

Lämpö- ja kylmäakut kuljetusvälineissä (PCMAkku)

Eva Häkkä-Rönholm, projektin vastuullinen johtaja

VTT, Materiaalit ja rakentaminen
PL 1000, 02044 VTT
Puh. 020 722 4930
eva.hakka-ronholm@vtt.fi

Pertti Kauranen, erikoistutkija, projektipäällikkö

VTT, Uudet materiaalit
PL 1300, 33101 Tampere
Sinitaival 6
Puh. 020 722 3575
pertti.kauranen@vtt.fi

Markku Lampinen, professori

TKK, Sovelletun termodynamiikan laboratorio
PL 4400, 02015 TKK
Sähkämiehentie 4, Espoo
Puh. 09 4513582
markku.lampinen@hut.fi

Project title in English: Heat and cold accumulators in vehicles

Abstract

Heat and cold accumulators based on phase change materials (PCM) are being developed for vehicle applications. The selected demonstration cases are a mail delivery van as well as the cold chains for foodstuff and blood preperates.

Projektin kuvaus

Projektin kesto	Projektin rahoitus
1.7.2006 - 31.12.2007	383 996 €, josta Tekesin osuus 251 165 €
Hankkeeseen osallistuvat tutkimuslaitokset	VTT, TKK
Osallistuvat yritykset	Lumikko Oy, Eurocon Oy, VAK Oy, Tuoretie Oy, SPR Veripalvelu, Suomen Posti Oyj, Easy Km Oy, EHS-Group Oy
Kansainväliset yhteistyökumppanit	Rubitherm GmbH, EPS Ltd, SGL Carbon Group, Cristopia Energy Systems

Tiivistelmä

Projektissa kehitetään faasimuutosmateriaaleihin perustuvia kylmä- ja lämpöakkuja kulkuneuvosovelluksiin. Sovelluskohteiksi on valittu Postin jakeluauton moottorin esi- ja lisälämmitys sekä elintarvikkeiden ja verivalmisteiden lämpötilasäädellyt kuljetukset.

1 Tausta

Moottorin esilämmityksellä voidaan pienentää auton moottorin pakokaasupäästöjä kylmäkäynnistyksen yhteydessä ja pidentää moottorin elinikää. Varastoimalla moottorin ja pakokaasujen hukkalämpöä lämpöakkuun voidaan korvata sähkö- tai polttoainekäyttöiset

esilämmittimet joko osittain tai kokonaan. Toisaalta käyttämällä kylmävaraajia osana elintarvikkeiden ja verituotteiden kylmäketjuja voidaan tehostaa kylmäketjujen energiataloutta ja toimintavarmuutta.

Sekä lämpöakkujen että kylmävaraajien osalta tarjoavat sulamis- ja kiteytymislämpöjen hyväksikäyttöön perustuvat ns. faasimuutosmateriaalit (PCM: phase change material) tehokkaan tavan varastoida lämpö- tai kylmäenergiaa kapealla lämpötila-alueella. PCM materiaalin ominaisuudet ja varastomodulin rakenne pitää aina räätälöidä käyttökohteen mukaan.

2 Tavoitteet

Projektissa kehitetään lämpöakku, joka hyödyntää pakokaasujen hukkalämpöä, Postin dieselkäyttöisen jakeluauton moottorin esilämmitykseen ja ajonaikaiseen lisälämmitykseen. Tavoitteena on korvata nykyinen polttoainekäyttöinen esi- ja lisälämmitin joko osittain tai kokonaan ja siten parantaa jakeluauton polttoainetaloutta merkittävästi talviolosuhteissa. Myös lämpöakun kauko-ohjausmahdollisuus selvitetään.

Elintarvikkeiden lämpötilasäädelyissä kuljetuksissa pyritään kehittämään kylmävaraajia, joiden avulla dieselmootorikäyttöiset kylmäkoneet voidaan tilapäisesti kytkeä pois taajama-ajossa, ja näin vähentää kylmäkuljetusten pakokaasu- ja meluhaittoja sekä parantaa toimintavarmuutta vikatilanteissa. Samalla selvitetään varaajamoduulien vaikutus kylmäkoneiden energiatalouteen.

Verituotteiden kuljetuksissa käytetään lämpö- tai kylmävaraajilla varustettuja kylmälaukkuja eri lämpötiloissa (+ 22, + 4 ja – 20 °C). Näihin lämpötiloihin kehitetään entistä suorituskykyisempiä ja taloudellisimpia faasimuutosmateriaaleja kylmäketjujen toimintavarmuuden parantamiseksi.

3 Toteutus

Jaksorahoitteen hankeen ensimmäisen vaiheen aikana kartoitetaan kaupalliset faasimuutosmateriaalit ja mielenkiintoisimmat ei-kaupalliset kemikaalit sovelluskohteisiin. Sovelluskohteisiin kehitetään toimivat lämpö- ja kylmäakkumoduulit lämmönvaihdin- ja eristeratkaisuineen. Akuista rakennetaan laboratorioprototyypit, joiden toiminta analysoidaan ja optimoidaan matemaattisten mallien avulla.

Faasimuutosmateriaalien alijäähtymisilmiön fysikaaliset perusteet ja ilmiön mahdollinen hyväksikäyttö lämpöakun kauko-ohjauksessa selvitetään. Tällöin alijäähtynyt faasimuutosmateriaali saataisiin kiteytymään ja vapauttamaan lämpöä ulkoisen pulssin avulla.

Saavutettujen tulosten pohjalta ehdotetaan vuonna 2008 toteutettavaksi lämpö- ja kylmäakkujen täyden mittakaavan kenttäkokeet.

4 Tulokset

4.1 Tarkastelujen lähtökohdat

Kaupallisia ja ei-kaupallisia faasimuutosmateriaaleja on haettu pakastin- (- 20 °C), jääkaappi- (+ 4 °C), huone- (+ 22 °C) ja lämpöakku- (+ 80 °C) lämpötiloihin. Tavoitteena on ollut vähintään 200 kJ/kg sulamislämpö mahdollisimman kapealla lämpötila-alueella.

Postin jakeluauton polttoainekäyttöisen esi- ja lisälämmittimen toiminta sekä lämpöakulle käytettävissä oleva moottoritila on selvitetty. Pakokaasujen lämpösisällön analysointi on käynnistetty ja lämpöakun ensimmäinen laboratorioprototyyppi ja sen testauslaitteisto rakennettu. Alijäähtymisen fysiikkaa on tutkittu natriumasetaatti trihydraatti –malliaineen avulla.

Kylmävaraajan vaikutukselle lämpötilasäädelyn rekan kuormatilaan on laadittu matemaattinen malli, jonka avulla varaajamoduulin tarkempi mitoitus tehdään. Faasimuutosmateriaaleille on tutkittu erilaisia kennolevytyyppisiä pakkausratkaisuja.

4.2 Tulosten tarkastelua

Pakastinlämpötilaan on saatavilla useita kaupallisia suolavesiliuoksia. Jääkaappilämpötilaan on löytynyt lupaava parafiini, joka on testattu VTT:n lisäksi SPR Veripalvelussa. Huonelämpötilaan suunnitellut kaupalliset parafiinit eivät ole toimineet tyydyttävästi. Vaihtoehdoksi on kehitetty omaa rasvahapposeosta.

Lämpöakkulämpötilaan suunnitellut kaupalliset tuotteet eivät ole toimineet tyydyttävästi. Lupaavimmat ei-kaupalliset materiaalit ovat joko myrkyllisiä, syövyttäviä tai räjähdysvaarallisia. Turvallisen ratkaisun lämpöakkumateriaaliksi voivat tarjota sokerit, joilla on suuri sulamislämpö.

Jälkiasennuslämpöakun sovittaminen valitun auton moottoritilaan on osoittautunut ongelmalliseksi. Sylinterimäiselle termosastialle joudutaan vielä hakemaan vaihtoehtoja.

Natriumasetaatti trihydraatti on saatu stabiloitua lisäämällä siihen vettä ja geeliytysainetta. Stabiloitu aine säilyy alijäähtyneenä jopa alle 0 °C:n ja saadaan kiteytymään haluttaessa.

Mallinnuksen mukaan + 4 °C lämpötilaan stabiloidun rekan kuormatila saadaan pysymään halutulla lämpötila-alueella 5 tuntia kylmäkoneen sammutuksen jälkeen alla 100 kg:lla faasimuutosmateriaalia, jos lämmönsiirto kylmävaraajasta ilmaan saadaan riittävän hyväksi. Vaihtoehtoiset moduuli- ja lämmönsiirtoratkaisut testataan Lumikko Oy:n laboratoriossa.



Kuva 1 Postin jakeluauto lämpöakkukokeisiin.

4.3 Johtopäätökset

Pakastin- ja viileäkuljetuksiin on löydetty toimivat faasimuutosmateriaalit. Näille kehitetään toimivat pakkaustekniikat ja niiden pitkäaikaisstabiilisuus varmennetaan. Huoneenlämpötila- ja lämpöakku-sovellukset vaativat vielä faasimuutosmateriaalien jatkokehitystä. Lämpöakkumateriaalissa keskitytään etenkin sokerien jatkokehitykseen.

Lämpökun laboratorioprototyyppi ja –koelaitteisto otetaan käyttöön ja sen toiminta analysoidaan ja optimoidaan matemaattisen mallin avulla. Vaihtoehdot sylinterimäiselle akkugeometrialle ja tyhjöeristykselle selvitetään. Pakokaasujen lämmön talteenottojärjestelmän suunnittelu käynnistetään pakokaasuanalyyysien pohjalta.

Alijäähdytystutkimusta laajennetaan malliaineesta lupaavimpiin lämpöakkumateriaaleihin.

5 Tulosten hyödyntäminen

Tutkimuksen tulosten hyödyntämismahdollisuus osallistuvien yritysten liiketoiminnassa tarkentuu hankkeen edetessä kenttäkoevaiheeseen. Kylmäkuljetusketjuissa nähdään selkeää markkinapotentiaalia.

6 Julkaisut ja raportit

Projektille on avattu julkiset www-sivut osoitteessa:

<http://www.motiva.fi/fi/yjay/kuljetusala/lampojakyhmaenergianvarastointikuljetusvalineissa/>