов позволило создать тепловой диод.

А.с. №518614:

Тепловой диод, содержащий входной и выходной теплопроводы, имеющие узел теплового контакта ,

отличающийся тем, что, с целью упрощения конструкции

узел теплового контакта выполнен по типу «вилка-розетка» и вилка выполнена в теле входного, а розетка – в теле выходного теплопроводов.

2. Диод по п.1,

отличающийся тем, что

входной теплопровод выполнен из материала с высоким коэффициентом линейного удлинения, например, меди, а выходной – из материала с малым коэффициентом линейного удлинения, например, инвара.

3.1.4. Точность теплового расширения

Тепловое расширение, как процесс обратимый и легко управляемый, применяется при проведении весьма филигранных работ таких, как микроперемещение объектов, например, в поле зрения микроскопа или измерения с помощью тепловых электроизмерительных приборов.

Патент США 3569707: Устройство для измерения импульсивного излучения при помощи теплодатчиков.

Энергия, поглощаемая материалом, на который воздействует импульсивное ядерное излучение, измеряется путем детектирования теплового расширения этого материала тензо-датчиками.

3.2. Фазовые переходы. Агрегатные состояния веществ

При фазовых переходах первого рода скачком изменяются плотность веществ и энергия тела; очевидно, при фазовых переходах первого рода всегда выделяется или поглощается конечное количество тепловой энергии. При фазовых переходах второго рода плотность и энергия меняются непрерывно, а скачок испытывают такие величины, как теплоёмкость; теплопроводность; фазовые переходы второго рода не сопровождаются поглощением или выделением энергии. Примером фазового перехода второго рода может служить переход жидкого гелия в сверхтекучее состояние, переход ферромагнетика в парамагнетик при точке Кюри, переупорядочение кристаллов сплавов и др.

Характерным примером фазового перехода первого рода может служить переход вещества из одного агрегатного состояния в другое.

В физике рассматриваются четыре агрегатных состояния: твердое, жидкое, газообразное и плазменное.

При переходах вещества из одного агрегатного состояния в другое, как уже отмечено выше, обязательно выделяется или поглощается тепло. Переход от более упорядоченных структур к менее упорядоченным требует притока тепла извне, при обратных переходах выделяется такое же количество тепла, которое поглощается при прямом переходе. Отметим, что, как правило, переход из одного агрегатного состояния в другое обычно имеет место при постоянной температуре; таким образом, фазовый переход является источником (или поглотителем) тепла, работающим практически при постоянной температуре.

А.с. №426030:

Способ изолирования катушки в глубинном приборе

путём заполнения диэлектриком камеры, в которой расположена катушка, отличающийся тем, что, с целью упрощения конструкции прибора и повышения его эксплуатационной надёжности,

в качестве диэлектрика используют вещество, температура плавления которого ниже минимальной температуры в зоне измерения, выше температуры корпуса прибора перед его спуском и в период спуска в скважину.

Нередко изменения агрегатного состояния вещества позволяет очень просто решать до этого почти неразрешимые технические задачи. Например, как заполнить послойно ёмкость смешивающимися между собой жидкостями?

А.с. № 508275:

Способ послойного заполнения ёмкостей смешивающимися между собой жидкостями путем последовательного налива их,

отличающийся тем, что, с целью упрощения процесса,

первую жидкость, налитую в ёмкость, замораживают, следующую жидкость наливают на верхний слой замороженной жидкости, а затем последний размораживают.

При изменении агрегатного состояния резко изменяются электрические характеристики вещества. Так, если металл в твёрдом или жидком виде – проводник, то пары металла – типичный диэлектрик. Это свойство остроумно использовано в **патенте США № 3566695:**

Прибор для измерения давления жидкого металла содержит пробоотборную трубку типа трубки Вентури. Через участок этой пробоотборной трубки пропускается

регулируемый электрический ток. При определенной величине тока температура взятой пробы жидкого металла возрастает до тех пор, пока жидкий металл не перейдет в парообразное состояние, в результате чего ток прерывается. Период времени, в течение которого через участок пробоотборной трубки протекает ток, является функцией давления жидкого металла в системе. Таким образом, период времени при отборе пробы и подсчёте импульсов тока вплоть до момента испарения определяет давление жидкого металла в системе.

3.2.1. Эффект сверхпластичности

Как отмечалось выше, перекристаллизация металла является фазовым переходом второго рода. В момент перекристаллизации возникает эффект сверхпластичности металла. В этот момент металл, ранее имевший прочную и сверхпрочную структуру, становится пластичным, как глина. Но длится это явление считанные мгновения и протекает в очень узком, причём непостоянном, интервале температур. Непосредственно подстеречь момент, когда начинается фазовое превращение, невозможно, но известно, что при перестройке кристаллической решётки металл начинает переходить из парамагнитного состояния в ферромагнитное, что сопровождается резким изменением его магнитной проницаемости. Этим воспользовались авторы изобретения.

По А.с. № 207676 пусковое устройство пресса связано с прибором, улавливающим момент фазового перехода: заготовку, нагретую до температуры выше интервала фазового превращения, кладут в матрицу пресса. Остывая, металл заготовки: в момент перекристаллизации резко изменяет свою магнитную проницаемость, что отмечается изменением тока в измерительной обмотке прибора, который включает пресс.

Чтобы продлить время сверхпластичности, датчик фазового превращения связывают не только с пусковым устройством пресса, но и с нагревательными элементами. Пилообразно гоняя заготовку вверх и вниз по всему интервалу температур фазового превращения, можно поддерживать состояние сверхпластичности сколь угодно долго. Ничто не мешает использовать датчики, которые реагировали бы на изменение других физических свойств обрабатываемого материала, например, электросопротивления, теплоёмкости и т.д. Значит, принцип действия можно распространить и на немагнитные материалы. У сталей существует ещё один фазовый переход, идущий при очень низких температурах (ниже минус 60°C), когда аустенит в стали переходит в мартенсит. И в этот момент наблюдается эффект сверхпластичности. Значит, можно, в принципе, отказаться от горячей штамповки, совместив процесс штамповки в сверхпластичном состоянии с закалкой стали в жидком азоте.

3.2.2. Изменение плотности и модуля упругости при фазовых переходах

Интересно, что мартенсит имеет меньшую плотность, чем аустенит. Если к изогнутой деформацией части детали приложить хотя бы кусок "сухого льда", температура которого минус 67°C, то обрабатываемый участок расширится, распрямив тем самым деталь. А поскольку фазовый переход необратим, то самопроизвольного восстановления кривизны в дальнейшем не произойдёт. Превращение десяти процентов аустенита в мартенсит вызывает увеличение 100 миллиметрового диаметра изделия на 130 микрометров, а переход 40% аустенита в мартенсит – на 400 микрометров.

К плюсам нового метода надо добавить ещё один: выдержка при низкой температуре в течение 5 минут и 5 часов даёт практически одинаковый результат. Ну, и конечно, обработку изогнутых деталей холодом, как и радиацией, можно вести в собранной, готовой машине (сравните с 2.3.). На этот способ выдано авторское свидетельство № 414027.

Изменяется плотность при тазовых переходах и у других веществ (например, у воды и олова), что позволяет использовать их для получения высоких давлений.

При фазовых переходах второго рода также наблюдаются интересные изменения макроскопических свойств объектов (см.8.8.)

У хрома есть любопытная температурная точка 37°C, в которой он претерпевает фазовый переход, при этом у него скачком изменяется модуль упругости. На этом свойстве основан ряд изобретений.

А.с. №266471:

Двигатель, содержащий деформируемые при изменении температуры рабочего тела упругие элементы, кинематически связанные с механизмом отбора мощности, отличающийся тем, что, с целью получения полезной работы при малых перепадах температур рабочего тела, упругие элементы выполнены предварительно напряженными и изготовлены из материала со скачкообразно изменяющимся при определенной температуре, модулем упругости, например из чистого хрома.

В А.с. № 263209 чувствительным элементом термометра является пружина из чистого хрома.

3.3. Поверхностное натяжение жидкостей. Капиллярность

Любая жидкость ограничена поверхностями раздела, отделяющими ее от какой-либо другой среды – вакуума, газа, твердого тела, другой жидкости. Энергия поверхностных молекул жидкости отлична от энергии молекул внутри жидкости именно в силу того, что те и другие имеют различных соседей – у внутренних молекул все соседи одинаковы, у поверхностных – такие же молекулы расположены только с одной стороны. Поверхностные молекулы при заданной температуре имеют определенную энергию; перевод этих молекул внутрь жидкости приведёт к тому, что их энергия изменится (без изменения общей энергии жидкости).

3.3.1. Поверхностная энергия

Разность этих энергий носит название поверхностной энергии. Поверхностная энергия пропорциональна числу поверхностных молекул (т.е. площади поверхности раздела) и зависит от параметров соприкасающихся сред; эта зависимость обычно характеризуется коэффициентом поверхностного натяжения.

Наличие поверхностной энергии вызывает появление сил поверхностного натяжения, стремящихся сократить поверхность раздела. Такое стремление есть следствие общего физического закона, согласно которому любая система стремится свести свою потенциальную энергию к минимуму. Жидкость, находящаяся в невесомости, будет принимать форму шара, поскольку поверхность шара минимальна среди всех поверхностей, ограничивающих заданный объём.

Конечно, поверхностные силы существуют и в твердых телах, но относительная малость этих сил не позволяет им изменить форму тела, хотя при определенных условиях поверхностные силы могут привести к сглаживанию ребер кристаллов.

3.3.2. Смачивание

При контакте жидкости с твёрдой поверхностью говорят о смачивании. В зависимости от числа фаз участвующих в смачивании, различают имерсионное смачивание (смачивание при полном погружении твёрдого тела в жидкость), в которой участвуют только две фазы, и контактное смачивание, в котором наряду с жидкостью с твёрдым телом контактирует третья фаза – газ или другая жидкость. Характер смачивания определяется прежде всего физико-химическими взаимодействиями на поверхности раздела фаз, которые участвуют в смачивании.

При контактном смачивании свободная поверхность жидкости около твёрдой поверхности (или около другой жидкости) искривлена и называется мениском. Линия, по которой мениск пересекается с твёрдым телом (или жидкостью), называется периметром смачивания. Явление контактного смачивания характеризуется краевым углом между смоченной поверхностью твёрдого тела (жидкости) и мениском в точках их пересечения (периметром смачивания).

В зависимости от свойств соприкасающихся поверхностей происходит смачивание (вогнутый мениск) или несмачивание (выпуклый мениск) поверхности жидкостью.

Автоматический дозатор из одной детали. Такой деталью служит перфорированная фторопластовая плёнка. В этой плёнке всегда задерживается одинаковый по высоте столбик жидкости. Фторопласт практически не смачивается – поэтому скорость истечения через отверстие зависит только от давления. Кроме отбора проб жидкости из потока, такой дозатор может служить для измерения коэффициента поверхностного натяжения. (ИР-67, № 5, с. 33).

3.3.3. Автофобность

При растекании жидкости по её собственному монослою, адсорбированному на высокоэнергетической поверхности наблюдается эффект автофобности.

Эффект заключается в том, что при контакте жидкости, имеющей низкое поверхностное натяжение, с высокоэнергетическими материалами, происходит вначале полное смачивание, а затем, через некоторый промежуток времени, условия полного смачивания перестают выполняться. В результате изменится направление движения периметра смачивания – жидкая плёнка начинает собираться в каплю (или несколько капель) с конечным краевым углом. На ранее смоченных участках твёрдого тела остаётся прочно фиксированный монослой молекул жидкости.

Эффект используется для нанесения моносложных покрытий на твёрдые материалы.

3.3.4. Капиллярное давление, испарение и конденсация

Капиллярное давление – появляется из-за искривления поверхности жидкости в капилляре. Для выпуклой поверхности давление положительно, для вогнутой – отрицательно. Эффект определяет движение жидкостей в порах, влияет на кипение и конденсацию

Капиллярное испарение – увеличение испарения жидкости вследствие повышения давления насыщенного; пара над выпуклой поверхностью жидкости в капилляре; используется для облегчения кипения путем изготовления шероховатых поверхностей.

Капиллярная конденсация – увеличение конденсации жидкости вследствие понижения давления насыщенного пара над вогнутой поверхностью жидкости в капилляре. Пар может конденсироваться при температуре выше точки кипения. Используется для осушки газов, в

Течение жидкости под действием капиллярных сил может происходить самопроизвольно в капиллярах, а также в полуоткрытых каналах, например, в микротрещинах и царапинах.

А.с. № 279583:

Распределитель жидкости, например, в колоннах с насадкой, состоящий из перфорированной плиты с укрепленной на ней трубкой для подачи жидкости, отличающийся тем, что, с целью равномерного распределения жидкости при малых расходах, трубки выполнены в виде капилляров, нижние концы которых имеют косые срезы.

А.с. № 225284:

Солнечный концентратор для термоэлектрогенератора, отличающийся тем, что, с целью сохранения высокого коэффициента отражения в течении всего времени работы, его отражающая поверхность выполнена в виде сотовой, пористой или капиллярной структуры, заполненной расходуемым металлом или сплавом, поступающим благодаря капиллярным силам с тыльной стороны концентратора.

3.3.5. Эффект капиллярного подъёма

Эффект капиллярного подъёма (опускания) – возникает из-за различия давлений над и под поверхностью жидкости в капиллярном канале. Связь между характером смачивания и капиллярным давлением оказывает больше влияние на возможность проникновения жидкостей в поры и на их вытеснение из пор, что в свою очередь играет важную роль в процессах пропитки, фильтрации, сушки и т.д.

3.3.6. Ультразвуковой капиллярный эффект

Открытие №109:

Ультразвуковой капиллярный эффект – увеличение скорости и высоты подъёма жидкости в капиллярах при непосредственном воздействии ультразвука (в десятки раз). Этот эффект реализован в А.с.№315244 «Способ ультразвуковой пропитки пористых материалов».

В А.с. № 399692 он применён для резкого повышения эффективности тепловой трубы, для чего в зоне конденсации тепловой трубы прикрепили через акустический концентратор излучатель магнитострикционного типа, соединённый с генератором ультразвуковой чистоты. Ультразвук, воздействуя на пористый фитиль, способствует быстрейшему возврату конденсата в зону испарения. При этом величина максимального удельного теплового потока вырастает на порядок.

3.3.7. Термокапиллярный эффект

Термокапиллярный эффект – зависимость скорости растекания жидкости от неравномерности нагрева жидкого слоя. Эффект объясняется тем, что поверхностное натяжение жидкости уменьшается при повышении температуры. Поэтому при различии температур в разных участках жидкого слоя возникает движущая сила растекания, которая пропорциональна градиенту поверхностного натяжения жидкости. В результате возникает поток жидкости в смачивающей плёнке. Влияние неравномерного нагрева различно для

чистых жидкостей и растворов (например, поверхностно-активных). У чистых жидкостей перетекание происходит от холодной зоны к горячей. При испарении ПАВ, уменьшающих поверхностное натяжение, жидкость начинает перетекать от горячей зоны к холодной. В общем случае движение жидкости определяется тем, как изменяется поверхностное натяжение в зоне нагрева от температуры и испарения какого-либо компонента.

3.3.8. Электрокапиллярный эффект

Электрокапиллярный эффект – зависимость поверхностного натяжения на границе раздела твердых и жидких электродов с растворами электролитов или расплавами ионных соединений от электрического потенциала. Эта зависимость обусловлена образованием двойного электрического слоя на границе раздела фаз. Изменением потенциала можно осуществить инверсию смачивания – переход от несмачивания к смачиванию и наоборот.

3.3.9. Капиллярный полупроводник

Капилляры обладают способностью избирательной проницаемости. Шейки пор капилляров затрудняют движение только смачивающей жидкости и способствует продвижению не смачивающей (биологические мембраны).

3.4. Сорбция

Как уже отмечалось в предыдущем параграфе, любая поверхность вещества обладает свободной энергией поверхности (СЭП).

Все поверхностные явления сводятся к взаимодействию атомов и молекул, которые происходят, в двумерном, пространстве при непосредственном участии СЭП. Любую твёрдую поверхность можно представить себе как «универсальный магнит», притягивающий любые частицы, оказавшиеся поблизости. Отсюда, вывод: поверхность любого твёрдого тела обязательно «загрязнена» молекулами воздуха и воды. Опыт показывает, что чем выше степень дисперсности данного тела, тем больше количество частиц другого тела оно может поглотить своей поверхностью. Процесс самопроизвольно «сгущения» растворенного или парообразного вещества (газа) на поверхности твёрдого тела или жидкости носит название сорбции. Поглощающее вещество называется сорбентом, а поглощаемое – сорбтивом. Процесс, обратный сорбции, называется десорбцией. В зависимости от того, насколько глубоко проникают частицы сорбтива в сорбент, все сорбционные процессы подразделяются на адсорбцию, когда вещество поглощается на поверхности тела, и абсорбцию, когда вещество поглощается всем объемом тела. В зависимости от характера, взаимодействия частиц сорбента и сорбтива, сорбция бывает физическая (взаимодействие обусловлено силами когезии и адгезии т.е. силами Ван-дер-Ваальса) и химическая или как её еще называют, хемосорбция.

3.4.1. Капиллярная конденсация

Особое положение занимает сорбционный процесс, называемый капиллярной конденсацией. Сущность этого процесса заключается не только в поглощении, но и в конденсации твёрдым пористым сорбентом, например, активированным углем газов и паров.

3.4.5. Радикало-рекомбинационная люминесценция (Р-РЛ).

На поверхности полупроводника могут рекомбинировать приходящие из газовой фазы радикалы, например, атомы водорода. При этом происходит свечение полупроводника,

которое длится до тех пор, пока на поверхности, идет реакция рекомбинации. При Р-РЛ, как и при адсорболоминесценции, испускаются те же частоты, что и при фотолюминесценции. Они образуют полосу, которую называют обычно основной полосой. Следовательно, цвет люминесценции меняется при смене активатора, но не зависит от природы газа, участвующего в реакции. Наряду с основной при Р-РЛ. насаждается дополнительная полоса, её положение в отличие от основной, не зависит от природы активатора, но меняется при смене газа, участвующего в реакции. (Например, при замене водорода кислородом). Обе полосы в известной мере накладываются друг на друга.

Мы видим на примерах адсорболоминесценции и радикало-рекомбинационной люминесценции, как электронные процессы в полупроводнике оказываются связанными с химическими процессами, протекающими на его поверхности.

В результате адсорбции, поверхность полупроводника заряжается. При адсорбции акцепторов она заряжается отрицательно, а доноров – положительно.

3.4.6. Адсорбционная эмиссия.

Работа выхода электронов может изменяться под действием адсорбции. Это зависит от того, заряжается ли поверхность при адсорбции положительно или отрицательно, т.е. от природы адсорбируемого газа.

В первом случае работа выхода снижается, во втором – возрастает. По тому, как она изменяется, часто можно судить о составе газовой фазы. Давление газовой фазы также влияет на работу выхода.

3.4.7. Влияние адсорбции на электропроводность полупроводника.

Электропроводность поверхности полупроводника монотонно изменяется по мере хода адсорбции, пока не достигнет некоторого постоянного значения. Часто за процессом адсорбции можно следить по изменению электропроводности. Адсорбция вызывает увеличение или уменьшение электропроводности полупроводника в зависимости от того, какой газ (акцепторный или донорный) адсорбируется и на каком полупроводнике (электронном или дырочном).

Например, кристаллы двуокиси олова изменяет свою проводимость в присутствии водорода, окиси углерода, метана, бутана, пропана, паров бензина, ацетона, спирта. Нагревание кристалла изменяет величину этого эффекта. Это количественное различие может быть зафиксировано чувствительным прибором. Можно представить себе аппарат, в котором изменение электрических свойств кристалла при появлении в воздухе искомого вещества даёт импульс сигнальному устройству, отградуированному определенным образом в зависимости от назначения.

3.5. Диффузия

Если состав газовой смеси или жидкости не однороден, то тепловое движение молекул рано или поздно приводит к выравниванию концентраций каждой компоненты во всем объёме. Такой процесс называется диффузией. При протекании процесса диффузии всегда имеются так называемые диффузионные потоки вещества, величина и скорость которых определяется свойствами среды и градиентом концентрации. Скорость диффузии в газах увеличивается с понижением давления и ростом температуры. Увеличение температуры вызывает ускорение диффузионных потоков в жидкостях и твёрдых телах. Кроме градиента концентрации, к

возникновению диффузионных потоков приводит наличие температурных градиентов в веществе (термодиффузия). Перепад температур в однородной по составу смеси вызывает появление разности концентрации между областями с различной температурой, при этом в газах более лёгкая компонента газовой смеси скапливается в области с более низкой температурой. Таким образом, явление термодиффузии можно использовать для разделения газовых смесей; этот метод весьма ценен для разделения изотопов.

3.5.1. Эффект Дюфора

При диффузионном перемешивании двух газов, находящихся при одинаковой температуре, наблюдается явление, обратное термодиффузии: в смеси возникает разность температур – эффект Дюфора. При диффузионном смешивании газов, составляющих воздух, возникающая разность температур составляет несколько градусов.

Явление диффузии молекул в струе пара лежит в основе работы диффузионных вакуумных насосов (пароструйные насосы); термодиффузия паров метилового спирта обеспечивает возможность надёжной работы так называемых диффузионных камер – приборов для наблюдения ионизирующих частиц.

Диффузия в твердых сплавах со временем приводит к однородности сплава. Для ускорения диффузии применяется длительный нагрев сплавов (отжиг); уничтожение внутренних напряжений при отжиге металлов, также есть следствие процессов и их ускорения при повышении температуры.

Создание больших концентраций газа на границе с металлом при создании условий, обеспечивающих некоторое «разрыхление» поверхностного слоя, приводит к диффузии газа внутрь металла; так, диффузия азота в металлы лежит в основе процесса азотирования. Диффузионное насыщение поверхностных слоев металла различными элементами позволяет получать самые различные свойства поверхностей, необходимые в практике. Фактически процессы цементации, алитирования, фосфатирования есть процессы диффузии углерода, алюминия, фосфора внутрь структуры металла. Скорость диффузии при этом легко регулируется с помощью различных режимов термообработки.

А.с. № 461774: Способ производства изделий, из низкоуглеродистых сталей путём отжига заготовки и холодного выдавливания,

отличающийся тем, что, с целью улучшения условий выдавливания,

перед отливом заготовку подвергают термодиффузионной обработке, преимущественно цементации.

3.6. Осмос

Осмосом обычно называют диффузию какого-либо вещества, через полупроницаемую перегородку. Основное требование к полупроницаемым перегородкам – обеспечение невозможности противодиффузии. Так если два раствора разной концентрации разделить перегородкой, задерживающей молекулы растворенного вещества, но пропускающей молекулы растворителя, то растворитель будет переходить в концентрированный раствор, разбавляя его и создавая там избыток давления, называемый обычно осмотическим давлением. Питание растений водой, явления диализа, явление гиперфилтрации, наконец, обычное набухание – всё это типично осмотические эффекты. Величина осмотического давления клеток многих растений составляет 5-10 атм, а осмотическое давление крови человека доходит почти до 8 атм.

Энергию осмотического давления предложили использовать авторы английского патента № I34389I: Способ генерации механической энергии и устройство, реализующее этот способ. Конструкция по патенту №1343891 представляет собой открытую сверху трубу, погружённую в замкнутую полость, куда налита вода. Трубка сделана из прочного материала, в ней насверлено множество мелких отверстий, закрытых полунепроницаемой оболочкой, например, из ацетатцеллюлозы. Труба заполнена концентрированным рассолом и в неё начинает просачиваться вода, т.е. происходит осмос. Создаётся повышенное давление, поднимающее плунжер, связанный с массивным подпружиненным поршнем. Поршень сжимает в цилиндре воздух. Можно создать давление до 3000 атм. Сжатый воздух можно использовать для вращения воздушной турбины. Изобретатели утверждают, что их «осмотический двигатель», состоящий из нескольких плунжеронов и поршней, будет генерировать мощность, достаточную для движения автомобиля.

Теория осмотических явлений описывается в курсах термодинамики и статической физики. Огромная роль осмотических явлений в работе кровеносных систем человека и животных.

3.6.1. Электроосмос

Осмос можно усилить (или ослабить), применяя электрические поля. Направленное движение раствора относительно поверхности твёрдого тела под действием электрического поля носит название электроосмоса, являющегося одной из разновидностей электрокинетических явлений (см.12.1.)

Липкая масса из смеси влажных грунтов с песком и остатками угля на дне вагонеток почти не поддаётся очистке даже специальными машинами. Специалисты Новомосковского института НПИУИ предложили использовать для очистки электроосмос. Под воздействием на вагонетку с породой внешнего электрического поля между её стендами и грузом (при движении воды относительно твёрдой горной массы) создаётся тончайшая водяная плёнка. Такой прокладки достаточно, чтобы налипшая порода легко отделилась от корпуса вагонетки.

А.с. № 240825:

Способ сушки изоляций кабелей в шахтных электросетях с изолированной нейтралью, отличающийся тем, что, с целью упрощения процесса, токоведущие жилы кабелей подсоединяют к положительному полюсу источника постоянного тока, отрицательный полюс которого соединяют с землей для осуществления сушки за счёт использования явления электроосмоса.

3.6.2. Явление обратного осмоса

Явление обратного осмоса применено (США) для получения питьевой воды из сильнозагрязненной или солёной (гиперфильтрация). Непосредственно явление обратного осмоса происходит на границе вода – синтетическое волокно: внутрь волокна проходит только вода, оставляя за бортом соли и грязь. Сама установка состоит из многих миллионов волокон, собранных в жгут и помещённых в стальной цилиндр, в который подаётся грязная вода под давлением. Предусмотрен отдельный отбор чистой воды и насыщенного раствора. Над проектом электростанции, использующей силы осмотического давления, работают сейчас учёные. Принцип действия такой электростанции прост. Трубу с полупроницаемой мембраной опускают в море. На глубине около 230 м столб воды создаёт такой перепад давления на мембране, что она начинает работать как опреснитель. Солёная вода тяжелее пресной примерно на 2,5%. Чтобы пресная вода поднялась до уровня моря и стала переливаться через край трубы, трубу необходимо опустить на глубину 8750 м.

Переливающаяся вода может вращать турбину.

3.7. Тепломассообмен

Известны, три основных механизма теплообмена – конвекция, излучение и теплопроводность, в которой участвуют движущиеся или неподвижные молекулы вещества, совершающие тепловые колебания. Передача тепла может сопровождаться перемещением массы или перемещение массы создаётся специально для того, чтобы получить необходимый теплообмен.

Очень широко используется тепломассообмен при сушке, которая применяется в различных областях техники и технологии. Наиболее эффективно процесс сушки идет в колонных аппаратах со встречными потоками: сверху свободно падает вещество, подвергаемое сушке, а снизу встречным потоком поступает нагретый газ. В донной же части аппарата подсушенное вещество интенсивно досушивается в так называемом «кипящем слое». "Кипящий слой" представляет собой «псевдожидкость» – взвесь твёрдых частиц, пляшущих в потоках газа, поступающего снизу. Причём псевдожидкость обладает удивительными теплотехническими свойствами – твердые частицы в ней бурно перемешиваются и великолепно переносят тепло, во много раз лучше, чем такой известный проводник тепла, как медь.

Псевдожидкость, омывающая какую-нибудь деталь со скромной скоростью 1 м/сек, осуществляет теплообмен столь же эффективно, как чистый газ, движущийся со сверхзвуковой скоростью.

Псевдосжижение с равным успехом можно использовать как для передачи тепла, так и для «передачи» холода.

Применение псевдожидкости в печах для высокотемпературного нагрева металла позволит резко уменьшить расход топлива. Существует традиционная система нагрева – через газообразные продукты сгорания к металлу. А газ скорее можно назвать изолятором, чем проводником тепла: коэффициент, характеризующий его способность передавать тепло, равен 200, в то время, как у жидких металлов или расплавов солей этот коэффициент равен 20000. Намного эффективнее теплообмен осуществляется в кипящей псевдожидкости: сжигаемый газ первоначально отдаёт тепло песку, а тот, перемещаясь потоками газа, отдаёт тепло металлу. Хотя сам песок получает тепло всё от того же теплоизолятора – газа, однако суммарная поверхность песчинок огромна, и в значительной мере благодаря этому они отбирают у пламени во много раз больше тепла, чем сумела бы отнять нагреваемая заготовка.

3.7.1. Тепловые трубы

Среди новых теплообменных систем важное место занимают тепловые трубы. Один из простых вариантов тепловой трубы – это закрытый металлический цилиндр; его внутренние стенки выложены слоем пористо-капиллярного материала, пропитанного легко испаряющейся жидкостью. Именно с движением этой жидкости связана теплопроводность трубы: на горячем конце жидкость испаряется и отбирает тепло; пары сами перемещаются к холодному концу – это нормальная конвекция; здесь пары конденсируются и отдают тепло; образовавшаяся жидкость по пористому материалу возвращается обратно к горячему концу трубы. Это замкнутый цикл, бесконечный круговорот тепла и массы – никаких движущихся частей, в каком-то смысле машина вечная. Тепловые трубы – непревзойдённые проводники тепла, их даже называли сверхпроводниками. Действительно, через тепловую трубу

диаметром в сантиметр можно прогнать тепловую мощность порядка 10 киловатт при разности температур на концах трубы (это аналог разности электрических потенциалов, напряжения на участке цепи) всего в 5°C; чтобы пропустить эту же мощность через медный стержень такого же диаметра на его концах нужен был бы перепад температур почти 150000°C.

Тепловые трубы сейчас получили широкое применение. Их можно встретить в космической технике, в ядерных реакторах, криогенных хирургических инструментах, в системах охлаждения двигателей. В трубах может выполняться механическая работа за счёт энергии движущегося теплоносителя. На их основе, например, создаются МГД-генераторы – теплоносителем в тепловой трубе может быть жидкий металл, и, если поместить трубу в магнитное поле, то в металле (на концах проводника) наведётся электродвижущая сила.

Тепловые трубы могут работать в очень широком диапазоне температур. Всё зависит от давления внутри трубы и от применяемого теплоносителя.

3.8. Молекулярные цеолитовые сита

Цеолиты являются кристаллическими водными алюмосиликатами, они относятся к группе каркасных алюмосиликатов. Каркасы цеолитов содержат каналы и сообщающиеся между собой полости, в которых находятся катионы и молекулы воды. Катионы довольно подвижны и обычно могут в той или иной степени обмениваться на другие катионы.

А.с. №561233:

Полирующий состав для обработки, например, полупроводниковых материалов, содержащий кристаллический порошок, окислитель, например, перекись водорода и воду, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности процесса полирования, он дополнительно содержит вещество для катионного обмена, например, азотнокислую медь или углекислый аммонит, а в качестве кристаллического порошка взяты алюмосиликаты, например, цеолиты.

Каркасы цеолитов похожи на пчелиные соты и образованы из цепочек анионов кремния и алюминия. Из-за своего строения каркас имеет отрицательный электрический заряд, и этот заряд компенсируется катионами щелочных или щелочноземельных металлов, находящихся в полостях-сотах. Тип цеолита (диаметр его пор) определяется соотношением кремния и алюминия типом катионов. Главным образом это вода. Она удаляется при нагревании до 600-800°C, сам каркас при этом не разрушается, он сохраняет первоначальную структуру. Именно поэтому цеолит способен вновь поглощать потерянную воду и другие вещества. Размером пор определяется и размер частиц, способных, в них проникнуть; цеолиты могут как бы просеивать молекулы, сортировать их по размерам. Кроме того, они используются как адсорбенты, они в 10-100 раз эффективнее, чем все другие осушители и работают при различных температурах, при -196°C адсорбционная способность цеолитов резко повышается. Они поглощают даже воздух, создания в сосуде разряжение до 10^{-8} мм рт. ст. Цеолиты используются как ионообменники, не разрушающиеся под действием излучения. В качестве катализаторов устойчивы к действию высоких температур, каталитических ядов, позволяют гибко менять свойства.

А.с. № 550 372:

Способ получения пентенов

путём контактирования 1,3-пентадиенов с твёрдым окисным катализатором при 300-500°C,

отличающийся тем, что, с целью повышения выхода целевого продукта,

в качестве катализатора используют композицию аморфного алюмосиликата с силлиманитом.

Размер ячеек цеолита сохраняется практически постоянным в широком диапазоне температур, т.к. коэффициент термического расширения полностью гидратированного цеолита близок к коэффициенту терморасширения кварца: соответственно 6,91 и 5,21.

3.8.1. Цветовые эффекты в цеолитах

Чистые цеолиты бесцветны. Если катионы щелочных или щелочноземельных металлов, обычно присутствующие в синтетических цеолитах, обменять на ионы переходных металлов, цеолиты могут приобрести окраску. Если окраска индивидуального иона зависит от того, находится он в гидратированном состоянии или безводном, окраска цеолита будет меняться со степенью гидратации. Так, бесцветный цеолит А-А окрашивается в глубокий жёлто-красный цвет, а затем в ярко-канареечный. Такой переход окраски наблюдается при изменении парциального давления воды над цеолитом от $3 \cdot 10^3$ мм рт. ст. до $5 \cdot 10^3$ мм рт. ст. Окрашенная в сиреневый цвет никелевая форма цеолита при дегидратации становится светло-зелёной, розовая кобальтовая форма – синей. Способность цеолитов менять цвет в присутствии паров воды используется для определения последней. Цеолиты имеют очень интересные диэлектрические и электропроводные свойства.

Литература

К 3.2. Б.Г. Гейликман, Статистическая физика фазовых переходов, т.1, М., «Наука», 1954.

К 3.3. О.С. Кондо, Молекулярная теория поверхностного натяжения в жидкостях, М., «Мир», 1963.

Б.Д. Суми, Ю.Б. Горюнов, Физико-химические основы смачивания и растекания, М., «Химия», 1976.

К 3.4. Ф.Ф. Волькштейн, Полупроводники как катализаторы химических реакций, М., «Знание», 1974./Новое в жизни, науке, технике. Серия «Химия» / 11.

Ф.Ф. Волькштейн, Радикало-рекомбинационная люминесценция полупроводников, М., «Наука», 1976.

Н.К. Адам, Физика и химия поверхностей, М., 1947.

В.А. Пчёлин, «В мире двух измерений», журнал «Химия и жизнь», 1976, № 6, с.9-15.

К 3.5. С.Р. де Грот, Термодинамика необратимых процессов, М., 1956.

Физическое металловедение, вып.2, М., «Мир», 1968.

В. Зайт, Диффузия в металлах, М., 1958.

Я.Е. Гегузин, Очерки о диффузии в кристаллах, М., «Наука», 1974.

К 3.7. Л.Я. Басильев, С.В. Конев, Теплопередающие трубки, Минск, «Наука и техника», 1972.

К 3.8. Д. Брек, Цеолитовые молекулярные сита, М., «Мир», 1976.