

MATERIAŁY POROWATE – WŁAŚCIWOŚCI I ZASTOSOWANIE

PACIOREK Jakub, PL

Streszczenie

W artykule przedstawiono nowoczesne tworzywa inżynierskie z podziałem na ceramiczne i metalowe materiały porowate, a także opisano je pod kątem unikalnych właściwości fizycznych i zastosowania. Omówiono również tworzywa porowate na przykładzie kompozytu ceramika - polimer organiczny z tlenku glinu oraz pian aluminium.

Słowa kluczowe: porowatość, kompozyt, piana metalowa.

POROUS MATERIALS – THEIR PROPERTIES AND APPLICATIONS

Abstract

This paper presents modern engineering materials, such as ceramic porous materials and metal porous materials. Their unique physical properties and applications are described. As an example of a porous material, a ceramics-organic polymer composite of aluminium oxide and aluminium foams is discussed.

Key words: porosity, composite material, metal foam.

Wprowadzenie

Materiały porowate to tworzywa inżynierskie o unikalnych właściwościach fizycznych posiadające w swym wnętrzu dużą liczbę luk, czyli przestrzeni. Najczęściej wypełnione są gazem lub cieczą o innych właściwościach chemicznych niż ciało stałe. Wewnętrzne przestrzenie nazywa się porami. Ciało stałe stanowiące matrycę ciała porowatego nazywa się szkieletem lub nośnikiem. Przyjmuje się że strukturę ciała porowatego charakteryzują pewne wielkości. Są nimi: porowatość, powierzchnia właściwa porów, gęstość masowa, przepuszczalność a także krętość porów.

1 Materiały porowate – właściwości oraz zastosowanie

Materiały wysokoporowate posiadają bardzo małą gęstość, doskonale tłumią energię mechaniczną, pochłaniają również fale dźwiękowe. Piany metalowe posiadają interesujące kombinacje właściwości fizycznych i mechanicznych, między innymi wysoką sztywność w połączeniu z bardzo niską masą oraz wysoką wytrzymałość na ściskanie w połączeniu z dobrymi właściwościami absorpcji energii. Ponadto, posiadają dobrą odporność zmęczeniową, odporność na wibrację a także niską przewodność cieplną i elektryczną co sprawia że są dobrymi izolatorami. W przypadku ceramicznych tworzyw porowatych należy również wspomnieć o dobrej odporności chemicznej i odporności na nagłe zmiany temperatury. Do korzystnych cech materiałów porowatych należy również łatwość obróbki mechanicznej i recyklingu (1).

Odmienna budowa strukturalna materiałów porowatych sprawia, że znalazły szerokie spektrum zastosowań, głównie w przemyśle samochodowym, lotniczym i kosmicznym. Otwierają się tym samym olbrzymie rynki zbytu. Stosowane są jako materiał wypełniający, natomiast zdolność do tłumienia dźwięków sprawia, że znalazły zastosowanie jako wykładziny tłumiące. Ponadto, z pian metalowych wykonuje się różnego rodzaju filtry i rozdzielacze, elementy katalizatorów samochodowych, elementy wymienników ciepła,

a také různého rodzaju maty. Właściwości materiałów o strukturze komórkowej ukierunkowują ich zastosowanie w programach kosmicznych, wykorzystywane są do budowy elementów rakiet i silników odrzutowych. Materiały porowate znalazły dość szerokie zastosowanie jako elementy stref zgniotu w pojazdach samochodowych, a także w lekkich i sztywnych konstrukcjach mechanicznych i budowlanych (2).

2 Ceramiczne materiały porowate

Ceramiczne materiały porowate to tworzywa, które w swojej objętości zawierają puste przestrzenie zwane porami, a ich objętość wynosi od 20 do ponad 90%.

Projektowanie ceramicznych materiałów porowatych jest bardzo złożonym zagadnieniem, a ich przyszłe zastosowanie i warunki pracy są ściśle związane z wyborem surowców i parametrów technologicznych. O właściwościach ceramicznych tworzyw porowatych decydują: wielkość i kształt ziarna, skład i ilość dodanego spoiwa a także ciśnienie prasowania oraz temperatura i czas prasowania (3).

Porowate tworzywa ceramiczne otrzymywane metodą osadzania ceramicznej masy lejnej na podłożu polimerowym od lat wykorzystywane są jako biomateriały i znajdują rosnące zastosowanie w medycynie. Ceramika porowata zaprojektowana na wzór struktury kości służy do wykonywania implantów ortopedycznych w chirurgii kostnej. Pory porowatego tworzywa ceramicznego wypełnione biodegradowalnym polimerem, na przykład laktydem, po wszczepieniu do żywego organizmu, w miarę stopniowej degradacji polimeru w organizmie, mogą przerastać tkanką biologiczną, doskonale zastępującą naturalną kość. Wysokoporowate materiały ceramiczne wytwarzane metodą spieniania są doskonałym podłożem dla katalizatorów w urządzeniach dla katalitycznego dopalania spalin silników samochodowych. Materiały takie mogą być również stosowane do filtracji lub wydzielania z cieczy lub gazów odpowiednich związków, na przykład witamin czy enzymów. Intensywne prace badawcze prowadzone są nad ceramicznymi membranami filtracyjnymi stosowanymi do mikro- i ultrafiltracji, jak również odwróconej osmozy (4).

2.1 Kompozyty ceramika – polimer organiczny

W celu otrzymania porowatego tworzywa ceramicznego z tlenku glinu stosuje się metodę osadzania ceramicznej masy lejnej na podłożu polimerowym. Do sporządzenia mas lejnych używa się akrylopochodnych spoiw wodorozcieńczalnych. W charakterze podłoża polimerowego stosuje się gąbkę poliuretanową o określonej gęstości i wielkości porów. Otrzymuje się w ten sposób tworzywo porowate na bazie którego sporządza się kompozyt ceramika – polimer organiczny. Polimerem wprowadzanym do wnętrza porów porowatego materiału ceramicznego jest poli (metakrylan metylu).

Ceramiczne tworzywo porowate z tlenku glinu otrzymuje się metodą biomimetyczną odwzorowania struktury gąbki. Do nasączania masami lejnymi używa się miękkiej gąbki poliuretanowej z uwagi na dobrą pamięć kształtu tego materiału, dobrą zwilżalność ceramiczną masą lejną i wypalanie się w stosunkowo niskiej temperaturze bez toksycznych produktów rozkładu i stałych pozostałości. Wycięte z gąbki cylindryczne kształtki nasąca się dokładnie przyrządzonymi wcześniej masami lejnymi o zróżnicowanym składzie. Następnie całość wypala się w piecu w temperaturze ok. 1500 °C. Kolejny etap polega na zapełnianiu porów uzyskanych spieków ceramicznych polimerem, w tym przypadku poli(metakrylanem metylu). W opisany sposób, przy wykorzystaniu wodorozcieńczalnych spoiw polimerowych, można otrzymać tworzywa porowate z tlenku glinu o wysokiej porowatości i jednocześnie o dobrych właściwościach mechanicznych (5).

3 Metalowe materiały porowate - na przykładzie pian metalowych

Metalowymi materiałami wysokoporowatymi nazywa się materiały o wysokim stopniu nieciągłości strukturalnej, zwłaszcza w makro- i mikro skali. Ich budowę można opisać jako geometrycznie nieuporządkowane rozmieszczenie porów w metalowej osnowie. Wytwarzane są głównie z metali lekkich lub ich stopów(6).

Metoda wytwarzania pian polega na dodaniu środka spieniającego bezpośrednio do topionego metalu w stanie ciekło-stałym. Jako środek gazotwórczy stosuje się wodorek tytanu, który rozkłada się na tytan i gazowy wodór. W celu zwiększenia lepkości zastosowano dodatkowo wapń. Piany produkowane w ten sposób są najbardziej jednorodnymi, aktualnie dostępnymi pianami aluminium. Piany wytwarza się z różnych metali, badania dotyczą jednak aluminium, głównie z powodu niskiej gęstości, odporności na korozję i względnie niskiej temperatury topnienia (7).

Do pian metalowych zalicza się: piany monolityczne, czyli typowe układy dwufazowe metal – gaz, piany zbrojone cząsteczkami którymi są piany kompozytowe wytwarzane poprzez mieszanie ciekłych układów stop aluminium – ceramika, piany zbrojone gazem nazywane „gazarami” oraz strukturami typu „lotus” oraz piany syntaktyczne które są trójfazowymi kombinacjami osnowy, zwykle metalowej, pustych sfer, zwykle ceramicznych oraz gazu znajdującego się wewnątrz sfer. Piany syntaktyczne wykazują odporność na ściskanie, sztywność, charakterystyki tłumienia, niską rozszerzalność cieplną, a także podwyższoną odporność na zmęczenie cieplne i zużycie (7).

3.2 Właściwości i zastosowanie metalowych materiałów porowatych

Struktura metalowych materiałów porowatych sprawia iż przy małej masie i dobrej wytrzymałości na ściskanie posiadają dużą zdolność do absorbowania energii. Są niepalne, mają małe przewodnictwo cieplne a także elektryczne. Materiały te wykazują dużą odporność zmęczeniową, doskonale spisują się jako ekrany termiczne i wykładziny tłumiące dzięki tłumieniu dźwięków, drgań i wibracji.

Główne zastosowanie znalazły w przemyśle samochodowym jako zderzaki i boczne słupki. Wysoki wzrost deformacji materiału w trakcie zderzenia, wpływa na dużo łatwiejszą anihilację energii mechanicznej. Wysoka odporność na ścieranie sprawia, że nadają się na tarcze hamulcowe. Niewielki ciężar oraz bardzo dobre właściwości mechaniczne kwalifikują je do budowy lekkiej i wytrzymałej konstrukcji, co znacznie obniża koszty eksploatacji. W przemyśle kosmicznym stosowane są jako elementy rakiet w komorach spalania a także super lekkie panele porowate dla statków kosmicznych. Ze względu na strukturę metalowe tworzywa porowate nadają się na materiał wypełniający typu „sandwich” (8).

3.3 Pianka aluminiowa

Wraz z rozwojem pianki aluminiowej udało się zachować typowe dla aluminium właściwości w extra-lekkim materiale. Zastosowana technologia polega na metalurgicznym wytapianiu i umożliwiła komercyjną produkcję pianki aluminiowej, jako materiału wyjściowego o stałej jakości. Cechy szczególne pianki tego typu to: ekstremalna lekkość, stabilność formy aż do bliskości punktu temperatury topnienia, wysoka specyficzna sztywność oraz duża jednorodność.

Ponad to pianka jest nie palna, nie toksyczna i prosta w obróbce (cięcie, frezowanie, zginanie, lakierowanie, sklejanie). Obszary zastosowania to głównie komponenty przy konstrukcjach mieszanych z blachami metalowymi, tworzywami sztucznymi, odlewami aluminiowymi, drewnem a także kamieniem. Ze względu na właściwości znajduje również zastosowanie jako elementy zderzeniowe oraz materiał wykorzystywany w architekturze (9).

Podsumowanie i wnioski

Coraz większa dostępność i doskonałe właściwości fizyczne sprawiają, że materiały porowate mogą być z powodzeniem łączone z innymi materiałami w celu uzyskania właściwości nie osiągalnych na żadnej innej drodze. Obecnie panuje tendencja do obniżenia ciężaru, czyni to materiały komórkowe tworzywami nowej generacji. W przypadku konstrukcji stojących ciężar ma drugorzędne znaczenie, natomiast w odniesieniu do poruszających się urządzeń, maszyn, pojazdów lub obiektów latających ciężar ma znaczenie niezwyklej wagi. Zmniejszenie ciężaru pojazdu polepsza właściwości trakcyjne i zmniejsza zużycie paliwa.

Główne prognozy rozwojowe związane z wprowadzeniem nowych technologii dotyczą rozwoju kompozytów aluminiowych o niskim koszcie i dużej wytrzymałości, zastosowania bardzo lekkich materiałów, dzięki którym ciężar pojazdów zmniejszy się o 50% oraz zmniejszenia zużycia paliwa i emisji spalin. Przyszłościowe zastosowanie materiałów porowatych daje również możliwość projektowania pojazdów umożliwiających ponowne zużycie materiałów, powyżej 50% według ich wartości.

Bibliografia

1. KOWALSKI S. *Inżynieria materiałów porowatych*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2004
2. DARŁAK P., DUDEK P. *Materiały wysokoporowate – metody wytwarzania i zastosowanie*. *Odlewnictwo – Nauka i Praktyka* 1, 2004, s. 3, 4, 16,17
3. SZAFRAN M., *Makroskopowe i mikroskopowe aspekty projektowania ceramicznych tworzyw porowatych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2000
4. JAEGERMANN Z., ŚLÓSARCZYK A. *Gęsta i porowata bioceramika korundowa w zastosowaniach medycznych*. Uczelniane Wydawnictwo Naukowe – Dydaktyczne AGH Kraków, 2007
5. SZAFRAN M., LIPIEC W. *Kompozyty ceramika – poli (metakrylan metylu) o osnowie z ceramicznego tworzywa porowatego z tlenku glinu otrzymanego metodą osadzania ceramicznej masy leejnej na podłożu polimerowym*. *Kompozyty* 4, 2004, s. 216, 217, 218, 219, 220
6. KOZA E., LEONOWICZ M., WOJCIECHOWSKI S. *Analiza strukturalna pian aluminiowych*. *Kompozyty* 2, 2002, s. 229, 230
7. ZBIGNIEW G., JERZY S. *Nowoczesne tworzywa odlewnicze na bazie metali nieżelaznych*. Kraków, 2005
8. STACHOWSKI A. *Materiały porowate przyszłościowym zastosowaniem w konstrukcjach*. *Kompozyty* 1, 2001, s. 224, 225, 226
9. www.gleich.pl

Assessed by: Dr hab. Henryk Noga prof. UP

Contact address:

Jakub Paciorek, mgr inż.
Instytut Techniki
Wydział Matematyczno-Fizyczno-Techniczny
Uniwersytetu Pedagogicznego im. K.E.N
ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków, PL
tel. 0048 608486466, e-mail: j-paciorek@wp.pl