

Kétfokozatú hőtároló anyag termikus tulajdonságai fázisváltó anyag – víz hőcserélőben

Zárójelentés

A program alapvető célkitűzése, hogy a napenergia hasznosítás hatásfokának javítása érdekében olyan alacsony hőmérséklet szinten működő hőtároló rendszert hozzunk létre, amely képes a napkollektorok által téli időszakban nyert energiát tárolni és ezt a tárolt energiát hasznosítani. A munka lényeges elemei a hőhasznosító legkedvezőbb szerkezeti megoldásának megvalósítása, a hőtároló rendszer stabilitásának illetve reverzibilitásának vizsgálata. A munka egy korábbi OTKA támogatással kifejlesztett kétfokozatú, szilárd – folyadék halmazállapot változáson alapuló hőtároló anyag technológiai hasznosításához kapcsolódó alap kutatás.

A projektben hőtárolásra alkalmazni kívánt fázisváltó anyag újszerűsége abban rejlik, hogy az eddig leírt szilárd – folyadék halmazállapot változáson alapuló hőtároló rendszerek izoterm hőtárolást valósítottak meg, míg az általunk alkalmazott hőtároló anyag egy adott hőmérséklet intervallumban képes a hő tárolására jelentős térfogati energiasűrűséggel.

A projekt során vizsgált kétfokozatú hőtároló rendszer azon alapul, hogy a megfelelő arányú kalcium-klorid – víz rendszerben a hőmérséklet függvényében két kristályhidrát is stabilis. A kalcium-klorid hexahidrát olvadása és megszilárdulása közben izoterm hőtárolásra képes 29 °C-on, míg a kalcium – klorid tetrahidrát olvadása és kristályosodása az alkalmazott összetételű elegyben 29 - 42 °C között történik. Így a rendszer tulajdonképpen 29 – 42 °C-os tartományban egy olyan nagy virtuális fajhővel rendelkező rendszernek tekinthető, amely minden más hagyományos szilárd vagy folyadék alapú rendszer fajhőjét meghaladja.

A kutatási program első évében a kalcium-klorid víz fázisváltáson alapuló hőtároló rendszerekre vonatkozó legújabb irodalmi adatokat gyűjtöttük össze.

A kutatási program végrehajtásának leglényegesebb eleme a hőcserélő a Fiorentini Kft. segítségével készült el. Kiépítettük a szükséges nagy teljesítményű 24 KW-os vezetékhálózatot, beszereztük és beépítettük a komputer vezérelt átfolyós vízmelegítőt, amellyel a napkollektorból érkező hőhordozót tudtuk modellezni. Kiépítettük a hőmérséklet érzékelők számítógépes csatlakozását. A próbaüzemet sikeres befejezése után el tudtuk kezdeni a fázisváltó anyaggal töltött hőcserélő vizsgálatát.

Kezdetben a hőtárolóanyagot kereskedelmi forgalomban kapható műanyag kapszulákban próbáltuk elhelyezni, azonban a nagyszámú kapszulák tökéletes zárását nem sikerült megvalósítani. Saját tervezésű műanyag kapszulákkal lényegesen jobb eredményt tudtunk volna elérni, azonban a rendelkezésre álló pénzügyi eszközök nem tették lehetővé egy célszerszám legyártását, amely lévén egyedi darab, jelentős összegbe került volna.

A műanyag kapszulákkal történt sikertelen kísérletek után a napenergia hasznosító berendezéseket gyártó Fiorentini cég vállalta a hőcserélő belső kialakítását is. Az első változat szerint a hőtároló anyag spirálisan elhelyezkedő rézcsőben foglalt helyet oly módon, hogy a töltet cserélhető legyen. A 0.1 m³ – es hőcserélőben a spirális csővezetéshez szükséges görbületi sugár olyan kicsinek adódott, hogy ezt csak nagyon kis átmérőjű rézcsővel tudták megvalósítani. Ez a megoldás viszont azzal a hátránnyal járt, hogy a tároló töltet mennyisége nagyon lecsökkent, viszont a beépített réz mennyisége jelentősen megnőtt.

A cég javaslatára a hőtárolótöltet számára 20 mm átmérőjű rézcsövekből készített vízszintesen fekvő csőkígyó egységek (18 db) készültek, amelyek feltöltés után egymáshoz képest 90°-kal elforgatva, rétegesen helyezkedtek el a hőcserélő belsejében. A megoldás hátránya azonban, hogy így 216 db forrasztási pont jött létre, ugyanennyi hibalehetőséggel.

A számos forrasztási hely miatt korróziós kísérleteket kellett végeznünk a réz és a forrasztanyaggal kapcsolatban. A potenciál mérések alapján gyors korrózióra nem kell számítani.

A fázisváltó anyaggal töltött hőcserélőre vonatkozó vizsgálatok három részre bonthatók.

- A kísérleteket először egy korábbi szintén OTKA támogatással kifejlesztett kalcium-klorid-hexahidrát alapú, izoterm (29 °C-on) fázisváltáson alapuló hőtároló anyag vizsgálatával kezdtük el. Meghatároztuk a tárolóegység elméleti és a tényleges tárolókapacitás arányát különböző áramlási viszonyok mellett. Vizsgáltuk a tárolórendszer reverzibilitását különböző működési körülmények között. Meghatároztuk a hőátbocsátási tényezőt és a tárolócsövek teljesítményét. Hosszabb idejű működtetést igényeltek az élettartam vizsgálatok a hőtárolóciklus-szám függvényében. A kísérletekkel párhuzamosan korróziós vizsgálatokat is végeztünk, amelynek alapján megállapítható volt, hogy a hőtárolóanyag oldott oxigén jelenlétében kifejezetten korrozív a rézből készített tárolócsövekre, de levegőtől elzártan sem a tárolócsövek anyaga sem az alkalmazott forrasztanyag nem mutatott korróziós károsodást. A kísérleti eredmények alapján megállapítható, hogy a hőtárolótöltet az előzetes várakozásoknak megfelelően működött. A kísérletek tervezésébe, kivitelezésébe és értékelésébe bevontuk Rófusz Tímea biomérnök hallgatót, aki az általa végzett munkát diplomamunkájában foglalta össze és 2004 nyarán jó érdemjeggyel meg is védte.

- A kísérleti munka a folytatásaként a hőtárolóanyagot kicseréltük kétfokozatú (fázisváltáson is alapuló nem izoterm tárolás 60 °C-tól 29 °C-ig és izoterm tárolás 29 °C-on) kalcium-klorid alapú hőtároló töltetre és meghatároztuk ugyanazokat a paramétereket, amelyeket az előző kísérlet során is elvégeztünk. A tárolóegység reverzibilitásának vizsgálata különböző működési körülmények között ebben az esetben jóval tovább, tartott, mivel a két fokozat léte a variációs lehetőségek számát megnövelte. A kísérletek tervezésébe, kivitelezésébe és értékelésébe bevontuk Lovász Anett vegyészmérnök hallgatót, aki az általa végzett munkát diplomamunkájában foglalta össze és 2005 februárjában kiváló érdemjeggyel meg is védte.

- A rézcsőben elhelyezett hőtároló töltetett tartalmazó hőcserélőben viszonylag kevés mennyiségű hőtároló anyagot lehetett elhelyezni, valamint jelentős mennyiségű, drága fém réz került beépítésre. A tárolókapacitás növelése és költségek csökkentése érdekében a hőszállító közeg és a hőtároló anyag helyét megcseréltük. A hőtárolóanyaggal feltöltött tartályba helyeztük el a hőszállító közeg áramlását biztosító réz spirált. Ezzel a módszerrel lényegesen nagyobb térfogati hőtárolókapacitást lehetett elérni, azonban a hőtároló fázisváltó anyag megnövekedett függőleges irányú rétegvastagsága miatt a diffúziós folyamatok elégtelensége miatt jelentősen megnőtt a hőtároló anyag fázis szeparációs hajlama, amely a hőtároló kapacitás jelentős csökkenésével járt. A káros jelenséget a hőtároló anyagnak faforgácsban történő felszívásával sikerült minimális mértékűre csökkenteni. Az úgynevezett vastagító anyag alkalmazása azonban néhány %-os hőtárolóképesség és hőátbocsátási tényező

csökkenést okozott. A kísérletek során meghatároztuk a hőcserélőre jellemző hőátbocsátási tényezőt, amely $115 \pm 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ – nek adódott. A hőcserélővel kapcsolatos vizsgálatokban jelentős szerepet vállalt Szolnoki László vegyészmérnök hallgató, aki jó eredménnyel védte meg a témával kapcsolatos diplomamunkáját.

A két különböző változatban összeállított hőcserélővel kapcsolatos eredményeinket konferenciákon és az összefoglaló eredményeket két alkalommal folyóiratban jelentettük meg (Periodica Polytechnica Chem. Eng.).

1. Lovász A; Bajnóczy G; Gagy-Pálffy E; Prépostffy E.
Domestic Hot Water Pre-heater Utilizing Solar Energy
Periodica Polytechnica Chem.Eng. 50/1 45-53. 2006.
2. Bajnóczy G; Gagy Pálffy E; Szolnoki L; Prépostffy E.
Solar Energy Storage by a Two - Grade Phase Change Material
Periodica Polytechnica Chem.Eng. elfogadott

A folyóiratnak nincs impakt faktora, de az EISZ felületen található Web of Science és a Scopus egyaránt figyeli a folyóiratban megjelenő közleményeket. A második összefoglaló cikket az impakt faktoralal rendelkező Central European Journal-ba szeretnénk volna megjelentetni (számos esetben kaptam felkérő e-mailt), de fél éves várakoztatás után miután az egyik bíráló elfogadásra, a másik nem válaszolt a felkérésre, így a főszerkesztő fél év után túl sok a technológia és kevés a kémia megjegyzéssel visszaküldte.

A kutatási projektet hátráltató tényezők:

- Az eddig eltelt idő alatt a pénzügyi feltételek számunkra mindig hátrányosan és többször is változtak, amelynek következményeként néhány szükséges beszerzéseket más szerződéses munkák terhére kellett elszámolni. Különösen kedvezőtlen volt számunkra, hogy az el nem költött összegeket nem lehetett halmozni és ez a tervezés időpontjában még nem így volt.
- Komoly gondot okozott és a finanszírozás nélküli határidő meghosszabbítását kellett kérnünk mivel 2004. elején a Dékán megbízott a Környezetmérnöki B.Sc. akkreditációs anyagának, majd 2005-ben a Környezetmérnöki M.Sc. akkreditációs anyag összeállításával. A munka hat kar folyamatos koordinálását igényelte úgy, hogy a peremfeltételek nem voltak ismeretesek, továbbá az ismertek is folyamatosan változtak. Ebben a munkában a projekt másik résztvevője dr. Gagy Pálffy Edit is érintett volt.

A projekt megvalósulását segítő tényezők.

- A korábban említett három diplomázó kolléga segítségével jelentős mértékben hozzájárult a téma befejezéséhez. .
- A projekt időtartama alatt rendelkeztem külső megbízási munkákkal, így a menetközben felmerült hiányzó összeget pótolni tudtam.
- A tanszék vezetése a mérőhely biztosításában és az oktató kollégák a laboridőpontok egyeztetésével messzemenő segítséget nyújtottak.

A témakörben született diplomamunkák:

- 1.) Rófusz Tímea Napenergia tárolása $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ hőtároló alkalmazásával 2004.
Kémiai Technológia Tanszék Témavezető: Dr. Bajnóczy Gábor

2.) Lovász Anett Kétfokozatú hőtárolóanyag vizsgálata házi melegvzellátó, napkollektoros rendszerhez kapcsolható hőcserélőben. 2005.

Kémiai Technológia Tanszék Témavezető: Dr. Bajnóczy Gábor

3.) Toók András (villamosmérnök) Fázisváltó anyagok alkalmazása szolárházak fűtésénél 2005. Konzulens: Dr. Bajnóczy Gábor

4.) Szolnoki László. Kétfokozatú hőtároló anyag használata napenergiával történő melegvíz előállításában 2006. Kémiai Technológia Tanszék. Témavezető: Dr. Bajnóczy Gábor

A témával kapcsolatban az alábbi konferenciákon vettünk részt, amelynek csak a részvételi díját számoltuk el az OTKA kutatás terhére. Minden egyéb költséget a résztvevők fizettek.

1. Bajnóczy G; Zöld A; Gagy-Pálffy E; Prépostffy E
Solar Energy Storage by Two-grade Phase Change Material based on Calcium Chloride and Water
EUROSUN 2002, IV. ISES Europe Solar Congress, Bologna, Italy 2002. pp. 166.

2. Bajnóczy G; Zöld A; Gagy-Pálffy E; Prépostffy E.
Napenergia Tárolása Kétfokozatú Fázisváltó Anyaggal
VIII. Nemzetközi Vegyészkonferencia, Kolozsvár, Románia: 2002 pp.32-35.

3. Bajnóczy G; Gagy-Pálffy E; Prépostffy E.
Wind Enrgy Storage by Phase Change Material
European Wind Energy Conference and Exhibition, Madrid, Spain: 2003.

4. Bajnóczy G; Gagy-Pálffy E; Prépostffy E.
Storage of Wind Energy as Heat by Phase Change Material
World Sustainable Energy Days and Exhibition 2004, Wels, Austria 2004 pp. 252.

5. Lovász A; Bajnóczy G; Gagy-Pálffy E; Prépostffy E.
Napenergiát Hasznosító Háztartási Melegvíz Előmelegítő
Műszaki Kémiai Napok 05, Veszprém 2005. ápr. 26-28.

6. Bajnóczy G; Lovász A; Gagy-Pálffy E; Prépostffy E.
Solar Energy Storage and Use for Preheater for Domestic Hot Water Supply and Heat Pump System
EUROSUN 2006, Glasgow, UK, 27-30.jun. publ. on CD.

A projekt eredményének értékelése

A kísérletek eredményeképpen sikerült eljutni odáig, hogy érdemes megépíteni egy valós méretű hőtároló – hőcserélőt, amely kétfokozatú fázisváltó anyaggal működik. További kutatási munkát ezen a területen nem tervezünk, mivel a egyetemet is érintő megszorító intézkedések miatt, számos kollégától kell megválnunk, így óraszámunk jelentős mértékben emelkedik, továbbá az összevonások miatt jelentős kutatói területet fel kellett adni, többek között a hőtárolási kísérletek helyszínét is.

A projektnek jelentős járulékos hasznaként ítéltető meg, hogy az e témával kapcsolatos konferenciákon való részvételeink során megismertünk egy olyan témát – a lágyszárú növények termikus hasznosítása – amely számunkra komoly tudományos és Magyarország számára potenciális gazdasági lehetőséget jelenthet.

Budapest 2007-02-15

Dr. Bajnóczy Gábor
egyetemi docens
témavezető