

Uređuje: Kristijan Kovač

Primjena pare u procesnoj industriji

|| N. Bolf*

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za mjerenja i automatsko vođenje procesa
Savska cesta 16/5a
10 000 Zagreb

Para predstavlja plinovito stanje vode, a može nastati hlapljenjem, isparavanjem vode ili sublimacijom leda. Čista para je prozirani plin. Kod standardnog tlaka i temperature, čista para (bez miješanja sa zrakom, u ravnoteži s vodom) zauzima 1600 puta veći obujam od vode iste mase. U atmosferi, parcijalni tlak vode je niži od 1 atm, zato plinovita voda može postojati na temperaturi nižoj od 100 °C.

U kemijskoj procesnoj industriji para se obično upotrebljava u procesima grijanja, proizvodnje energije, atomizacije, čišćenja i sterilizacije, vlaženja, uklanjanja lakših ugljikovodika – stripiranja, odmaščivanja, katalitičkim procesima gdje smanjuje parcijalni tlak ugljikovodika, kao *lift*-medij za što učinkovitiji rad ciklona (*Fluid Catalytic Cracking – FCC*) i dr.

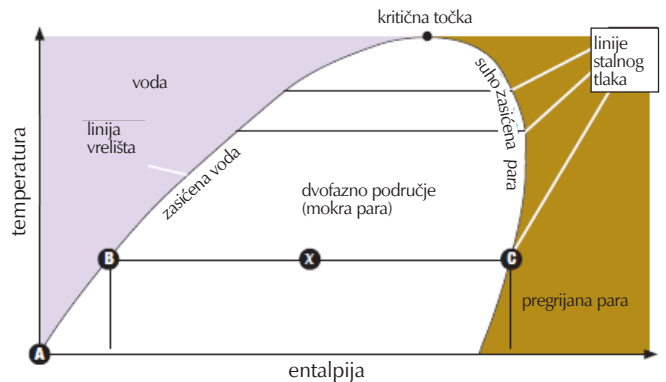
Tehnička proizvodnja pare u parnom kotlu provodi se izobarno. Proces zagrijavanja vode teče sve dok se ne dostigne temperatura pri kojoj počinje isparavanje. Ta se temperatura zove temperatura zasićenja ili vrelište, a ovisi jedino o tlaku pod kojim se voda nalazi.

Ovisnost o tlaku i temperaturi

Svojstva pare značajno se mijenjaju ovisno o temperaturi i tlaku na kojima se para nalazi. Para proizvedena pod višim tlakovima više je temperature i može prenijeti više energije, ali je za njezinu proizvodnju potrebno i više topline. Para s više energije po masi ima veću entalpiju. Entalpija predstavlja termodinamičko svojstvo koje se definira kao mjera unutarnje energija. Entalpija je mjera raspoložive energije tekućine, a proračunata je za široko područje radnih uvjeta pare i zasićene kapljevine. Te vrijednosti mogu se naći u tablicama, a grafički se prikazuju dijagramom temperatura-entalpija, slika 1.

Dvofazno područje

Voda se može grijati do temperature vrenja (točke A do točke B na krivulji) ovisno o tlaku na kojem se nalazi. Na točki vrenja za određeni tlak unos dodatne energije neće imati za posljednju daljnju promjenu temperature (sve dok tlak ostaje konstantan), a para kreće prema točki C na dijagramu. Para se na tom području naziva "mokra", budući da sadrži i vodenu paru i kapljice vode.



Slika 1 – Fazni dijagram temperatura vs. entalpija prikazuje vladanje i svojstva pare

Pri vrelištu na danom tlaku voda prelazi iz smjese od 100 % vode i 0 % pare sve do 0 % vode i 100 % pare. Mokra para sadrži određeni dio kapljica vode. 1 kg mokre pare sadrži x kg pare i $(1 - x)$ kg vode. Na primjer, za mokru paru koja je nastala iz 10 kg vode, a isparilo 8 kg vode, $x = 0,8$.

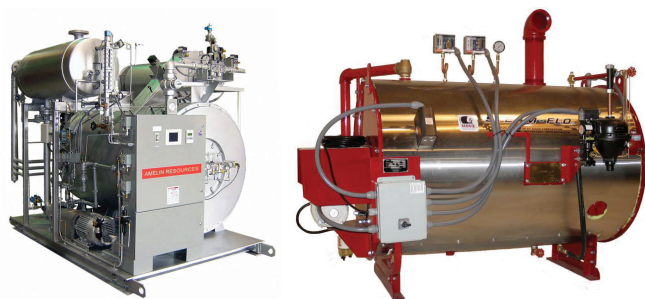
Ako se, pri danom tlaku dovede dovoljno topline za pretvaranje sve kapljevine u paru, para postaje zasićena (100 % pare, suha para u točki C). Stanje pare kada ispari i posljednja čestica vode, a temperatura je još uvijek jednaka temperaturi zasićenja za dani tlak, a obujam se znatno povećao, naziva se suhozasićena para.

Zasićena para ima nekoliko svojstava koje ju čine poželjnom u procesima zagrijavanja. Jedno od njih je velik koeficijent prijenosa topline pa je potrebna manja površina za prijenos topline iste topline. Kapacitet prijenosa topline zasićene pare znatno je veći od vode ili pregrijane pare. Iako je temperatura kipuće vode i zasićene pare u istom sustavu jednaka, para ima znatno veći sadržaj toplinske energije po masi. Daljnjim dodavanjem topline zasićenoj pari povećava se temperatura, pri čemu para dolazi u pregrijano područje, a para se počinje vladati kao realni plin i takva para naziva se pregrijana para. Pregrijana para je para s temperaturom većom od vrelišta kod istog tlaka. Pregrijana para upotrebljava se za pokretanje turbina kod proizvodnje električne energije, kao medij za stripiranje u sekciji stripiranja frakcijskih destilacija i pripadajućih stripir kolona bočnih produkata, za pokretanje procesnih pumpi pogonjenih srednjotlačnom ili visokotlačnom parom i za atomizaciju sirovine.

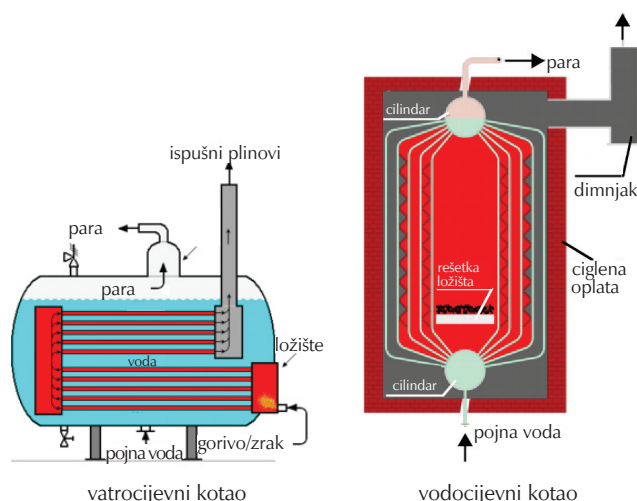
Industrijska praksa

Na postrojenjima kemijske procesne industrije općenito je poželjno upotrebljavati paru sa što manje vlage. Međutim savršeno suhu (zasićenu) paru u industrijskoj praksi praktički je nemoguće proizvesti. Kod proizvodnje u parnim kotlovima, turbulencije i prskanje stvaraju stanovitu količinu vlage iz neisparene vode što se prenosi u paru koja se distribuira u sustav. Gubitak topline zračenjem također uzrokuje kondenzaciju dijela pare, što zahtijeva primjenu parnih zamki (engl. *steam trap*).

* Izv. prof. dr. sc. Nenad Bolf
e-pošta: bolf@fkit.hr



Slika 2 – Industrijski generatori pare

Slika 3 – Prikaz parnih kotlova (Izvor: Wikipedia – <https://en.wikipedia.org/wiki/Boiler>)

Potrošači pare trebaju poznavati moguće probleme, kao što su korozija i naslage koje se javljaju zbog nečistoća u vodi, što kao posljedicu ima smanjen prijenos topline. Smanjena brzina prijenosa topline može se javiti zbog sloja kondenzirane vode koji formira film na površini za prijenos topline. Zbog toga što je toplinska vodljivost vode znatno niža od pare prijenos topline se smanjuje. Problemi se mogu javiti i zbog preopterećenja parnih zamki i tlačnih udara kad je količina kondenzirane vode prevelika.

Vrste pare

Na postrojenjima su uobičajene sljedeće vrste pare:

- *Para na postrojenju* (engl. *plant steam*) – naziva se i industrijska para i najčešći je oblik za indirektno grijanje u kemijskim postrojenjima. Razlikujemo paru niskog tlaka, 4 – 6 atm, paru srednjeg tlaka 13 – 16 atm i paru visokog tlaka od 40 atm.
- *Filtrirana para* (engl. *filtered steam*) – naziva se i “kulinarska” (engl. *culinary*) para. Filtrirana para proizvodi se prolaskom pare s postrojenja kroz visokodjelotvorne filtre za uklanjanje čvrstih i kapljevih čestica. Ona također ne smije sadržavati kemikalije s kojima se tretira voda iz kotla.
- *Čista para* (engl. *clean steam*) – za čistu paru potrebno je kontrolirati pojnu vodu u primjeni gdje se ne smije javiti kontaminacija.
- *Potpuno čista para* (engl. *pure steam*) – slična je čistoj pari, a primjenjuje se u procesima u kojima je bitna kvaliteta pare. Potpuno čista para mora zadovoljavati norme farmakopeja sa zahtjevom da ne sadrži bakterije ili mikroorganizme.

Izvori

1. www.chemengonline.com
2. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Para>
3. <https://en.wikipedia.org/wiki/Boiler>



15. festival znanosti

24. – 29. travnja 2017.

Festival znanosti uskoro će doživjeti i svoje jubilarno petnaesto izdanje. Do sada se ova manifestacija pokazala kao najkvalitetniji način populariziranja rada znanstvene zajednice, koja iz godine u godinu jednakim entuzijazmom na zanimljiv, pristupačan i zabavan način širokoj javnosti nudi uvid u svoj rad inače sakriven od očiju javnosti.

15. festival znanosti ove se godine održava od 24. do 29. travnja 2017., a glavna tema je **VRIJEME** i to u svim mogućim aspektima promatranja. No, kao i prijašnjih godina Festival se bavi i svim drugim znanstvenim temama koje bi mogle biti zanimljive i poučne širokoj javnosti. Ove je godine tako i 160. obljetnica rođenja Andrije Mohorovičića (1857. – 1936.). I ovogodišnji **15. festival znanosti** održava se pod visokim pokroviteljstvom Ministarstva znanosti i obrazovanja RH, a program će se odvijati na dvadesetak lokacija širom Hrvatske.

Dobrodošli i vi na **15. festival znanosti!**