

Dobszárítók hőtechnikai méretezése

Thermotechnical dimensioning of drum dryers

POÓS Tibor
Ph.D. hallgató

Dr. ÖRVÖS Mária
egyetemi docens

BME Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék, poos@vegyelgep.bme.hu, +36/1 463-2529.

Abstract

Drum dryer are often used for moisture reduction of granulated material and wet sludge from municipal or industry waste water. Moisture reduction and thermal treatment can be done in agitated drum dryers or in rotating drum, where convective heat transfer can be helped by contact heating jacket. For the description of simultaneous heat and mass transfer in the dryer, mathematical model was created for the investigation the influence of the operating parameters. The mathematical model and the transfer coefficients make it possible to calculate the main drum dryer parameters.

Összefoglaló

Szemcsés és pasztaszerű anyagok nedvességtartalmának csökkentésére gyakran alkalmaznak olyan dobszárítókat, ahol a hőközlést konvektív levegőáramláson kívül köpenyoldali kontakt hőközlés is segítheti. A szárító méreteinek meghatározása olyan matematikai modell segítségével lehetséges, amelyhez szükségesek a térfogati hő- és anyagátadási tényezők ismerete. Módszert dolgoztunk ki szemcsés anyagok a térfogati hő- és anyagátadási tényezőinek meghatározására. A matematikai modell és a térfogati hő- és anyagátadási tényezők lehetővé teszik kevert dobszárítók méretezését.

Kulcsszavak

keverős szárító, dobszárító, hő- és anyagátadás, kontakt-konvektív szárítás

1. BEVEZETÉS

A dobszárítókat elterjedten alkalmazzák az ipar számos területén különböző szemcsés és nagyviszkózitású anyagok szárítására. Folyamatos üzeműek és segítségükkel nagy mennyiség szárítható. Ezek a szárítóberendezések gyakran megtalálhatóak vegyipari, élelmiszeripari, petrokémiai, gyógyszeripari és különböző nehézipari területeken (ércbányászat, stb.).

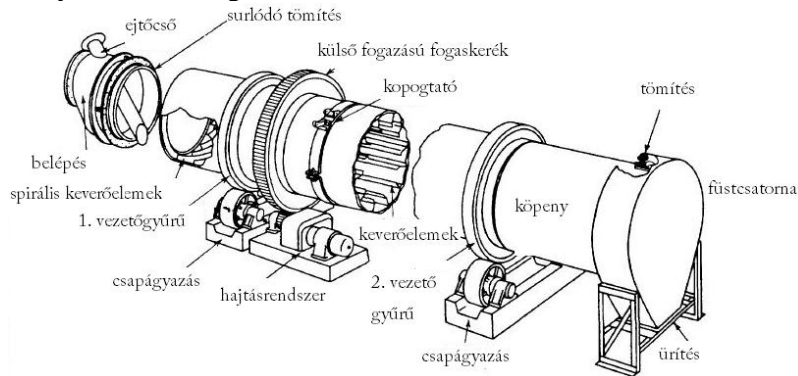
2. DOBSZÁRÍTÓ ALKALMAZÁSOK ÉS KIALAKÍTÁS

A szárítási folyamat során az anyag folytonosan keveredik, ezért rendkívül kedvezőek a hő- és anyagátadási folyamatok, illetve az energiafelhasználás. A szárítandó anyag keverése kétféleképpen történhet: vagy a dob forog, vagy az álló dobben keverőelem mozgatja az anyagot. Mivel számos területen hasznosítható ez a berendezés, konstrukciós kivitelük és üzemeltetési tulajdonságaik is többféle lehetnek. Lehetnek közvetett és közvetlen fűtésűek, egyenáramú és ellenáramú berendezések.

2.1. Forgó dobszárító

Ezek a berendezések kerületükön ágyazott, forgó csövek, tengelyük enyhén lejt (0,5-6°-ot). A szárítandó anyag betáplálása és elvétele többféle módszerrel történhet (tányéros-, csigás-, vibrációs-, cellásadagoló, stb.). Főleg nagy mennyiségű, nedves, ömleszthető anyagok nagy hőmérsékleten történő szárítására használják. A forgó dobben mindig találhatóak terelőlemezek, melyek feladata az anyag szétterítése, átkeverése, felemelésének és visszahullásának elősegítése, illetve a szárítógázzal érintkező

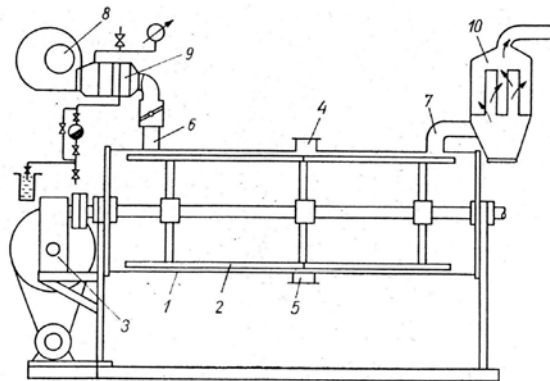
felület mértékének növelése. A visszatartott anyagmennyiség a fordulatszám, a belső kialakítás, a lej-tés mértékének és a betáplált anyagáramnak, a gázáram nagyságának és irányának a függvénye. A szárítási idő a fordulatszám, betáplált anyagmennyiség, a szárítógáz hőmérsékletének és sebességének változtatásával szabályozható. A forgó dobszárító szerkezeti elemeit az 1. ábra mutatja.



1. ábra
Dobszárító elvi felépítése

2.2. Keverős dobszárító

A keverőelemmel ellátott dobszárítónál a dob áll, a berendezés belsejében található keverőelem végzi az anyag átmozgatását, átkeverését. Így a keverőelemek a szárítandó anyagot ismételten felemelik, így közvetlen érintkezésbe hozzák a szárítógázzal. A keverős berendezés felépítését, szerkezeti elemeit a 2. ábra mutatja.



2. ábra
Keverős dobszárító elvi felépítése

(1: dob; 2: keverőszerkezet; 3: hajtómű; 4: anyagbeadagolás; 5: ürítőnyílás;
6: levegő bevezetés; 7: levegő elvezetés; 8: ventilátor; 9: kalorifer; 10: zsákos porleválasztó)

3. MÉRETEZÉSI MÓDSZER

A dobszárítók hőtechnikai méretezésének szempontjából két fő típust különböztetünk meg:

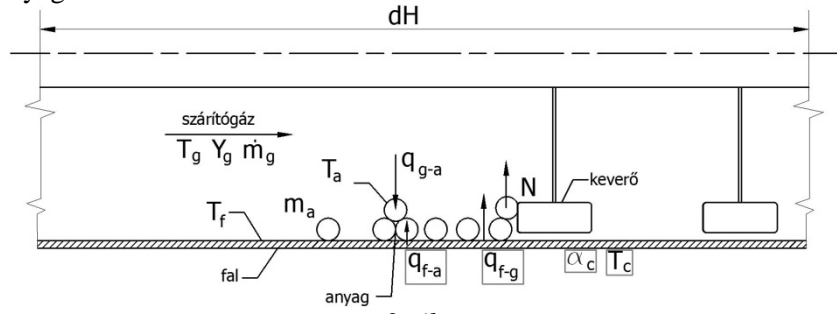
Konvektív

Konvektív fűtésnél a dobon átáramló szárítógázt értjük, melyet az iparban direkt vagy indirekt módon fűtenek. A direkt fűtés kőszén, gáz vagy olaj közvetlen tüzelésével történik. A tüzelőanyag bekerül az égetőbe, ahol összekeveredik a levegővel és nagy hőmérsékletű gázt hoz létre. Ezután a nagy hőmérsékletű gáz kerül bevezetésre a dobba egyen- vagy ellenirányba a szilárd anyag áramlásával. A gáz hőmérsékletének szabályozása a környezeti gáz hozzákeverésével történik. Direkt fűtésnél a termék tisztaságát nem lehet biztosítani. A dob közvetett fűtésénél hőcserélővel tudnak tiszta fűtőlevegőt előállítani. Élelmiszeriparban közvetett és közvetlen elektromos fűtést is használnak [1].

Kontakt-konvektív

Ennél a fűtési módnál a konvektív fűtésen kívül a dob falát is fűtik köpenyoldalról gőzzel, elektromosan vagy fűtőgázzal.

A 3. ábrán láthatók a dobszárító elemi részére felírt hő- és anyagátadási paraméterek. Kontakt-konvektív hőátadásnál az összes paraméter érvényes, míg konvektív hőátadásnál a szürke keretbe foglalt értékek elhanyagolhatóak.



3. ábra
Egyenáramú modell

3.1. Matematikai modell konvektív dobszárítóra

A dH elemre felírható hőmérleg:

$$-\dot{m}_g \cdot c_{ng} \cdot dT_g = \alpha(T_g - T_F) \cdot dA_\epsilon \quad (1)$$

A szárító egy adott elemi részének a térfogata:

$$dV = A_q \cdot dH \quad (2)$$

A fajlagos érintkező felület:

$$a = \frac{dA_\epsilon}{dV} = \frac{dA_\epsilon}{A_q \cdot dH} \quad (3)$$

$$dA_\epsilon = a \cdot A_q \cdot dH \quad (4)$$

A (1) és (4) összefüggéseket felhasználva a hőmérleg:

$$-\dot{m}_g \cdot c_{ng} \cdot dT_g = \alpha(T_g - T_F) \cdot a \cdot A_q \cdot dH \quad (5)$$

A (5) egyenletből dH -t kifejezve, a szárító hossza:

$$H = \int_{H=0}^{H=H} dH = \int_{T_{gbe}}^{T_{gki}} -\frac{\dot{m}_g c_{ng}}{\alpha \cdot a \cdot A_q} \cdot \frac{dT_g}{T_g - T_F} \quad (6)$$

3.2. Matematikai modell kontakt-konvektív dobszárítóra

Kontakt-konvektív hőközlést megvalósító szárítók hő- és anyagátadási folyamatainak modellezésére olyan módszert ismertettek, amely figyelembe veszi a szárítógázzal érkező, valamint a falon keresztül érkező hőáramot is [2].

Az 3. ábrán látható egyenáramú modell elemi részére felírható hő- és anyagmérlegek segítségével levezethető a szárítógáz és a száradó anyag hőmérsékletének és nedvességtartalmának alakulása a szárító hossza mentén.

A szárítógáz nedvességtartalmának megváltozása a szárítódob hossza mentén:

$$\frac{dY_g}{dH} = \frac{\sigma a_{g-a} A_q}{\dot{m}_g} (Y_F - Y_g) \quad (7)$$

A szárítógáz hőmérsékletének megváltozása a szárítódob hossza mentén:

$$-\frac{dT_g}{dH} = \frac{A_q}{\dot{m}_g c_{ng}} \left[\alpha_{g-a} a_{g-a} (T_g - T_F) - k_{kv} a_{f-g} (T_{göz} - T_g) \right] + \frac{c_{pWG}}{c_{ng}} \frac{dY_g}{dH} (T_g - T_F) \quad (8)$$

A száradó anyag nedvességtartalmának megváltozása a szárítódob hossza mentén:

$$-\frac{dX}{dH} = \frac{\dot{m}_g}{\dot{m}_a} \frac{dY_g}{dH} \quad (9)$$

A száradó anyag hőmérsékletének megváltozása a szárítódob hossza mentén:

$$\frac{dT_a}{dH} = \frac{A_q}{\dot{m}_a c_{na}} \left[k_{kt} a_{f-a} (T_{göz} - T_a) + \alpha_{g-a} a_{g-a} (T_g - T_a) \right] + \frac{r}{c_{na}} \frac{dX}{dH} \quad (10)$$

A (7)-(10) egyenletek segítségével meghatározható az adott szárítási feladathoz szükséges szárító hossza (H). A modell alkalmazhatóságához a térfogati átadási tényezők ismerete szükséges, melyet kísérleti úton határozhatunk meg.

3.2.1. Átadási tényezők meghatározása

Az átadási tényezők meghatározására az egyenletrendszerek úgy lettek felépítve, hogy a bennük szereplő paramétereket (száradó anyag és a szárítógáz hőmérséklete és nedvességtartalma, valamint a fal hőmérséklete) a tanszéken található dobszáritó kísérleti mérőállomással mérni tudjuk. A kísérleti mérőállomás leírását, mérési eredményeket [2] ismerteti.

Száritógáz-anyag közötti hő- és anyagátadás

A szárítást csak szárítógázzal végezzük, köpenyoldali fűtés nélkül. Erre az esetre felírható:

$$\alpha_{g-a} (T_g - T_F) A_{g-a} = N_{konst} r A_{g-a} = r \sigma_{g-a} (Y_F - Y_g) A_{g-a} \quad (11)$$

A száradási sebesség az állandósult szakaszban:

$$N_{konst} = \frac{\Delta m_a}{A_{g-a} \cdot \Delta t} = \sigma_{g-a} (Y_F - Y_g) \quad (12)$$

A szárítógáz és a száradó anyag közötti fajlagos érintkező felület:

$$a_{g-a} = \frac{A_{g-a}}{A_q dH} \quad (13)$$

A (13) egyenletből A_{g-a} kifejezhető:

$$A_{g-a} = a_{g-a} A_q H = a_{g-a} V \quad (14)$$

A (11)-(14) egyenletek segítségével a térfogati hőátadási tényező a szárítógáz és az anyag között az állandó száradási sebesség szakaszán, ahol T_a = állandó.

$$\alpha_{g-a} \cdot a_{g-a} = \frac{\Delta m_a \cdot r}{\Delta t \cdot \Delta T_{log} \cdot V} \quad (15)$$

Fal és anyag közötti hőátadás

Csak a fal fűtése meghatározó, a gáz nem közöl hőt a száradó anyaggal, csak a száradás során keletkező nedvesség elszállítására szolgál. Erre az esetre az előzőhöz hasonlóan, az állandó száradási sebességű szakaszra felírható:

$$\alpha_{f-a} \cdot a_{f-a} = \frac{\alpha_{f-a} \cdot A_{f-a}}{V} = \frac{\Delta m \cdot r}{\Delta t (T_f - T_a) V} \quad (16)$$

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A dobszáritók szerkezeti felépítése után a geometriai méreteinek számításához szükséges egyenletrendszereket ismertettük konvektív és kontakt-konvektív hőközlés esetén. A megoldáshoz szükséges térfogati átadási tényezőket kísérleti módszer segítségével számítani tudjuk. Az ismertett egyenletek felhasználásával számítási programot készítettünk, amely az átadási tényezőkkel alkalmas a dobszáritó méreteinek meghatározására. A munka a TECH-09-A4-2009-0115 RFRSYS09 azonosítójú, Új biológiai szennyvíztisztító berendezések és technológiák kutatása és fejlesztése című támogatási szerződés keretén belül készült.

Irodalmi hivatkozások

[1] Y.L. Ding; R.N. Forster; J.P.K. Seville; D.J. Parker: *Some aspects of heat transfer in rolling mode rotating drums operated at low to medium temperatures*, Powder Technology 121 (2001.) pp.168–181

[2] Balázs T., Örvös M., Tömösy L.: Heat and mass transfer in an agitated contact-convective heated dryer, Food and Bioproducts Processing Volume: 85 Issue: C3 Pages: 291-297 Published: Sep 2007