Author/Autore
Bing Feng
NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY OF SINGAPORE

Investigation of recycled materials to manufacture cooling coatings

Conventional methods to indoor cooling involve the active use of air-conditioning systems which leads to high energy demands. On the other hand, passive radiative cooling (PRC) systems provide free cooling by regulating the amount of heat transmitted indoors through a combination of reflection and emission strategies.

Accompanied with reflection of solar radiation in the wavelength of 0.3-2.5 µm, materials exhibiting selective optical properties can enhance cooling and even reach sub-ambient temperatures. To passive daytime radiative cooling (PDRC), studies have shown that a reflectivity of 95% and above in the solar spectrum is required for effective cooling performances. However, in a region with tropical climate, the criteria of solar reflectivity becomes more stringent due to the higher solar intensity.

Image source:
Nanyang Technological University, Singapore

Recently, different forms of effective PDRC materials such as paints and films have been proposed for real world applications. Among them, polymer-based PDRC materials have shown excellent cooling performances alongside their low cost and high potential for scalability. These organic polymers, including poly(vinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene) (PVDF-HFP), polyvinylidene fluoride (PVDF) polymethyl methacrylate (PMMA), polystyrene (PS) and polyvinyl chloride (PVC), have displayed strong infrared (IR) emission due to their intrinsic vibrations within 8-13 µm. To achieve high solar reflectivity, white pigment nanoparticles (NPs) with strong scattering efficiency within 0.3–2.5 µm can be embedded within the polymers.

A possible solution to the sustainable development of PDRC is to substitute virgin polymer with their recycled counterparts during the manufacturing process.

As a sustainable alternative to using virgin polymer, the researchers of the NTU (Nanyang Technological University of Singapore) propose the use of recycled polymer for the fabrication of passive radiative cooling materials to tackle both the increasing demand for cooling systems and to upcycle plastic waste. Using recycled acrylic sheets as the binder for BaSO4 thorough sol–gel method, a sustained 1.2°C sub-ambient temperature during daytime and 3° C sub-ambient temperature during nighttime was achieved under the hot and humid conditions of the tropical climate. The coating achieved 97.7% solar reflectance and 95% infrared emittance. Separately, when porosity is introduced to recycled acrylic sheets through a phase inversion method, a near-ambient temperature during noontime and sustained sub-ambient temperature of 2.5° C during nighttime was achieved (with 96.7% solar reflectance). Comparable performances are also obtained using recycled polyvinyl chloride (PVC) pipe and expanded polystyrene (EPS) foam.

Ricerche sui materiali riciclati per realizzare rivestimenti rinfrescanti

I metodi convenzionali di raffreddamento di ambienti interni implicano l'utilizzo attivo di sistemi di condizionamento dell'aria che richiedono un notevole apporto di energia. D'altro canto, i sistemi di raffreddamento radiativo passivo (PRC) espletano la loro funzione regolando la quantità di calore trasmesso all'interno grazie a una combinazione di strategia di riflessione e di emissione.

Insieme al riflesso della radiazione solare nella lunghezza d'onda di 0,3-2,5 µm, i materiali che presentano proprietà ottiche selettive possono migliorare il raffreddamento raggiungendo anche temperature al di sotto di quella dell'ambiente. Per il raffreddamento radiativo passivo durante le ore del giorno (PDRC), gli studi hanno dimostrato che è indispensabile una riflettanza del 95% e oltre dello spettro solare, perché vi sia una effettiva prestazione rinfrescante. Tuttavia, in un'area geografica caratterizzata da clima tropicale, i criteri della riflettanza solare diventano più rigorosi a causa della superiore intensità solare.

Recentemente, per applicazioni nel mondo reale sono state proposte diverse forme di materiali PDRC efficaci quali pitture e film. Fra questi, i materiali PDRC a base polimerica hanno dimostrato eccellenti prestazioni di raffreddamento oltre ai costi ridotti e alle notevoli potenzialità di scalabilità. Questi polimeri organici, fra cui il poli(viniliden fluoruro-co-esafluoropropilene) (PVDF-HFP), il poliviniliden fluoruro (PVDF), polimetil metacrilato (PMMA), polistirene (PS) e il polivinil cloruro (PVC), hanno manifestato forti emissioni di infrarossi (IR) a causa delle loro vibrazioni intrinseche nel range di 8-13 µm. Per ottenere una alta riflettanza solare, all'interno dei polimeri possono essere incorporate nanoparticelle di pigmento bianche (NPs) ad alta efficacia di propagazione nel range di 0,3-2,5 µm.

Una soluzione possibile allo sviluppo sostenibile di PDRC consiste nel sostituire i polimeri originali con le loro controparti riciclate durante il processo produttivo.

Come alternativa sostenibile all'uso dei polimeri originali, i ricercatori del NTU (Nanyang Technological University of Singapore) propongono l'uso dei polimeri riciclati per la fabbricazione dei materiali radiativi passivi di raffreddamento per far fronte alla domanda in crescita di sistemi raffrescanti e per riutilizzare i materiali di scarto di plastica. Grazie all'utilizzo dei laminati acrilici riciclati come legante per BaSO4 e con il metodo sol-gel è stata raggiunta una temperatura inferiore a quella ambiente di 1,2°C durante le ore del giorno e di 3° C durante le ore della notte, nelle condizioni di caldo/umidità del clima tropicale. Il rivestimento ha raggiunto una riflettanza solare di 97,7% e di emissione di infrarossi del 95%. Separatamente, quando viene introdotta la porosità nei laminati acrilici riciclati mediante un metodo di inversione di fase, è stata raggiunta una temperatura quasi ambiente a mezzogiorno e al di sotto della temperatura ambiente di 2,5° C durante le ore notturne (con il 96,7% di riflettanza solare). Prestazioni simili sono state ottenute utilizzando condotte riciclate di polivinilcloruro (PVC) e schiuma espansa di polistirene (EPS).