



Zakład produkujący kotły
Vitomax w Mittenwalde

B.1 Czym jest para?



B Czym jest para?

Podręcznik nie zajmuje się mieszaninami powietrza i pary wodnej, lecz wyłącznie suchą parą wodną, wytwarzaną w systemach zamkniętych (kotłach parowych).

Para powstaje z fazy ciekłej lub stałej przez parowanie wzgl. sublimację. W sensie fizycznym para wodna jest wodą w stanie gazowym. W procesie parowania wody ustala się z czasem równowaga termodynamiczna, w którym to stanie dokładnie tyle samo cząsteczek przechodzi z fazy ciekłej wzgl. stałej do fazy gazowej, jak i odwrotnie. Mówimy, że para jest wtedy nasycona.

To, ile cząsteczek przechodzi z jednej fazy do drugiej, zależy w dużym stopniu od ciśnienia i temperatury w rozpatrywanym systemie.

Wskazówka

Gdy w niniejszym podręczniku jest mowa o ciśnieniu, to rozumie się przez to zawsze nadciśnienie, chyba że wyraźnie wskazano inaczej

16 Para mokra, para nasycona, para przegrzana

18 B.1.2 Entalpia

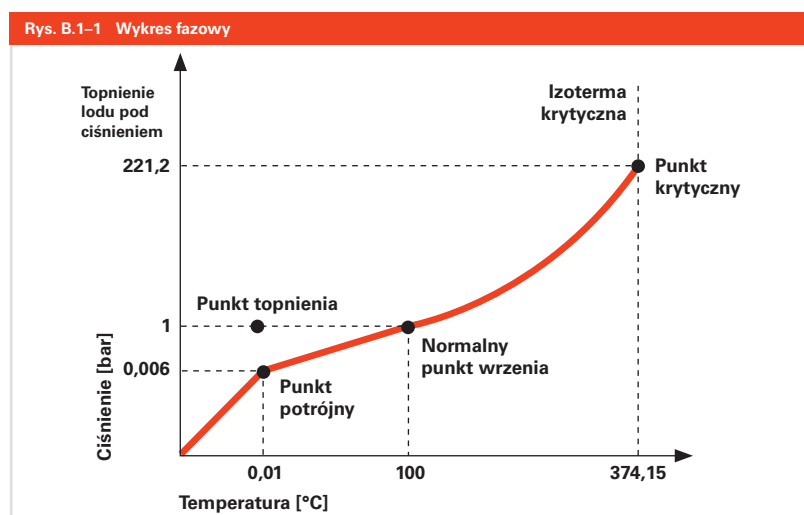
19 B.1.3 Obszary zastosowań

¹⁾ Sublimacja: bezpośrednie przejście substancji ze stałego w gazowy stan skupienia, z pominięciem skraplania.



Para mokra, para nasycona, para przegrzana

Woda paruje przy stałym ciśnieniu, przy doprowadzaniu ciepła. Para skrapla się ponownie na chłodniejszej powierzchni w formie bardzo drobnych kropelek.

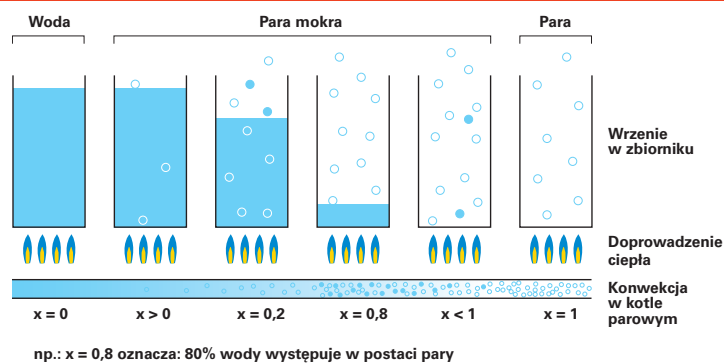


Gęstość ρ przy 100°C i 1,01325 bar: 0,598 kg/m³; ciepło właściwe: $c_p = 2,08$ kJ/(kg·K); przewodność cieplna: $>0,0248$ W/(m·K); punkt potrójny: 0,01°C $\pm$ 273,165 K przy 0,00612 bar; punkt krytyczny: 374,15 °C przy 221,2 bar

Para wodna składa się wtedy z mieszaniny bardzo drobnych kropelek wody i niewidocznej wody w fazie gazowej. Mieszaninę taką nazywa się parą mokrą (Rys. B.1.1-1 i B.1.1-2).

Powyżej punktu krytycznego para wodna i faza ciekła nie różnią się już od siebie gęstością i dlatego stan ten nazywany jest „nadkrytycznym”. Stan ten nie ma zastosowań w omawianych kotłach parowych.

Rys. B.1.1-1 Wykres fazowy

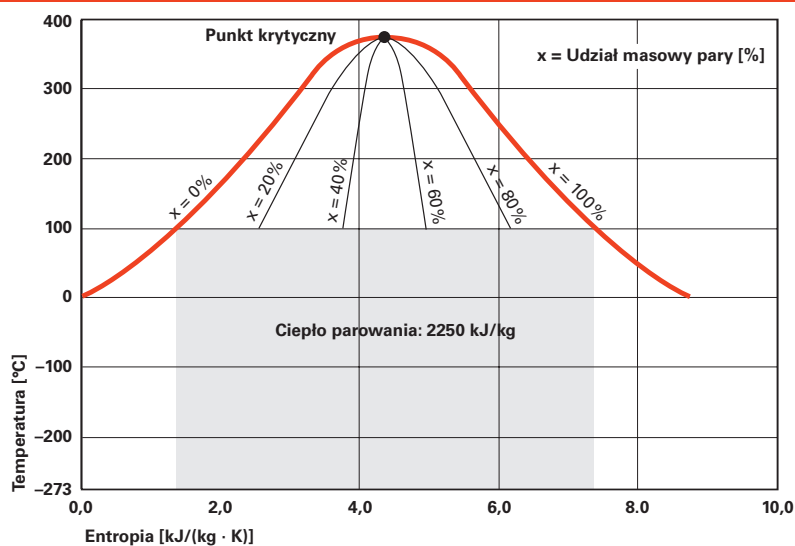


Para mokra, para nasycona,
para przegrzana

Poniżej punktu krytycznego para wodna jest w stanie „podkrytycznym”, przy czym znajduje się w równowadze z ciekłą wodą. Jeśli w tym obszarze, po całkowitym odparowaniu cieczy będziemy kontynuowali podgrzewanie ponad przypisaną temperaturę parowania, to powstanie „para przegrzana”. Ta postać pary wodnej nie zawiera już żadnych kropelek wody i pod względem

właściwości fizycznych jest niewidzialnym gazem. Obszar graniczny między parą mokrą a przegrzaną nazywa się „parą nasyconą lub, dla odróżnienia od pary mokrej nazywa się czasami „parą suchą”. Do tego stanu pary odnosi się większość wartości, podawanych w „Tablicach parowych” (patrz rozdział. G2 Tab. 2)

Rys. B.1.1-2 Wykres T-s



Zmiana stanu wody przy 100°C i ciśnieniu 1 bar

Na wykresie T-s obszar pary mokrej rozciąga się aż do punktu krytycznego w 374°C i 221,2 bar.

B.1 Czym jest para?

Rys. B.1.2-1 Parowar



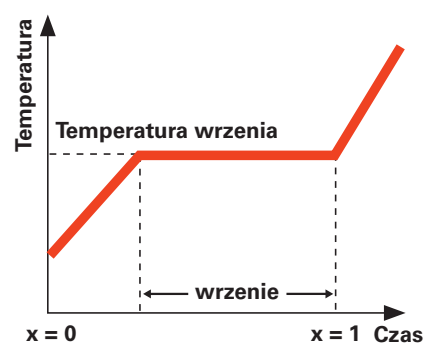
B.1.2 Entalpia

Zaletą pary, jako nośnika ciepła, jest pojemność cieplna, wyraźnie wyższa niż dla wody. Przy tej samej masie i temperaturze ilość ciepła zawartego w parze jest ponad sześciokrotnie większa, niż w wodzie. Wynika to z tego, że do odparowania wody konieczne jest doprowadzenie znacznej energii parowania, która pozostaje zachowana w parze i uwalnia się przy jej skraplaniu. Właściwość tę wykorzystuje się np. w parowarach. (Rys. B.1.2-1)

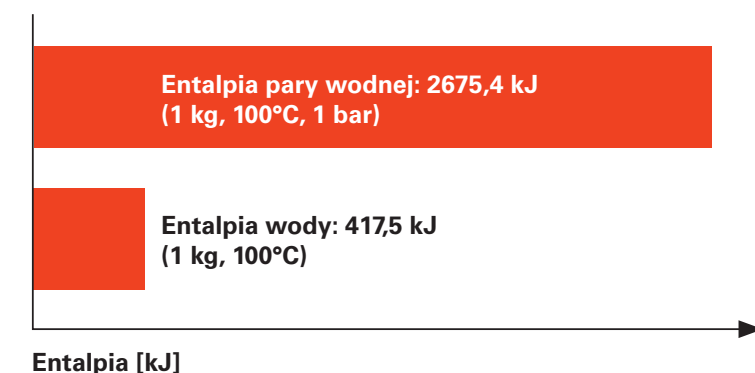
Do odparowania zawartości garnka potrzebny jest długi czas pobierania ciepła z płyty grzewczej kuchenki. Doprowadzana w tym czasie energia służy wyłącznie do odparowania, a temperatura wody wzgl. pary pozostaje w tym czasie stała (100 °C przy ciśnieniu normalnym). (Rys. B.1.2-2)

Na tym polega istotna zaleta pary, jako nośnika ciepła. Do przekazania tej samej, w porównaniu z wodą, ilości ciepła potrzebna jest sześciokrotnie mniejsza masa. (Rys. B.1.2-3)

Rys. B.1.2-2 Przebieg wrzenia



Rys. B.1.2-3 Entalpia



Rys. B.1.3–1 Instalacja kotła parowego



Słowenia/Novo Mesto,
zakład farmaceutyczny

B.1.3 Obszary zastosowań

Para wodna jest stosowana w wielu sektorach produkcji przemysłowej, jako nośnik energii oraz nośnik substancji chemicznych. Typowymi polami zastosowań są między innymi przemysł papierniczy i materiałów budowlanych, rafinerie, przemysł farmaceutyczny oraz przemysłowe przetwórstwo żywności. Para napędza także turbiny, wytwarzające energię elektryczną, wulkanizuje wyroby gumowe i sterylizuje opakowania.

Wytwarzanie pary wodnej w zastosowaniach przemysłowych i jej „obsługa” różni się w niektórych punktach zasadniczo od wytwarzania ciepła w technice grzewczej z użyciem wody, jako nośnika ciepła. Zwłaszcza wytwarzanie pary wysokoprężnej w zakresie dużych mocy wymaga specjalnego wyposażenia instalacji.

Typowe obszary zastosowań stacjonarnych instalacji parowych:

- turbiny parowe,
- ogrzewanie parowe (nośnik energii cieplnej),
- procesy chemiczne, jako nośnik energii lub nośnik reagentów
- przemysł spożywczy (produkcja soków, browary, produkcja makaronów i serów, mleczarnie, piekarnie przemysłowe), także do sterylizacji
- przemysł nawozów sztucznych,
- wulkanizacja wyrobów gumowych,
- w przemyśle farmaceutycznym, do sterylizacji oraz jako nośnik substancji terapeutycznych,
- przemysł materiałów budowlanych,
- przemysł papierniczy,
- rafinerie (do krakowania ropy naftowej),
- przemysł drzewny (do gięcia drewna),
- do wytwarzania próżni przez wyparcie powietrza i następne skroplenie pary.



StoVerotec, Niemcy, Vitomax 200-HS,
4t/h, 16 bar