

Válasz

Bíráló: Palotás Árpád Bence az MTA doktora

A bírált mű: Fajtli József „Kontinuitási elmélet és ipari alkalmazásai durva diszperz rendszerek viselkedésének a jellemzésére” című MTA doktori értekezés

Tisztelt Bíráló!

Elsőként szeretném megköszönni a bírálat elkészítését és a ráfordított időt, illetve azt, hogy a bírálat konstruktív és pozitív kicsengésű és támogatja a téziseimet. A következőkben válaszolok a feltett kérdésekre.

Kérdés: A 45. oldalon ez szerepel: „A 100 °C-nál magasabb hőmérsékletű mérések eredményét nem vettem figyelembe, mivel itt a párolgás miatt nehezen leírható jelenségekkel is számolni kell.” Kérdés: Miért csak 100 °C felett számol párolgással?

Válasz: Amikor elkezdtek a hulladéklerakókba telepíthető csővezetékekkel megvalósítható hőkinyerést vizsgálni, az hamar nyilvánvalóvá vált, hogy a lerakott VTSZH hővezetési tényezője fontos paraméter. Az izotróp anyagokban megvalósuló konduktív hővezetés jól ismert differenciálegyenlete (2.2.1 egyenlet) szerint a hőmérséklet, a hővezetési tényező és a fajlagos hőtermelő teljesítmény kitüntetett szerepű. Ezért terveztem és építettem meg a 3.1.20 ábrán látható nagyméretű hővezetésmérő berendezést a λ mérésére. Nem tudtam pontosan kiszámítani előre, hogy mekkora cekasz fűtőtelsítmény kell, ezért részben próbaképp egy 440 W és egy 1760 W teljesítményű fűtést építettem be. Tulajdonképpen szerencsém volt, hogy a kisebb teljesítmény esetében a fedél hőmérséklete általában az 50 - 60 °C tartományra állt be, ami pontosan megegyezik a lerakókban az „elevated” és a mezofil bomláshoz tartozó optimális hőmérséklet tartományokkal, ezért a valós körülményeket modellezi a berendezés. Valójában meg sem próbáltam belemenni a részletekbe, hogy egy ilyen heterogén háromfázisú anyagban milyen jelenségek játszódnak le a pórusokban csak megmértem az eredő hővezetési tényezőt. Ezért az 1760 W-al elvégzett összes mérést egyáltalán nem vettem figyelembe, mert az már olyan extrém állapotot eredményezett, ami nem fordul elő a normál lerakókban és olyan bonyolult, hogy meg sem próbáltam jellemezni. A fogalmazásom pontatlan volt, mert természetesen számolni kell a párolgással 100 °C alatt is, ha megvizsgáljuk a részleteket.

Kérdés: Néhány sorral lejjebb a jelölt felteszi a kérdést, hogy a bevitt hő milyen arányban oszlik meg a betét, illetve a berendezés és a környezet között. A választ is megadja (1/2.95 és 1/3.75), azt azonban nem ismerteti, hogy hogyan történt a mérés.

Válasz: Terjedelmi okokból ezt nem közöltem az értekezésben csak a végeredményt. Ezt ebben a cikkben közöltem le: Fajtli J, Magyar T, Erdélyi A, Murányi A: Characterization of thermal properties of municipal solid waste landfills. WASTE MANAGEMENT 36: pp. 213-221. (2015c)

Table 2
Measured (in *italics*) and calculated parameters (1).

No. of test	Origin of sample Landfill part	Mass of sample m kg	Volume of sample V m ³	Bulk density ρ_b kg/m ³	Wet by mass n_w –	Dry mass m_d kg	Dry volume V_d m ³	Dry density ρ_d kg/m ³	Vol. solid ratio in dry C_s –	Liquid fraction f_l –	Solid fraction f_s –	Gas fraction f_g –
2m0814	III	450	1.28	352	0.35	292	1.122	261	0.2002	0.123	0.1755	0.7014
2m0802	IV	530	1.44	368	0.52	254	1.164	218	0.1677	0.1914	0.1356	0.673
m0705	III	660	1.67	395	0.32	449	1.459	308	0.2365	0.1265	0.2066	0.6669
2m0729	IV	550	1.34	410	0.54	253	1.043	243	0.1863	0.2216	0.1449	0.6334
m0703	III	580	1.31	443	0.44	325	1.055	308	0.2367	0.1948	0.1906	0.6146
2m0731	IV	610	1.31	466	0.46	329	1.029	320	0.246	0.2142	0.1933	0.5925
m0726	IV	550	1.18	466	0.47	291	0.921	316	0.2432	0.2191	0.1899	0.591
m0701	III	470	0.97	485	0.41	277	0.777	357	0.2744	0.1986	0.2199	0.5815
2m0807	III	670	1.34	500	0.22	523	1.193	438	0.3372	0.11	0.3001	0.5898
m0717	fresh	530	1.05	505	0.47	281	0.801	351	0.2697	0.2372	0.2057	0.557
m0719	IV	690	1.36	507	0.3	483	1.153	419	0.3223	0.1522	0.2733	0.5745
2m0805	IV	670	1.31	511	0.17	556	1.196	465	0.3579	0.0869	0.3267	0.5863
m0628	IV	570	1.05	543	0.1	513	0.993	517	0.3977	0.0543	0.3762	0.5695
2m0809	III	750	1.28	586	0.2	600	1.13	531	0.4088	0.1172	0.3609	0.5219
m0724	IV	880	1.34	657	0.08	810	1.269	638	0.4912	0.0525	0.4654	0.4821
2m0816	II	1050	1.54	682	0.36	672	1.162	578	0.4454	0.2454	0.336	0.4185
m0708	II	790	1.09	725	0.14	679	0.979	694	0.5344	0.1015	0.4802	0.4183

Table 3
Measured (in *italics*) and calculated parameters (2).

No. of test	Eq. heat flux Q W/m ²	Length of heat transmittance L m	Temp. difference ΔT °C	Thermal conductance λ W/m K	Heating power P W	Slope of temp. rise $\Delta T/\Delta t$ °C/s	Calculated specific heat capacity C_p J/g K	Instr. coeff. I –	Inst. specific heat capacity C_p J/g K	Thermal diffusivity κ 10 ⁻⁷ m ² /s
2m0814	58	0.43	105	0.24	1760	0.0039	2.63	2.62	2.96	2.56
2m0802	64	0.482	102	0.3	1760	0.0035	3.04	3.2	2.8	2.7
m0705	45	0.559	31	0.81	440	0.00085	2.56	3.26	2.31	8.02
2m0729	70	0.448	116	0.27	1760	0.003	3.08	2.89	3.14	2.14
m0703	80	0.438	39	0.9	440	0.00077	2.85	2.89	2.9	7.13
2m0731	74	0.438	106	0.3	1760	0.0029	2.89	2.91	2.93	2.27
m0726	62	0.395	27	0.91	440	0.00079	2.92	2.88	2.99	6.67
m0701	47	0.324	16	0.95	440	0.00095	2.77	2.82	2.91	7.09
2m0807	81	0.448	123	0.29	1760	0.0035	2.32	3.09	2.21	2.54
m0717	60	0.351	23	0.92	440	0.0008	2.92	2.81	3.06	6.22
m0719	50	0.455	24	0.95	440	0.00086	2.51	3.39	2.19	7.43
2m0805	66	0.438	91	0.32	1760	0.004	2.2	3.35	1.94	2.82
m0628	76	0.351	25	1.07	440	0.001	2.04	2.64	2.28	9.66
2m0809	100	0.428	119	0.36	1760	0.0025	2.27	2.42	2.77	2.7
m0724	66	0.448	26	1.14	440	0.00084	1.99	3.34	1.75	8.71
2m0816	61	0.515	84	0.37	1760	0.0016	2.66	2.54	3.09	2.07
m0708	76	0.365	24	1.15	440	0.0008	2.13	3.06	2.05	7.47

Kérdés: A 92. oldalon is utal a mérő berendezésre és ezt írja: „A hővezetésmérő berendezéssel adott minta eredő hővezetési tényezője megmérhető, azonban az eredmények általánosításához és validálásához szükséges, hogy mindhárom fázis mennyiségét és hőtani jellemzőit legalább meg tudjuk becsülni.” Kérdésem a következő: Hogyan tudja validálni a mért adatot, ha az egyes fázisok mennyiségét és a szükséges hőtani adatokat nem ismeri pontosan, csak becsülve? Milyen pontosságú becslésre van szükség és hogyan hat a becslés pontossága a mért hővezetési tényező értékének pontosságára?

Válasz: A korábbiakban már leírtam, hogy miért volt fontos a hővezetési tényező mérése, ezért mérőeszközt készítettem és megmértem. Itt akár meg is állhattam volna. Kiszámíthattam volna az átlagot, a korrigált empirikus szórást, majd egy felvett megbízhatósági szinthez a t-eloszlás segítségével a megbízhatósági intervallumot a várható értékre, azaz a hibamargót. Mindezt meg is tettem számos más paraméter mérésénél, ahol a mérés pontossága és a mért különbségek, amely alapján a következtetésem levontam, már közelítették egymást. Itt a mérési gondolkodásom nem hagyott nyugodni, hogy a mért λ értékek nagyságrendjét valahogyan másképp is ellenőrizzem. Azt láttam, hogy a szakirodalmi adatokkal összhangban van, de még az sem nyugtatott meg. Ezért végigvittem egy számítást. Felírtam a háromfázisú anyagok eredő hővezetési tényező és halmazsűrűség egyenleteit. A három fázis jellemzőit csak durván becsültem meg szakirodalmi és saját adatok alapján. Itt jegyzem meg, hogy az elmúlt 20 évben nagyszámú TSZH minta anyagösszetételét mértem meg. Adott anyagkomponens tömeghányadának a relatív szórása az az 50-500 % tartományba szokott esni, ennyire heterogén az anyag. Ezért is azt gondolom, hogy itt nincs szükség a hővezetési tényezőre hibamargó megállapítására. A számítás végén fel tudtam rajzolni az elméleti soros és párhuzamos hővezetési esetekhez tartozó becsült szélsőérték hővezetési görbéket. Amikor láttam, hogy az én méréseim a fázisok jellemzőinek a durva becslése útján is e két szélsőérték görbe közé estek, akkor fogadtam el a mérési eredményeimet, mert ez a teljes módszertant, benne a mérőberendezés működési elvét validálta a számomra.

Kérdés: A 95. oldalon lévő 4.6.2. ábra mért adatainak számossága nem elegendő a trend bizonyítására, a mérési adatok ránézésre egy egyenesre is illeszthetnének. Kérdésem: Mi akadályozta, a 0,6-nál lényegesen kisebb EPS térfogatarány esetén a mérést? Ha van korrigált empirikus (!) szórás érték, akkor miért nincs hozzá mért érték?

Válasz: Igen, egyetértek. Ha csak ezekből a mért pontokból indulnék ki, tényleg nem lehetne megmondani milyen függvénykapcsolat van a változók között. Azonban itt elsőként, elméleti megfontolások alapján egy egyenletbe kombináltam az elméleti soros és párhuzamos kétfázisú eredő hővezetési tényező egyenletet, úgy, hogy bevezettem a D diszperzitás állandót (4.6.9 egyenlet). Tehát itt nem a függvénykapcsolat meghatározása volt a cél és nem történt függvényillesztés, hanem ábrázoltuk a 4.6.9 egyenletet különféle D értékekhez és a mért pontokat külön-külön. Mivel az azonos szemcseméret-eloszlású geopolimerből eltérő koncentrációban készített keverékek esetén is azonos, $D=0,8$ jött ki, ez igazolja a hipotézisemet, hogy a D diszperzitás állandó segítségével egy egyenletbe lehet rendezni a soros és párhuzamos elrendezésű eseteket. Természetesen vannak mérési eredmények, amelyeket területi okokból nem közöltem az értekezésben. Ezeket a méréseket közösen végeztük Magyar Tamással és Szabó Rolanddal, én a kiértékelést végeztem el, ők a méréseket az általam készített berendezéssel. Az eredményeket itt közöltük le: Magyar T, Faitli J, Szabó R: Geopolimer-EPS kompozit szigetelő anyagok eredő hővezetési tényezőjének elméleti és kísérleti vizsgálata. ÉPÍTŐANYAG: JOURNAL OF SILICATE BASED AND COMPOSITE MATERIALS 69: pp. 74-82. (2017). A kis EPS koncentrációk vizsgálata nem volt célja a vizsgálatoknak, mert kimondottan geopolymer alapú hőszigetelő anyagok fejlesztése volt a cél. A szakirodalmi EPS hővezetési tényezővel számoltunk és így teljesen összhangban van a 4.6.9 egyenlet a mérési adatokkal.

Kérdés: A hővezetési tényező ilyen kicsi hőmérséklettartományban tekinthető konstans értéknek, de ez nem valószínű, hogy igaz a fajlagos hőtermelésre. Kérdésem: A 4.6.15 egyenletben és a későbbiekben is a biológiai bomlás hőtermelését (p) miért tekinti a hőmérséklettől függetlennek? Ez a differenciálegyenlet megoldását alapvetően módosító tényező.

Válasz: Igen egyetértek, valószínűleg p függ a hőmérséklettől és így a differenciálegyenlet megoldása is más. A szakirodalomban sokan foglalkoznak azzal, hogy egy adott hulladékösszetétel alapján megbecsüljék a biokémiai hőfejlődés fajlagos teljesítményének a nagyságrendjét. Igen nagy szórás (akár 1000 % relatív szórás) tapasztalható, ezért azt gondolom, hogy az általunk vizsgált rendszerben és hőmérséklet tartományon a hulladék heterogenitásához képest a p hőmérsékletfüggése elhanyagolható. Ha belegondolok abba, hogy amikor elkezdtük ezt a munkát, gyakorlatilag még szakirodalma sem volt a témának, én örülök annak, hogy legalább egy nagyságrendi becslést sikerült p-re adnunk. Azt hiszem a p hőmérsékletfüggésének a vizsgálatát meg kell hagynom a következő generációnak.

Miskolc, 2022. november 12.



Prof. Dr. Faitli József