РЕФЕРАТ

Термодинамические процессы в реальных газах и парах. Влажный воздух

Реальные газы отличаются от идеальных газов тем, что молекулы этих газов имеют объемы и связаны между собой силами взаимодействия, которые уменьшаются с увеличением расстояния между молекулами. При практических расчетах различных свойств реальных газов наряду с уравнением состояния применяется отношение P·υ/(R·T) = ε.

Так как для идеальных газов при любых условиях P· υ = R·T, то для этих газов ε = 1. Следовательно, величина коэффициента ε выражает отклонение свойств реального газа от свойств идеального. Величина ε для реальных газов в зависимости от давления и температуры может принимать значения больше или меньше единицы и только при малых давлениях и высоких температурах она практически равна единице. Тогда реальные газы можно рассматривать как идеальные.

В связи с отличием свойств реального газа от свойств идеального газа нужно иметь новые уравнения состояния, которые связывали бы значения P, v, T и давали бы возможность рассчитывать некоторые свойства газов для разных условий. Были предложены различные уравнения состояния реальных газов, но ни одно из них не решает проблему для общего случая. Наиболее простое расчетное уравнение имеет вид:

· υ = R·(1 - А/ υ - B/ υ 2), (1)

где А и В - первый и второй (вириальные) коэффициенты, являющиеся функцией только температуры.

При расчете свойств многих реальных газов уравнения такого типа получили большое распространение. Так, наиболее простым и качественно верно отображающим поведение реального газа, является уравнение, предложенное Ван-дер-Ваальсом:

(P + a/ υ 2)·(υ - b) = R·T (2),

а, b - постоянные величины, первая учитывает силы взаимодействия, вторая учитывает размер молекул

/ υ 2 - (3)

(3) характеризует добавочное давление, под которым находится реальный газ вследствие сил сцепления между молекулами и называется внутренним давлением. Для жидких тел это давление имеет большие значения (например, для воды при 200С составляет 1050 МПа), а для газов из-за малых сил сцепления молекул оно очень мало. Поэтому внешнее давление, под которым находится жидкость, оказывает ничтожное влияние на её объем, и жидкость считают несжимаемой. В газах в виду малости значения a/ υ 2 внешнее давление легко изменяет их объем.

Уравнение Ван-дер-Ваальса качественно верно отображает поведение жидких и газообразных веществ, для двухфазных состояний оно неприменимо.

Одним из наиболее распространенных рабочих тел в паровых турбинах, паровых машинах, в атомных установках, теплоносителем в различных теплообменниках является водяной пар.

Пар - газообразное тело в состоянии, близком к кипящей жидкости. Парообразование - процесс превращения вещества из жидкого состояния в парообразное.

Испарение - парообразование, происходящее всегда при любой температуре с поверхности жидкости.

При некоторой определенной температуре, зависящей от природы жидкости и давления, под которым она находится, начинается парообразование во всей массе жидкости. Этот процесс называется кипением.

Обратный процесс парообразования называется конденсацией. Она также протекает при постоянной температуре.

Процесс перехода твердого вещества непосредственно в пар называется сублимацией. Обратный процесс перехода пара в твердое состояние называется десублимацией.

При испарении жидкости в ограниченном пространстве (в паровых котлах) одновременно происходит обратное явление - конденсация пара. Если скорость конденсации станет равной скорости испарения, то наступает динамическое равновесие. Пар в этом случае имеет максимальную плотность и называется насыщенным паром.

Если температура пара выше температуры насыщенного пара того же давления, то такой пар называется перегретым. Разность между температурой перегретого пара и температурой насыщенного пара того же давления называется степенью перегрева. Так как удельный объем перегретого пара больше удельного объема насыщенного пара, то плотность перегретого пара меньше плотности насыщенного пара. Поэтому перегретый пар является ненасыщенным паром.

В момент испарения последней капли жидкости в ограниченном пространстве без изменения температуры и давления образуется сухой насыщенный пар. Состояние такого пара определяется одним параметром - давлением.

Механическая смесь сухого пара и мельчайших капелек жидкости называется влажным паром.

Массовая доля сухого пара во влажном паре называется степенью сухости

х: х = mсп / mвп, (4)

сп - масса сухого пара во влажном; mвп - масса влажного пара. Масса влажного пара состоит из массы сухого пара и массы капелек воды:

вп = mсп + mв (5)

Когда испарятся последние капельки воды, влажный пар становится сухим насыщенным. Согласно последним формулам степень сухости такого пара становится равной единице (х=1). Изобразим процесс перехода воды в пар на диаграмме P-V (рис 1). На этой диаграмме каждая точка изображает одно состояние вещества с определенными параметрами Р; V; Т. Пусть точка А определяет начальное состояние воды (удельный объем Vo, давление Ро, температуру То). Так как вода практически не сжимаема, то увеличение давления в жидкости до Ра практически не изменит её удельный объём (прямая А-а-в). Подведём теплоту q к объёму воды V, (напр. 1 кг воды, находящийся в закрытом сосуде). Температура её начнёт повышаться, объём увеличиваться (Ра = const). При достижении температуры кипения (при данном давлении) вода переходит в пар (прямая а'- а"). (При давлении Ра = 0,1 Мпа Та =1000 С и т.п.). Все точки прямой а' - а" определяют состояние так называемого влажного пара (пар с капельками воды). В точке а' х = 0, в точке а" х=1; между ними х возрастает от 0 до 1. При повышении давления растет температура кипения (в точке в давление Рв = Р1кип; Рс = Р2кип в точке с). Удельный объём воды также возрастает (точки в' и с’ располагаются правее точки а). Для каждого вещества существует так называемое критическое состояние (точка к). Оно характеризуется Ркр, Vкр, Ткр (для воды Ркр = 22. 1 Мпа, Ткр = 647.3 °К и Vкр = 0.0031 м3 /кг; для ртути Ркр =100 МПа, Ткр = 1673°К, и т. д.).

 

Рис. 1. Диаграмма P-V для водяного пара.

реальный идеальный газ пар

В этом состоянии вещество находится в виде так называемых молекулярных пучков. Они сильно рассеивают свет и прозрачный сосуд становится непрозрачным для проходящего через него пучкасвета, если в нём находится вещество в критическом состоянии. Таким образом можно определить критическое состояние вещества, находящегося в сосуде. Кривая а’ в' с’ k называется нижней пограничной кривой, она даёт зависимость удельного объёма кипящей воды от давления. Кривая k c" в" а" называется верхней пограничной кривой, она описывает зависимость удельного объёма сухого насыщенного пара от давления. Слева от нижней пограничной кривой вещество находится в жидком состоянии, справа от верхней пограничной кривой - в газообразном состоянии (перегретый пар), область под пограничной кривой определяет влажный пар. Диаграмма P-V для воды и водяного пара, построенная в определённом масштабе на основании экспериментальных данных, позволяет найти P и V для различных состояний. Для перегретого пара, играющего очень важную роль в теплоэнергетике, на диаграмме P-V строятся изотермы (Т1 = Та= const; T2 = const; Т3 = const и т.д).

Они начинаются на кривой x = 1 (верхняя пограничная кривая). Наличие на диаграмме P-V изотерм позволяет легко найти температуру пара. Изобары в области перегретого пара изображаются прямыми, параллельными оси 0-V, изохоры - прямыми, параллельными оси 0-Р, адиабаты - кривыми, идущими более круто, чем изотермы. В области влажного пара изотерма совпадает с изобарой. Более удобной для теплотехнических расчётов является i-s диаграмма. Она позволяет определить такие важные термодинамические величины для сухого и влажного паров, как температура, удельный объём, давление, удельная энтальпия, удельная энтропия, удельная внутренняя энергия Если известен процесс, который совершает пар, то можно также определить удельную работу и теплоту.

i 

Рис. 2. Диаграмма i-s водяного пара.

На этой диаграмме сухой пар находится выше пограничной кривой х=1, влажный-под кривой х=1. Изобары идут из правого верхнего угла в левый нижний. В области влажного пара изотермы совпадают с изобарами, на кривой х=1 они начинают расходиться, изотермы идут направо (N, M, C - точки расхождения изобар и изотерм). Изохоры (на диаграмме не показаны) идут аналогично изобарам, но круче. Адиабаты (изоэнтропы s= const) -вертикальные линии. Зная начальные параметры пара, можно определить точку на диаграмме i-s. Например, если задано начальное давление и начальная температура, то точка лежит на пересечении изобары и изотермы. Опуская из неё перпендикуляры на оси i и s находят начальные значения энтальпии и энтропии. Начальное значение удельного объёма находится по значению ближайшей к точке изохоры. Внутренняя энергия определяется из формулы для удельной энтальпии:

i = u + p·v; отсюда u = i - p·v; (6)

Если известен термодинамический процесс, который совершает перегретый пар, и один из конечных параметров (например, давление), то легко можно определить вторую точку на диаграмме, найти конечные значения всех нужных термодинамических параметров и функций состояния, а затем рассчитать удельные энергию и теплоту процесса. Атмосферный воздух, в основном состоящий из кислорода, азота, углекислого газа, содержит всегда некоторое количество водяного пара. Смесь сухого воздуха и водяного пара называется влажным воздухом.

Влажный воздух при данном давлении и температуре может содержать разное количество водяного пара. Если смесь состоит из сухого воздуха и насыщенного водяного пара, то его называют насыщенным влажным воздухом. В этом случае во влажном воздухе находится максимально возможное для данной температуры количество водяного пара. При охлаждении этого воздуха, будет происходить конденсация водяного пара.

Если влажный воздух содержит при данной температуре водяной пар в перегретом состоянии, то он будет называться ненасыщенным. Так как в нем находится не максимально возможное для данной температуры количество водяного пара, то он способен к дальнейшему увлажнению. Поэтому такой воздух используют в качестве сушильного агента в различных сушильных установках.