

POLIMER AEROGEL VISOKE VRSTO E

Nevjerojatna svojstva i široka mogućnost primjene

PRIPREMILA:
Tanja Vrančić

Novi i nagrađeni polimer aerogel ima zadivljujuća svojstva jer je jak, prilagodljiv, otporan na savijanje, nabiranje, drobljenje i pritisak

esto nazivan i "smrznuti dim" (još i "kruti dim" ili "plavi dim"), aerogel je svrstan me u nevjerojatne materijale našeg doba, a drži čak petnaestak Guinnessovih svjetskih rekorda. To je tvar s najnižom gustoćom od bilo koje poznate porozne krutine, a izveden je iz gela kojem je teku i sastojak zamijenjen plinom. Me utim, unato brojnim nevjerojatnim svojstvima, tradicionalni su aerogelovi kruti, lako se mrve i pucaju, a to je vjerojatno i razlog što ih nema u praktičnoj primjeni. Ipak nova generacija mehanički robusnih polimera aerogela, otkrivenih u Istraživačkom centru Glenn (Glenn Research Center) u sastavu agencije NASA u Ohiju, omogućuje primjenu u najkvalitetnijoj izolacijskoj odjeći, posebnim filtrima, hladnjacima s tankim stijenkama i osobitim izolacijama u zgradama.

Silicijski je aerogel materijal s najmanjom gustoćom od bilo koje poznate porozne krutine, ali se lako mrvi i puca pa ga stoga nema u praktičnoj primjeni

Prvotno je aerogel sintetiziran 1931., a njegovo je otkriće bilo rezultat oklade dvojice kemičara – Samuela Stephensa Kistlera i Charlesa Learneda. Kako su znali da su gelovi većim dijelom ispunjeni vodom, postavili su si izazov da bez skupljanja uklone vodu gela. Okladu je dobio Kistler, a otad aerogelovi pripadaju vrstima najmanje gustoće i posjeduju specifičnu otpornost na pri-

stisak sličnu složenim grafitnim kompozitima što se upotrebljavaju u svemirskim istraživanjima. Ujedno osiguravaju najmanju toplinsku provodljivost od bilo koje vrste materije.

Odgovor na pitanje zašto se aerogelovi unato nevjerojatnim osobinama ipak znatnije ne primjenjuju dala je dr. sc. Mary Ann B. Meador, kemičarka zaposlena u Istraživačkom centru Glenn. Objasnila je da su tradicionalni aerogelovi izrađeni od silicija (silicijeva dioksida ili pijeska s plaže) pa se lako lomili i pucaju, a to nije slučaj s novim polimerima aerogela. Stoga su razvili poseban polimer aerogela koji je jak, prilagodljiv i otporan na savijanje, nabiranje, drobljenje i pritisak. Novi je aerogel osvojio nagradu 2012



Cvijet zaštićen od plamena aerogelom debljine 6 mm

R&D 100 koju svake godine dodjeljuje časopis *R&D* što ga izdaje Massachusetts Institute of Technology.

Novi su aerogelovi i do 500 puta jači od aerogelova na bazi silicija jer, primjerice, nešto deblji komad može izdržati težinu automobila. Mogu biti i vrlo tanki, poput filma, pa je moguća vrlo široka komercijalna i industrijska uporaba.



Fleksibilni komad novog polimer aerogela

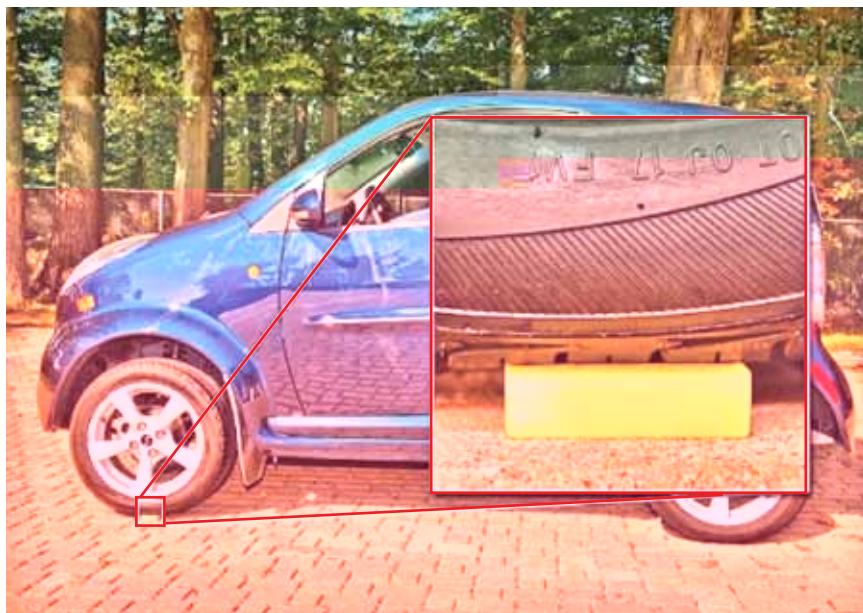
Prijašnji su se pokušaji proizvodnje ja ih i trajnijih aerogelova uglavnom sastojali u tome da su na površinu silikonskih aerogelova nanošeni tanki slojevi polimera. Ra eno je to uglavnom s pomo u kemijskog taloženja, ali je taj proces bio veoma spor. Problem je bio i u tome što ve ina polimera, koji su se mogli primijeniti, ima prili no niske temperature topljenja, a za mnoge potencijalne primjene potreban je odre en stupanj toplinske tolerancije. Stoga je bilo potrebno novo rješenje, jer je jedina uloga silicijskog aerogela bila u tome da oblikuje polimerne premaze, pa se stoga probalo izravno formirati polimerski aerogel, posebno uz pomo nekih polimera odnosno poliamida koju pokazuju otpornost na temperaturi i od 400 °C.

List polimer aerogela od 6 mm pruža izolaciju poput 8 cm fiberglasa, a ti aerogelovi mehanički odgovaraju sintetičkim gumama i toplinski su manje provodljivi

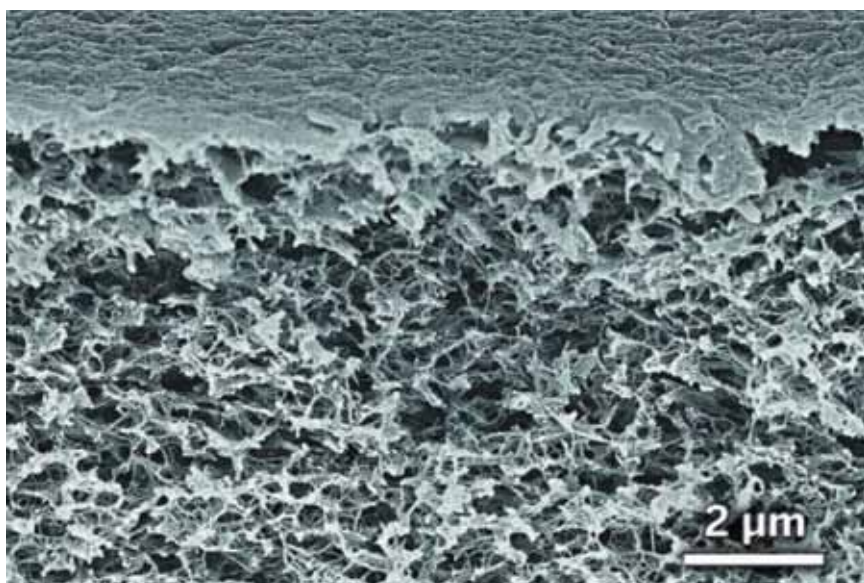
Ipak standardne su metode dobivanja aerogelova stvarale velike probleme jer su se gelovi s nanesenim poliamidima nakon sušenja smanjivali i do 40

% i stvarali neprihvatljivo guste materijale. Nakon brojnih pokušaja NASA-ina istraživa ka grupa pokušala je s unakrsnim povezivanjem trodimenzionalnim polimerima koji su znatno kru i od linearnih. Uspjeli su dobiti gel na sobnoj temperaturi i ostvariti potpunu spregu s razli itim trodimenzionalnim polimerima. Kada je taj gel podvrgnut nadkriti nom sušenju (s visokim temperaturama pod tlakom), dobiveni su polimer aerogelovi s gusto ama od 0,14 g/cm³ s 90 % poro-

znosti – znatno manje od najboljih, ali dovoljno lagani za brojne osobine, poput vrlo niske toplinske provodljivosti. Mikrografija nanostani ne strukture aerogela pokazuje pore od približno deset nanometara u prosjeku. Stoga list takvog aerogela od 6 mm pruža nost izolacije kao kod 8 cm fiberglasa. Nova generacija polimer aerogelova ima i najbolja mehani ka svojstva jer, primjerice, silicijski aerogelovi sli ne gusto e imaju otpornost na kompresiju i ograni enje napreza-



Automobil parkiran na novom polimer aerogelu



Elektronski mikrograf strukture polimer aerogela

nja i više od 100 puta manju od polimer aerogelova. Silikonski su se aerogelovi pretvarali u prah pod automobilskim gumama, a to nije slu aj s novim polimer aerogelovima. Zapravo mehani ka svojstva odgovaraju sinteti kim gumama, ali aerogel uz iste zna ajke i znatno manju toplinsku provodljivost ima samo desetinu težine.

Stoga novi materijal omogu uje brojne primjene, ponajprije u proizvodnji odje e, ali i pri izolaciji cijevi, zgrada, bojlera i sl. NASA je ak razmatrala uporabu polimer aerogelova kao toplinske zaštite na napuhavanje. Daka ko da e primjena ovisiti o komercijalnoj cijeni polimer aerogelova, ali takav proizvod ima prakti ki neograni ene mogu nosti.

HLADNI KROVOWI U HLADNIJIM KLIMATSKIM UVJETIMA

Ljetne uštede veće od zimskih troškova

PRIPREMILA:
Tanja Vrančić

Hladni krov ne može promijeniti emisijske i reflektivne značajke pa se opća učinkovitost određuje usporedbom energije sačuvane ljeti s utrošenom u sezoni grijanja

Hladni ili ventilirani krov naziv je za vrstu krovne konstrukcije koja omogućuje neprekinuto strujanje zraka u sloju između i crijeva i krovne konstrukcije pa time i hlađenje. Hladni su krovovi prava moda u krovnoj industriji, ali se njima ne bave dovoljno istraživači i krovnih sustava, posebno karakteristikama kao što su infracrvena emisija i solarna refleksija. Za većinu hladnih krovova osjetljivo pitanje. Krovni sustavi koji reflektiraju sunčeve zrake mogu znatno uštedjeti energiju i novac u toplim klimama tijekom cijele godine i za vrućih ljetnih mjeseci u mnogim podnebljima. Međutim, manje je poznato i prilično dvojbeno jesu li hladni krovovi korisni u krajevima gdje tijekom cijele godine energetska opterećenja za grijanje prevladavaju nad onima za hlađenje. Drugim riječima, mogu li hladni krovovi biti iskoristivi u hladnim vremenskim uvjetima?

Odgovor na to pitanje počinje razmatranjem funkcioniranja hladnih krovova. Hladni je krov onaj koji kombinira refleksivnost i infracrvenu emisiju kako bi zadržao hladniju krovnu tempera-

tu, kaže Andre Desjarlais, menadžer istraživačkog programa omotača zgrada pri Nacionalnom laboratoriju Oak Ridge Ministarstva energetike SAD-a (U.S. Department of Energy's Oak Ridge National Laboratory). Refleksivnost je postotak sunčeve zračenja koje se odražava u kontaktu s krovnom površinom, a infracrvena emisija preostalo je sunčeve zračenje koje se od krovne površine odbija prema nebu.

Sunčeva zračenja sastoji se od tri oblika energije: približno 5% ultraljubičaste svjetlosti, 45% vidljive i 50% infracrvene. Ta se energija u kontaktu s krovom ponaša na nekoliko načina. Kod hladnih krovova najveći dio reflektira, ali i kao infracrvena energija emitira u atmosferu. Energija što se apsorbira i pretvara u toplinu te iznad površine prenosi zrakom konvekcijom (usmjerenim strujanjem fluida s predavanjem topline okolišu), a ostatak se topline provede u građevinu.

Međutim, industrijskih strujanja slabe da refleksivnost više od infracrvenih emisija utječe na energetske učinkovitosti krova za toplo vrijeme. Ako

se već i dio solarne radijacije reflektira, manji dio ostaje za infracrvenu emisiju. Mnogi hladni krovovi imaju refleksivnost od 75 do 80% (0,75 do 0,8), što znači da se apsorbira samo 20 do 25% energije sunca.

Prema Nacionalnom laboratoriju Lawrence Berkeley (LBNL – Lawrence Berkeley National Laboratory), na temperaturi od 36°C, podizanje refleksivnosti krova od 0,25 do 0,40, uz održavanje stalne emisije, uzrokuje smanjivanje površinske temperature za 7°C. Promjena emisije krova od 0,75 do 0,9, uz održavanje konstantne refleksivnosti, smanjuje površinske temperature za samo 1,12°C.

Kombinacija visoke refleksivnosti i visokih emisija u ljetnim mjesecima može kod krovova smanjiti površinske temperature od 15 do 20 °C

Kombinacija visoke refleksivnosti, koju obično uzrokuju svijetle ili bijele površine, i visokih emisija u toplim ljetnim mjesecima izaziva površinske temperature koje su ponekad čak od 15 do 20 stupnjeva niže nego kod krovova koji ne reflektiraju. Stoga zbog manje toplinske energije sustav klimatizacije može raditi smanjenim kapacitetom kako bi održavao prikladne temperature u građevinama.

Iako su reflektivnost i emisijska svojstva krova najvažnija za njegovu hladnoću, drugi faktori, poput izolacije, te orijentacije i nagiba krova pridonose ukupnoj energetske učinkovitosti zgrade. Stoga investitori nikad ne bi trebali pristati na bojenje hladnog krova ako se radi samo o bojenju u bijelo, sma-



Primjeri hladnog krova



Česti (loš) primjer u praksi, premazivanje krova bijelom bojom

tra Jared Blum, predsjednik američkog udruženja proizvođača (Polyisocyanurate Manufacturers Association) i član upravnog odbora Saveza pametnih solarnih krovova (Solar Smart Roof Alliance). Valjalo bi svakako uključiti i neke druge značajke takvog krova, poput održavanja koje bi moglo biti nužno da se zadrži predviđena inkovitost. Dakako da je potrebno razmotriti i dugotrajnu sposobnost krova da održi svrhovitost s estetikom.

Ali čak i kada se besprijekorno održava, pitanje je hoće li hladni krov biti toplinski štetan u podnebljima u kojima grijanje prevladava. Idealan bi krov trebao biti potpuno refleksivan ljeti i apsorbiraju zimi. Nažalost, krov ne može promijeniti svoje emisijske i reflektivne karakteristike, tako da opažena energetska inkovitost hladnog krova mora biti procijenjena usporedivanjem energije sa uvane za vrelih ljetnih mjeseci s utrošenom energijom, tzv. "kaznenim grijanjem" u sezoni grijanja.

Potrebna temperatura za grijanje i hlađenje mjeri se brojem stupnjeva kada prosječna dnevna temperatura padne ispod ili poraste iznad 18 °C. Svrha je mjerenja stvaranje indeksa energetskog opterećenja za grijanje i hlađenje u razmatranim razdobljima, ali pomažu i u utvrđivanju jesu li neke građevne strategije pogodnije za određena zemljopisna područja.

Razvijen je poseban kalkulator za izračunavanje koliko se energije, pa time i novca, može potrošiti na održavanje i

vano uporabom hladnih krovova u usporedbi s nereflektiranim krovovima na određenim lokacijama. Kalkulator, između ostalog, omogućuje korisnicima unošenje toplinskih značajki predloženog krova, količinu izolacije, troškove energije i inkovitost sustava za grijanje odnosno hlađenje građevine. Dobivaju se tako opći i pokazatelji kako se neki krovni materijali s posebnim toplinskim svojstvima ponašaju u različitim klimama. Drugim riječima, s energetske i novčane stajališta pomaže u procjeni mogu li hladni krovovi biti korisni u hladnijim podnebljima. Ipak u mnogim slučajevima, i u hladnim klimama, kalkulator izračunava istu godišnju uštedu uporabe hladnih krovova.

Postoji najmanje pet razloga zašto dodatno grijanje zimi nije onoliko koliko bi moglo biti i zašto su ljetne uštede u hlađenju do neke mjere u stanju nadomjestiti dodatne troškove zimi u hladnijim klimama:

- Zimi je kut sunca manji pa reflektivnost i apsorpcija nisu toliko značajni. Reflektivnost i apsorpcija su važniji ljeti kada je sunce pod većim kutom i sunčevo zračenje izravno pogađa krov.
- Dani su zimi kraći tako da se manje ukupne energije na krovu apsorbira ili reflektira nego tijekom ljeta.
- Zimi je povećan odnos oblačnih dana prema sunčanima pa manje solarne energije dolazi do krova.
- Snijeg nagomilan na krovu reflektira sunčevu energiju pa nije važno koliko krov reflektira ili apsorbira.

- U mnogim se slučajevima zimi za zagrijavanje rabe izvori energije koji su jeftiniji od struje, poput prirodnog plina ili nafte.

Učinak je urbanoga toplinskog otoka kada tamni građevni materijali i nedostatak vegetacije stvaraju temperaturnu razliku između središnjih i prigradskih dijelova

Neke elektroprivredne tvrtke u SAD-u nude poticaje za sadržaje koji poput hladnih krovova pomažu u smanjivanju potrošnje energije pri vršnim opterećenjima. Istodobno se istražuju mjere koje gradovi mogu poduzeti kako bi ublažili u inak urbanim toplinskih otoka, a to je također područje u kojem su hladni krovovi od neprocjenjive vrijednosti, čak i u sezonskim klimatskim uvjetima. U inak je urbanoga toplinskog otoka pojava kada tamni građevni materijali, kao što je tamno popločenje i kolnici, ali i nedostatak vegetacije, stvaraju temperaturnu razliku od 3 do 5 stupnjeva između središnjih dijelova velikih gradova i okolnih prigradskih područja. Povećana temperatura uzrokuje da gradovi u cijelosti i stvarne građevine troše više energije za hlađenje. Usto se s povećanjem temperature zraka smanjuje njegova kvaliteta, što je za ljude znatno veća opasnost zbog zdravstvenih problema uzrokovanih smogom. Zbog niže površinske temperature na krovovima s visokom emisijom i refleksijom, urbani se toplinski otoci mogu smanjiti širokom uporabom hladnih krovova, što vrijedi i u gradovima sa sezonskim klimatskim uvjetima.

Na razini SAD-a, prema procjeni laboratorija *Lawrence Berkeley*, široko postavljanje hladnih krovova, neovisno o drugim mjerama, može uštedjeti gotovo 750 milijuna dolara u troškovima energije velikih urbanih središta.