

Sušenje (procesi in naprave)

Odon Planinšek

1

Sušenje –

1 Evaporacija ali sublimacija topila

2 odstranjevanje topila v parni fazi

Sušenje

SUŠIMO: vlažne delce, raztopine in suspenzije

Najpogosteje odstranjujemo vodo, redkeje organska topila

Sušenje-definicije

Vsebnost vlage v vlažni trdni snovi

Kilogrami vode v 1 kg suhe snovi.

Voda v vlažnem vzorcu

-nevezana

-vezana

Sušenje-definicije

Vsebnost vlage v zraku

Kilogrami vode v 1 kg suhega zraka (zraka brez vode).

Relativna vlažnost zraka

$$\text{odstotek relativne vlažnosti} = \frac{\text{parni tlak vodne pare v zraku}}{\text{parni tlak nasič. vodne pare v zraku}} \times 100$$

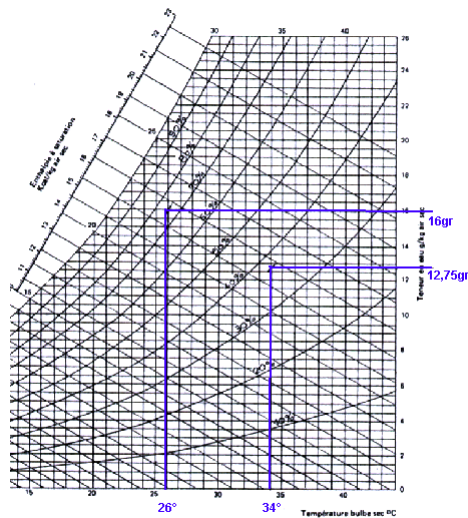
Vsebnost vlage v zraku pri konstantni temperaturi

$$\text{vsebnost vlage} = \frac{\text{masa vodne pare v 1kg suhega zraka}}{\text{masa vodne pare potrebne za nasičasič 1kg suhega zraka}} \times 100$$

Treba je razlikovati med vsebnostjo vlage in relativno vlažnostjo zraka (Mollierov diagram)

Mollierov diagram

Različne temperature, pri katerih se vodna para spremeni v kondenzat, je glede na različne vrednosti relativne zračne vlažnosti in temperaturo zraka mogoče tudi grafično prikazati.



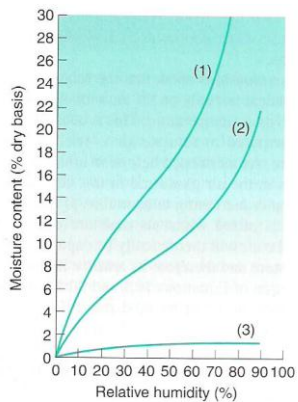
Sušenje

Težave do katerih lahko pride pri sušenju

Med sušenjem se lahko temperatura in vsebnost vlage v zraku za sušenje zelo spreminjata.

Sušenje-definicije

Slika prikazuje ravnotežja, ki kažejo koliko vlage je v vzorcu pri različni relativni vlažnosti zraka pri temperaturi 20°C.



Typical equilibrium moisture contents at 20°C.
(1) Starch-based materials. (2) Textiles and fibrous materials.
(3) Inorganic substance, such as kaolin.

Sušenje

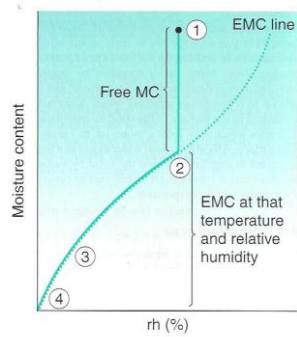


Fig. 20.2 Loss of water from a solid solid. The wet solid starts



Načini sušenja

Izbira metode je odvisna od:

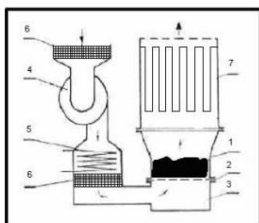
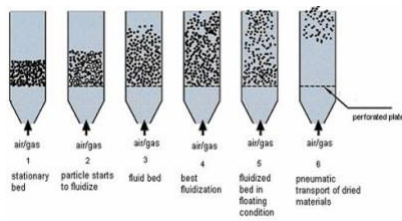
- Občutljivosti snovi, ki jo sušimo na povišano temperaturo
- Fizikalne lastnosti snovi
- Narava tekočine, ki jo odstranjujemo
- Velikost vzorca
- Potrebe po aseptičnih pogojih
- Vira toplote

Načini sušenja

Za uspešno in učinkovito sušenje je potrebno:

- Velika površina za prenos toplote
- Učinkoviti masni transport uparjene vode zaradi povišane temperature stran od sušečega se vzorca in z ustrezno turbulenco zraka za minimizacijo debeline vezane plasti vode
- Odstranjevanje plinaste faze z vodo kar dosežemo z učinkovitim pretokom zraka s primerno hitrostjo

KONVEKCIJSKO SUŠENJE Sušenje – v zvrtnih plasteh



1. = vessel or chamber
2. = gas distributor
3. = plenum chamber
4. = blower
5. = heater
6. = filter
7. dust collector



Sušenje – v zvrtničenih plasteh

PREDNOSTI

- 1 Učinkovit prenos toplote in mase in kratek čas sušenja delcev. Segrevanje delcev je minimalno.
- 2 Sušenje delcev je enakomerno in poteka s konstantno hitrostjo.
- 3 Temperaturo v posodi kjer poteka sušenje lahko dobro nadziramo.
- 4 Turbulenca v posodi povzroča trenje med delci zaradi česar postanejo bolj sferični s izboljšanimi pretočnimi lastnostmi.
- 5 Zaradi prostega gibanja delcev ni prehoda raztopljene snovi z enega delca na drugega.
- 6 Ni agregacije delcev.
- 7 opremo za sušenje lahko prosto premikamo po prostoru.
- 8 zaradi kratkega časa sušenja je kapaciteta sušenja zelo velika.

SLABOSTI

- 1 Zaradi trenja med delci pride do prašenja.
- 2 fine delce moramo loviti na filtru, da ne pobegnejo iz posode za sušenje.
- 3 Med sušenjem se tvori statična elektrika, kar lahko pri uporabi organskih topil povzroči eksplozijo.

KONVEKCIJSKO SUŠENJE Sušenje – z vrtničastim zrakom

Prisilna konvekcija toplote, prenos toplote je posledica gibanja v tekočini, ki izhaja iz številnih drugih sil, kot je npr. ventilator Konveksijska pečica deluje tako, da s prisilno konvekcijo hitro kroži vroč zrak sili toploto v snov hitreje, kot bi se zgodilo zaradi preprostega ogrevanja brez ventilatorja.



KONDUKCIJSKO SUŠENJE

Sušenje-vakuumsko sušenje



RADIACIJSKO SUŠENJE

Sušenje – z mikrovalovi

Table 30.1 Microwave energy loss factors for some pharmaceutical solvents and excipients

Material	Loss factor
Methanol	13.6
Ethanol	8.6
Water	6.1
Isopropanol	2.9
Acetone	1.25
Maize starch	0.41
Magnesium carbonate	0.08
Lactose	0.02



RADIACIJSKO SUŠENJE

Sušenje – z mikrovalovi

PREDNOSTI

- 1 Hitro sušenje pri relativno nizkih temperaturah
- 2 Dobra termična učinkovitost
- 3 Aparat je stacionaren tako, da ni prašenja
- 4 Sušenje vlažne mase je zaradi majhne migracije topljenca majhno
- 5 Vse lastnosti glede varnosti so vgrajene v aparat za sušenje
- 6 Končno točko sušenja lahko določimo z merjenjem rezidualne energije mikrovalov (ko T zela naraste topila za uparavanje ni več na razpolago)



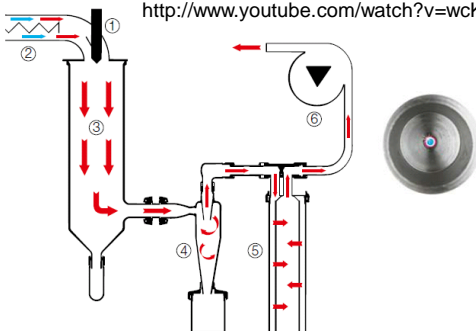
SLABOSTI

- 1 Žarža za proizvodnjo je relativno majhna
- 2 Operater zaradi zdravstvenih razlogov ne sme priti v stik s sevanjem

SUŠENJE RAZTOPIN IN SUSPENZIJ

Sušenje-razprševalno sušenje

http://www.youtube.com/watch?v=wcKd_WKtmes&feature=related

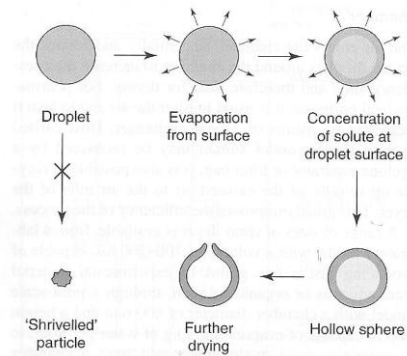


- ① Two-fluid nozzle, operated by compressed air to disperse the solution into fine droplets
- ② Electric heating of the drying medium
- ③ Spray cylinder for drying the droplets to solid particles
- ④ Separation of the particles in the cyclone
- ⑤ Outlet filter to remove fine particles
- ⑥ Aspirator for generating the flow



Sušenje-razprševalno sušenje

http://www.youtube.com/watch?v=wcKd_WKtmes&feature=related



Sušenje – razprševalno sušenje

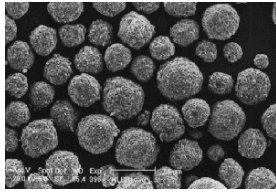
PREDNOSTI

- 1 Iz šobe prileti na milijone majhnih kapljic, ki imajo veliko specifično površino kar omogoča hiter prenos toplote in mase tako da se kapljica posuši v delčku sekunde.
- 2 Ker je odparevanje hitro kapljice ne dosežejo visoke temperature. Večina toplote se porabi za odparevanje.
- 3 Suh produkt ima veliko nasipno gostoto. To je povezano tudi s hitrim raztapljanjem posušenih delcev.
- 4 Odvisno od šobe je lahko velikose posušenih delcev enaka
- 5 Nastanejo ogroglji delci z dobimi pretočnimi lastnostmi in stisljivostjo
- 6 stroški izdelave so nizki, saj v enem koraku iz raztopine dobimo produkt z ustreznimi lastnostmi.
- 7 proces lahko izvajamo tudi kontinuirano

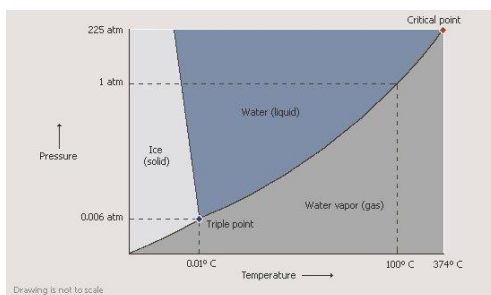
Sušenje – razprševalno sušenje

SLABOSTI

- 1 Oprema zavzame veliko prostora, v popolni izvedbi je draga
- 2 Toplotni izkoristki so slabi, saj mora imeti izhodni zrak dovolj visoko temperaturo, da ne pride do kondenzacije vlage. Velik volumen zraka, ki potuje skozi posodo ne prihaja popolnoma v stik s kapljicami in ne prispeva k sušenju



Sušenje z zamrzovanjem-liofilizacija



- Za liofilizacijo so potrebni trije koraki
- 1 zamrzovanje raztopine
 - 2 znižanje tlaka nad ledom pod trojno točko (za vodo)
 - 3 segrevanje, ki omogoča sublimacijo



Sušenje z zamrzovanjem-liofilizacija

PREDNOSTI

- 1 Sušenje poteka pri nizkih temperaturah kar preprečuje kemijsko razgradnjo spojine.
- 2 Končni produkt ima po sušenju enako prostornino kot raztopina na začetku, kar pomeni, da je porozen.
- 3 Porozna struktura produkta omogoča njegov dobro raztapljanje.
- 4 Med sušenjem ne prihaja do koncentriranja raztopine. Zaradi tega ne prihaja do denaturacije beljakovin.
- 5 Stik s kisikom je minimalen s čimer je zmanjšana oksidacija.

SLABOSTI

- 1 Produkt je zelo higroskopen, zato ga je treba zaščititi pred vlago.
- 2 Proces je počasen in drag zato ga uporabljamo le ko ga moramo.