

X. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2005. március 18-19.

EGYIDEJŰ HŐ- ÉS ANYAGTARANSZPORT VIZSGÁLATA KONVEKTÍV SZÁRÍTÁS SORÁN

Simon Erika, Dr. Örvös Mária

Abstract

The decrease of the heat transfer coefficient can be observed during convection drying followed by simultaneous heat and mass transfer, when the continuity of the moisture-cover on the material-surface disappears. The purpose of our measurements was the demonstration of the reason of the fluctuating heat transfer coefficient. We examined the reacting force derived from friction in the case of wet and dry materials at different Re numbers. The volume of the heat transfer coefficient can be concluded from the received data of the reacting force.

Összefoglalás

Egyidejű hő- és anyagátadással kísért konvektív szárításnál a szárító levegővel érintkező anyagfelület folytonos nedvesítésének megszűnésekor a hőátadási tényező csökkenése figyelhető meg. Méréseink célja a hőátadási tényező változási okának kimutatása volt. Kísérleteinkben ezért áramló szárítólevegőbe helyezett nedves és száraz felületű anyagoknál vizsgáltuk a súrlódásból adódó ellenállás erő értékeit különböző Re szám tartományokban. Az ellenállás erő kapott értékeiből következtetni lehet a hőátadási tényező nagyságára.

Bevezetés

A Kirpichov-Gukhman elmélet szerint két jelenség hasonló, ha egy és ugyanazon differenciál egyenlet rendszerrel lehet leírni és hasonló kezdeti feltételekkel rendelkeznek.

A különböző jelenségek hasonlóságának leírásában nagy szerep jut a dimenzió nélküli hasonlósági számoknak. Ezek a dimenzió nélküli számok, kritériumok a vizsgált fizikai jelenségek egy bizonyos csoportjára vonatkoznak; és ezen fizikai jelenségek analitikus megközelítéséhez szükségesek. A. A. Gukhman a hasonlósági elméletről sokkal több, részletesebb fizikai alapot hozott létre és a hasonlósági elmélethez tartozó általánosított változót vezetett be.

A hő és anyagátadást leíró differenciálegyenletekhez nagyon sok változó és kezdeti feltétel tartozik, mivel maga a hő és anyagátadás is nagyon komplex jelenség. Jóllehet e változók közül nem mindegyik

szükséges a hő- és anyagátadási folyamatok leírásához. Minden problémához a jellemző változók egész sora tartozik. Ha áttérünk eme változók alkalmazására, akkor a változók száma a folyamathoz tartozó minimumra csökkenthető; a független változók és tényezők minimális számára. A hasonlósági elméleteknek az a célja, hogy a változók meghatározásának egy általános módszerét definiálja. Általános megoldást ad egészen egyszerű algebrai formában a differenciális mennyiségek közvetlen átalakítására.

A.A. Gukhman elmélete szerint egy ilyen transzformációs eljárás lényege, hogy az aktuális folyamatot egy egyszerű elméleti modellre helyezi, melyben mindegyik differenciális mennyiség tartalmaz egy időtől, tértől és egy, az adott speciális körülményektől függő dimenzió nélküli kifejezést. Ilyen módszerrel származtatható a Bi- szám és a Fo-szám is.

Az említett elméletek alkalmazásának egyik jellemző élelmiszeripari területe a szárítás. Konvektív szárítás során megállapítható, hogy az anyagból párologó folyadék anyagtranszportja mellett hőtranszport is lejátszódik, és a két jelenség egymásra hatása nem elhanyagolható. [1]

Számos kutató megállapította- többek között P.D. Lebedev-, hogy egy porózus anyag szabad felszínéről való nedvesség elpárolgása, illetve az anyagból a felszín felé lejátszódó hő-kiegyenlítődézés folyamata során a hőátadási tényező értéke nagyobb, mint amikor nincs párolgás és csak a hőtranszport megy végbe azonos hőmérsékleti és áramlási körülmények között.

A hő és anyagtranszport eme specifikusságát a párologó felszín porózus anyag belsejébe történő vándorlása is befolyásolja. Ha a párolgás az anyag felszínén játszódik le, akkor a felszín hőmérséklete állandó és a környezeti nedves levegő hőmérsékletével tart egyensúlyt. Ha a hőmérséklet különbség az áramok irányában növekszik, akkor a hőátadási tényező értéke is nagyobb, mint állandó hőmérséklet esetén. Mivel a párolgási felszín behúzódik a porózus anyagba, ezért a hőátadási tényező értéke is nagyobb, mint a felszínen lenne. [1]

Tehát a felületi nedvesség párolgási szakaszában a hőátadási tényező egyenlő a száraz anyag hőátadási tényezőjével míg az anyagba húzódó párolgási felszín esetén a hőátadási tényező értéke nagyobb lesz, mint a száraz anyag hőátadási tényezője. A különbség korrigálására az alább látható, bevezetett, dimenzió nélküli Gukhman szám szolgál.

$$Gu \equiv \frac{T_{\infty} - T_w}{T_{fp}} \quad (1)$$

ahol: T_w : anyagfelszín hőmérséklete egy adott pontban

T_{∞} : zavartalan áramlásban mért hőmérséklet

T_{fp} : anyagban lévő folyadék forrpointi hőmérséklet

F.M. Polonskaya és A.V. Nesterenko megállapították, hogy kényszer konvekció esetén egy járulékos, újonnan bevezetett, korrekciós paraméterrel jellemezhető a párolgással kísért, egyidejű anyag- és hőátadási folyamatok különleges karakterisztikája. A kutatás végső következtetése szerint azonos Reynolds szám esetén a mért hőátadási tényező értéke kétszer akkora, mint azonos hőátadási tényező,

melyet csak hőtranszportot feltételezve határoztak meg. A különbség korrigálására a bevezetett dimenzió nélküli Gukhman szám (Gu) szolgál. Ez az új paraméter a már ismert Nu kifejezésekben is használják:

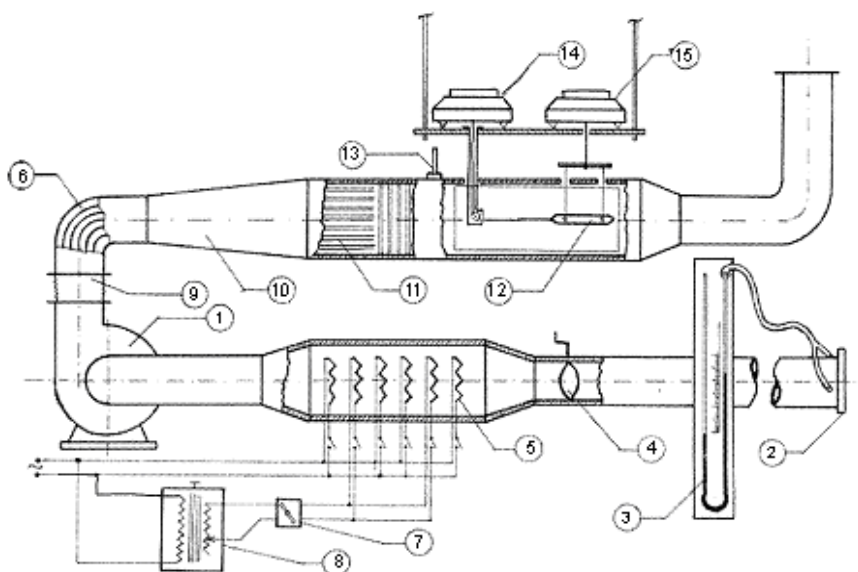
$$Nu = A \cdot Pr^{0,33} \cdot Re^n \cdot Gu^m \quad (2)$$

ahol az n és m konstansok a Re szám függvényében határozhatók meg. [3]

Kísérleti rész

A kísérleteink célja az volt, hogy mérésekkel feltárjuk a Gu szám által lefedett különbség valószínűsíthető okát. Feltevésünk szerint a hőátadási viszonyok eltérését az anyag felületének különböző nedvesítéséből adódó eltérő áramlási viszonyok hozzák létre.

A méréseknél használt konvekciós szárító berendezés vázlata a következő ábrán látható:



1. ábra: Mérő berendezés vázlata

- | | | |
|--------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1. ventilátor | 6. légtelők | 11. terelőlemezek |
| 2. mérőperem | 7. szabályzó | 12. modell anyag |
| 3. manométer | 8. ellenállás | 13. hőmérő |
| 4. záró szerelvény | 9. ventilátor nyomóág | 14, 15. digitális mérleg |
| 5. fűtőszálak | 10. bővítő csatorna | |

A szárítandó anyagot (12) vízszintesen, felfüggesztve, a szárító levegő áramlási irányával párhuzamosan helyeztük el a szárítótérben úgy, hogy a levegő áramlása következtében vízszintesen elmozdulhasson.

A szárítás alatt a levegő paramétereit –nyomást, hőmérsékletet, áramlási sebességet- mértünk és változtattuk (3, 4, 5, 13). Ezek mellett folyamatosan mértük a szárítandó anyag tömegváltozását (15) és a szárító anyagra ható vízszintes irányú ellenállásért (14). Az ellenállás erő értékeit a (15) digitális mérleg; a tömegadatokat a (14) mérleg egy adatgyűjtő számítógépbe továbbította. Ez a számítógép regisztrálta a szárító levegő paramétereit is. A felállított mérőkör és mérési módszer alkalmas az ellenállás erő értékeinek igen kis változásának mérésére is.

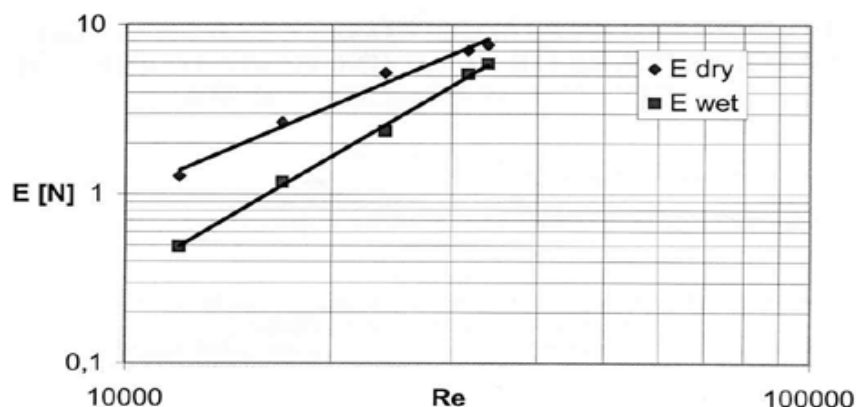
Eredmények

A szabad nedvesség párolgási szakaszán értelmezett hőátadási tényező és az elméleti úton, tisztán hőátadási viszonyokra származtatott hőátadási tényező különbözőségét vizsgáltuk méréseink folyamán. Feltételeztük, hogy a két érték közötti különbség visszavezethető áramlástechnikai megfontolásokra. [2]. Az anyagátadással kísért esetekben- konvekciós szárítás esetében – a szabad nedvesség párolgása alatt megvalósul a felület folytonos nedvesítése. Feltételezhetően a nedves felületen fellép egy u_0 felületi sebesség és egy τ_0 csúsztatófeszültség. A száradó anyagot körülvevő nedves burkolófelületre felírható mérleg egyenletekkel igazolható, hogy a nedvesített felület párolgása segíti az anyag belsejéből kifelé irányuló anyagáramot; azaz a hőátadási tényező javulását (nagyobb értékét) eredményezi. [4]

Valóságos, nem súrlódásmentes fluidumok áramlásánál a megfűvás irányával ellentétes irányú ellenállás lép fel. [2] Ez az ellenállás a súrlódási és az alakellenállásból tevődik össze. A súrlódási ellenállást a szárítandó anyag felületén fellépő súrlódási feszültség okozza. Nedvesített felületű anyagok kedvezőbb ellenállásúak azonos körülmények között vizsgálva, mint a kissé nedvesített vagy száraz felületű anyagok. A kedvezőbb ellenállás oka az u_0 felületi sebesség és a τ_0 csúsztató feszültség. Eme jelenség igazolására konvekciós szárítás során az áramló közegbe (szárító levegő) helyezett száradó anyagra ható ellenállás-erőt mértük. Ez az ellenállás-erő az ellenállás-tényező értékével arányos. Az ellenállás-erő kifejezésében lévő súrlódási tényező és a hőátadási viszonyokat jellemző hőátadási tényező között fordított arányosság áll fenn. [4]

Kiértékelés

A kapott eredmények tükrében megállapítható, hogy a vizsgált tartományban a száraz felületű anyagra ható ellenállás erő nagyobb, mint nedves felületű anyag esetén. Az ellenállás erők közötti különbség igazolja a nedvesített felületre értelmezhető súrlódási tényezőről vázolt elgondolásokat.



**2. ábra: Ellenállás erő Re szám kapcsolata
száraz és nedves felületű anyagok szárításakor**

Ez lehet az egyik valószínűsíthető oka annak, hogy szárításkor nedves felületű anyagok száradásakor az u_0 felületi sebesség miatt jobb hőátadási viszonyok alakulnak ki, mint száraz felületű anyagoknál; és ebből adódóan a hőátadási tényező értéke is nagyobb, mint a száraz felületű anyagoké.

Irodalomjegyzék

- [1.] Luikov A.V.: Heat and Mass Transfer in Capillary-Porous Bodies, Pergamon-press, Oxford, 1966.
- [2.] Gruber J, Blahó M.: Folyadékok mechanikája, Tankönyvkiadó, Budapest, 1963.
- [3.] SSU-Hsueh Sun, Thomas R. Marrero: Experimental study of simultaneous heat and moisture transfer around single shoprt porous cylinders during convection drying by a psychrometry method. International Heat and Mass Transfer. Vol. 39, No. 17. pp: 3559-3565. 1996.
- [4.] Szentgyörgyi S.: Megmaradási elvek az ellenőrző felülettel határolt u_0 felületi sebesség esetén. Kézirat; 2000.

Simon Erika; főiskolai tanársegéd

Szegedi Tudományegyetem, Szegedi Élelmiszeripari Főiskolai Kar, Élelmiszeripari Műveletek és Környezettechnika Tanszék / Szeged-6725, Moszkvai krt. 5-7. Magyarország

Telefon: +36-62-546-030 / 6585 mellék

Fax: +36-62-546-549

E-mail: siera@szef.u-szeged.hu

Dr. Örvös Mária; egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészeti Eljárások Tanszék / Budapest-1111, Bertalan Lajos u. 4-6. D ép. 106.

Telefon: +36-1-463-1123

Fax: +36-1-463-1708

E-mail: orvos@vegvelgep.bme.hu