

**Katarzyna N. Braszczyńska-Malik<sup>1</sup>**

Politechnika Częstochowska, Instytut Inżynierii Materiałowej, al. Armii Krajowej 19, 42-200 Częstochowa

**Zbigniew Pędzich<sup>2</sup>**

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Ceramiki Specjalnej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

**Katarzyna Pietrzak<sup>3</sup>**

Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa

**Zbigniew Rosłaniec<sup>4</sup>**

Politechnika Szczecińska, Instytut Inżynierii Materiałowej, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin

**Tomasz Sterzyński<sup>5</sup>**

Politechnika Poznańska, Wydział Technologii Chemicznej, Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, pl. Skłodowskiej-Curie 2, 60-965 Poznań

**Michał Szweycer<sup>6</sup>**

Politechnika Poznańska, Instytut Technologii Materiałów, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań

## PROBLEMY TERMINOLOGII W KOMPOZYTACH I WYROBACH KOMPOZYTOWYCH

(ARTYKUŁ ZAMAWIANY)

Dokonano analizy definicji i niektórych podziałów klasyfikacyjnych zarówno podstawowych, jak i dotyczących budowy strukturalnej oraz technologii kompozytów i wyrobów kompozytowych. W analizie uwzględniono kompozyty o osnowie metalowej, polimerowej oraz kompozyty ceramiczne równolegle zawierające różne rodzaje składników zbrojących ze względu na skład chemiczny, postać i wymiary. Omówiono także pojęcia związane z połączeniem zbrojenia z osnową. Stwierdzono, że analizowana terminologia, pochodząca z różnych obszarów techniki i adaptowania na potrzeby kompozytów przez specjalistów z tych obszarów, jest nieuporządkowana, zawiera wiele nieprecyzyjnych pojęć i definicji, określa wieloznacznych, a także synonimów. Podziały klasyfikacyjne dotyczące kompozytów są często niekonsekwentne przede wszystkim w doborze kryteriów stanowiących ich podstawę. Wyniki powyższej analizy wskazują jednoznacznie na potrzebę działań mających na celu uporządkowanie terminologii związanej z kompozytami. O podjęcie szerokiej dyskusji środowiskowej na ten temat autorzy zwracają się do członków i sympatyków Polskiego Towarzystwa Materiałów Kompozytowych.

Słowa kluczowe: kompozyty, terminologia

## PROBLEMS OF TERMINOLOGY IN COMPOSITES AND COMPOSITE PRODUCTS

The present work is devoted to analysis definition of some classification divisions related both to basic problems and particulars pertaining to the structure and manufacturing technology of composites and composite products. The analysis has been made for the composites with metal or polymer matrix as well as ceramic composites, including, at the same time, reinforcement components of various chemical composition, forms and dimensions. The notions related to interaction between the reinforcement and matrix are discussed in the work. It was found that the terminology derived from various fields of technology and adapted to the purposes of composites by the experts specializing in these fields is disordered, includes many inaccurate concepts and definitions, ambiguities and synonyms. The classification divisions related to the composites are often inconsequent, first of all with regard to the choice of criteria serving as their basis. The results of the above analysis clearly indicate the need of the efforts aimed at arranging the composite related terminology. The Authors appeal to members of the Polish Society for Composite Materials for initiation of comprehensive discussion devoted to this subject.

Key words: composites, terminology

### WSTĘP

Terminologia związana z tworzywami kompozytowymi pochodzi z różnych obszarów nauki i techniki, jak polimery, metaloznawstwo, ceramika, inżynieria materiałowa i inne. Stąd występuje w niej wiele synonimów (osnowa, matryca, wytłaczanie, wyciskanie), pojęć nie-

precyzyjnych (kompozyt, kompozycja, zbrojenie) oraz terminów wieloznacznych (warstwa graniczna). Jednolita terminologia ułatwia porozumienie się w takich obszarach, jak konstrukcja czy technologia, a jest wręcz niezbędna w handlu, sterowaniu jakością produkcji, nor-

<sup>1,2</sup> dr inż., <sup>3,5</sup> dr hab. inż., <sup>4,6</sup> prof. dr hab. inż.

malizacji i kształceniu. W krajowej literaturze dotyczącej kompozytów brak jest dotychczas choćby próby ujednoczenia terminologii związanej z różnymi rodzajami kompozytów. Działania takie były podejmowane w zakresie kompozytów polimerowych, stanowią jednak fragment ogólnej tematyki dotyczącej polimerów [1]. W innych przypadkach próby te mają charakter jeszcze bardziej fragmentaryczny [2-7].

Potrzeba uporządkowania terminologii dotyczącej kompozytów była wyrażana w wielu dyskusjach podejmowanych w Polskim Towarzystwie Materiałów Kompozytowych. Wychodząc jej naprzeciw podczas konferencji „Kompozyty 2004” została podjęta inicjatywa powołania zespołu, który zająłby się zorganizowaniem szerokiej debaty dotyczącej tego zagadnienia. W skład tego zespołu weszli autorzy niniejszego opracowania. Jako pierwszy etap swego działania zespół postanowił ukazać podstawowe problemy dotyczące:

- podstawowych terminów i podziałów klasyfikacyjnych,
- budowy strukturalnej kompozytów oraz
- technologii kompozytów i wyrobów kompozytowych.

W czasie prac zespołu okazało się, że obok zdefiniowania terminów konieczne jest ustosunkowanie się do klasyfikacji obiektów objętych określonym hasłem.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wyników wyżej wymienionych dociekań.

## PODSTAWOWE TERMINY I PODZIAŁY KLASYFIKACYJNE

Definicja kompozytu była pierwszą przeszkodą, na którą napotkał zespół. Specjaliści zajmujący się kompozytami z osnową metalową posługują się powszechnie definicją zaproponowaną przez L.J. Broutmana i R.H. Krocka [8], według której kompozyt:

- jest materiałem wytworzonym przez człowieka,
- składa się z co najmniej dwóch różnych materiałów z wyraźnie zaznaczonymi granicami między nimi,
- składniki kompozytu tworzą go przez udział w całej objętości,
- posiada właściwości różne od jego składników.

Definicja ta jakkolwiek wydaje się najbardziej wyczerpująca ze znanych autorom, budzi jednak szereg wątpliwości związanych z:

- pytaniem, czy kompozycje, mieszaniny, mieszanki, a nawet tworzywa spienione należy zaliczać do kompozytów, jak sugeruje to Ashby [2], czy wzorem specjalistów w zakresie tworzyw polimerowych uważać niektóre z nich za osobne grupy materiałów,
- nieustaloną granicą pomiędzy pojęciami „stop” a „kompozyt”, szczególnie w przypadku kompozytów metalowych *in situ*,

- rozmytą granicą pomiędzy składnikami kompozytu powstałą w wyniku reakcji chemicznych i procesów dyfuzyjnych zachodzących między nimi,
- przynależnością tworzyw gradientowych, niektórych materiałów warstwowych i tzw. odlewów zbrojonych,
- kompozytami, w których osnowa i wzmocnienie mają ten sam skład chemiczny, tak jak polipropylen wzmocniony włóknami polipropylenowymi.

Wydaje się, że można akceptować niektóre pojęcia jako synonimy określenia kompozyt, np. tworzywo wzmocnione [9, 10]. Niektóre określenia pochodne są niezgodne z definicją podstawową, np. kompozyt jednofazowy [11]. Utrwaliło się też określenie nanokompozyt [12, 13].

Jako składniki kompozytu [2] przyjmuje się powszechnie osnowę i zbrojenie występujące pod różnymi nazwami, które nie zawsze obejmują wszystkie odmiany tego składnika. Można wskazać układy, w których oba składniki mogą zamieniać się rolami - raz będą zbrojeniem, innym razem osnową [14]. Do składników kompozytu można zaliczyć także fazy występujące lub tworzące się na granicach zbrojenia i osnowy. Terminy osnowa i zbrojenia zostaną omówione osobno. Należy jednak pamiętać, że pojęcie „składnik kompozytu” nie jest tożsamy z pojęciem składnika w rozumieniu fizycznym ani składnika jako materiału wyjściowego przy wytwarzaniu kompozytu. To samo dotyczy pojęcia faza, np. faza zbrojąca, które może być stosowane jedynie w szczególnych przypadkach. Słowo komponent jest natomiast synonimem słowa składnik. Źródła angielskie stosują termin „constituent” [15], który podobnie jak „component” tłumaczony jest jako „składnik” [16].

Osnowa to pojęcie, które można zdefiniować jako ciągły składnik struktury kompozytu, w którym rozmieszczone są elementy zbrojenia [1, 3]. Niektórzy autorzy stosują termin „matryca”. Jednak angielski termin „matrix” nie może być tłumaczony jako matryca, podobnie jak termin matryca nie odpowiada terminowi „matrix” [16]. Redaktorzy polskiego tłumaczenia podstawowego podręcznika Ashby’ego [2], a także prof. S. Wojciechowski i współpracownicy [7] używają konsekwentnie terminu „osnowa”. Oczywiście przy szczegółowych rozważaniach dotyczących kompozytów może się okazać, że natrafimy na wzmocnienie w postaci tkaniny, w której występują wady w „wątku” lub w „osnowie”. Są to jednak pojęcia typowe dla technologii włókienniczej.

Rodzaj osnowy przyjmowany jest jako jedno z kryteriów klasyfikacji kompozytów tak w języku polskim, jak i w innych językach [2-5]. Obok kompozytów z trzema ogólnie przyjętymi typami osnowy mogą jednak występować kompozyty, w których nie można jednoznacznie określić składnika będącego osnową. Ma to miejsce w niektórych kompozytach warstwowych, spiekanych, a także masach formierskich, w których tradycyjnie osnową nazywa się materiał ziarnisty (ponad 90% obj.).

W technologiach ceramicznych wytwarza się poprzez spiekanie kompozyty ziarniste, w których dwie fazy są ciągłe. Zwykle nie wskazuje się w nich osnowy. Przyjęło się nazywać je strukturami typu „duplex” [17]. Analogiczna sytuacja dotyczy kompozytów metalowych, w których można tworzyć struktury typu duplex nawet przez odlewanie [18]. Istnieją zresztą również przykłady materiałów zbudowanych z trzech ciągłych faz, ale są to przypadki na tyle rzadkie, że nie zaproponowano jeszcze nazwy ogólnej i ich twórcy używają formuły „kompozyt w układzie...” (np. kompozyt w układzie  $Al_2O_3$ -W-WC) [19].

Zbrojenie, wzmocnienie, napełniacz to terminy niezdefiniowane jednoznacznie. Także różni autorzy różnie je rozumieją. Terminy zbrojenie i wzmocnienie są tłumaczeniami angielskiego terminu „reinforcement”, przy czym zgodnie ze Słownikiem Naukowo-Technicznym WNT obydwa tłumaczenia są dopuszczalne [16]. Gorzej przedstawia się sprawa stosowania terminu zbrojenie (wzmocnienie) i napełniacz. Zachodzą bowiem wątpliwości:

- czy zbrojenie to tylko włókna, jak sugeruje większość autorów piszących na temat kompozytów polimerowych [1, 4, 9], a składniki ziarniste to napełnienie (napełniacz),
- czy zbrojenie to wszystkie składniki kompozytu zmieniające właściwości osnowy, jak uważa Ashby [2] i większość autorów zajmujących się kompozytami metalowymi [3, 5, 15], a nawet gazy w materiałach spienionych [5],
- co jest zbrojeniem, a co napełniaczem w kompozytach hybrydowych,
- jak klasyfikować zbrojenie (napełnienie) wg wymiarów (makro-, mikro-, nanodispersyjne) [6].

Rodzaj i postać zbrojenia lub napełniacza są często przyjmowane, podobnie jak osnowa, za kryterium klasyfikacji polimerów. Wobec przedstawionych wyżej wątpliwości niemożliwe jest dokonanie zadowolającej klasyfikacji kompozytów według tego kryterium. Autorem nie udało się znaleźć takiej klasyfikacji.

Klasyfikacja kompozytów jest niezbędna do jednoznacznego ich opisu. Niestety spotykane w literaturze podziały klasyfikacyjne są albo niepełne, albo niekonsekwentne w stosowaniu kryteriów, a przede wszystkim obciążone skutkami wątpliwości opisanych powyżej. Najczęściej stosowana jest klasyfikacja ze względu na trzy kryteria.

Pierwsze z nich to rodzaj osnowy. Ugruntowany jest podział na osnowę polimerową, metaliczną i ceramiczną. Niektórzy autorzy [20] i praktycy wydzielają jeszcze osnowę węglową jako czwarty typ osnowy. Przykładem istniejących niejednoznaczności w definiowaniu kompozytu jest ustalenie, co rozumiemy pod określeniem osnowa polimerowa. Ogólnie przyjęty podział różni osnowy z polimerów reaktywnych (duromerów) i osnowy z termoplastów. Rzadko wymienia się również

osnowę elastomerową. W mieszankach gumowych różni się napełniacze nieaktywne, napełniacze aktywne (wzmacniające, np. sadza) i napełniacze włókniste (kordy). Nikt jednak nie zalicza gumy zawierającej sadzę do kompozytów. Osnowa z polimerów termoplastycznych bardzo często jest niejednorodna (heterofazowa), gdyż składa się z dwóch polimerów niemieszalnych termodynamicznie lub z polimeru i napełniacza proszkowego (kompozycje?). W badaniach mikroskopowych granica faz między tymi materiałami będzie wyraźnie widoczna. Czy taka osnowa sama w sobie jest kompozytem i czy kompozyt z taką osnową to kompozyt hybrydowy?

Drugim kryterium jest rodzaj i postać wzmocnienia (zbrojenia). Podział kompozytów według tego kryterium jest niezwykle trudny do przeprowadzenia, co uzasadnia fragment dotyczący zbrojenia. Być może powinno się zastosować tu także klasyfikację 3-stopniową:

- według materiału zbrojenia. Na przykład w praktyce technologicznej stosuje się bardzo uproszczony podział włókien ze względu na ich budowę chemiczną na: włókna szklane, włókna węglowe i włókna aramidowe. Oczywiście do wzmocnienia polimerów stosuje się też włókna metaliczne, borowe, SiC, mineralne i inne [9], ale skala zastosowań jest w tym przypadku znacznie mniejsza. Podobne materiały są stosowane także w postaci zarówno cząstek, jak i włókien w kompozytach metalowych [3, 7],
- według postaci zbrojenia. Ten podział jest dość oczywisty i obejmuje: cząstki, włókna, przedzie, tkaniny itp.,
- według wymiarów charakterystycznych elementów zbrojenia. Podział ten ma znaczenie czysto umowne. Na przykład w polimerowych kompozytach włóknistych przyjął się podział na:
  - włókna krótkie (do ok. 0,3 mm),
  - włókna długie (ok. 0,3 do ok. 20 mm),
  - włókna ciągłe (roving, mata, tkanina) ( $L \gg D$ ).

Makro-, mikro- i nanokompozyty różnią się wymiarem zbrojenia w odpowiedniej skali wymiarowej. Ważny jest oczywiście wymiar poprzeczny, ale dla nanonapełniaczy przyjęto kryteria ukryte pod akronimami: 1D, 2D i 3D [13]. Poza tym dla tej grupy zbrojenia przestaje obowiązywać kryterium długości krytycznej. Mechanika nanokompozytów dopiero jest tworzona. Czy zatem utrzyma się pojęcie mechanizmu umocnienia dyspersyjnego?

## STRUKTURA KOMPOZYTÓW

Mówiąc o strukturze kompozytów, należy brać pod uwagę:

- strukturę występującą na poziomie składników kompozytu oraz
- strukturę kompozytu jako całości.

Podział ten nie jest jednak powszechnie przyjęty i może budzić pewne kontrowersje. Terminologia zwią-

zana z pierwszym z powyższych punktów nie budzi istotnych wątpliwości z uwagi na to, że jest opracowana w sposób charakterystyczny dla obszarów techniki, do których należą składniki kompozytu.

Strukturę kompozytu określają natomiast:

- rodzaj składników,
- kształt składników,
- wielkość składników,
- ich wzajemne usytuowanie, w tym ich rozłożenie.

Terminologia dotycząca rodzajów kształtu składników kompozytów też nie budzi na ogół wątpliwości. Specyficznym pojęciem charakterystycznym dla kompozytów, niewystępującym w innych tworzywach, jest połączenie zbrojenia z osnową. Obok połączenia mechanicznego i adhezyjnego, których nazwy i definicje są raczej jednoznaczne [21, 22], istnieją połączenia, w których na granicy składników kompozytu występuje warstwa stanowiąca także element struktury. Jej pochodzenie i rola w strukturze kompozytu mogą być różne [23-26]. Nie istnieje przy tym ogólnie przyjęta nazwa tej warstwy. Używane są na przykład pojęcia „graniczna”, „przejściowa”. Ze względu na pochodzenie warstwy te można podzielić na:

- nanoszone różnymi metodami (galwanicznymi, chemicznymi, CVD, PVD) i mające za zadanie:
  - umożliwienie utworzenia odpowiedniego połączenia osnowy ze wzmocnieniem (np. przez poprawienie zwilżalności),
  - zapobieganie tworzeniu niekorzystnych faz na granicy składników kompozytu lub
  - poprawienie właściwości połączenia składników kompozytu,
- powstałe na skutek procesów dyfuzyjnych lub reakcji chemicznych mogących zachodzić podczas wytwarzania lub przeróbki kompozytu, które mogą:
  - mieć korzystny wpływ na właściwości kompozytu,
  - obniżać właściwości kompozytu nie tylko mechaniczne.

Zaproponowany powyżej podział warstw występujących na granicy składników kompozytu wymaga powszechnej akceptacji. Ciekawym i dość powszechnie występującym zjawiskiem jest tworzenie krystalitów o specyficznej budowie pochodzących z termoplastycznej osnowy polimerowej na powierzchni włókien lub cząstek wzmacniających. Także zaproponowane rodzaje warstw nie mają ogólnie przyjętych nazw, a nazwy nadawane im doraźnie nie zawsze są precyzyjne i jednokowe dla tych samych warstw.

Terminy związane z rodzajami i kształtem składników kompozytu nie budzą większych zastrzeżeń. Podział kompozytów ze względu na wielkość składników na: nanokompozyty, kompozyty dyspersyjne i pozostałe nie jest już jednoznaczny ze względu na brak ogólnie przyjętych granicznych wymiarów składników w tych kompozytach. Ponadto nie istnieje nazwa dla kompozy-

tów o składnikach większych od występujących w nanokompozytach i kompozytach dyspersyjnych.

Z wielkością oraz wzajemnym usytuowaniem składników kompozytu, przede wszystkim zbrojenia, łączy się pojęcie jednorodności kompozytu, którego ogólnie przyjęta definicja nie istnieje. Można chyba mówić o jednorodności ze względu na kształt i wymiary składnika kompozytu (wielkość i kształt cząstek, długość czy średnica włókien) oraz jednorodności rozkładu jednego ze składników [27]. Całkowita makrojednorodność nie jest zasadniczą cechą kompozytów. Często wzmocnienia w wyrobach gotowych formowane są po liniach sił odkształcających (rowing w budowie łodzi czy też płatów nośnych śmigłowca, kord w oponach). Specyficznym rodzajem niejednorodności kompozytu są aglomeraty cząstek zbrojenia, przede wszystkim ziarnistego. Mogą one występować jako tzw. aglomeraty pierwotne, a więc takie, których powstanie związane jest z zastosowaną technologią mieszania (rozpraszania, dyspersji). W tym przypadku zastosowana technika nie zapewnia całkowitego rozproszenia cząstek. Drugi ich rodzaj to tzw. aglomeraty wtórne, pod pojęciem których rozumie się takie, jakie powstały już w wytworzonym kompozycie [28]. Ani sam termin aglomeraty, ani zaproponowany ich podział nie są jednak powszechnie przyjęte. W przypadku kompozytów zbrojonych cząstkami spotyka się w literaturze określenie „rozkład homogeniczny”, oznaczające jednorodne rozproszenie składnika zbrojącego w osnowie [32].

Osobne znaczenie w strukturze kompozytów ma ich porowatość [29]. Obok powszechnie akceptowanych nazw porowatości występujących w klasycznych tworzywach, jak porowatość gazowa i porowatość skurczowa w kompozytach nabiera szczególnie znaczenia porowatość wynikająca z obecności zaokludowanych gazów oraz w przypadku kompozytów z nasycanym zbrojeniem porowatość wynikająca z niepełnego nasycenia. Klasyfikacja porowatości kompozytów została wprawdzie zaproponowana [29], ale wymaga jeszcze ulepszenia.

Jak widać, terminologia związana ze strukturą kompozytów ściśle łączy się z klasyfikacją i nazewnictwem dużej części wad występujących w kompozytach i wyrobach kompozytowych. Zagadnienie to nie jest dotychczas opracowane, a, zdaniem autorów, ma duże znaczenie techniczne.

## TECHNOLOGIA KOMPOZYTÓW I WYROBÓW KOMPOZYTOWYCH

Ponieważ historia rozwoju technologii w poszczególnych grupach tworzyw kompozytowych jest stosunkowo długa, każda z nich wytworzyła charakterystyczną dla siebie terminologię. Obecnie, gdy wytwarzając kompozyty swobodnie sięga się po składniki z różnych ro-

działów tworzyw, konieczna bywa współpraca specjalistów wykształconych w różnych „szkołach”. I wtedy może dochodzić do nieporozumień terminologicznych związanych z różnym rozumieniem nazw poszczególnych etapów technologii, ponieważ pod to samo słowo specjaliści od różnych technologii materiałowych podkładają przeważnie różną treść.

Klasykcznym przykładem tego zróżnicowania treści jest rozumienie procesu odlewania. Dla inżyniera z dominującym wykształceniem metalurgicznym jest to formowanie stopionej fazy (ewentualnie zawierającej wtrącenia stałe), zaś dla ceramika w odlewaniu charakterystyczne jest operowanie zawiesinami, najczęściej wodnymi [30]. Pojęcie odlewania w technologii kompozytów polimerowych prawie nie występuje. Dla polimerów kojarzy się ono z produkcją wyrobów wewnątrz pustych (odlewanie rotacyjne), natomiast dla kompozytów najpopularniejszym pojęciem jest przesycaenie, sycenie.

Podobne różnice można wskazać dla procesów technologicznych, wykorzystujących odkształcenie plastyczne materiału. W technologii kompozytów na osnowach metalicznych i polimerowych każde wytłaczanie, przeciąganie, nawijanie, walcowanie czy wtryskiwanie to obróbka materiału, którego struktura ulega odkształceniu plastycznemu lub innym zmianom, jak na przykład krystalizacja. Osnowy ceramiczne mogą być przetwarzane plastycznie przeważnie na etapie formowania proszku, przy czym odkształceniem plastycznym nie nazywa się zmian w strukturze materiału, ale przemieszczanie się względem siebie dużych jego elementów (ziaren lub grup ziaren) [30]. Najczęściej konieczne jest przy tym zastosowanie dodatków uplastyczniających, które nie tylko poprawiają parametry procesu, ale wręcz warunkują jego zajście. Raczej nie spotyka się w opisach technologii ceramicznych terminu wyciskanie, powszechnie uznawanego w formowaniu materiałów metalicznych [31].

Ceramik zawahałby się również z pewnością nad użyciem nazwy prasowanie w stanie ciekłym, jednak taka nazwa ma swoje rzetelne uzasadnienie w technologii wytwarzania pewnego typu kompozytów na osnowie metalicznej [33].

Kolejnym terminem obejmującym bardzo szeroki zakres działań technologicznych jest nasycenie, często używane wymiennie z infiltracją. Może ono dotyczyć nasycania wiązki włókien grafitowych żywicą siloksanową [34], ale także porowatej kształtki ceramicznej ciekłym metalem [35, 36], a nawet wypełniania porów otwartych poprzez osadzenie z fazy gazowej [37]. Nie dotyczy więc jedynie procesów posługujących się cieczami, ale także fazami lotnymi. Nasycenie z pewnością jest dobrym określeniem dla procesu wypełniania porów w materiale ceramicznym lub metalicznym związkami organicznymi (monomerami), które dopiero wewnątrz polimeryzują do postaci związku wielkocząsteczkowego, np. poliuretanu czy poliuretanomocznika. Nie jest to

działanie podobne do opisanych powyżej, które powinny nosić raczej nazwę „przesycenie”.

Problemy stwarza też nazewnictwo materiałów kompozytowych wynikające bezpośrednio z samego sposobu ich wytwarzania. O ile w nomenklaturze dość mocno ugruntowało się pojęcie kompozytów in situ (tworzonych w wyniku procesów powstawania fazy umacniającej bezpośrednio w osnowie) [38], to nazewnictwo kompozytów przeciwstawnych (wywarzanych poprzez do-danie do osnowy fazy umacniającej „z zewnątrz”) jest często dyskusyjne. Spotykane tutaj dwa określenia in vitro oraz ex situ konkurują ze sobą wśród różnych autorów [39, 40]. W polimerach takie określenia nie wydają się potrzebne.

Osobnym, wartym podkreślenia, zagadnieniem jest wpływ terminologii włókienniczej w technologii kompozytów. Oprócz fundamentalnego znaczenia, dla większości rodzajów kompozytów, terminu osnowa, szczególnie miejsce zajmuje ta terminologia w technologii kompozytów włóknistych. Procesy tkania, splatania układania czy prasowania włókien są powszechnie wykorzystywane w technologiach produkcji kompozytów polimerowych [41], ale nawet w odniesieniu do kompozytów metalicznych może być zastosowany proces „filcowania” (włókna miedziane w osnowie ołowianej [42]).

## PODSUMOWANIE

Konfucjusz [43] powiedział, że używając złego języka, nie można dojść do dobrych rezultatów. Język to między innymi terminologia. Niniejsze rozważania wykazały, że terminologia dotycząca kompozytów nie jest „dobra”. Wskazuje to na potrzebę podjęcia działań zmierzających do jej uporządkowania i ujednolicenia. Działania takie leżą w zakresie statutowych zainteresowań PTMK. Stąd autorzy zwracają się do wszystkich członków i sympatyków Towarzystwa z prośbą, o jak najszerszy udział w dyskusji na temat terminologii dotyczącej kompozytów. Zgodnie z deklaracją redakcji czasopisma *Kompozyty*, głosy w dyskusji o szerszym lub ogólnym charakterze będą zamieszczane w specjalnej rubryce. Głosy szczegółowe zostaną uwzględnione, z zachowaniem praw autorskich, w następnych opracowaniach zespołu. Prosimy zatem o nadsyłanie wyników swoich przemyśleń na adres: Redakcja czasopisma *Kompozyty*, Katedra Odlewnictwa Politechniki Częstochowskiej, al. Armii Krajowej 19, 42-200 Częstochowa. Za udział w dyskusji z góry dziękujemy i zdając sobie sprawę z tego, że nawet wspólnie nie rozwiążemy wszystkich problemów terminologicznych, wierzymy w to, że możemy dokonać istotnego postępu.

*Autorzy pragną podziękować Panu Profesorowi Januszowi Braszczyńskiemu oraz Panu Profesorowi*

*Władysławowi Włosińskiemu za akceptację i wspieranie działań, które doprowadziły do powstania niniejszego opracowania.*

## LITERATURA

- [1] Sikora R., Wprowadzenie do przetwórstwa tworzyw polimerowych, Projekt leksykonu naukowo-technicznego, Lublin 2002.
- [2] Ashby M.F., Jones P.R., Materiały inżynierskie, t. 2, WNT, Warszawa 1996.
- [3] Śleziona J., Podstawy technologii kompozytów, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 1998.
- [4] Żuchowska D., Polimery konstrukcyjne - przetwórstwo i właściwości, Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1993.
- [5] Sobczak J., Kompozyty metalowe, Instytut Odlewnictwa, Instytut Transportu Samochodowego, Kraków-Warszawa 2001.
- [6] Hyla I., Śleziona J., Kompozyty, elementy mechaniki i projektowania, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
- [7] Boczkowski A., Kapuściński J., Puerłowski P., Wojciechowski S., Kompozyty, Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
- [8] Brautman L.J., Krock R.H., Composite Materials, Academic Press, New York 1975.
- [9] Królikowski W., Tworzywa wzmocnione i włókna wzmocniające, WNT, Warszawa 1988.
- [10] Królikowski W., Kłosowska-Wolkiewicz Z., Penczek P., Żywiec i laminaty poliestrowe, WNT, Warszawa 1986.
- [11] Grin I., Materiały polimerowe, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003.
- [12] Ajayan P.M., Schadler L.S., Braun P.V., Nanocomposites Science and Technology, Wiley VCH, Weinheim 2003.
- [13] Królikowski W., Roslaniec Z., Kompozyty (Composites) 2004, 4, 9, 3-15.
- [14] Barlak M., Kompozyty (Composites) 2001, 1, 1, 12-15.
- [15] Clyne T.W., Withas P.J., An Introduction to Metal Matrix Composites, Cambridge University Press 1993.
- [16] Słownik naukowo-techniczny angielsko-polski i polsko-angielski, WNT, Warszawa 1996.
- [17] French J.D., Zhao J., Harmer M.P., Miller G.A., J. Amer. Ceram. Soc. 2004, 77, 11, 2857-2865.
- [18] Adamiec J., Lalik S., Inżynieria Materiałowa 2004, XXXV, 5, 317-320.
- [19] Han B.Q., Li N., British Ceramic Transactions 2004, 103, 1, 19-22.
- [20] Kaw A.K., Mechanics of Composite Materials, CRC Press, Boca Raton 1997.
- [21] Eustathopoulos N., Chatain D., Coudurier L., Materials Science and Engineering 1991, A, 135, 83-88.
- [22] Kapuściński J., Puciłowski K., Wojciechowski S., Kompozyty - podstawy projektowania i wytwarzania, Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1993.
- [23] Włosiński W., Pietrzak K., Kaliński D., Olesińska W., Advanced Composites Letters 1995, 4, 2, 57-61.
- [24] Pietrzak K., The 4th European Conference on Advanced Materials and Processes, Padva-Venice 1995, 463-467.
- [25] Pietrzak K., Second Canadian International Composites Conference and Exhibition, CANCOM'93, ed. W. Wallace, R. Gauvin, S. Hoa, 403-411.
- [26] Hyla I., Śleziona J., Podstawy procesów fizykochemicznych w wybranych technologiach wytwarzania kompozytów metalicznych, Skrypty uczelniane, nr 1751, Politechnika Śląska, Gliwice 1993.
- [27] Gawdzińska K., Analiza i klasyfikacja wad struktury odlewów z metalowych kompozytów nasycanych, Rozprawa doktorska, Wyższa Szkoła Morska, Szczecin 2002 (niepublikowana).
- [28] Szweycer M., Gawdzińska K., Jackowski J., Archiwum Odlewnictwa 2004.
- [29] Jackowski J., Porowatość odlewów kompozytowych wytwarzanych przez nasycanie zbrojenia metalem, Politechnika Poznańska, Poznań 2004.
- [30] Pampuch R., Haberko K., Kordek M., Nauka o procesach ceramicznych, PWN, Warszawa 1992.
- [31] Galanty M., Kompozyty (Composites) 2002, 2, 4, 135-138.
- [32] Haberko K., Pyda W., Pędzich Z., Bućko M.M., J. Europ. Ceram Soc. 2000, 20, 14-15, 2649-2654.
- [33] Wojciechowski A., Sobczak J., Kompozyty (Composites) 2001, 1, 2, 191-195.
- [34] Gumuła T., Błażewicz S., Karbo 2004, XLIX, 3, 117-121.
- [35] Grabian J., Nasycanie zbrojenia z ceramicznych włókien nieuporządkowanych podczas wytwarzania odlewów z kompozytów metalowych, Wyższa Szkoła Morska, Szczecin 2001.
- [36] Szafran M., Konopka K., Rokicki G., Lipiec, Kurzydłowski K., Kompozyty (Composites) 2002, 2, 5, 313-317.
- [37] Kluska S., Jonas S., Walasek E., Czyżewska A., Krupa G., Ceramika (Ceramics) 2002, 71, 406-411.
- [38] Fraś E., Janas A., Kolbus A., Kompozyty (Composites) 2001, 1, 1, 23-27.
- [39] Sobczak J., Materiały I Seminarium PTMK „Kompozyty - Teoria i praktyka”, Częstochowa 1996, 23-64.
- [40] Fraś E., Kolbus A., Janas A., Kompozyty (Composites) 2002, 2, 4, 176-179.
- [41] Królikowski W., Kompozyty (Composites) 2002, 2, 3, 16-23.
- [42] Cyunczyk A., Sosnowy P., Kompozyty (Composites) 2002, 2, 3, 81-84.
- [43] Künstler M.J., Sprawa Konfucjusza, Iskry, Warszawa 1983.