FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

FOLYADÉKOK HŐTRANSPORTJÁNAK VIZSGÁLATA EJTŐTORONYBAN

Csontos Attila, Bárczy Pál, Czel György

Összefoglalás

Folyadékok hőtranszportját vizsgáltuk szabadesés közben a brémai ejtőtorony, rövid idejű 4.75s-ig tartó mikrogravitációs (μg), 10^{-5} g, környezetében. Kontrollként földi, 1g, kísérleteket végeztünk. Célunk a hővezetési tényező pontos mérése valamint a folyadék viszkozitás hővezetésben játszott szerepének tisztázása. Az e célra intézetünkben kifejlesztett HCMS (Heat Conductivity Measurement System) segítségével ethylen-glycol és glycerin lehűlési görbéit vettük fel a 4.75s-os szabadesés ideje alatt.

A mérési eredmények egyértelműen demonstrálják, hogy a minták eltérő viszkozitása, valamint a folyadékokra aktuálisann ható gravitáció nagysága alapvetően befolyásolja a bennük létrejövő hőtranszportot.

Bevezetés

Folyadékok esetében földi, 1g gravitációs környezetben, a hőtranszport mindig két részből áll. A konvektív vagy hőáramlásos, (Bouyancy és Marangoni konvekció), és a konduktív vagy hőátadásos tagból. Az utóbbi jelenti a tisztán molekuláris hővezetést, melyet a hővezetési tényezővel jellemezhetünk.

Az áramlások pontos ismerete nehéz, ezért e helyett inkább olyan környezetet próbálunk létrehozni, ahol kiküszöbölhetjük az áramlások jelenlétét. Mikrogravitációs, μg , környezetben a Bouyancy, hőmérséklet vagy koncentráció különbség okozta áramlás, nem lép fel. Ilyen környezetet jelent az űr és a szabadonesés állapota is. Ekkor a szilárd anyagok hővezetését leíró Fourier- egyenletet használhatjuk. (Ilyen környezet nélkül is számolhatunk a Fourier-egyenlettel, ekkor azonban csak az ún. látszólagos hővezetési együtthatót tudjuk meghatározni, melyben a konvekciós hővezetés is benne van.) A Fourier-

egyenlet kétdimenziós, időfüggő alakjának végesdifferencia módszerrel történő explicit megoldása lesz esetünkben a hővezetési tényező meghatározásának munkaegyenlete:

$$\lambda_{i,j,k} = \frac{T_{i,j,k+1} - T_{i,j,k}}{T_{i+1,j,k} + T_{i-1,j,k} + T_{i,j+1,k} + T_{i,j-1,k} - 4T_{i,j,k}} \cdot \frac{(\Delta x)^2}{\Delta t} \cdot p_{i,j,k} \cdot c_{i,j,k} \quad (2)$$

λ - a hővezetési tényező, $m^2 s^{-1}$

i - a koordináta rendszer vízszintes;

j - az erre merőleges irány koordinátája;

k - az időkoordináta,

T - a hőmérséklet, K

Δx a térbeli osztásköz, m , (a termoelemek egymástól mért távolsága, és $\Delta x = \Delta y$ az x - y síkban),

Δt az időkoordináta osztásköze, s , (a mintavételezési sebessége),

c - az állandó nyomáson mért fajlagos hőkapacitás, $J kg^{-1} K^{-1}$

p - a sűrűség, $kg m^{-3}$

A megoldás stabilitási feltétele, hogy:

$$\alpha \Delta t \Delta x^{-2} < 0.5, \quad (3)$$

ahol α - a hődiffúziós együttható, $(=\lambda c^{-1} p^{-1})$, $m^2 s^{-1}$.

Tehát 5 térkoordinátában és ehhez kapcsolódóan 2 időkoordinátában kell a hőmérsékletet mérni a mintában ahhoz, hogy a λ kifejezhető legyen. ($c_{i,j,k}$ és $p_{i,j,k}$ értékeket melyeknél az indexelés tulajdonképpen hőmérsékletfüggést fejez ki, kézikönyvekből, [...] vesszük.) Ekkor

$$\lambda_{i,j,k} = \sum_{i,j} T_{i,j,k} / 5 \quad (4)$$

vagyis a mintavételezési időpontban mért hőmérsékletek átlagához rendeljük λ -t. (Gyors mintavételezés és egymáshoz közel eső mérési pontok esetén ez megtehető.)

Kísérleti eredmények

A HCMS (Heat Conductivity Measurement System részletes bemutatása a []-ban szerepel. Az eszköz kimondottan a ZARM (Center of Applied Space Technology and Microgravity, Bréma, Németország) körülményeihez illeszkedik, tehát lehetővé teszi a 4.75s- os szabadesés közben a hűlési görbék felvételét.

Működésének alapja, hogy a mintatartójában elhelyezett folyadékot felfűtjük és hűtjük míg a mintatérben egy állandósult hőmérsékletet kapunk Ezt követi egy erőteljes hűtés, melyet a mintatartóra húzott jeges-víz fürdővel érünk el, abban a pillanatban mikor az ejtés elindul. Ilyen körülmények mellett a mintában áramlásmentes hővezetést valósítunk meg. A hőmérséklet értékeket a mintatér 5 pontjában

folyamatosan mérjük gyors válaszidejű K típusú termoelemekkel, melyeknél $\Delta x = \Delta y = 1\text{ mm}$ és a mintatartó alját lezáró 20 μm -es fémfóliától a legalsó 0.5 mm-re helyezkedik el.

Az áramlások létrejöttét és hővezetésbeli szerepét alapvetően befolyásolja a minta viszkozitása. Kísérleteinket ezért különböző viszkozitású folyadékokon végeztük melyek a következők voltak:

1. táblázat A minták termofizikai tulajdonságai és kísérleti körülményei

Minták (adatok 25 C°-on)	* Hővezetési együttható, Wm ⁻¹ K ⁻¹	Viszkozitás, mPas	Sűrűség, kgm ⁻³	Fajhő, Jkg ⁻¹ K ⁻¹	Forrás pont, C°	**Alk. ΔT, C°
Ethylen- glyco	0.25	16.1	1108	2478	199	150
Glycerin	0.28	934	1261	2373	290	125

* A hővezetési adatok a [...]ből, melyek földi körülmények között végzett mérések így nevezhetjük őket látszólagos hővezetési tényezőnek.

** Alkalmazott ΔT jelenti a hűtő közeg és a felfűtési hőmérséklet különbségét.

A következő lehűlési görbéket mértük:

1. ábra. Ethylen-glycol lehűlése μg -ban (bal oldal) és 1g kontroll kísérlete

Az ejtési görbe $x = [-1, 1.5]$ tartományán a az ejtési pillanat előtt meginduló áramlásos hővezetés okozta lehűlést figyelhetjük meg. Kb. 1 s kell ugyanis ahhoz, hogy a kemence felemelkedjen a mintatartóról és helyére a jeges-víz fürdő kerüljön. Eközben a minta már elkezd hűlni az aktuális 1 g-nek megfelelően. Az ejtési szakaszban $x = [0, 4.75]$, a hűtés meredeksége lecsökken ahogy az áramlások megszűnnek. $x = 4.75$ -nél érkezik az ejtőkapzsula a lassító zónába, ahol 10^{-4} - 10^{-5} g lassulás hatására igen erős áramlások indulnak el benne, melyet a meredek lehűlés jelez. Ez után a hűlés az 1g-nek megfelelően halad tovább.

2.ábra. Glicerín hűlési görbéi μg -ban (bal oldal) és lg kontroll kísérlete

Az előző kísérletettől alapvetően eltérő μg tartománybeli viselkedés oka a glicerín magas viszkozitása. E miatt az áramlások meg sem indulnak a μg szakasz előtt. A lassulás magas g értékének hatása viszont ismét szembeszökően jelentkezik a meredek hűlési szakaszban.

Az adatok feldolgozása folyamatban van. A hővezetési tényezők meghatározása további célunk az áramlások megindulására illetve jelenlétére jellemző kritikus Rayleigh szám meghatározása

Irodalom

- [1] Gy. Czél, A. Csontos and P. Bárczy: Equipment for measuring the heat conductivity of liquids under μg condition. proc. Drop Tower Days 1996 in Bremen, july 8-11, 1996, 8-3-8-5.
- [2] D.R.Lide, editor-in-chief: CRC Handbook of Chemistry and Physics. 73-rd edition 1992-1993

Csontos Attila, doktorandusz

Bárczy Pál, egyetemi tanár, tanszékvezető, intézetigazgató,

Czél György, egyetemi doktor, kutató mérnök,

Miskolci Egyetem Anyagtudományi Intézet, Nemfémes Anyagok Tanszéke