

# NASVETI

## VAKUUMSKA IMPREGNACIJA

Vakuumsko impregnacijo (prepojitev) uporabljamo povsod tam, kjer želimo neko porozno snov ali predmet utrditi ali pa zaščititi pred kvarnim vplivom atmosfere, predvsem pred vlago. Le-ta je v mnogih primerih povzročitelj spremembe fizikalnih in kemijskih lastnosti snovi. Za zgled vzemimo npr. navitja elektromotorjev in transformatorjev, kjer lahko vlaga povzroči električne preboje med navitji in s tem njihovo poškodovanje ali uničenje. Podobno velja tudi za druge elektrotehnične elemente (dušilke, kondenzatorje, elektronska vezja itd.). Pri lesu in drugih organskih snoveh uporabljamo impregnacijo zato, da bi preprečili njihov razpad zaradi kemijske preobrazbe ali razkrojnega delovanja mikroorganizmov. Pri poroznih kovinah želimo z impregnacijo zapolniti drobne luknjice ali pore z impregnantom in tako preprečiti oksidacijo (npr. rjavenje pri izdelkih, sintranih iz železnih prahov). Naštevanje primerov, kjer je vakuumska impregnacija potrebna, bi nas zavedlo predaleč, saj jo najdemo v različnih oblikah predvsem v elektro industriji, lesnopredelovalni, papirni, usnjarski in tekstilni industriji, v konzervatorstvu itd.

Vakuumska impregnacija se od klasične oblike impregnacije (pri atmosferskem tlaku) razlikuje po tem, da omogoča temeljito prepojitev neke snovi ali predmeta z impregnantom (prepajalom). Je neločljivo povezana z vakuumskim sušenjem, ki je njena predhodna faza. Ni si mogoče zamisliti uspešne prepojitve, če prej iz por, luknjic, razpok, kapilar, ki tvorijo z masivnimi delci snovi tki. porozno strukturo, ne odstranimo zraka in vlage. Z zrakom opravimo zelo enostavno, vlaga pa nam dela mnogo preglavic. Zato si najprej nekoliko oglejmo **vakuusko sušenje**.

Navadno ga uporabljamo, ko je snov, ki jo želimo osušiti in nato impregnirati (prepojit), občutljiva za visoke temperature, pri katerih bi lahko prišlo do fizikalnih ali kemijskih sprememb. Sušenje v vakuumu je torej odstranjevanje (odparevanje) nezaželene vlage, tj. vode ali topil oz. hlapnih substanc, in odplinjevanje ali odstranjevanje adsorbiranih in absorbiranih plinov. Vendar mislimo, kadar govorimo o sušenju, le na odstranjevanje vlage, tj. vode, ki jo moramo najprej upariti, nastalo paro odstraniti, če pa jo je veliko, pa celo kondenzirati v posebnih zgoščevalnikih (kondenzorjih). V vakuumski tehniki razlikujemo dva načina sušenja oz. odstranjevanja vlage.

Prvi način obsega področje nad zmrziščem vode, tj. nad 0°C, kjer le-ta iz tekočega agregatnega stanja prehaja v plinasto oz. parno fazo zaradi znižanega okoliškega tlaka (vakuuma), vakuumske črpalke pa jo nato odstranijo iz sušilno-impregnacijske komore (Obvezna je uporaba dodajanja zraka, tki. "gasbalasta", pri oljnih rotacijskih črpalakah.).

Drugi način obsega področje pod zmrziščem vode, navadno od 0 do -60°C, kjer vodna para sublimira iz ledu. Ta postopek imenujemo vakuusko sušenje v zmrznjenem stanju ali liofilizacija (angl. freeze-drying), ki pa ga pri impregnacijah (vsaj zavestno) ne uporab-

ljamo. Zgodi pa se lahko samodejno, če prehitro izčrpavamo vlago in temperatura snovi pade pod zmrzišče. (Uporaba liofilizacije je znana v farmacevtski in prehrabni industriji, v medicini itd.). Za odparevanje vode je namreč potrebna izparilna toplota, torej energija, ki se v vakuumu najprej odvzema iz snovi same, pri čemer se začne zniževati njena temperatura. Če ne želimo, da se snov pretirano ohladi, da temperatura ne zdrkne pod zmrzišče, ji moramo dovajati toplotno energijo, tako da med postopkom vzdržujemo konstantno hitrost odparevanja.

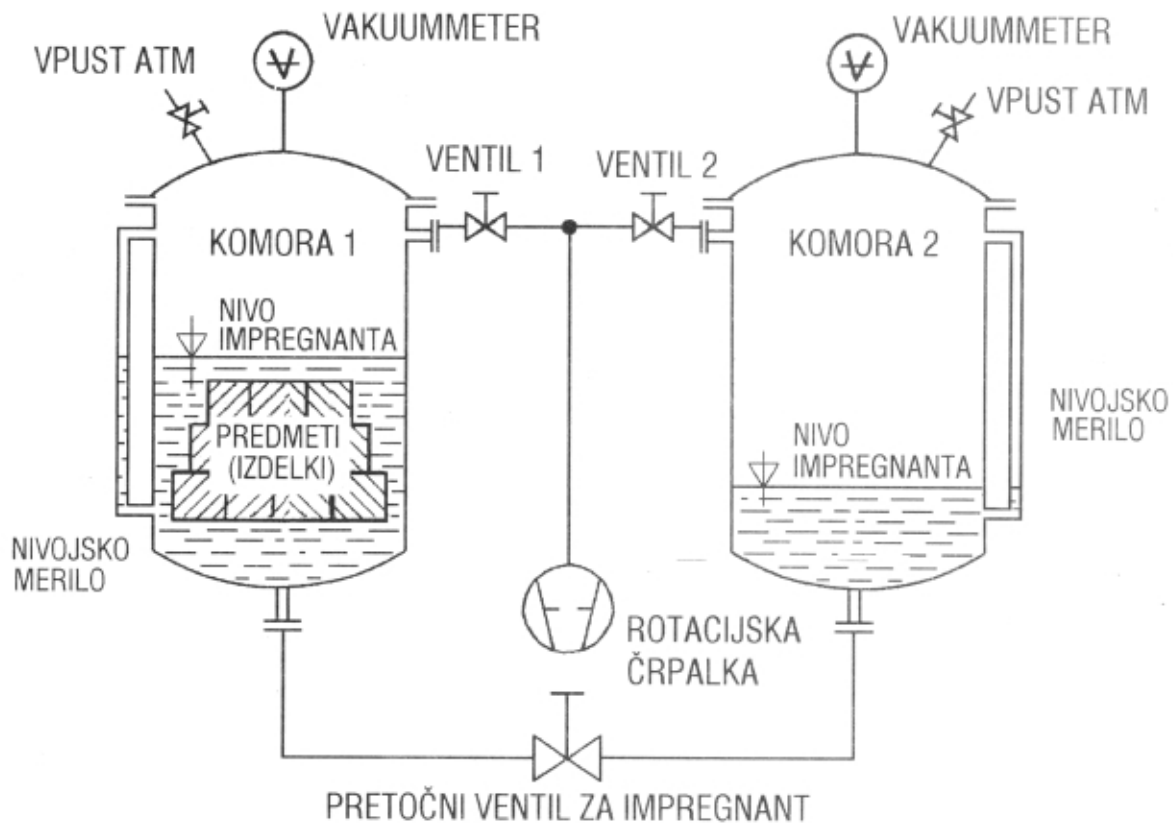
Vsaka snov ima nekatere svojske značilnosti zadrževanja vlage. Organske snovi, kot je npr. les, imajo strukturo, ki je preprežena z ozkimi kanali, velikosti premera vodnih molekul. Take snovi moramo tudi pri "dobrem" vakuumu dobro pregrevati, da dobe vodne molekule, ki se zagozdijo v teh kanalih, dovolj energije, da pridejo na površje in odparijo. Postopki sušenja so navadno dolgotrajni; več ur ali dni evakuiranja in pregrevanja.

Enako kot za sušenje snovi pred impregnacijo velja tudi za sušenje impregnanta, ki je navadno v tekočem stanju (olja, aralditi ali druge organske smole, laki, vinil acetati, polivinil butirali ...) ali v trdnem stanju (stearini, voski), ki jih je potrebno "spremeniti" v tekočo obliko (voske s segrevanjem do npr. 100°C, druge snovi z raztapljanjem v topilih) posebej, torej ločeno (navadno v drugi vakuumski posodi) od snovi, ki jo hočemo impregnirati.

### Vakuumska impregnacijska naprava

Osnova vsake vakuumske sušilno-impregnacijske naprave je črpalka oz. črpalni sistem. Najpogosteje uporabljamo rotacijske črpalke, enostopenjske ali dvostopenjske, tudi kombinacije z Rootsovimi in difuzijskimi črpalkami, odvisno od tega, kakšen vakuum hočemo doseči, ali bolje rečeno, kako temeljito hočemo osušiti snov in impregnant pred impregnacijo (zalitjem z impregnantom). Vakuusko sušimo v območju, ki je nekoliko mbar pod atmosferskim tlakom do 1 mbar (tki. področje grobega vakuuma), za zahtevnejše primere, kjer naj bi v snovi ostalo manj kot nekaj ppm (delcev na milijon ali deset tisočink odstotka) vlage, pa je potreben visoki vakuum ( $10^{-3}$  do  $10^{-7}$  mbar).

Shematski prikaz preproste vakuumske impregnacijske naprave je podan na sl. 1. Celoten postopek je naslednji: najprej evakuiramo komoro 1 (črpalka deluje, ventil 1 je odprt), v kateri je snov, ki jo dodobra degaziramo (odplinimo, razplinimo) in izsušimo. Nato preusmerimo črpanje na komoro 2 (ventil 1 zaprt, ventil 2 odprt) z impregnantom in storimo enako. Ko je oboje razplinjeno in osušeno, odpremo pretočni ventil. Iz komore 2 se začne pretakati impregnant v komoro 1 in v njej zalije postavljene predmete. Pretakanje lahko pospešimo, če v komori 2 povišamo tlak (z vpustom atm). Ko je zalitje končano, zapremo pretočni ventil in



Slika 1: Vakuumska impregnacijska naprava (dvokomorna)

spustimo zrak v komoro 1 do atmosferskega tlaka. Ta pritisne impregnant v vse proste pore, luknje, kapilare predmetov. Tako ostanejo zapolnjene, atmosferski zrak vanje nima več pristopa. Nato evakuiramo komoro 2 in tja z vakuumom "potegnemo" preostanek impregnanta, kjer bo počakal na drugo, tretje itd. zalivanje. Delo lahko pospešimo in tudi v drugo komoro postavimo predmete za impregnacijo, jih vakuumsko osušimo in zalijemo pod vakuumom z impregnantom, ki ga "preselimo" iz prve komore v drugo, s tem da odpremo pretočni ventil.

V praksi pogosto opažamo nekatere grobe napake pri vakuumskem sušenju, na katere bi vas radi opozorili. Našteli bomo samo tri glavne.

1. Prva napaka je plod nestrokovnega razmišljanja, češ da je vsak "vakuum" dovolj dober. Profesionalne naprave imajo sicer vgrajene merilnike, ki se po daljšem obratovanju pokvarijo oz. se njihova kalibracija s časom spremeni. Rezultat je spremenljiva kvaliteta sušenja oz. vsebnost preostale vlage v snovi oz. predmetih in z njo povezana spremenljiva kvaliteta prepojitve ali impregnacije.
2. Drugo napako navadno zagrešijo vakuumsko ne najbolj izobraženi "projektanti", kasneje pa še vzdrževalci, ki dopuščajo velike netesnosti, posebno na tesnilnih površinah. Kljub najboljšim črpalkam ni mogoče doseči optimalnega tlaka oz. razmer za sušenje. Časi sušenja naraščajo, ali pa se snovi sploh ne da osušiti do zahtevane stopnje vlažnosti.

Vedno je rezultat slaba kvaliteta impregnacije oz. slab izdelek.

3. Niso vse črpalke primerne za vse vrste impregniranja. Če ima npr. tekoči impregnant visok parni tlak (hlapna topila, razredčila), potem ne smemo uporabljati oljne rotacijske črpalke, ker takoj uničimo olje, ki ima sicer funkcijo mazanja in tesnjenja. V takem primeru je še najbolje uporabiti membranske črpalke ali tiste z vodnim obročem (pri nas jih izdeluje Litostroj), seveda pa je končni tlak, ki ga te črpalke dosežejo, precej višji od rotacijskih, torej tudi ne moremo pričakovati, da bo osušitev predmetov zares dobra.

Vakuumske impregnacijske naprave niso univerzalne, pač pa so zgrajene za vsak primer uporabe posebej, pri čemer projektanti upoštevajo vse zahteve kupca, med katere spadajo tako tehnične (vakuum, residualna vlaga, vrsta impregnanta, dovoljena temperatura pri pregrevanju, čas za eno impregnacijo itd) kot ekonomske (število impregniranih kosov na časovno enoto, poraba in vrsta dovedene energije) in ekološke (toksičnost impregnantov. Spomnimo se zloglasnega impregnanta za kondenzatorje PCB v Semiču).

Dr. Jože Gasperič,  
Institut "J. Stefan",  
Jamova 39, 61000 Ljubljana