

Prirodne radne tvari u rashladnoj tehnici

UGLJIČNI DIOKSID - NOVA I UJEDNO STARA RADNA TVAR

■ Darko PREBEG, dipl. ing.



Štetni utjecaji na razgradnju ozona i globalno zatopljanje, koji su nastali dugogodišnjom uporabom neprimjernih radnih tvari u rashladnoj tehnici, su pokrenuli svojevrsnu revoluciju istraživanja i razvoja rješenja koja će koristiti radne tvari s nikakvim ili zanemarivo malim utjecajima na okoliš. Zamjena potpuno i djelomično halogeniranih ugljikovodika fluoriranim ugljikovodicima te njihovim azeotropskim ili zeotropskim smjesama pokazala se dobrom s gledišta zaštite ozonskog omotača, ali nije bitnije smanjila opasnosti od remećenja toplinske ravnoteže Zemlje. Zato se današnja istraživanja u rashladnoj tehnici okreću pojačanoj primjeni prirodnih radnih tvari, čiji su najznačajniji predstavnici amonijak, ugljični dioksid, ugljikovodici, voda i zrak.

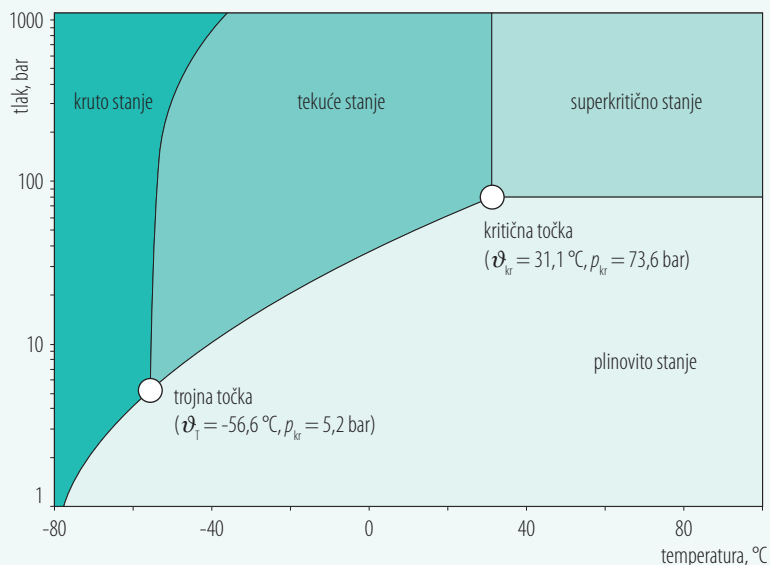
Ugljični dioksid je prirodan, bezbojan plin anorganskog podrijetla. U pravilu nije otrovan, iako u većim količinama izaziva gušenje, ne gori, nema okusa i mirisa (kod male koncentracije) i djeluje iritirajuće.

Njegov udio u atmosferi iznosi oko 0,04%, pri čemu dijelom nastaje iz prirodnih izvora (vulkana, oceana, šuma itd), a dijelom iz umjetnih izvora (dimnih i ispušnih plinova, požara i sl).

Ugljični dioksid

- *naziv:* ugljikov (IV) oksid
- *kemijska formula:* CO₂
- *oznaka radne tvari:* R744
- *molarne masa:* 44 kg/kmol.

Ilustracija 1
p-T fazni dijagram CO₂



Molekula CO₂ se sastoji od jednog atoma ugljika i dva atoma kisika. Kao plin je neutralan, kemijski vrlo stabilan i ima veliku gustoću (oko 2 kg/m³).

Trojna točka CO₂, u kojoj istodobno postoje sve tri njegove faze (kruta, tekuća, plinovita), odgovara tlaku 5,2 bar i temperaturi -56,6 °C, dok kritična točka odgovara tlaku 73,6 bar i temperaturi 31,1 °C (il. 1). Na atmosferskom tlaku CO₂ može postojati samo kao krutina ili plin, a isparava na temperaturi -78,4 °C pri tlaku 0,981 bar.

Neka njegova svojstva kao što su izravno isparavanje u plinoviti oblik, inertnost reakcija, velika topivost u vodi i sl. čine ga vrlo prikladnim za primjenu u prehrambenoj industriji, za obradu vode za piće i neutralizaciju otpadnih voda, u rashladnoj tehnici, prometu, za gašenje požara itd. Pri tome se koristi i u plinovitom i u kapljevitom i u krutom stanju (suhi led).

Za njegovu primjenu u rashladnoj tehnici, uz kemijsku oznaku CO₂, koristi se i oznaka radne tvari R744. U odnosu na neke druge radne tvari ima neke zanimljive značajke kao što su mnogo viši radni tlakovi pri nižoj temperaturi, uži raspon

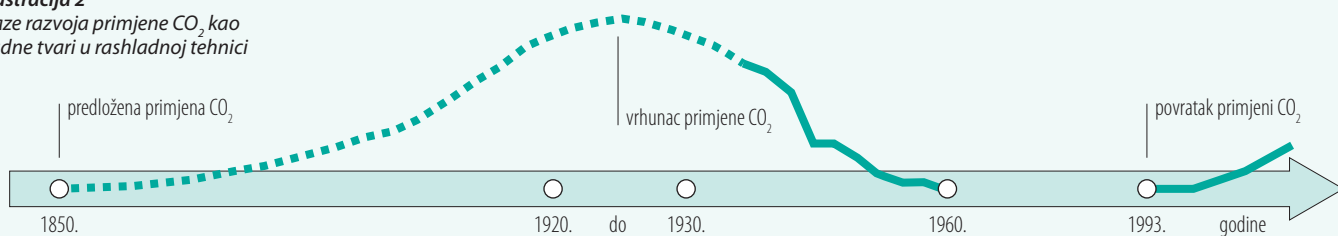
radnih temperatura, trojna točka kod mnogo višeg tlaka i kritična točka kod vrlo niske temperature. Stoga se kao radna tvar može koristiti i u potkritičnim i natkritičnim rashladnim sustavima, a njegov se klasični rashladni ciklus odvija u području temperatura i tlakova koji su niži od kritične, a viši od trojne točke.

Povijesni razvoj primjene CO₂

Učinke CO₂ iz vulkanskih para na ljudski organizam poznavali su još stari Rimljani. No, razliku CO₂ i zraka prvi je uočio švicarski znanstvenik Theophrastus Bombastus VON HOHENHEIM PARACELUS u prvoj polovici 16. stoljeća, dok ga je stoljeće kasnije kemijski definirao flamanski kemičar Jan Baptist VAN HELMONT. Doprinos razotkrivanju njegovih značajki u drugoj polovici 18. stoljeća dali su škotski fizičar Joseph BLACK i engleski kemičar Joseph PRIESTLEY, a ime mu je dao francuski fizičar Antoine-Laurent DE LAVOISIER. U prvoj polovici 19. stoljeća kritičnu točku CO₂ otkrio je francuski inženjer Charles Cagniard DE LA TOUR, a zatim ga laboratorijski u tekućem stanju prvi dobivaju engleski znanstvenici Humphry DAVY i Michael FARADAY, dok suhi led prvi dobiva francuski znanstvenik Charles THILORIER. U ukapljenom stanju je CO₂ prvi puta proizveden početkom osamdesetih godina 19. stoljeća u Njemačkoj, a njegova primjena je početkom 20. stoljeća proširena na pivarsku industriju.

Primjena CO₂ kao radne tvari u rashladnoj tehnici prvi puta je predložena sredinom 19. stoljeća, a prvi rashladni uređaj koji ga je koristio izveden je 1869. godine u SAD-u i služio je za smrzavanje mesa. U narednim desetljećima primjena CO₂ kao radne tvari postaje česta u proizvodnji sladoleda i smrznute hrane, brodskom prijevozu lakokvarive robe itd. (il. 2). Prvi kompresorski rashladni sustav s CO₂ kao radnom tvari izradio je 1881. godine njemački inženjer Carl VON LINDE (iako je osobno boljim rješenjem smatrao amonijak!). Nekoliko godina kasnije patentiran je rashladni sustav s CO₂ za proizvodnju leda, a najznačajniji doprinos daljnjem razvoju takvih sustava bio je patent prvog brodskog rashladnog kompresora. U posljednjem desetljeću 19. stoljeća u SAD-u započinju ubrzani razvoj i proizvodnja rashladnih sustava s CO₂, koji sve više zamjenjuje amonijak

Ilustracija 2
Faze razvoja primjene CO₂ kao radne tvari u rashladnoj tehnici



kao radnu tvar, što se nastavlja sve do pedesetih godina 20. stoljeća. No, tada sve više započinje uvođenje novih radnih tvari u rashladnu tehniku kao što su halogenirani ugljikovodici, odnosno freoni.

Načela učinkovite uporabe CO_2 kao radne tvari u rashladnim sustavima postavio je potkraj osamdesetih godina 20. stoljeća norveški znanstvenik Gustav LORENTZEN. Uz to, devedesetih godina prošlog stoljeća počinju intenzivnija razmišljanja o CO_2 kao odličnoj zamjenskoj radnoj tvari za do tada najviše korištene freone.

Prednosti i nedostaci

U usporedbi s drugim radnim tvarima u rashladnoj tehnici CO_2 ima niske troškove proizvodnje i zbrinjavanja. Uz to, ima znatno veći volumetrički faktor hlađenja od radne tvari R22 i amonijaka (čak 5 - 8 puta), što značajno smanjuje dimenzije uređaja pa je u pojedinim slučajevima bolje primarno tehničko rješenje. Optimalna temperatura za izmjenu topline kod primjene CO_2 kao radne tvari je $14\text{ }^\circ\text{C}$ (npr. za R134 a ona je čak $77\text{ }^\circ\text{C}$).

No, nepovoljne termodinamičke karakteristike, a ponajviše niska kritična temperatura ($31,1\text{ }^\circ\text{C}$) i visoki kritični tlak ($73,6\text{ bar}$), glavne su prepreke njegovoj većoj primjeni. Naime, kod viših vanjskih temperatura (npr. $35\text{ }^\circ\text{C}$) ne može doći do kondenzacije CO_2 u rashladnom krugu jer na toj temperaturi ne postoji ravnoteža para i kapljevina CO_2 , već samo pregrijana para ili plin. Da bi se rashladni proces tada mogao odvijati, treba imati hladnjak plina (to nije kondenzator!). Isparavanje se tada odvija u zasićenom području, a odvođenje topline na vrijednostima većim od kritične točke ($31,1\text{ }^\circ\text{C}$, $73,6\text{ bar}$), zbog čega se i proces naziva transkritičnim.

Kod nižih temperatura CO_2 ima dobra uporabna svojstva, ali ipak nije potpuna zamjena za amonijak, no odličan je za primjenu u kaskadnim rashladnim sustavima, gdje se u kaskadi s višim tlakovima i temperaturama koriste neke druge radne tvari (npr. amonijak, R134 a).

Sadašnjost i budućnost njegove primjene svakako su veći komercijalni rashladni sustavi, posebice u hipermarketima i supermarketima i uz uporabu odgovarajućih osjetnika propuštanja, kada su zahtijevaju temperature niže i od $-40\text{ }^\circ\text{C}$. Radni tlakovi pri tome mogu iznositi i do 40 bar , a razvijaju se komponente rashladnih sustava koji će omogućiti radne tlakove 52 bar pa i više. ■

Napomena:

Članak je, zapravo, nastavak serijala o primjeni prirodnih radnih tvari u rashladnoj tehnici, čija su prva dva dijela objavljena u brojevima časopisa EGE 4/2012 i 5/2012.