

Visiedocument PCM



PCM

Inleiding | Een van de belangrijkste methoden voor energiebesparing, is simpel het voorkomen van energiegebruik. Dat kan met passieve warmte en koude. PCM staat voor Phase Change Material: Fase overgangsmateriaal wordt gebruikt om veel thermische energie (warm of koud) bij een vaste temperatuur op een compacte wijze op te slaan voor gebruik op een later moment. Door de bufferwerking wordt de grootte van het verwarmingssysteem of koelinstallatie beperkt waardoor energiebesparing optreedt. De reden dat dit visiedocument is gemaakt voor de NVKL projectgroep Kans is omdat PCM van belang kan zijn voor iedereen die met warmte en koude te maken heeft en op passieve wijze uitstekend kan bijdragen tot verlaging van primair energieverbruik. Dit document geeft een eerste inleiding in soorten PCM en de eigenschappen hiervan. De toepassing van PCM's kent nauwelijks beperkingen, laat u zich inspireren door de mogelijkheden.



Visiedocument PCM

Werking | Thermische energie die PCM in latente vorm kan opslaan en afgeven wordt omgezet in een fase verandering, meestal van vast naar vast/vloeibaar en vice versa. Bij dat natuurkundig proces wijzigt het volume zich in de regel hooguit 10%. Net als bij ijswater, wordt de stof vloeibaar bij energietoevoer (opslag) en vast bij energieafgifte. De smeltemperatuur is gegeven door de PCM keuze. Er is een breed bereik van temperaturen verkrijgbaar. Sommige soorten PCM 's worden in bulk toegepast, anderen verpakt in macro, micro of nano grootte. In het geval van micro en nano grootte spreekt men van een PCM slurry of PCS. In de meeste gevallen is een warmtewisselaar noodzakelijk die energie uitwisselt met het externe medium, of fungeert de verpakking als warmtewisselaar met de omgeving. De grote voordelen van PCM zijn: de vaste temperatuur of kleine glide bij warmte/koude overdracht, het gelijkmatige proces en de hoge thermische dichtheid.

Soorten PCM 's | Er zijn vele soorten stoffen inzetbaar als PCM: organische vette zuren, (an-) organische eutectische mengsels, sommige zelfs met smeltpunten van -117 tot 164 °C, vette alcoholen, esters, glycolen, PCM's met zeer hoge smeltpunten tot 900 °C, de paraffine's en zouthydraten. De laatste twee soorten zijn commercieel het best verkrijgbaar en het meest aantrekkelijk. Bij de keuze voor PCM spelen deze eigenschappen de belangrijkste rol: Smeltemperatuur, smelttraject/onderkoeling, energiedichtheid, giftigheid, verpakking, warmtecapaciteit, volumeverandering, warmtegeleiding, stabiliteit, brandbaarheid, corrosiviteit en kosten.

Tabel 1 vergelijkt belangrijke criteria met de allerbekendste PCM: ijs.

Paraffine | Paraffines (zoals kaarsvet) zijn eenvoudige, brandbare organische koolwaterstofverbindingen (alkanen) van het type C_nH_{2n+2} . Ze zijn zeer breed inzetbaar en worden verkregen uit olie-distillatie. Een langer molecuul heeft een hoger smeltpunt. C=12 smelt bij -12°C, C=50 pas bij +90°C. Met paraffines zijn goed verkrijgbare thermische opslagsystemen al jaren in gebruik over een breed temperatuurgebied.

VOORDELEN: Paraffine is stabiel, oxideert nauwelijks en degradeert niet. De hoge warmte-ca-

tabel 1

PCM	Dichtheid (kg/m ³)	Warmte-capaciteit (kJ/kg)	Warmte-capaciteit (kJ/dm ³)	Warmte geleiding (W/mK)
Water/ijs	0,9 - 0,99	335	334	0,6
Paraffine	0,75 – 0,93	189-255	132 – 179	0,17 – 0,22
Zout-hydraat	1,4 – 2,2	100 – 300	140 - 420	0,45 – 0,65

paciteit per kg is een voordeel dat door de lage soortelijke dichtheid weer teniet wordt gedaan. Er treden geen sub/superkoeling effecten op. Ze zijn nauwelijks reactief en compatibel met alle metalen opslagmethoden en warmtewisselaars. Ze hebben een lange levensduur en zijn niet giftige natuurproducten.

NADELEN: De thermische geleidbaarheid is gering, het smelten/stollen geschiedt traag. Snelle warmteoverdrachtvermogens zijn problematisch. Sommige paraffines vertonen een grote volumewijziging bij de faseovergang. Vaak is er geen scherpe stol/smelttemperatuur maar een stoltraject (glide). De kosten van paraffine verschillen per soort aanzienlijk. Slechte compatibiliteit met kunststoffen: Sommige kunststoffen zijn niet absoluut dicht voor paraffine. Hoge brandbaarheid en verbrandingswarmte.

Zout hydraten | De grootste, belangrijkste en breedst bestudeerde groep van PCM's bestaan uit een zout en water in een kristalmatrix gehydrateerd. Het smeltgedrag kan volledig, niet- of semi-congruent zijn. Hiermee wordt aangeduid of het zout al dan niet oplosbaar is in het hydraat dan wel of er een equilibrium optreedt bij overgang van de vaste naar de vloeibare fase. Zouthydraten kennen gangbare smeltpunten tussen +7 en +137°C. De keuze in stoffen in het gebied +18 ~ +70°C is zelfs zeer groot. Voor temperaturen van -100 tot -3 °C bestaan er tientallen zoutoplossingen met hoge smeltwarmte. Er zijn zeer goede ervaringen.

VOORDELEN: De goede verkrijgbaarheid gaat samen met de gunstigere prijs. Een scherp stol/smeltpunt geeft goede latente opslagprestatie. Relatief hoge thermische geleiding geeft een snelle overdracht. Hoge thermische dichtheid per volume-eenheid verkleint de buffergrootte. Nauwelijks volumewijziging bij fase overgang. Niet brandbaar. Grote keuze in verkrijgbare temperaturen. Niet giftig natuurproduct.

NADELEN: Enige onderkoeling is vereist om het stollen in gang te zetten. Zeer corrosief voor metalen, zodat zout hydraten vaak anders worden verpakt. Behoeft stabilisatoren voor lange

cyclische werking, segregatie kan optreden waardoor het opslagvermogen vermindert (dit is te voorkomen met additieven en verpakkingsvorm). De thermische dichtheid verlaagt zich iets.

Levensduur | Er zijn vele studies bekend van wetenschappers en producenten. De tests beschrijven beproevingen vanaf 1000x tot een veelvoud van (ont-)laadcycli. Zowel de zout-hydraten als paraffines vertonen geen achteruitgang in thermische opslagcapaciteit van betekenis.

Corrosie | Vooral de zout-hydraten zijn zeer corrosief voor bijna alle metalen. Slechts de kostbare zeewaterbestendige of hoogwaardige metalen als sommige RVS soorten zijn mogelijk geschikt. De leverancier dient dit aspect te garanderen. Daarentegen zijn bijna alle kunststoffen geschikt voor corrosief PCM. Goede resultaten worden met HDPEX-a bereikt.

Verpakking in macro patronen / vulgraad | Indien PCM in patronen verpakt wordt, dient de geometrie functioneel te zijn aan de toepassing. De verpakking beschermt de omgeving tegen de PCM. Het oppervlak van de patronen moet toereikend zijn voor de gewenste thermische uitwisseling. Alle denkbare vormen en soorten van verpakking zijn in de handel: bal, patronen, cilinders, containers, buizen, capsules, platen, zakjes, tabletten enz. Verpakken geeft voordelen met betrekking tot het voorkomen van lekkages, de hanteerbaarheid, corrosie, stabiliteit, overdracht en structuur.

Bij grotere macro patronen kan de interne thermische geleiding een beperking worden maar nemen de kosten per kg juist af. Door hysteresis verloopt de temperatuur enigszins anders bij stollen dan bij smelten. Patronen kunnen intern aanvullend van warmtegeleidende materialen worden voorzien, vaak van metallische aard in een variëteit van vormen, maar ook composiet en grafietpoeder is effectief. Een 5-10% additief is hierbij toereikend. De doorsnede van macro patronen bedraagt in de praktijk maximaal enkele cm van wand naar wand.

Visiedocument PCM

Verpakking in micro capsules / nano / slurry. | Bij deze techniek is het PCM verpakt in kleine deeltjes van 1µ tot 1000µ, in een matrix, stevige korrels of nog compactere technieken. Het grote oppervlak en de kleine afstanden geven een snelle warmteoverdracht, bescherming van het PCM en er zijn geen problemen van volumewijziging. Een micro/nano-PCM kan een poeder zijn en soms tot 30-40% vulgraad in een vloeistof verpompt worden waardoor de warmtecapaciteit van het medium aanzienlijk zal stijgen. We spreken dan van een slurry. De kosten kunnen hoger uitvallen. Wel neemt de viscositeit van de vloeistof sterk toe. Lekkage van PCM treedt normaal gesproken niet op. Temperaturen tussen -10°C en +80°C zijn goed realiseerbaar.

Kleine PCM deeltjes worden ook vermengd met vaste stoffen. In beton, pleister, steen en een veelheid van bouwmaterialen en verpakkingsmateriaal verhogen zij de thermische prestaties gigantisch door op een gekozen temperatuur een hoge warmtestroom te leveren/geven bij behoud van de functie van het basismateriaal.

Toepassingen: | Het scala van toepassingen voor PCM's kent eigenlijk geen grenzen. Het wordt zeer breed toegepast. Globaal kunnen we twee soorten toepassingen onderscheiden:

- Thermisch inertie, conservatie en bescherming.
- Opslag van warmte en koude.

Onderstaande opsomming is verre van compleet en dient enkel ter inspiratie:

Bebouwde omgeving in vast medium | PCM in beton, pleister, wand, plafond, dak, vloer enz. geeft passieve verwarming/koeling. Gebouwen zullen energetisch baat hebben van een hogere thermische massadichtheid. PCM komt ook voor in zonwering (raammarkiezen), shelters, elektronica, warmtewisselaars, restwarmte met boten voor stadsverwarming enz.

Bebouwde omgeving in vloeibaar medium | PCM kan als slurry de latente prestatie fors verbeteren. PCM macropatronen zullen in voorraad tanks (vaak

met water of antivries) de thermische opslag van de voorraad tank een factor 4 tot 8 kunnen vergroten. Voor deze toepassing zijn er zeer geslaagde praktijkvoorbeelden zoals o.a. solar-cookers en opslag van zonnewarmte in een boiler en de opslag van restkoude en restwarmte bij warmtepompen, hiermee kan peak-shaving worden gerealiseerd en een reductie van het opgesteld koel/warmtepomp vermogen. Ook worden PCM's in een vloeibaar medium toegepast voor het koelen van machines.

Bebouwde omgeving in gasvormig medium | PCM's in een gasvormig medium kunnen functioneel zijn in passieve of mechanische luchtkanalen en convectoren voor passieve stabilisatie van de capaciteit. Bijvoorbeeld in datacentra. Patronen worden ook binnen, vrij in de ruimte ingezet voor vergroting van de thermische massa.

PCM's in verpakkingen | Het toepassingsgebied van PCM's in verpakkingen is nagenoeg onbegrensd. Denk aan thermokleding, beddengoed, militaire toepassingen, thermoskannen, mokken, thermocontainers, medische transportmiddelen (bloed en organen), grote reebers, transport van voedsel, catering, batterij- en noodkoeling.

Fiscale voordelen | PCM's staan op de Energielijst 2015 van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) onder EIA-nummer: 210405 [W]; Faseovergangsmateriaal, bestemd voor: het verminderen van het energiegebruik voor het koelen of verwarmen van bedrijfsgebouwen, en bestaande uit: faseovergangsmateriaal met een gedefinieerd overgangstraject en een capaciteit in het overgangstraject van minimaal 100 kJ/kg. Het maximale investeringsbedrag dat voor EIA in aanmerking komt bedraagt € 10 per kg faseovergangsmateriaal.

Conclusie | PCM is een nuttige, passieve wijze van opslag, transport, en in tijd verschuiven van warmte en koude bij een bij de toepassing goed passende temperatuur. Het scala van producten, uitvoeringen, temperaturen en toepassingen is nagenoeg onbegrensd. Diverse leveranciers hebben decennia ervaring met PCM. Het inzetten van PCM is effectief als thermische energie compact opgeslagen dient te worden. De opslagcyclus is dagelijks, wekelijks maar kan ook onregelmatig zijn. De koude- en klimaattechnicus die dagelijks professioneel bezig is met warmte en koude, kan met PCM de klant voorzien van passieve en duurzame technologie met fiscale steun. Er is namelijk veel kennis en aandacht nodig tijdens het ontwerp om te komen tot een goede toepassing van PCM's. Dit vergt namelijk een goede afstemming tussen warmtecapaciteit, warmteoverdracht en tijdsyclus. Bij een niet perfecte afstemming ontstaat bijvoorbeeld al snel veel materiaal wat waarschijnlijk maar enkele malen gedurende de levensduur een volledige faseovergang maakt.

Meer informatie | Voor nadere informatie kunt u contact opnemen met de projectgroep Kans via Coen van de Sande.
coen.van.de.sande@nvkl.nl
tel. 079-35 31 149



Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer
T 088 - 40 08 490
F 088 - 40 08 401
E info@nvkl.nl
www.nvkl.nl



