



INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

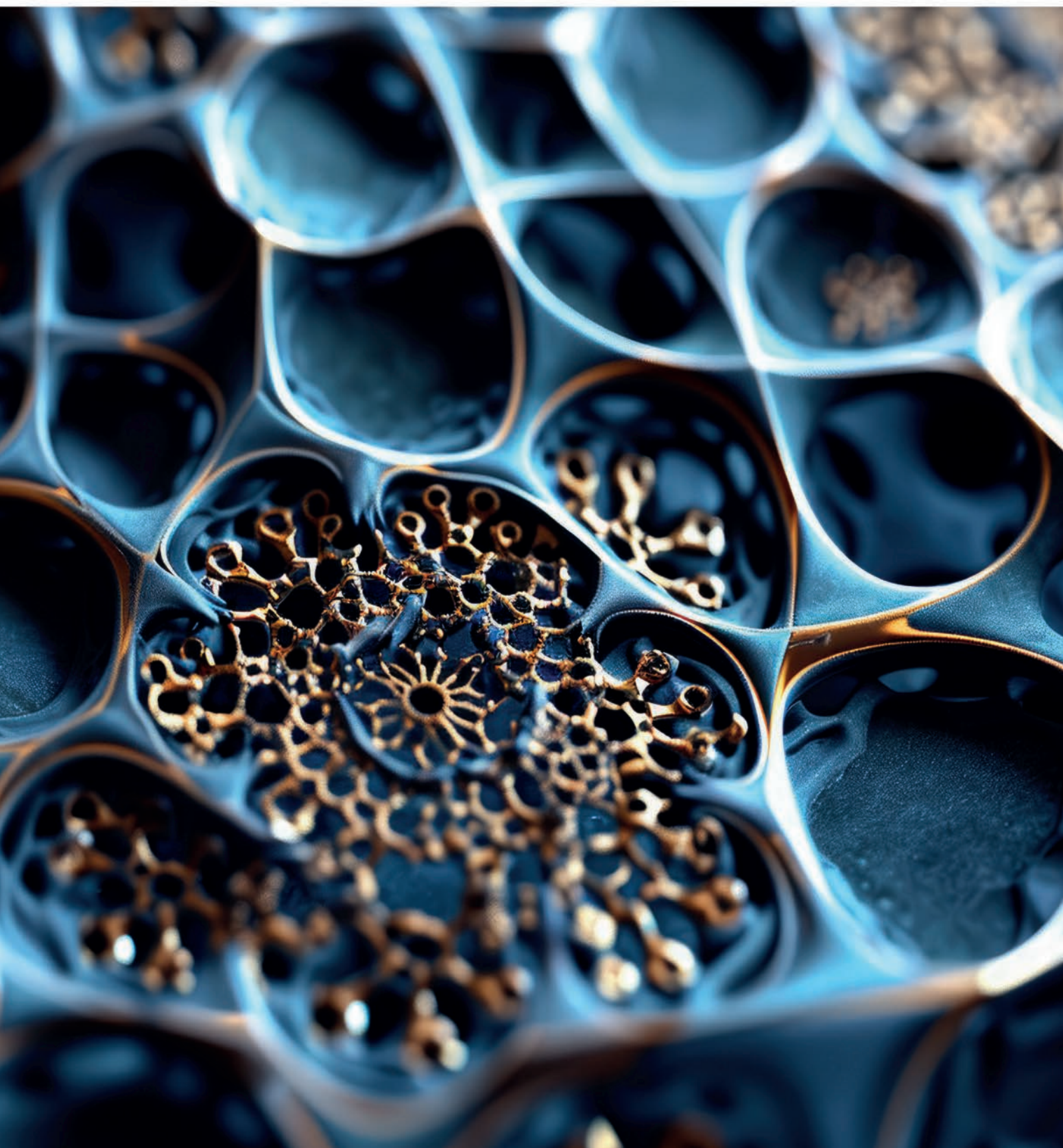
3

M A T E R I A L S E N G I N E E R I N G
• **M A T E R I A Ł Y I T E C H N O L O G I E** •

PL ISSN 0208-6247 e-ISSN 2449-9889

Indeks 36156

cena 85,00 zł (w tym 8% VAT)



XXVI SYMPOZJUM

pronovum[®]
RESEARCH & TECHNOLOGICAL SERVICES
Centrum Badawczo - Rozwojowe
od 1987 r.

9-11.X.2024

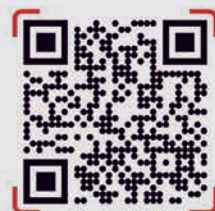
Bystra

DIAGNOSTYKA URZĄDZEŃ ENERGETYCZNYCH I INSTALACJI PRZEMYSŁOWYCH

Diagnostyka wspierająca elastyczną pracę elektrowni

TEMATYKA SYMPOZJUM:

- Tryby pracy bloków energetycznych – regulacyjna czy elastyczna praca bloku?
- Wyczerpanie trwałości w warunkach pracy elastycznej.
- Identyfikacja skutków pracy elastycznej.
- Przegląd metod badań nieniszczących i niszczących.
- Modernizacje, remonty oraz serwis LTSA w okresie transformacji polskiej energetyki.



Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych
SIGMA-NOT Spółka z o.o.

WYDAWNICTWO
SIGMA-NOT

ul. Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa
tel.: +48 22 818 09 18, +48 22 818 98 32
www.sigma-not.pl, e-mail: sekretariat@sigma-not.pl

Adres redakcji:

ul. Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa
tel.: +48 663 311 933
www.imat.com.pl, e-mail: i.materialowa@sigma-not.pl

Prenumerata:

e-mail: prenumerata@sigma-not.pl, tel.: +48 22 840 35 89

Dział Reklamy i Marketingu:

e-mail: reklama@sigma-not.pl, tel.: +48 22 827 43 65

Skład i druk:

STUDIO DTP SIGMA-NOT
Drukarnia Wydawnictwa SIGMA-NOT Sp z o.o.
nakład do 100 egz. (w tym wersja cyfrowa)
cena 85,00 zł (w tym 8% VAT)
PL ISSN 0208-6247, e-ISSN 2449-9889, INDEKS 36156

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść reklam i ogłoszeń.

KOLEGIUM REDAKCYJNE:

Redaktor Naczelny:
prof. dr hab. inż. Agnieszka SOBCZAK-KUPIEC
Sekretarz Redakcji:
mgr Anna SKURZEWSKA

RADA NAUKOWA:

Dr inż. KRZYSZTOF BIERNAT, prof. PIMOT (Przewodniczący)
Dr hab. inż. JAN BARWICKI
Dr inż. BOGDAN BOGDAŃSKI
Prof. MICHAEL BRATYCHAK
Dr inż. MICHAŁ CHMIELAREK
Prof. dr hab. inż. ALEKSANDRA CZYRSKA-FILEMONOWICZ
Prof. dr hab. inż. ANNA FRACZKIEWICZ, Francja
Prof. Dr.-Ing. Habit. MAIK GUDE, Niemcy
Dr hab. inż. JOLANTA JANCZAK-RUSCH, Szwajcaria
Prof. Dr. RUDOLF KAWALLA, Niemcy
Dr ANNETTE KIPKA, Szwajcaria
Dr JACEK KOMENDA, Szwecja
Prof. Dr. JANOS L. LABAR DSc., Węgry
Dr hab. inż. WACŁAW MUZYKIEWICZ, prof. AGH
Doc. Ph.D. Eng. EDWARD PLESHAKOV, Ukraina
Dr JULIAN PLEWA DSc., Niemcy
Dr JAN A. PUSZYŃSKI, USA
Dr inż. ADAM RYLSKI
Prof. Dr. Ing. JAROSLAV SOJKA, Czechy
Dr TOM TROCZYŃSKI, Kanada
Prof. ATHENA TSETSEKOU, Grecja

Wersja papierowa czasopisma

„Inżynieria Materiałowa” („Materials Engineering”)
jest jego wersją pierwotną.

Dwumiesięcznik indeksowany parametrycznie
w bazach: BazTech, Index Copernicus, ERIHPlus

Artykuły publikowane w czasopiśmie są recenzowane przez
samodzielnych pracowników naukowych, specjalistów w zakresie
zagadnień przedstawianych w pracach.

Zdjęcie na okładce: www.freepik.com



INŻYNIERIA MATERIAŁOWA 3

MATERIALS ENGINEERING
• MATERIAŁY I TECHNOLOGIE •

PL ISSN 0208-6247 e-ISSN 2449-9889
Indeks 36156
cena 85,00 zł (w tym 8% VAT)

Czasopismo naukowo-techniczne redagowane przy współdziałaniu
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MATERIAŁOZNAWCZEGO

CONTENTS • SPIS TREŚCI

| | |
|---|----|
| OD REDAKCJI | 2 |
| MADE IN POLAND | |
| Przegląd badań naukowych i innowacji polskich naukowców w kraju i na świecie | 3 |
| ARTYKUŁ SPONSOROWANY | |
| Przegląd badań naukowych i innowacji polskich naukowców w kraju i na świecie | 6 |
| Houceme Bendriss, Said Boudebane, Samia Lemboub, Aissa Benselhoub | |
| <i>Microstructural study of the composite nickel based, containing different Al amounts, sintered by an unconventional technique and forged</i> | |
| Badania mikrostrukturalne kompozytu na bazie niklu, zawierającego różną zawartość Al., spiekanego niekonwencjonalną techniką i kutego | 8 |
| Joanna Szechyńska, Michalina Rak, Rafał Szostecki | |
| <i>Advancements in targeted cancer therapy. Role of nanotechnology in enhancing drug delivery systems</i> | |
| Postępy w ukierunkowanej terapii przeciwnowotworowej. Rola nanotechnologii w ulepszaniu systemów dostarczania leków | 18 |
| CO PISZĄ INNI | |
| Przegląd krajowych i zagranicznych czasopism naukowych i naukowo-technicznych | 26 |
| ZGŁOSZENIA PATENTOWE | |
| Wybrane zgłoszenia patentowe z dziedziny inżynierii materiałowej wg <i>Biuletynu Urzędu Patentowego</i> nr 17–27 z 2024 r. | 30 |

Autor za publikację artykułu w czasopiśmie naukowym
„Inżynieria Materiałowa” („Materials Engineering”)
otrzymuje **40 punktów**

zgodnie z komunikatem Ministra Edukacji i Nauki
z dnia 17 lipca 2023 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych
i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych.

Szanowni Czytelnicy,

numer otwieramy informacją, która może ucieszyć, szczególnie w kontekście zapowiadanych przez synoptyków upałów. Chodzi o projekt COOLERHEAT realizowany w Instytucie Maszyn Przepływowych przez dr. inż. Łukasza Witanowskiego. Projekt zakłada opracowanie systemu o tej samej nazwie, który wykorzystywałby ciepło odpadowe do wytwarzania chłodu. Jak tłumaczy naukowiec, *Kluczowy komponent systemu, specjalna turbosprężarka, może być projektowana z myślą o szerokim zakresie zastosowań – od potężnych znacznych mocy przemysłowych aż po rozwiązania dedykowane mniejszym podmiotom. Ta elastyczność otwiera drzwi do innowacyjnych zastosowań, takich jak wykorzystanie sieci ciepłowniczych w okresie letnim.* Oznacza to, że sieci, które latem pracują na znacznie zmniejszonym poziomie swojej przepustowości, będą mogły efektywnie generować chłód do systemów klimatyzacji, wykorzystując ciepło sieciowe. Lider projektu uważa, że opłaci się to użytkownikom końcowym i jednocześnie operatorom sieci. Szacuje, że wykorzystanie ciepła odpadowego, które do tej pory było traktowane jako stracona energia, pozwoli firmom przekształcić stratę w zysk. Przedsiębiorstwa zwiększą efektywność energetyczną i zmniejszą swój ślad węglowy. Dla środowiska oznacza to zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych i mniej energii zużywanej na chłodzenie. Nowa, wprowadzana na rynek technologia *jest nie tylko zgodna z trendami ekologicznymi i energetyczną efektywnością, ale również stanowi realne korzyści finansowe dla szerokiego spektrum użytkowników. Entuzjazm wobec takich rozwiązań technologicznych jest w pełni uzasadniony, gdyż łączą one w sobie innowacyjność z praktycznym zastosowaniem, otwierając nowe możliwości dla zrównoważonego rozwoju* (więcej na ten temat na str. 4).

Część naukową wydania rozpoczynamy artykułem dotyczącym badań mikrostrukturalnych kompozytu na bazie niklu, który wzbogacono aluminium i wytwarzano w wyniku niekonwencjonalnego spiekania, a następnie kucia. Po spiekaniu kompozyt wykazywał złożoną strukturę opartą na stałym roztworze niklu, zawierającą pierwiastki stopowe oraz węglík chromu $Cr_{23}C_6$ zlokalizowane na granicach ziaren. W osnowie metalicznej, zwłaszcza w kompozycie o wysokiej zawartości Al (5,25%), znaleziono kilka związków międzymetalicznych, takich jak Ni_3Al i $Al_{13}Co_4$. Po procesie kucia struktura kompozytu miała wyraźną strukturę, charakteryzującą się wydłużeniem ziaren austenitycznych w kierunku przepływu metalu oraz silną fragmentacją węglíka chromu $Cr_{23}C_6$. Artykuł pt. „Postępy w ukierunkowanej terapii przeciwnowotworowej. Rola nanotechnologii w ulepszaniu systemów dostarczania leków” jest przeglądem współczesnych systemów dostarczania leków przeciwnowotworowych, podkreślającym kluczową rolę nanonośników w zwiększaniu skuteczności terapeutycznej. Oprócz przeglądu wybranych artykułów z krajowych i zagranicznych czasopism, patentów oraz najnowszych dokonań polskich naukowców z dziedziny inżynierii materiałowej, w tym numerze zachęcamy do lektury artykułu promocyjnego, który opisuje projekt pt. „Opracowanie powłoki poliuretanowej na bazie oligomeroli węglanowych zabezpieczającej powierzchnię stalową”, prowadzony przez naukowców z Politechniki Warszawskiej i firmy PWE Technologie Sp. z o.o. Projekt zakładał zwiększenie elastyczności powłoki i zwiększenie odporności na warunki atmosferyczne (m.in. promieniowanie UV i utlenianie), co wpłynie też na wydłużenie żywotności. Opracowane rozwiązanie różni się od znanych na świecie rozwiązań, gdyż w chwili obecnej nie są dostępne antykorozyjne powłoki bazujące na hybrydowym materiale (epoksydowo-poliuretanowym) modyfikowanym oligomerami węglanowymi. Kompozycję można nakładać metodą natrysku pneumatycznego w temperaturze pokojowej; jest ona odporna na hydrolizę i pozwala uzyskać bardzo dobrą odporność na utlenianie i promieniowanie UV. Opracowane powłoki wyróżniają się również wyjątkowo dużą wytrzymałością na rozciąganie przy zachowaniu dużej elastyczności. Dodatkowo charakteryzują się dużą odpornością na ścieranie i zadrapanie oraz bardzo dobrą adhezją do różnych podłoży.

Życzymy Państwu przyjemnej lektury, a z okazji nadchodzących wakacji odpoczynku od codzienności, spędzenia czasu w ulubiony sposób i wielu inspirujących podróży.

Anna Skurzevska
Sekretarz Redakcji

MADE IN POLAND

Beton żelowy – innowacyjna technologia dla budownictwa z ZUT

Dr inż. Jarosław Strzałkowski z Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie pracuje nad nowym materiałem, zaczynem cementowym z dodatkiem skrobi, mieszanego i podgrzewanego jak kisiel, który pozwala stworzyć beton żelowy wytrzymałszy niż beton komórkowy i lepiej zatrzymujący ciepło. – *Idea była prosta: uzyskać porowaty materiał, który będzie miał dobre właściwości termoizolacyjne. W betonie komórkowym porowatość uzyskuje się poprzez napowietrzanie proszkiem aluminium, tutaj polega to na żelowaniu. Nikt na to nie wpadł wcześniej* – tak swój wynalazek opisuje dr inż. J. Strzałkowski. Naukowiec od 10 lat pracuje w Katedrze Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska ZUT. Podczas tworzenia nowej mieszanki cementowej wykorzystał zjawisko znane każdemu, kto przygotowywał kisiel. Powyżej temperatury żelowania (np. 60°C) zawiesina wody ze skrobią zamienia się w żel. Powstała w wyniku podgrzewania żelowa substancja stanowi szkielet, wokół którego wiąże spoiwo budowlane, jakim jest cement. Po stwardnieniu cementu powstaje jednorodny materiał o dużej porowatości i tym samym dobrych właściwościach termoizolacyjnych. Na zdjęciach mikroskopowych widać, że wokół żelowej struktury tworzy się trwała struktura spoiwa cementowego albo np. gipsowego, dzięki czemu nowa technologia będzie mogła znaleźć zastosowanie nie tylko w produkcji bloczków betonowych, ale również płyt gipsowo-kartonowych. Materiał jest wytrzymały i ma wyjątkowe właściwości termoizolacyjne (wytrzymałość betonu komórkowego wynosi 4–5 MPa, a materiału dr. Strzałkowskiego 10 MPa). Badacz podkreśla, że najważniejsza jest relacja wytrzymałość-przewodność cieplna; im mniejsza przewodność cieplna, tym lepszym izolatorem jest dany materiał, a im większa wytrzymałość, tym wyższe konstrukcje można wznosić z betonowych bloczków. – *Wyniki są bardzo optymistyczne. Przy większej skali, większej liczbie próbek oczywiście wyniki mogą być nieco inne, ale już dziś wiemy, że różnice na korzyść betonu żelowego nie wynoszą kilka procent* – powiedział dr Strzałkowski. Na kontynuację prac naukowo-badawczych dr Strzałkowski otrzymał grant w wysokości ponad 365 tys. zł w ramach 19. edycji konkursu Sonata Narodowego Centrum Nauki. Projekt „Kompleksowe badania struktury lekkich kompozytów cementowych o wysokiej porowatości – beton żelowy” zaplanowany jest na 3 lata. Czteroosobowy zespół, w którego skład wchodzi m.in. dr inż. Agata Stolarska, będzie badać m.in. odporność nowego materiału na działanie wody. Naukowcy z ZUT mają nadzieję, że z czasem uda się przejść do badań stosowanych i nawiązać współpracę z firmami specjalizującymi się w produkcji betonów. – *Aerożele to bardzo*

dobre izolatory termiczne, dużo lepsze niż np. styropian, tylko że są bardzo drogie. Beton żelowy będzie tańszy, bo powstaje na bazie zwykłej skrobi. To może być skrobia ziemniaczana, kukurydziana – wyjaśnia Strzałkowski.

Źródło: Nauka w Polsce
www.zut.edu.pl

Paliwo z ditlenku węgla

Zespoły prof. Grzegorza Brusa z Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie oraz prof. Mikihiro Nomury z Shibaura Institute of Technology w Tokio (Japonia) zajęły się wypełnianiem luki w badaniach nad reaktorem DMR (*distributor-type membrane reactor*), zwanym reaktorem membranowym typu dystrybutora, który pozwala oddzielać składniki gazów oraz ułatwia reakcje chemiczne. Jak informuje *Journal of CO₂ Utilization*, polsko-japoński zespół pracuje nad reaktorem chemicznym, który przekształcałby ditlenek węgla wytwarzany przez małe kotły w metan nadający się do użytku jako paliwo.

Małe źródła energetycznego spalania paliw, takie jak kotły i inne urządzenia przemysłowe odpowiadają za znaczną część emisji gazów cieplarnianych. Kotły są szeroko stosowane w różnych gałęziach przemysłu do kluczowych procesów, m.in. ogrzewania, wytwarzania pary i produkcji energii. Konstrukcje większości kotłów są już na tyle dopracowane, że trudno zmniejszyć emisję CO₂, po prostu poprawiając efektywność spalania. Natomiast obiecującym kierunkiem wydaje się być wychwytywanie emitowanego w procesie spalania CO₂ i przekształcanie go w użyteczny produkt, np. metan. Aby tego dokonać, potrzebny jest specyficzny typ membranowego reaktora chemicznego – DMR. Reaktory DMR są stosowane w niektórych gałęziach przemysłu, jednak ich wykorzystanie do przekształcania ditlenku węgla w metan, szczególnie w małych systemach, takich jak kotły, to jak na razie mało zbadana koncepcja.

Zespół zastosował zarówno symulacje numeryczne, jak i badania eksperymentalne w celu optymalizacji projektów reaktorów pod kątem wydajnej konwersji CO₂ na metan. W symulacji modelowano przepływ gazów i reakcje w różnych warunkach, co umożliwiło zminimalizowanie wahań temperatury, zapewniając optymalizację zużycia energii przy produkcji metanu. Jak się okazało, w przeciwieństwie do tradycyjnych metod, które kierują gazy do jednego miejsca, korzystniejsze jest zasilanie rozproszone, które umożliwia rozprowadzenie gazów po reaktorze. Lepsze rozprowadzenie CO₂ w całej membranie zapobiega jej miejscowemu przegrzaniu. – *Ta konstrukcja DMR pomogła nam zmniejszyć przyrost temperatury o około 300 stopni w porównaniu z tradycyjnym reaktorem ze złożem upakowanym* – wyjaśnił prof. Nomura.

Oprócz rozproszonego zasilania naukowcy zbadali także inne czynniki wpływające na wydajność reaktorów i odkryli, że jedną z kluczowych zmiennych było stężenie CO₂ w mieszaninie. – Kiedy stężenie CO₂ wynosiło około 15 proc. (co odpowiadało stężeniu wydobywajacemu się z kotłów), reaktor znacznie lepiej wytwarzał metan. [...] W rzeczywistości mógłby wyprodukować około 1,5 razy więcej metanu w porównaniu z reaktorem, w którym do pracy wykorzystuje się wyłącznie czysty CO₂ – podkreślił prof. Nomura. Naukowcy zbadali również wpływ wielkości reaktora. Jak się okazało, zwiększenie rozmiaru reaktora poprawia dostępność wodoru na potrzeby reakcji. Należy jednak wziąć pod uwagę, że korzyść wynikająca z większej dostępności wodoru wymaga ostrożnego zarządzania temperaturą, aby uniknąć przegrzania. Zdaniem autorów badania korzyści z przekształcania CO₂ w metan można by uzyskać np. w instalacjach domowych czy w małych fabrykach.

Źródło: Nauka w Polsce

Termoodporna taśma o właściwościach biobójczych

Dr inż. Adrian K. Antosik z Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie przez kilka lat realizował projekt finansowany przez NCBR, którego wynikiem jest bakteriobójcza, samoprzylepna, termoodporna taśma, która może znaleźć zastosowanie w motoryzacji, ciepłownictwie czy medycynie. – Zgłosiliśmy trzy patenty na taśmy, które mogą mieć różne zastosowania. Jedna ma właściwości biobójcze, druga wykazuje wyjątkową odporność na wysokie temperatury, a trzecia – łączy wspomniane właściwości bio i termo. Na świecie jeszcze takich nie ma – powiedział dr inż. A.K. Antosik. Naukowiec tłumaczy, że właściwości biobójcze zapewnia nośnik taśmy (folia), który zawiera uwalniające się olejki eteryczne. Klej na bazie silikonu wykazuje wyjątkową odporność na wysokie temperatury (do 300°C). Dzięki temu taśma bio-termo może być wykorzystywana np. w instalacjach fotowoltaicznych. – Przy fotowoltaice największym mankamentem jest to, że kiedy świeci piękne słońce, to spada wydajność instalacji. Chłodzi się ją, montując pod spodem rurki



Fot. 1. Biobójcza termoodporna taśma (Foto: Aurelia Kołodziej, ZUT)

z cieczą. I żeby woda nie kwitła, powinniśmy do montażu zastosować właśnie taką taśmę. Dzięki termoodporności taśma jest trwała – wyjaśnił. Termoodporne taśmy mogą być wykorzystywane także np. w przy silnikach samochodowych (zamiast tzw. trytytek, opasek, nitów) czy kominkach, gdzie miejsca połączeń instalacji wymagają uszczelnienia, a termorozszerzalność pozwoli takiej taśmie długo się utrzymać, jak zapewnia naukowiec. Elastyczna i mocna taśma sprawdzi się w trudno dostępnych miejscach, na nietypowych powierzchniach. Właściwości biobójcze pozwalają myśleć o zastosowaniu jej w branży spożywczej (np. w chłodniach), pomieszczeniach szpitalnych czy laboratoryjnych.

Wynalazca prowadzi rozmowy z firmami zainteresowanymi wdrożeniem jego pomysłu na skalę przemysłową. – Otrzymałem pieniądze z polskiego programu, więc rozmawiam przede wszystkim z firmami polskimi i takimi, które prowadzą produkcję w Polsce – podkreślił.

Źródło: Nauka w Polsce
www.rzecznik.zut.edu.pl

Chłód z ciepła odpadowego

Dr inż. Łukasz Witanowski z Instytutu Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku proponuje wykorzystanie ciepła odpadowego do produkcji chłodu. Naukowiec w ramach projektu COOLERHEAT realizowanego w programie Lider NCBR pracuje nad systemem, który latem pozwoli m.in. sieciom ciepłowniczym generować chłód do systemów klimatyzacji.

Coraz wyższe temperatury powodują wzrost zapotrzebowania na chłód również w przemyśle, który równocześnie emituje do otoczenia ogromne ilości ciepła odpadowego. Paradoksalnie przyczynia się to do dalszego wzrostu emisji gazów cieplarnianych i pogłębiania problemu ocieplenia klimatu. Ciepło odpadowe jest niewykorzystaną energią oddawaną do otoczenia. Rozróżnia się trzy główne poziomy ciepła odpadowego: niskotemperaturowe (poniżej 100°C), średnitemperaturowe i wysokotemperaturowe (od 300°C). W przemyśle aż 42% globalnego udziału przypada na niskotemperaturowe, 20% na średnitemperaturowe i 38% na wysokotemperaturowe ciepło odpadowe. – Istniejące technologie pozwalają na wykorzystanie ciepła odpadowego do produkcji energii elektrycznej, chłodu i ciepła, lecz często są ograniczone przez wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, niską sprawność oraz ograniczoną funkcjonalność, szczególnie przy źródłach ciepła poniżej 80 stopni Celsjusza. COOLERHEAT umożliwia pracę w niskich temperaturach z zadowalającą sprawnością, przy czym jest to układ korzystny finansowo – mówi dr inż. Ł. Witanowski.

Opracowany przez niego system COOLERHEAT składa się z układu ORC (organiczny obieg Rankine'a) połączonego za pomocą turbosprężarki z układem VCC (sprężarkowy obieg chłodniczy). System wykorzystuje ciepło odpadowe do wygenerowania mocy mechanicznej w turbinie, która napędza sprężarkę układu chłodniczego. – Proponowane rozwiązanie otwiera nowe perspektywy dla

efektywnego wykorzystania ciepła odpadowego, umożliwiając bardziej zrównoważone podejście do zarządzania zasobami energetycznymi w różnych sektorach przemysłu – uważa lider zespołu pracującego nad prototypem.

Aby system mógł zostać wdrożony w praktyce, projekt musi osiągnąć swoje „kamienie milowe”: (i) optymalne zaprojektowanie układu pod kątem pracy w różnych warunkach operacyjnych, (ii) opracowanie konstrukcji turbosprężarki, cechującej się wysoką niezawodnością pracy, regulacyjnością i kompaktowością, (iii) po skonstruowaniu prototypowej maszyny przeprowadzenie badań

eksperymentalnych, mających na celu zapewnienie niezawodności i bezpieczeństwa systemu. – *Projekt COOLERHEAT musi przejść rygorystyczne testy w szerokim zakresie pracy, które potwierdzą, że spełnia on wysokie standardy przemysłowe i jest w stanie sprostać różnym warunkom operacyjnym* – tłumaczy lider grupy naukowej.

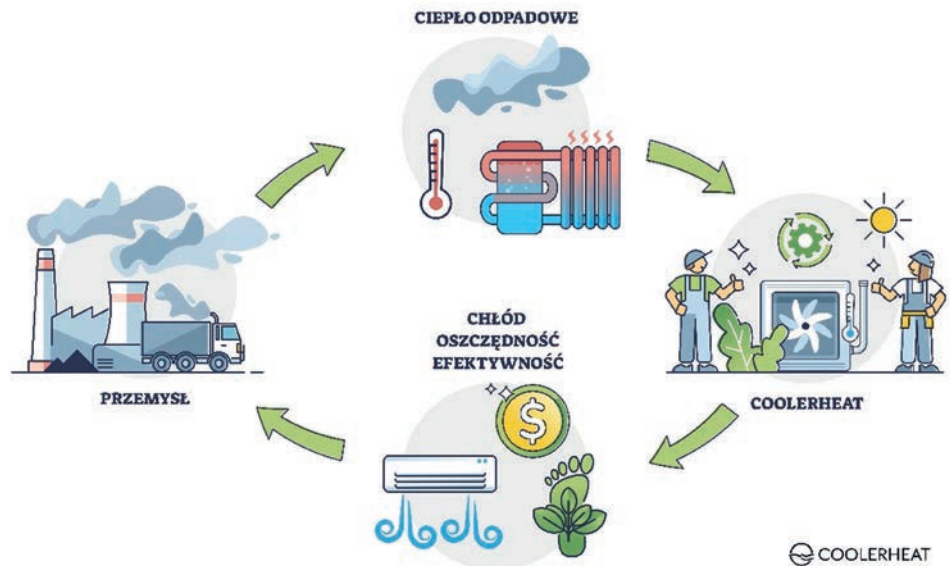
Nad projektem pracuje multidyscyplinarny 9-osobowy zespół specjalizujący się w obliczeniach termodynamicznych obiegów cieplnych, projektowaniu maszyn cieplnych, obliczeniach dynamicznych układów wirujących, obliczeniach wytrzymałościowych, uczeniu maszynowym, optymalizacji procesów cieplnych, wydruku 3D, automatyzacji oraz pomiarach cieplnych. Jak wyjaśnia dr inż. Ł. Witanowski, jego członkowie brali udział w wielu projektach związanych z maszynami oraz obiegami cieplnymi realizowanych w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN. Zaplanowaliśmy wykorzystanie szeregu zaawansowanych metod, aby zbliżyć zespół do realizacji celów projektu, w tym zastosowanie nowoczesnych algorytmów optymalizacyjnych, technik uczenia maszynowego do analizy danych i tworzenia modeli predykcyjnych oraz weryfikację wyników przy użyciu różnorodnych, niezależnych kodów obliczeniowych.

Projekt potrwa 3 lata, a jego znaczną część będą stanowiły badania eksperymentalne. Wyniki i postępy prowadzonych badań można śledzić na stronie projektu COOLERHEAT.

Źródło: Nauka w Polsce
www.imp.gda.pl/coolerheat

Lekki absorber na zderzaki i fotele lotnicze

Adrian Lipkowski z Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Lotnictwa w Warszawie opracował sposób na wytwarzanie absorberów energii uderzenia, stosując kompozyt węglowy o spoiwie termoplastycznym. Jego praca dyplomowa na ten temat, przygo-



Fot. 2. Coolerheat (Foto: Łukasz Witanowski)

towana w ramach studiów na Politechnice Warszawskiej, zajęła w grudniu pierwsze miejsce w konkursie Polskiego Związku Przetwórców Tworzyw Sztucznych na najlepszą pracę dyplomową.

Absorbery energii pochłaniają energię kinetyczną wypadków, zderzeń, upadków, aby chronić pasażerów i pojazdy. W Warszawie opracowano tanie absorbery z nowatorskich materiałów kompozytowych, które mogą posłużyć np. do budowy foteli lotniczych i podłóg samolotu oraz skrzyń zderzeniowych w samochodach. Absorbery wykonane z materiałów termoplastycznych są *znacznie lżejsze od szeroko stosowanych absorberów hydraulicznych czy tarciovych*. Powoduje to zmniejszenie ciężaru obiektu biorącego udział w zderzeniu, co dodatkowo zmniejsza jego energię kinetyczną. Naukowcy z Łukasiewicz – ILOT mają nadzieję, że technologia zostanie wykorzystana w lotnictwie do produkcji foteli lotniczych, podłóg i podwozia samolotu, a także w motoryzacji, przede wszystkim przy przednich i tylnych skrzyniach zderzeniowych w samochodach (umiejscowionych przed zderzakiem i mocowanych do podwozia).

Badania do pracy inżynierskiej zostały przeprowadzone w ramach projektu absorbera energii zderzenia czołowego dla pojazdu osobowego (CRASH-BOX), które sfinansowało Centrum Łukasiewicz. Liderem konsorcjum był Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Motoryzacji, który przeprowadzał badania zderzeniowe. W pracach brał udział także Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa, którego eksperci specjalizują się w technologiach kompozytowych. W komunikacie Łukasiewicza czytamy, że *Kluczowe cechy tej technologii to oprócz redukcji masy także szybkie tempo produkcji, szeroki zakres dostępnych materiałów, dopasowana konstrukcja, odporność na korozję, integracja i wydajność produkcji, a także możliwość recyklingu*.

Źródło: Nauka w Polsce

Przygotowała mgr Anna Skurzewska

Marlena Roguszewska^{a, b, *}, Paweł Parzuchowski^b, Gabriel Rokicki^b, Damian Tkacz^a

^aPWE Technologie Sp. z o.o., Warszawa; ^bPolitechnika Warszawska

Nowe powłoki antykorozyjne

Korozja metali jest poważnym problemem o znaczeniu technicznym i ekonomicznym. Roczne koszty związane z korozją i jej zapobieganiem pochłaniają znaczącą część dochodów wielu krajów. Awarie strukturalne, często mające dramatyczne konsekwencje dla ludzi i otaczającego nas środowiska, nie są niczym niezwykłym i często pojawiają się w doniesieniach prasowych.

W ostatnich dziesięcioleciach do ochrony przed korozją opracowano szereg rozwiązań bazujących na materiałach powłokowych nieorganicznych (metalicznych, niemetalicznych) i organicznych (smołach, smarach, farbach, lakierach i tworzywach sztucznych). Ze względu na ich wszechstronne właściwości szczególną rolę odgrywają tu materiały polimerowe. Charakteryzują się one dobrą przyczepnością do podłoży metalowych, właściwościami barierowymi, odpornością na ścieranie i zużycie.

Spośród różnych polimerów szczególnym zainteresowaniem cieszą się żywice epoksydowe. Znalazły one szerokie zastosowanie w przemyśle powłokowym ze względu na doskonałą przyczepność do metali i wysoką odporność na ciepło, wilgoć i czynniki chemiczne. Odporność chemiczna żywic epoksydowych wynika z obecności trwałych wiązań kowalencyjnych węgiel-węgiel i węgiel-tlen w łańcuchach głównych polimeru oraz obecności pierścieni aromatycznych. Z taką budową epoksydów wiążą się też pewne wady. Ma-

teriały te z czasem żółkną pod wpływem promieniowania UV, a także ulegają procesom degradacji oksydacyjnej oraz są stosunkowo kruche. Dlatego dla dobrej ochrony przed korozją stosowane są systemy wielowarstwowe, w których warstwa epoksydowa stosowana jest jako podkład, na który nanoszona jest warstwa poliuretanu.

Poliuretany, szczególnie te bazujące na alifatycznych izocyanianach, gwarantują dobrą ochronę przed promieniowaniem UV, adhezję do epoksydów oraz jakość powierzchni. Jednak z czasem ich właściwości również ulegają pogorszeniu z uwagi na procesy degradacji wchodzących w ich skład oligoesteroli (hydroliza) lub oligoeteroli (utlenianie).

W naszym zespole od wielu lat prowadzone są prace skierowane na otrzymanie powłok o unikalnych właściwościach

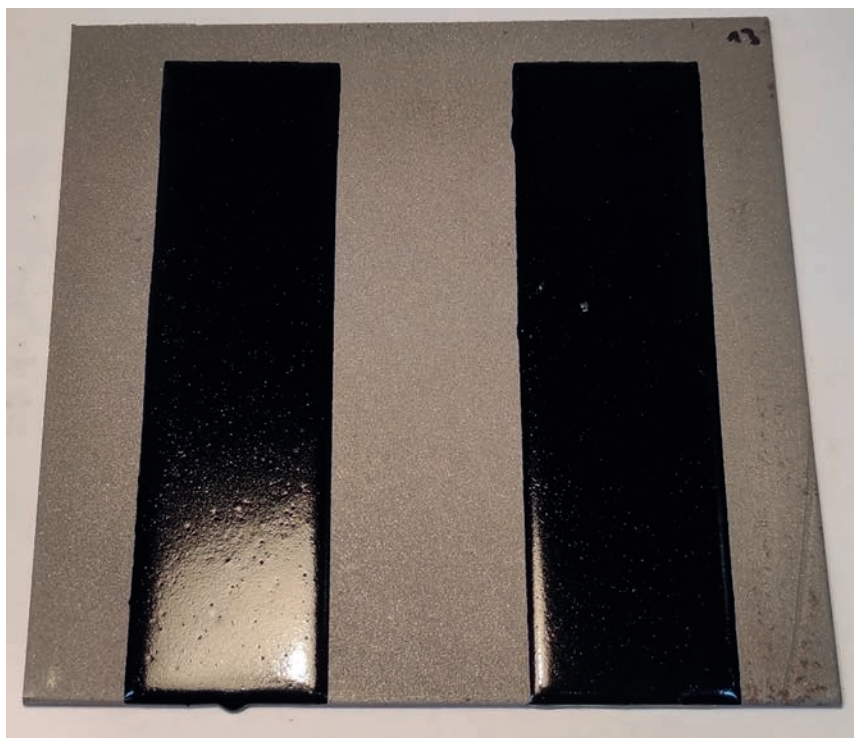


Figure. Photograph of one of the developed coatings applied to a steel surface
Rysunek. Zdjęcie jednej z opracowanych powłok nałożonej na powierzchnię stalową

Kontakt:

PWE Technologie Sp. z o.o.,
ul. Strużańska 63M, 05-119 Józefów;

Katedra Chemii i Technologii Polimerów,
Wydział Chemiczny, Politechnika Warszawska,
ul. Stanisława Noakowskiego 3,
00-664 Warszawa,
e-mail: m.roguszewska@interia.pl

antykorozyjnych i stabilności. Łączą one w sobie cechy żywic epoksydowych i poliuretanowych. Zwiększoną stabilność powłok uzyskujemy dzięki zastosowaniu odpornych na hydrolizę i utlenianie oligowęglanodiolu. Dzięki zastosowaniu składników pochodzenia naturalnego (kwas rycynolowy) oraz pośrednio ditlenku węgla (do syntezy oligowęglanodiolu) nasze rozwiązanie jest również bardziej przyjazne dla środowiska.

Realizowany w naszym zespole projekt pt. „Opracowanie powłoki poliuretanowej na bazie oligomeroli węglanowych zabezpieczającej powierzchnię stalową” zakładał zwiększenie elastyczności powłoki i zwiększenie odporności na warunki atmosferyczne (m.in. promieniowanie UV i utlenianie), co wpłynęło też na wydłużenie żywotności.

W niniejszej publikacji zebrano dotychczasowe wyniki prac nad hybrydowymi epoksydowo-poliuretanowymi powłokami do zabezpieczania powierzchni stalowych przed korozją. Punktem wyjściowym prac było wytworzenie kompozycji na podstawie małowiskozostej żywicy epoksydowej (bazującej na bisfenolu A) i kwasu rycynolowego, fizycznie modyfikowanej liniowym oligowęglanodiolem na bazie 1,5-pentanodiolu i 1,6-heksanodiolu. Ze względu na dużą funkcjonalność oligoestrolu wbudowanie segmentów z dwufunkcyjnego oligowęglanodiolu do jego struktury nie było możliwe ze względu na prawdopodobieństwo wystąpienia reakcji sieciowania na etapie syntezy oligomerolu. Materiał poliuretanowy otrzymywano z udziałem mieszaniny oligowęglanodiolu, czterofunkcyjnego oligoestrolu i polimerycznego 4,4'-diizocyjanianu difenylometylenu (pMDI). Takie rozwiązanie pozwoliło połączyć bardzo dobre właściwości mechaniczne i adhezyjne zapewniane przez reszty pochodzące od żywicy epoksydowej z cechami poliuretanów (elastyczność, wytrzymałość mechaniczna).

Oprócz modyfikacji oligoestrolu za pomocą oligowęglanodiolu (oligo(heksametyleno-co-pentametylenowęglano)diolu OWHP1 i OWHP2 lub oligo(heksametylenowęglano)diolu OWH1 i OWH2 o średnich masach molowych ok. 1000 i 2000 g/mol) prowadzono także modyfikację oligoeterolami (glikolem oligo(oksypropylenowym) PPG1 i PPG2 o średnich masach molowych odpowiednio ok. 1000 i 2000 g/mol) i oligobutadienem zakończonym grupami hydroksylowymi (HTPB) o średniej masie molowej ok. 2800 g/mol. W każdym przypadku obserwowano zwiększenie odporności na zarysowanie i zginanie (elastyczności) utwardzonych powłok.

W kolejnych pracach syntezowano oligoestrol, stosując mieszaninę kwasów rycynolowego i benzooesowego, korzystnie w stosunku molowym 9:1–7:3, w ilości stechiometrycznej w stosunku do grup epoksydowych żywicy. Po reakcji tak mo-

dyfikowanego oligoestrolu z polimerycznym 4,4'-diizocyjanianem difenylometylenu (pMDI) otrzymywano powłoki o bardzo dobrej adhezji do różnych podłoży (stal, miedź, szkło, ceramika), a także zwiększonej odporności: na korozję, czynniki chemiczne i temperaturę, na działanie znacznych sił uderowych, na działanie zimnej i gorącej wody, a także niewrażliwe na działanie zmiennych temperatur.

W dalszym etapie prac badano składnik izocyjanianowy (utwardzacz). Oprócz polimerycznego izocyjanianu aromatycznego (pMDI) testowano też izocyjaniany cykloalifatyczne (trimery tHDI i tIPDI). Powłoki na bazie aromatycznych diizocyjanianów (m.in. TDI i MDI) stopniowo żółkną pod wpływem światła (promieniowania UV) i tlenu. W przeciwieństwie do nich alifatyczne i cykloalifatyczne izocyjaniany tworzą odporne na żółknięcie, transparentne lub stabilne kolorystycznie powłoki. Niedogodnością w przypadku tych związków jest znacznie wolniejszy przebieg reakcji z grupami hydroksylowymi (dłuższy czas utwardzania powłok). Trimer heksametylenodiiizocyjanianu (tHDI) wybrano ze względu na małą lepkość i rozsądny koszt, a także możliwość uzyskania powłoki o wyjątkowo dobrych właściwościach mechanicznych i odporności na warunki atmosferyczne (w tym odporności na światło UV powodujące żółknięcie powłok poliuretanowych). Natomiast trimer izoforodiiizocyjanianu (tIPDI) zastosowano w celu skrócenia czasu schnięcia powłoki.

Aby zwiększyć elastyczność powłok i obniżyć koszt docelowej technologii, wyznaczono prawidłowy stosunek mieszaniny trimera tIPDI z trimerem tHDI. Przebadane zostały różne warianty mieszaniny (różne stosunki udziału poszczególnych trimerów), aż do uzyskania lepkości utwardzaczy w granicach 200–550 mPa·s.

Opracowane rozwiązanie różni się od znanych na świecie rozwiązań, gdyż w chwili obecnej nie są dostępne antykorozyjne powłoki bazujące na hybrydowym materiale (epoksydowo-poliuretanowym) modyfikowanym oligomerami węglanowymi. Waleorem aplikacyjnym tych kompozycji jest możliwość nakładania metodą natrysku pneumatycznego w temperaturze pokojowej. Zastosowanie liniowych oligowęglanów, w przeciwieństwie do oligomeroli estrowych, zapewnia odporność na hydrolizę, zaś w odróżnieniu od kompozycji na bazie oligomeroli estrowych, pozwala uzyskać bardzo dobrą odporność na utlenianie i promieniowanie UV. Opracowane powłoki wyróżniają się również wyjątkowo dużą wytrzymałością na rozciąganie przy zachowaniu dużej elastyczności. Dodatkowo charakteryzują się dużą odpornością na ścieranie i zadrapanie oraz bardzo dobrą adhezją do różnych podłoży.

Prace realizowano w ramach projektu pt. „Opracowanie powłoki poliuretanowej na bazie oligomeroli węglanowych zabezpieczającej powierzchnię stalową” współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego na lata 2014–2020 (RPMA.01.02.00-14-d764/20).

Microstructural study of the composite nickel based, containing different Al amounts, sintered by an unconventional technique and forged

Badania mikrostrukturalne kompozytu na bazie niklu, zawierającego różną zawartość Al., spiekanego niekonwencjonalną techniką i kutego

HOUCEME BENDRISS¹
SAID BOUDEBANE¹
SAMIA LEMBOUB²
AISSA BENSELHOUB³, *

ORCID: 0009-0005-6056-0012
ORCID: 0000-0002-2007-2154
ORCID: 0000-0002-9071-1564
ORCID: 0000-0001-5891-2860

¹Laboratory of Metallurgy, Department of Metallurgy, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria;

²National Higher School of Technology and Engineering, ENSTI, Department of Mine and Metallurgy GMMM, Annaba, Algeria;

³Environmental Research Center (C.R.E), Annaba, Algeria

* e-mail: benselhoub@yahoo.fr

The aluminum-enriched composite with the composition of Udimet 720 alloy was developed using an unconventional two-step sintering process. The first occurred at 1380°C for 0.5 h and the second at 1180°C for 3 h. The sintered material was then forged at 1200°C under a load of 50 kG and with a fall height of 220 mm, in order to achieve the clusters fragmentation of hard components, followed by the homogenization annealing at 800°C for 1.5 h. The consolidation technique included solution treatment at 1080°C and aging at 800°C with various holding times. The investigation techniques by X-ray diffraction analysis (XRD) and observations under a scanning electron microscope (SEM) with semi-quantitative analyses (EDS) have offered the possibility to reveal the aluminum addition's impact and the holding time aging on the material's microstructural evolution. The sintered alloy with a high Al content (5.25 %) exhibits a complex structure composed of metallic matrix γ , the chromium carbide $Cr_{23}C_6$, and a large variety of binary intermetallics. Despite this, the solution treatment caused an almost complete dissolution of these compounds, and consequently, a saturation of the nickel cubic lattice. An increase in precipitation phenomenon was, due to the formation of the intermetallic γ' (Ni, Co)₃(Al, Ti), and then, the alloyed chromium carbide (Cr, Co, Ni, Mo, Ti)₂₃C₆ led to a noticeable hardening of the metal matrix, reaching a microhardness of 700 HV0.1.

Keywords: Ni-based composite, unconventional sintering, disintegration, consolidation, microstructure, precipitates, microhardness

Opracowano kompozyt wzbogacony aluminium o składzie stopu Udimet 720 w niekonwencjonalnym dwuetapowym procesie spiekania. Kompozyt spiekano w temp. 1380°C przez 0,5 h, a następnie w temp. 1180°C przez 3 h. Spiekany materiał poddano kuciu w temp. 1200°C pod obciążeniem 50 kG i wysokości opadania 220 mm, w celu uzyskania fragmentacji skupień twardych składników, a następnie wyżarzaniu homogenizującym w temp. 800°C przez 1,5 h. Technika konsolidacji obejmowała obróbkę przesycającą w temp. 1080°C i starzenie w temp. 800°C z różnymi czasami przetrzymywania. Techniki badawcze polegające na analizie dyfrakcji promieni rentgenowskich (XRD) i obserwacji pod skaningowym mikroskopem elektronowym (SEM) wraz z analizami półilościowymi (EDS) umożliwiły ujawnienie wpływu dodatku aluminium i czasu utrzymywania starzenia na ewolucję mikrostruktury materiału. Spiekany stop o wysokiej zawartości Al (5,25%) wykazywał złożoną strukturę, na którą składały się: metaliczna osnowa γ , węgiel chromu $Cr_{23}C_6$ i duża różnorodność binarnych związków międzymetalicznych. Mimo to obróbka roztworowa spowodowała niemal całkowite rozpuszczenie tych związków, a w konsekwencji nasycenie sześcienniej sieci niklu. Nasilenie zjawiska strącania osadów spowodowane utworzeniem się międzymetalicznego γ' (Ni, Co)₃(Al, Ti), a następnie stopowego węgla chromu (Cr, Co, Ni, Mo, Ti)₂₃C₆, doprowadziło do zauważalnego utwardzenia osnowy metalicznej, osiągającego mikrotwardość 700 HV0,1.

Słowa kluczowe: kompozyt na bazie niklu, spiekanie niekonwencjonalne, dezintegracja, konsolidacja, mikrostruktura, wydzielanie, mikrotwardość

1. INTRODUCTION

Superalloys are materials with special compositions, which evolve in aggressive environments and under severe temperature and stress conditions. As a result, these materials must meet specific requirements such as creep resistance, dimensional stability at high temperatures and resistance to hot oxidation [1]. They then become materials par excellence intended for the production of hot-working parts and mechanisms. Special compositions are then necessary to achieve these requirements,

through the formation of an appropriate structure which will guarantee, after adequate treatments, the desired properties.

The main elements in the composition of these alloys are Ni, Co, or Ni + Co, which form the metallic matrix, enriched with additions, such as Cr, Mo, W, Ti, Al, and others. The nomenclature of similar materials contains several grades, particularly those intended for aerial and terrestrial turbines [1], depending on the operating conditions and the nature of the stresses to which the part is subjected.

In most cases, the required characteristics are attained by compositions which are matched to the materials manufacturing process as well as the thermomechanical and thermal treatments applied.

The classic range of manufacturing implements a first fusion under an electric arc followed by a second fusion under an electroconductive slag to achieve maximum purity, is among the most used methods to produce these special alloys. The second range, based on powder metallurgy routes uses a pre-alloyed powder with the targeted alloy composition.

The parts are obtained by uniaxial compression or cold isostatic compression, then, the samples undergo a solid phase sintering, followed by forging, to reach the desired density via the pore's scarring phenomenon.

The consolidation of the γ metallic matrix is first based on the addition's dissolution in the nickel cubic lattice with the effect of network distortion and matrix hardening. The standard treatment, which includes the solution treatment, followed by aging, provides final consolidation through the precipitation of coherent intermetallic compounds in the metallic matrix.

The creep resistance of nickel-based alloys depends on the nature of the intermetallics, particularly Ni_3Al (γ'), its size, and its dispersion in the metallic matrix. Furthermore, secondary phases, like Cr_{23}C_6 carbide and MeC carbides, such as TiC, WC or (Ti, W)C, also have a positive impact on the high temperature resistance of the alloy. The microstructural evolution of Ni_3Al (γ') and all other compounds, during thermomechanical and thermal treatments, particularly during the exploitation, will determine the life time of this material.

To date, many studies have been carried out on nickel-based superalloys, where the most important characteristics have been taken into consideration. These studies were focused on the optimization of solidification or sintering parameters, as well as on thermal treatments [2–8]. The influence of several parameters, such as the austenitic grain dimensions [9], the cooling rate [10–11], and the formation of brittle phases [12], on the structure of these materials, and consequently, on their properties, has also been examined.

In addition, the influence of oxide inclusions, such as Al_2O_3 , on the fatigue resistance of the superalloy [13–14] and the effect of grain coarsening [15–16], have also been studied. It can be therefore retain that the main objective of all these studies is the

knowledge and control of the different parameters regulating the formation of the superalloy structure, with the aim of improving creep resistance and lifetime. However, the aluminum content of the superalloy is increased, the ratio γ/γ' becomes an important parameter during the consolidation by intermetallic precipitation.

It should also be noted that among the investigations on the nickel-based superalloys, a few studies have been devoted to the importance of thermomechanical treatments in the fragmentation of clusters of hard compounds, such as intermetallics or carbides, in the evolution of the material structure.

Thus, the objective of this current work is a microstructural characteristic study of the composite with Udimet 720 composition, which has been intentionally enriched in aluminum and produced through unconventional sintering followed by a forging operation.

2. EXPERIMENTAL

2.1. MATERIALS

Table 1 presents the powders characteristics used in the preparation of the studied compositions samples. Several compositions have been studied based on varying additions of aluminum amount (Table 2).

Table 1. Characteristics of the powders used in the preparation of the samples
Tabela 1. Charakterystyka proszków stosowanych do przygotowania próbek

| Powder | Particle size, μm | Purity, % | Origin |
|----------|------------------------------|-----------|-------------|
| Ni | 3–7 | 99.00 | Good Fellow |
| Co | 3–7 | 99.50 | Alfa Aesar |
| Cr | < 45 | 99.00 | Good Fellow |
| W | 100 | 99.95 | Good Fellow |
| Mo | 2 | 99.99 | Good Fellow |
| Ti | < 40 | 99.00 | Alfa Aesar |
| Al | 45 | 99.50 | Alfa Aesar |
| Fe | 45 | 99.00 | Alfa Aesar |
| Graphite | 1–2 | - | Alfa Aesar |

Table 2. Studied composites compositions
Tabela 2. Skład badanych kompozytów

| Composition | Code | Cr | Co | W | Mo | Ti | Al | Fe | Graphite | Ni |
|------------------|------|------|------|------|-----|-----|------|-----|----------|------|
| 1 (standard) | S0 | 18.0 | 14.8 | 1.25 | 3.0 | 5.0 | 2.25 | 0.2 | 0.03 | rest |
| 2 (experimental) | S2 | 18.0 | 14.8 | 1.25 | 3.0 | 5.0 | 4.25 | 0.2 | 0.03 | rest |
| 3 (experimental) | S3 | 18.0 | 14.8 | 1.25 | 3.0 | 5.0 | 5.25 | 0.2 | 0.03 | rest |

2.2. METHODS

The composites samples surface has been prepared according to the required steps for metallographic analysis under an optical microscope scanning electron microscope (SEM) and semi-quantitative EDS analysis.

The detailed observations at high magnifications were conducted with a FEI-Quanta 250 environmental scanning electron microscope. The XRD analyses were carried out on Philips X' Pert diffractometer using Cu K α radiation of 0.154 nm wavelength, in arrange of 10–100° with a step of 0.08°.

These analyses were performed to determine the nature of the formed phases and their evolution following the different heat treatments. The influence of the aging duration on the parameter of the cubic nickel mesh was appreciated from the diffraction peaks (111), (200) and (220).

The evolution of the material Vickers hardness was investigated through measurements carried out on an Innovatest apparatus, under a load of 0.1 kg.

2.3. PROCEDURE

The tablets intended for sintering were obtained via the following procedure: (i) the powders constituting the various compositions (Table 1) were dried at 70–80°C for 24 h to remove adsorbed water and oxygen molecules from the particle surfaces; the mixtures were weighed and homogenized in a ball mixer for 8 h; (ii) pellets with a diameter of 20 mm and a height of 25 mm were obtained by an uniaxial compression of powder mixtures under a pressure of 800 MPa using a tungsten matrix; the relative density

of the resulting green compacts is approximately 50–55%; (iii) the sintering process of the samples has been carried out through a non-conventional regime; initially, the samples were maintained at 1380°C for 0.5 h; considering the melting temperature of aluminum, a transient liquid phase appears.

During a second hold at 1180°C, for 3 h, the liquid phase reacts with the other components of the mixture to form new, more refractory phases. The sintering process is finalized by the slowly cooling of the samples which happened inside the oven off. To prevent oxidation of the pellet's surface, an argon flow was maintained during all sintering stages in the tubular chamber of the furnace.

Figure 1 exhibits a simplified schematic of the unconventional sintering device used in the present study. Horizontal tube movement facilitates the transition from temp. 1380°C (T1) to temp. 1180°C (T2).

The sintered samples undergo free forging at 1200°C under a controlled load of 50 kG and a drop height of 220 mm. The mainly objective of this operation is to achieve the clusters fragmentation of hard components such as carbides or intermetallics. This step is also accompanied by an additional densification of the material thanks to the closing of the pores by viscous flow of the metal matrix. Moreover, this treatment leads to a better distribution of the composite's compounds.

The forged samples are subject to an annealing treatment at 800°C for 1.5 h, which enhance the recrystallization of the material structure and reduce, as possible, the chemical heterogeneities.

At the final stage of the process, the annealed samples are consolidated by heat treatments, which take place in two steps: (i) hyperquenching at 1080°C for 1 h, followed by a rapid out-

of-furnace cooling under an argon flow until reaching a temp. 150°C, with a cooling rate of 80°C/min. (ii) aging the samples at 880°C, with various holding times (2, 4, 6, 8, 16, and 24 h), followed by controlled in-furnace cooling under an argon atmosphere with a rate of 2–3°C/min.

Figure 2 shows the overall graphical representation illustrating the sintering, thermo-mechanical and heat treatment applied to the samples of the composites investigated in this work.

2.4. RESULTS AND DISCUSSION

2.4.1. SINTERED STATE

The formation of new phases during unconventional sintering is governed by the appearance of a transient liquid phase (Al). As the temperature rises, the aluminum melts at 663°C and reacts with the solid components of the composite, resulting in the formation of solid intermetallic particles. Liquid aluminum, then considered as a transitional phase, gradually disappears as new intermetallic

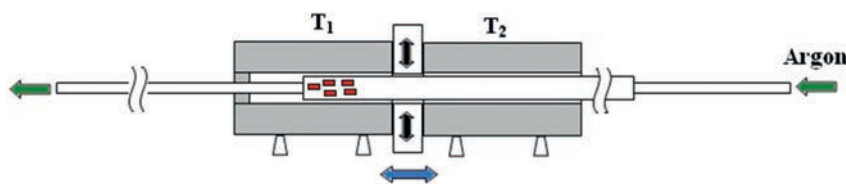


Fig. 1. A simplified design of the experimental setup for unconventional sintering
Rys. 1. Uproszczony projekt stanowiska doświadczalnego do spiekania niekonwencjonalnego

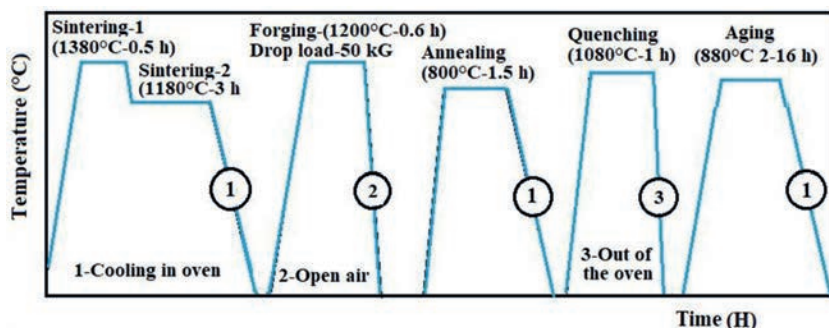


Fig. 2. Graphical illustration of the sintering, thermo-mechanical and thermal treatments operations of the used process
Rys. 2. Graficzna ilustracja zastosowanych procesów spiekania, obróbki cieplno-mechanicznej i cieplnej

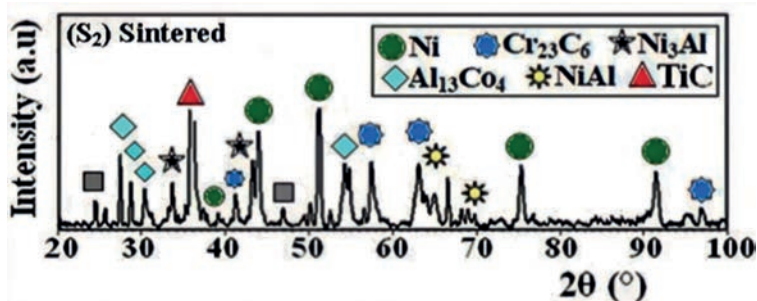


Fig. 3. XRD patterns obtained from S₂ sintered sample
Rys. 3. Wzory XRD uzyskane ze spiekanej próbki S₂

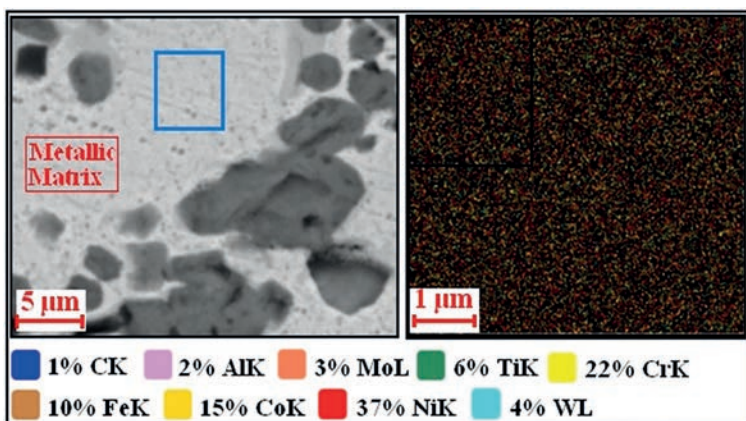


Fig. 4. X-ray mapping performed in the metallic matrix of the S₂ sintered sample
Rys. 4. Mapowanie rentgenowskie wykonane w osnowie metalicznej próbki spiekanej S₂

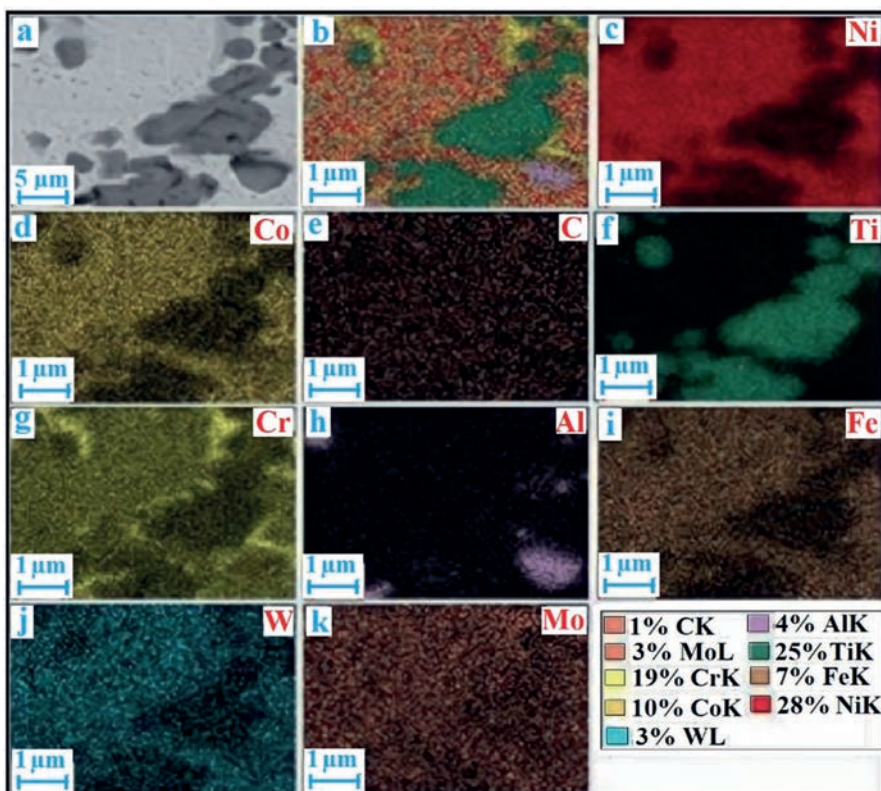


Fig. 5. X-ray mapping performed within the structure of the S₂ sintered sample
Rys. 5. Mapowanie rentgenowskie wykonane w strukturze próbki spiekanej S₂

compounds are formed. Several factors influence the appearance of these new phases.

The interaction possibility between aluminum and other alloy elements, because of this element forms limited solid solutions with Ni, Cr, Co, and Ti. This leads to the development of intermetallic compounds when the solubility limits are reached, according to the phase equilibrium diagrams (Al-Ni), (Al-Co), (Al-Ti), and (Al-Cr). The apparition of these intermetallic compounds was favored by the exothermic character of the reactions generating these new phases [17].

Furthermore, the presence of elements possessing a high affinity for carbon, such as titanium (Ti), promotes the synthesis of MeC carbide.

The investigation of the sintered state has been focused on S₂ sample, which contains an intermediate aluminum content of 4.25 % (Table 2). X-ray diffraction analysis results of this sample, presented in Fig. 3, clearly have revealed prominent peaks attributed to the nickel-based metallic matrix. Although relatively less intense Cr₂₃C₆ peaks were also identified.

However, various intermetallic phases resulting from particle-particle contacts formed during the random arrangement of particles in the green compact were revealed. Also, several peaks of lower intensity corresponding to intermetallics, such as Ni₃Al and Al₁₃Co₄ formed after the sintering, were detected (Fig. 3).

The results of the semi-quantitative EDS analysis, carried out within the metal matrix of the S₂ sintered sample are presented in Fig. 4. It can be seen that a part of the alloy elements, namely Cr, Co, Ti, Al and Mo, is uniformly distributed in the Ni-based matrix. This suggests that during the unconventional sintering process, these elements were dissolved into the cubic lattice of the γ phase.

The quantity of each element in solid solution in the metal matrix depends on its content in the initial composite composition (Fig. 4).

To validate the results of the initial identification by X-ray diffraction (Fig. 5), X-ray mapping was carried out on the conglomerates of compounds generated within the metallic matrix (Fig. 5a).

The Fig. 5b confirms the overall distribution of all elements present in the composition of studied composite, either in solid solution within the nickel's fcc lattice or as compounds within the metallic matrix.

The total solid solution formation between nickel and cobalt produces a uni-

form distribution of Co within the nickel-based matrix (Fig. 5c and 5d). On the other hand, the increased aluminum content in the composite compositions enhances the development of Al-Co interfaces in the green compact structure, resulting in the subsequent emergence of Co-Al intermetallics such as the compound $Al_{13}Co_4$ (Fig. 4), after the sintering.

Carbon, as a lightweight element with limited presence in the composition, was not clearly demonstrated by the EDS analyses (Fig. 5e). However, the presence of titanium has been clearly established (Fig. 5f). Although the X-ray diffraction study (Fig. 3) does not explicitly indicate the presence of titanium carbide, its synthesis during sintering cannot be ruled out.

The significant chromium content, along with its good solubility, ensures even distribution within the Ni matrix. Additionally, the presence of chromium $Cr_{23}C_6$ carbide is evident from the XRD patterns (Fig. 3). In addition, X-ray mapping reveals a specific arrangement of chromium surrounding regions enriched with titanium (Fig. 5g).

This suggests the hypothesis of a first formation of TiC, acting as primary nucleation sites for the chromium carbide $Cr_{23}C_6$. This proposition is reinforced by the enthalpies of formation for the respective compounds. Specifically, TiC exhibits a formation enthalpy of $\Delta H_{f298K} = -184.4$ kJ/mol, compared to $\Delta H_{f298K} = -81.5$ kJ/mol for $Cr_{23}C_6$ carbide [18] (Pierson HO,1996), providing a thermodynamic advantage for the preliminary formation of TiC, as a germination support for the chromium carbide development. Consequently, it can be observed a specific morphology, where the chromium carbide overlay regions of the TiC particles (Fig. 5g). This explains the absence of titanium carbide peaks on the diffraction spectra (Fig. 3).

The Fig. 5h illustrates the distribution of aluminum in the metallic matrix. In the sintered state, a part of aluminum remains in solid solution within the fcc lattice of nickel. However, aluminum is also found as segregations within the Ni matrix. These observations were confirmed by the XRD results, through the presence of peaks corresponding to intermetallic Ni_3Al (Fig. 3).

X-ray mapping of molybdenum and tungsten reveals their homogeneous distribution in solid solution within the metallic

matrix (Fig. 5j and 5k). However, this does not preclude their contribution to the formation of complex carbides, such as (Ti, Mo, W)C. As iron is present in small quantities in the experimental compositions (Table 2), it is fully dissolved in the metallic matrix (Fig. 5i).

Furthermore, it should be noted that the total or partial solubility between nickel and other elements, as well as the interactions between the addition elements, can lead to substitutions within the crystallographic networks. Therefore, complex compounds, such as $(Cr, Ni, Co)_{23}C_6$ carbides, MeC or (Ti, W, Mo)C type carbides and A_3B type intermetallics like $(Ni, Co)_3(Al, Ti)$, can potentially form. This possibility has already been supported by previous research [6].

2.4.2. FORGED STATE

The thermo-mechanical treatment of the sintered samples which has been described in the elaboration techniques has several objectives, among the objectives of this operation, is the cluster fragmentation of hard components such as carbides or intermetallics.

Fig. 6a shows the morphology of a fragmented $Cr_{23}C_6$ carbide cluster where the effect of forging is clearly visible. The results of the EDS analyses confirmed the nature of this compound and established that it is the alloyed chromium carbide $(Cr, Ni, Fe)_{23}C_6$.

It can be noted that the forging process promotes the appearance of a specific texture characterized by plastic deformation and an elongation of the austenitic grain in the direction perpendicular to the applied load. The chromium carbide colonies situated at the grain boundaries exhibit a "skeleton" morphology (Fig. 7a). The EDS analyses confirm the presence in solid solution of the majority of elements in the nickel-based metallic matrix (Fig. 7b).

Subsequently, the forged samples undergo a recrystallization annealing treatment at 800°C for 1.5 h, aimed at mitigating chemical heterogeneities. It is worth noting, however, that this treatment has a limited impact on the texture acquired during the forging process.

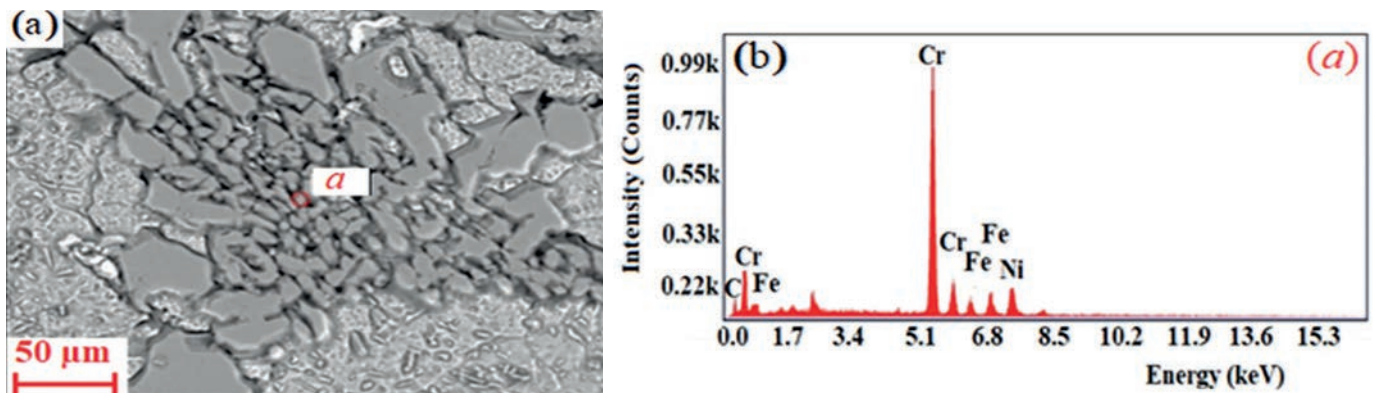


Fig. 6. Micrograph obtained through SEM, illustrating the chromium carbide fragmentation during the forging (a); EDS analyses results recorded on the chromium carbide (b)
 Rys. 6. Mikrofotografia uzyskana za pomocą SEM ilustrująca fragmentację węglika chromu podczas kucia (a); analiza EDS wyników zarejestrowanych na węgliku chromu (b)

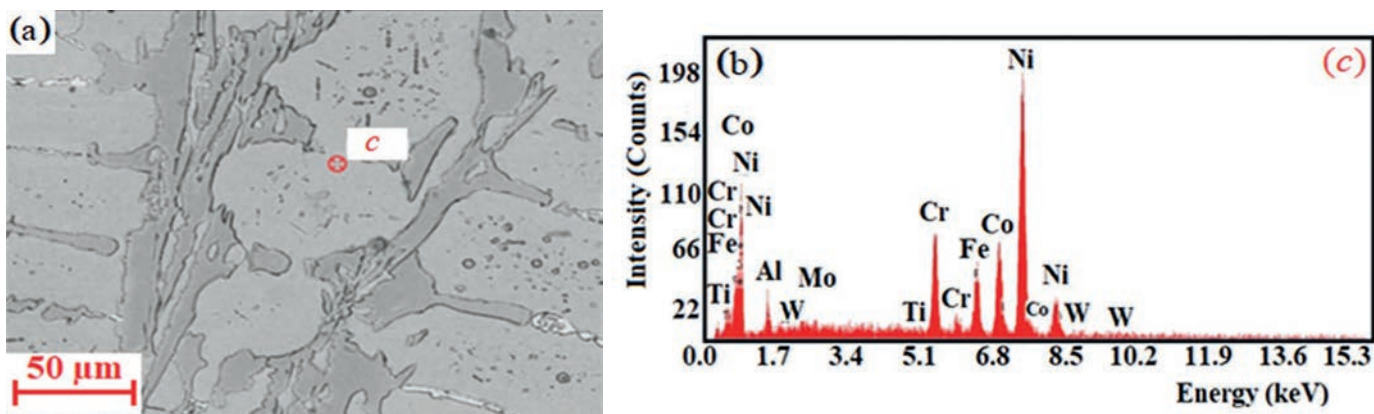


Fig. 7. Texture of the austenitic grain obtained after forging (a) and the EDS analysis results recorded on the S2 sintered sample (b)
 Rys. 7. Tekstura ziarna austenitycznego otrzymanego po kuciu (a) oraz wyniki analizy EDS zarejestrowane na próbce spiekanej S2 (b)

2.4.3. QUENCHED AND AGED STATE

The thermal treatment or consolidation process for the nickel-based composites samples, obtained through unconventional sintering, consists of the addition elements dissolution into the nickel-based matrix. This step is essential to achieve the desired properties during the subsequent thermo-mechanical and thermal treatments of the material, based on the phase transformations occurring within its structure.

The study of the quenched state was conducted on the S0 composition. Fig. 8a presents the XRD patterns of the S0 sample in the quenched state, and the quenched and aged state for 24 h (Fig. 8b). It is evident that in the quenched state of the S0 sample, the main phases formally identified are the nickel-based substitutional solid solution, wherein a majority of the elements are dissolved.

In comparison with the sintered state (Fig. 3), the peaks corresponding to intermetallics were not detected after quenching, probably due to their dimensions and dispersion within the metallic matrix. Nevertheless, despite a significant part of the compounds were dissolved in the nickel, it is practically impossible to have a full dissolution during the holding period. Therefore, the presence of intermetallics in the matrix as undissolved particles, remains plausible, due to the fact that the quenching process involves two simultaneous, opposing phenomena: (i) decomposition of intermetallic due to bond breaking and dissolution of atoms into the fcc lattice of nickel, and (ii) reduction of surface energy of intermetallic compounds, leading to the classic phenomenon of coalescence of fine intermetallic particles.

In the XRD patterns of the quenched and aged S0 sample (Fig. 8b), the peaks corresponding to nickel persist but accompanied by the emergence of new peaks of Ni_3Al . The titanium carbide (TiC) and tungsten carbide (WC) have not been formally identified. It is also important to note that Al-Co compounds, often at the origin of the embrittlement of materials, are not formed in this case.

The aluminum additions effect was investigated on S3 sample, containing 5.25% Al (Table 2). The XRD patterns of the quenched sample (Q) are presented in Fig. 9a, revealing the most intense peaks corresponding to the nickel-based solid solution and Cr_{23}C_6 carbide.

The increasing aluminum content in the composite leads to the formation of the intermetallic compound $\text{Al}_{13}\text{Co}_4$, favored by the high cobalt content and aluminum in the initial S3 composition

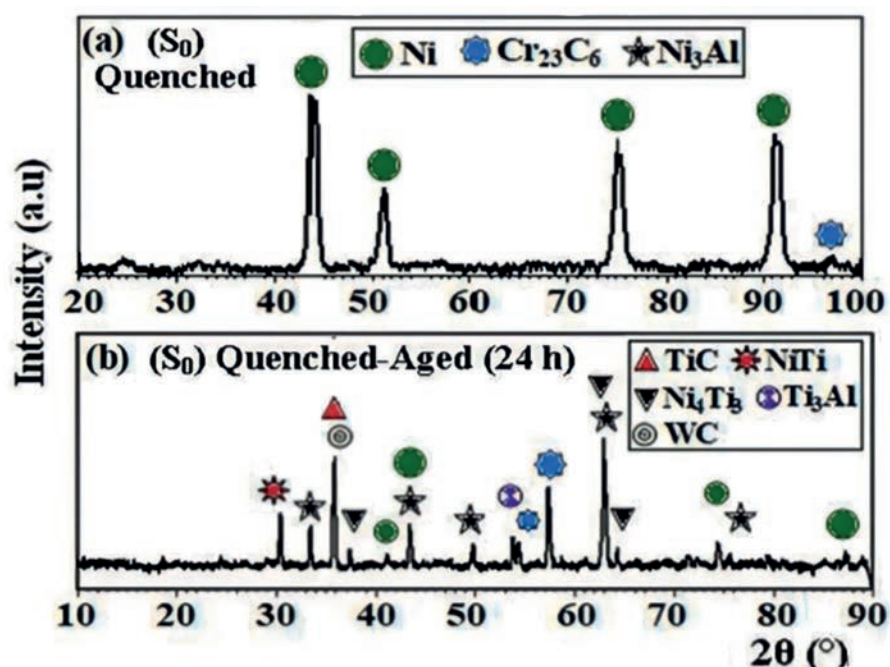


Fig. 8. XRD patterns of S0 sample in the quenched state (a) and in the quenched and aged state for 24 h (b)
 Rys. 8. Wzorce XRD próbki S0 w stanie hartowanym (a) oraz w stanie hartowanym i starzonym przez 24 h (b)

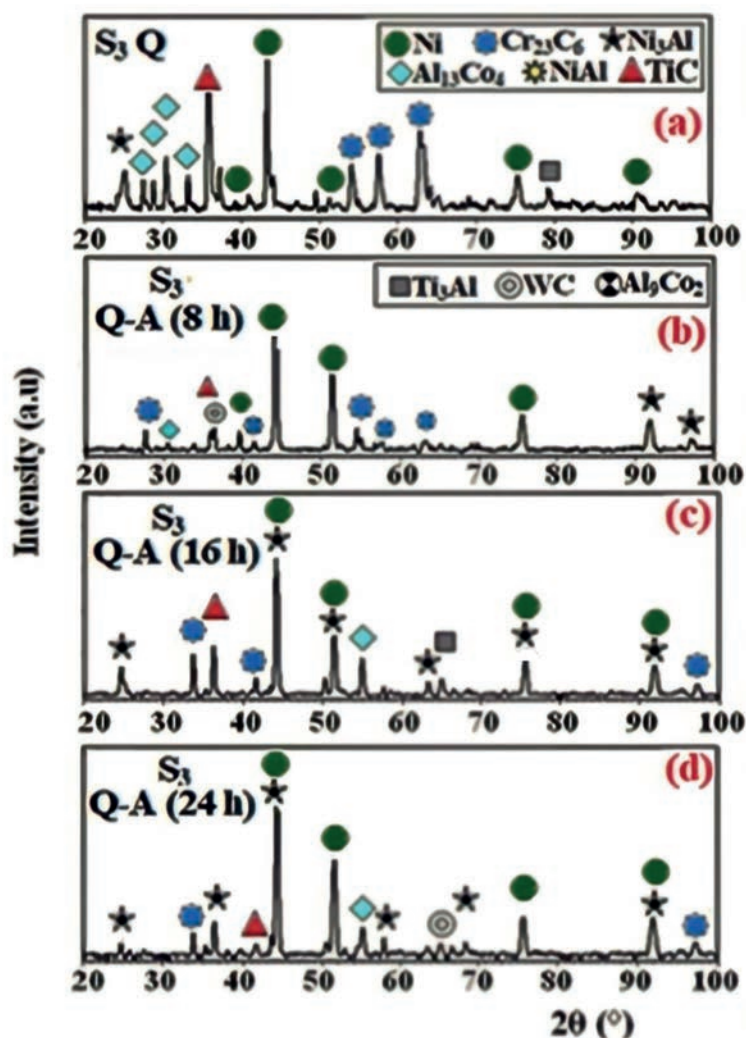


Fig. 9. XRD patterns obtained from S3 sample in the quenched state (a), in the quenched and aged state for 8 h (b), quenched and aged state for 16 h (c), and quenched and aged state for 24 h (d)
Rys. 9. Wzory XRD uzyskane z próbki S3 w stanie hartowanym (a), w stanie hartowanym i starzonym przez 8 h (b), hartowanym i starzonym przez 16 h (c) oraz w stanie hartowanym i starzonym przez 24 h (d)

(Table 2). However, other compounds, such as Ni_3Al , NiAl and titanium carbide were not formally identified. After quenching and aging at 880°C for 8 h, the peaks of the $\text{Al}_{13}\text{Co}_4$ compound almost disappear. Nevertheless, the holding time of 8 seems insufficient to initiate the precipitation process from the super-saturated solid solution (Fig. 9b). Consequently, the structure retains its predominant phases, namely the nickel-based solid solution and Cr_{23}C_6 carbide.

The XRD patterns of S3 sample enriched with aluminum (Table 2), after quenching and aging for 16 h (Fig. 9c), revealed the presence of the nickel-based solid solution, Cr_{23}C_6 carbide and the intermetallic compound Ni_3Al , phases. The intermetallic Ni_3Al is particularly desirable due to its positive impact on the composite's high-temperature strength. The harmful intermetallic compounds resulting from the aluminum-cobalt interaction were not detected. Finally, the same phases persist after quenching and aging for 24

h in the S3 sample structure: nickel, Cr_{23}C_6 carbide and the intermetallic Ni_3Al (Fig. 9d).

Fig. 10 presents the results of microstructural analyses using scanning electron microscopy (SEM) with semi-quantitative analysis on S3 sample, subjected to quenching and aging at 880°C for 16 h. In the acquired SEM micrograph, chromium carbides, distinctly observed at the grain boundaries of the austenitic matrix, appear as fragmented clusters.

Subsequently, point analyses at specific locations reveal the presence of two distinct variants of chromium carbide Cr_{23}C_6 . At location A, the chromium carbide exhibits partial dissolution of elements such as Ni, Co, Fe, Mo, W, and Ti. Conversely, at location B, a notable increase in the concentration of alloying elements in the solution is observed, particularly Mo, W, and Ti. These results firmly have established the role of substitution in the formation of the complex chromium carbide $(\text{Cr, Co, Ni, Fe, Mo, W, Ti})_{23}\text{C}_6$.

The metallic matrix nickel based, where the precipitation occurs during the aging process, has been examined using scanning electron microscopy (SEM) with semi-quantitative point analysis.

These investigations revealed the presence of chromium carbide in two distinct forms: firstly, as coarse segregations or conglomerates at grain boundaries, and secondly, as fine precipitates dispersed within the metallic matrix. SEM micrographs revealed that the precipitates exhibit either spherical or "flake-like" shapes.

However, the semi-quantitative point analysis at locations (d) and (f) (Fig. 10) confirmed the presence of complex chromium carbide Cr_{23}C_6 . These fine chromium carbide precipitates significantly contribute to the strengthening of the austenitic matrix during the material aging.

Furthermore, it is noteworthy that complex A3B-type intermetallics, such as $(\text{Ni, Co})_3(\text{Al, Ti})$, whose presence has been formally established through X-ray diffraction, were not discerned in our microscopic analysis using SEM, possibly due to their nanometer-scale dimensions.

Fig. 11 presents the curves illustrating the variations of the lattice parameter "a" of the γ phase cubic lattice, as a function of aging time for S0 samples (+2.25% Al) and S3 (+5.25% Al) obtained through unconventional sintering.

It is visible that, regardless of the starting aluminum concentration, the generated curves show a decrease in the lattice parameter with increased aging time.

However, the maximum value ($a = 3.6081 \text{ \AA}$) was recorded after quenching the S3 sample which exhibits a significant aluminum enrichment of 5.25% (Table 2). As the aging period is extended, the lattice tends to return to a more balanced state,

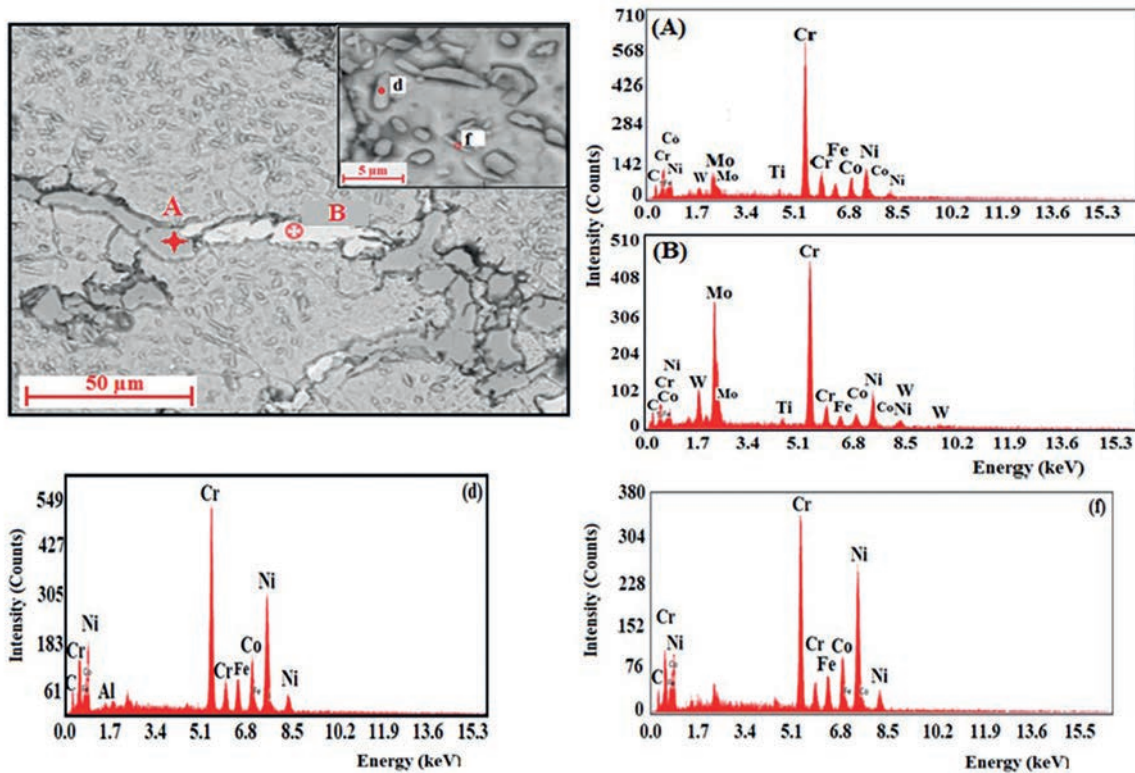


Fig. 10. Details of the metallic matrix and chromium carbide in the microstructure of S3 sample quenched and aged at 880°C during 16 h
 Rys. 10. Szczegóły osnowy metalicznej i węgla chromu w mikrostrukturze próbki S3 hartowanej i starzonej w temp. 880°C przez 16 h

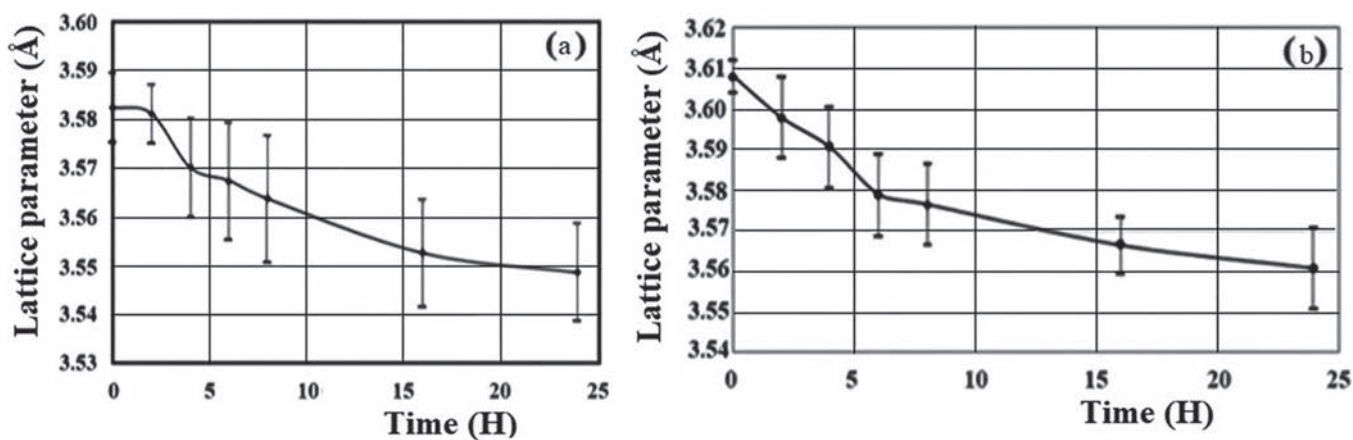


Fig. 11. Evolution of the γ phase lattice parameter as a function of aging time; S0 (a) and S3 (b) samples
 Rys. 11. Ewolucja parametru sieci fazowej γ w funkcji czasu starzenia; próbka S0 (1) i S3 (2)

characterized by the precipitation of newly formed phases and the rejection of elements previously in solution (precipitation phenomenon).

The highest lattice parameter values have been observed following the quenching of the S3 sample containing 5.25% Al. Consequently, after the quenching maintenance, the fcc lattice parameter reaches 3.6081 Å, or an increase of 2.5% relatively to the reference parameter of pure nickel's fcc lattice (3.52 Å). For

the S0 sample, which exhibits a minimal aluminum content of 2.25%, the lattice expansion reaches 1.77%.

This phenomenon suggests that the aluminum enrichment in the starting mixture leads to a proportional increase in the quantity of aluminum that dissolves in the fcc lattice of the solvent during the holding step. In the aging interval 2–24 h, the parameter exhibits a steady and continuous decrease with increasing aging duration (Fig. 11). Consequently, this lattice contraction can

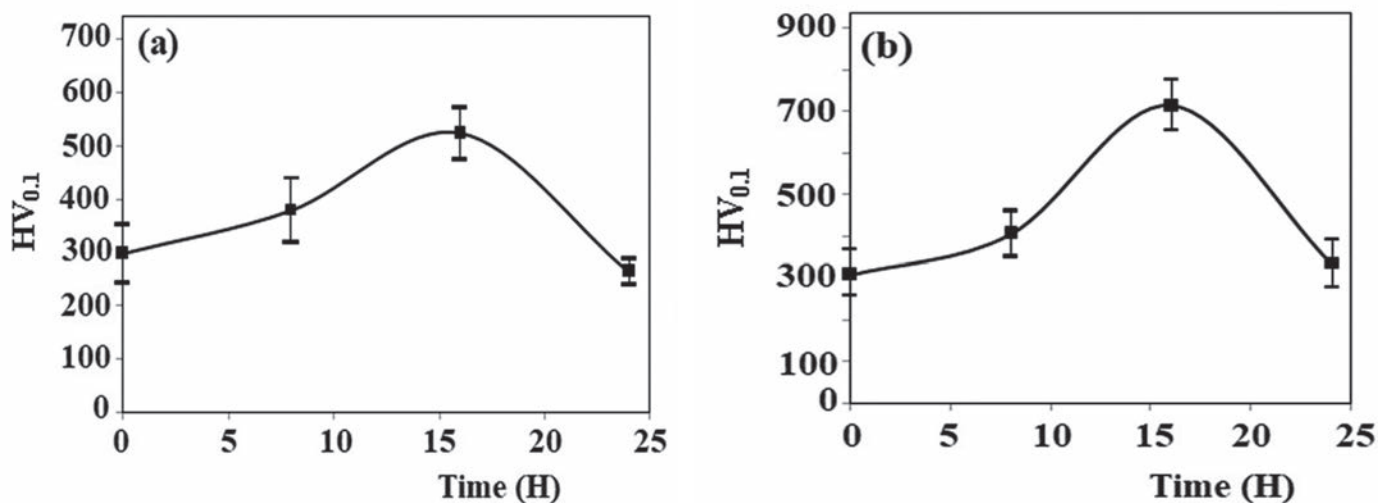


Fig. 12. Evolution of Vickers hardness as a function of aging time for S0 (a) and S3 (b) samples
 Rys. 12. Zmiany twardości Vickersa jako funkcja czasu starzenia próbek S0 (a) i S3 (b)

be attributed to the rejection of excess atoms from the metallic matrix, leading to the precipitation of new compounds. For the highly aluminum-enriched S3 sample, the dominant precipitate is the intermetallic Ni₃Al or γ' (Fig. 9).

However, considering the potential for partial substitution of Ni by Co and aluminum by titanium, this intermetallic may assume the formula (Ni, Co)₃(Al, Ti). The precipitation phenomenon is consistently accompanied by concurrent changes in mechanical properties, particularly in the hardness. Fig. 12 illustrates the Vickers hardness variations as a function of the aging time of the S0 samples with a standard 2.25% Al content and the S3 samples enriched with aluminum, ranging up to 5.25%.

At first glance, both composites demonstrate a pronounced increase in hardness following a 16 h aging process, attributed to the intermetallics precipitation, notably Ni₃Al or (Ni, Co)₃(Al, Ti), as well as carbides. Nonetheless, it is evident that the S3 composite, characterized by higher aluminum content, exhibits notably elevated hardness values.

This correlation aligns with the previously observed austenite lattice parameter. The high aluminum concentration induces a significant lattice expansion, consequently resulting in a notable volume increment of A₃B or (Ni, Co)₃(Al, Ti) precipitates, thereby contributing to a more substantial precipitation-hardening effect.

Beyond the 16 h aging duration, the coalescence phenomenon among precipitates intensifies, leading to a decline in the composite's hardness.

3. CONCLUSIONS

After the unconventional sintering, the composite with the Udimet 720 composition exhibits a complex structure based on a nickel solid solution, containing of alloying elements and the chromium carbide Cr₂₃C₆ located at the grain boundaries. A several intermetallics, such as Ni₃Al and Al₁₃Co₄, have been

found in the metallic matrix, notably in the composite with a high Al content (5.25%).

Following the forging process, the composite structure is defined by a distinct texture characterized by an austenitic grain elongation in the direction of metal flow, as well as by strong chromium carbide Cr₂₃C₆ fragmentation.

After forging, the homogenization annealing at 800°C for 1.5 h, causes no noticeable change in the shape of the material's components.

During the quenching, important modifications of the structure take place: (i) concerning the composite with a standard content of aluminum (2.25%), the isothermal maintenance at 1080°C leads to the dissolution of almost all of the compounds, revealed after the sintering; after quenching, the structure consists of the solid solution nickel based (γ); (ii) however, the incorporation of 5.25% Al in the composite composition induces a significant expansion of the lattice parameter fcc of nickel, due to its saturation in aluminum; after quenching Al₁₃Co₄ compound persist in the structure.

The aging impact at 880°C is observable after 8 h. Ni₃Al (γ') precipitation becomes predominant after 16 h. The structure is essentially consisting of the nickel-based matrix (γ), Cr₂₃C₆ carbide at the grain boundaries and Ni₃Al precipitates.

A maximum hardening of the metallic matrix (700 HV_{0.1}) is recorded on the composite enriched in Al (5.25%) and aged during 16 h. This hardness is due to the formation of Ni₃Al nanometric and Cr₂₃C₆ micrometric precipitates. The coalescence phenomenon of these precipitates begins after an isothermal maintenance of 16 h.

SEM metallographic investigations and semi-quantitative analyses (EDS) revealed that the substitution effect is responsible for the formation of various complex compounds in the composite: (i) chromium carbide has been identified in two forms, unalloyed (Cr₂₃C₆) and alloyed (Ni, Co, Cr, Ni, Co)₂₃C₆; (ii) the intermetallic Ni₃Al (γ') actually appears in the form of (Ni, Co)₃(Al, Ti).

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest concerning this research, whether financial, personal, authorship or otherwise, that could affect the study and its results presented in this paper.

REFERENCES

- [1] Reed R.C.: The superalloys: fundamentals and applications. Cambridge University Press (2008).
- [2] Jia C.L., Ge C.C., Yan Q.Z.: Microstructure evolution and mechanical properties of disk superalloy under multiplex heat treatment. *Mater. Sci. Eng.: A* 659 (2016) 287–294, doi: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2016.02.038>.
- [3] Wan Z., Hu L., Sun Y., Wang T., Li Z., Zhang Y.: Effect of solution treatment on microstructure and tensile properties of a U720LI Ni-based superalloy. *Vacuum* 156 (2018) 248–255, doi: <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2018.07.041>.
- [4] Ceena J., Persson Ch., Colliander. M.H.: Influence of heat treatment on the microstructure and tensile properties of Ni-base superalloy Haynes 282. *Mater. Sci. Eng.: A* (679) (2017) 520–530, doi: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2016.10.048>.
- [5] Torster F., Baumeister G., Albrecht J., Lütjering G., Helm D., Daeubler M.A.: Influence of grain size and heat treatment on the microstructure and mechanical properties of the nickel-base superalloy U 720 LI. *Mater. Sci. Eng.: A* (234–236) (1997) 189–192, doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-5093\(97\)00161-5](https://doi.org/10.1016/S0921-5093(97)00161-5).
- [6] Calliari I., Magrini M., Dabala M.: Microstructural evolution of Udimet 720 superalloy. *J. Mater. Eng. Perform.* 8 (1999) 111–115, doi: [10.1361/105994999770347250](https://doi.org/10.1361/105994999770347250).
- [7] Sani S.A., Arabi H., Kheirandish S., Ebrahimi G.: Investigation on the homogenization treatment and element segregation on the microstructure of a γ/γ' -cobalt-based superalloy. *Int. J. Min. Met. Mater.* 26 (2019) 222–233, doi: <https://doi.org/10.1007/s12613-019-1727-7>.
- [8] Kumar S.S., Raghu T., Bhattacharjee P.P., Rao G.A., Borah U.: Strain rate dependent microstructural evolution during hot deformation of a hot isostatically processed nickel base superalloy. *J. Alloys Compd.* (681) (2016) 28–42, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2016.04.185>.
- [9] Wang W.Z., Hong H.U., Kim I.S., Choi B.G., Jeong H.W., Kim M.Y., Jo C.Y.: Influence of γ' and grain boundary carbide on tensile fracture behaviors of Nimonic 263. *Mater. Sci. Eng.: A* 1–2 (523) (2009) 242–245, doi: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2009.06.011>.
- [10] Huang G., Liu G.Q., Feng M., Zhang M., Hu B., Wang H.: The effect of cooling rates from temperatures above the γ' solvus on the microstructure of a new nickel-based powder metallurgy superalloy. *J. Alloys Compd.* (747) (2018) 1062–1072, doi: [10.1016/j.jallcom.2018.03.072](https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.03.072).
- [11] Milenkovic S., Sabirov I., Llorca J.: Effect of the cooling rate on microstructure and hardness of MAR-M247 Ni-based superalloy. *Mater. Lett.* (73) (2012) 216–219, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2012.01.028>.
- [12] Na Y.S., Park N.K., Reed R.C.: Sigma morphology and precipitation mechanism in Udimet 720Li. *Scr. Mater.* 7 (43) (2000) 585–590, doi: [10.1016/S1359-6462\(00\)00441-3](https://doi.org/10.1016/S1359-6462(00)00441-3).
- [13] Telesman J., Gabb T.P., Kantzos P.T., Bonacuse P.J., Barrie R.L., Kantzos C.A.: Effect of a large population of seeded alumina inclusions on crack initiation and small crack fatigue crack growth in Udimet 720 nickel-base disk superalloy. *Int. J. Fatigue* (142) (2021) 105953, doi: [10.1016/j.ijfatigue.2020.105953](https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2020.105953).
- [14] Pang H.T., Reed P.A.S.: Effects of microstructure on room temperature fatigue crack initiation and short crack propagation in Udimet 720Li Ni-base superalloy. *Int. J. Fatigue* 10–11 (30) (2008) 2009–2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2008.01.001>.
- [15] Moore I.J., Taylor J.I., Tracy M.W., Burke M.G., Palmiere E.J.: Grain coarsening behaviour of solution annealed Alloy 625 between 600–800 C. *Mat. Sci. Eng.: A* 682 (2017) 402–409, doi: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2016.11.060>.
- [16] Charpagne M.-A., Franchet J.-M., Bozzolo N.: Overgrown grains appearing during sub-solvus heat treatment in a polycrystalline γ - γ' Nickel-based superalloy. *Mat. Design* 144 (2018) 353–360, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2018.02.048>.
- [17] Brandes E.A., Brook G.B.: *Smithells metals reference book*. 7th Edition. Butterworth-Heinemann (1998) 220.
- [18] Pierson H.O.: *Handbook of refractory carbides & nitrides: properties, characteristics, processing and applications*. William Andrew (1996) 71.



PORTAL INFORMACJI TECHNICZNEJ

największa baza publikacji on-line

www.sigma-not.pl

Advancements in targeted cancer therapy. Role of nanotechnology in enhancing drug delivery systems

Postępy w ukierunkowanej terapii przeciwnowotworowej. Rola nanotechnologii w ulepszaniu systemów dostarczania leków

JOANNA SZECHYŃSKA^{1,*}
MICHALINA RAK^{1,2}
RAFAŁ SZOSTECKI^{1,3}

ORCID: 0009-0009-0107-6529

¹Jerzy Haber Institute of Catalysis and Surface Chemistry,
Polish Academy of Sciences, Cracow, 8 Niezapominajek, 30-239 Krakow, Poland;

²Department of Materials Science, Faculty of Materials Engineering and Physics,
Cracow University of Technology, 37 Jana Pawła II Av., 31-864 Krakow, Poland;

³AGH University of Krakow, Faculty of Electrical Engineering, Automatics, Computer Science and Biomedical Engineering,
Department of Biocybernetics and Biomedical Engineering al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Krakow, Poland

*e-mail: joanna.szechynska@ikifp.edu.pl

Cancer, characterized by abnormal cell proliferation, continues to pose a significant challenge for researchers. Current methodologies do not ensure complete remission, frequently resulting in toxicity and suboptimal outcomes. Drug delivery systems (DDS) present a promising avenue for targeted therapy, with the goal of enhancing efficacy while minimizing side effects. Nanotechnology, especially through the utilization of nanoparticle-based drugs, is emerging as a pivotal strategy in oncology, enabling precise delivery of drugs to tumour sites. This review examines the landscape of contemporary anticancer drug delivery systems, emphasizing the crucial role of nanocarriers in enhancing therapeutic efficacy.

Keywords: cancer, drug delivery systems (DDS), nanoparticle-based drugs, nanocarriers, oncology, LbL, liposome, phospholipids

Rak, charakteryzujący się nieprawidłową proliferacją komórek, w dalszym ciągu stanowi istotne wyzwanie dla badaczy. Obecne metodologie nie zapewniają całkowitej remisji, co często skutkuje toksycznością i suboptymalnymi wynikami leczenia. Systemy dostarczania leków (DDS) stanowią obiecującą drogę terapii celowanej, której celem jest zwiększenie skuteczności przy jednoczesnej minimalizacji skutków ubocznych. Nanotechnologia, zwłaszcza poprzez wykorzystanie leków na bazie nanocząstek, staje się kluczową strategią w onkologii, umożliwiającą precyzyjne dostarczanie leków do miejsc guza. W tym przeglądzie zbadano krajobraz współczesnych systemów dostarczania leków przeciwnowotworowych, podkreślając kluczową rolę nanonośników w zwiększaniu skuteczności terapeutycznej.

Słowa kluczowe: nowotwory, systemy dostarczania leków (DDS), leki na bazie nanocząstek, nanonośniki, onkologia, LbL, liposomy, fosfolipidy

1. INTRODUCTION

Cancer represents a heterogeneous spectrum of diseases characterized by dysregulated and uncontrolled cellular proliferation [1–5]. The pathogenesis of this multifaceted ailment is intricately intertwined with somatic mutations perturbing key pathways involved in DNA repair mechanisms and the regulatory functions of proto-oncogenes. These genetic aberrations precipitate aberrant cellular behaviours, ultimately culminating in the formation of neoplastic growths, which may manifest as either benign or malignant tumours [6, 7]. The diverse manifestations of cancer are underscored by its myriad forms, delineated by varying anatomical origins, distinct growth kinetics, and differing degrees of aggressiveness. Despite notable advancements in therapeutic modalities such as chemotherapy, surgical resection, and radiotherapy, the quest for a definitive solution in the

combat against cancer remains elusive. The efficacy of current treatments is hampered by inherent limitations in precision drug delivery, prompting researchers to redirect significant efforts toward the development of targeted therapeutic strategies capable of halting and eradicating aberrant cell proliferation [4, 8–10]. Conventional chemotherapeutic agents, while effective to some extent, exert indiscriminate cytotoxic effects on both malignant and healthy tissues, culminating in suboptimal therapeutic responses and adverse systemic sequelae such as alopecia and tiredness. Accordingly, contemporary investigations have shifted focus towards harnessing the potential of nanotechnology, specifically through the exploitation of drug-loaded nanoparticles. This burgeoning field holds promise for achieving precise diagnosis and treatment of debilitating diseases. Novel carrier systems, tailored to encapsulate and deliver both established and innovative therapeutic agents, are undergoing rigorous scrutiny, with the

overarching aim of enhancing therapeutic efficacy by selectively targeting molecular aberrations inherent to cancer cells [11–13]. The purpose of this review is to present and discuss novel anti-cancer drug delivery systems.

2. DRUG DELIVERY SYSTEMS

Drug delivery (DDS) is the method or process of administering a pharmaceutical compound to produce a therapeutic effect in humans or animals [14]. The term encompasses various types of carrier-drug conjugates, carrier-protein conjugates, liposomes, micelles, polyplexes, as well as hybrid carriers, which are designed to increase drug delivery efficiency, selectivity of action and improve pharmacological properties [15]. DDS has now become a multidisciplinary science encompassing biopharmaceutics and pharmacokinetics [14]. Most of the currently used drugs are low molecular weight compounds. Their disadvantages include rapid metabolism and excretion from the body unfavorable distribution and low selectivity of action.

Once administered, a drug goes through several key processes in the body that affect its action. Once absorbed by the body, it can bind to proteins in the blood, but only the part of the drug that remains unbound is responsible for the desired therapeutic effect. The drug is then distributed to various tissues and body fluids, which is called distribution. This process is dynamic and the concentration of the drug in the blood may reflect its presence in other tissues. After a period of time, drugs may return to the blood and be excreted from the body unchanged via the kidneys or saliva, or they may be metabolized in the liver. Metabolites are removed along with the drug unchanged and other products of metabolism [14, 16].

The steps described above relate to so-called classical drug administration, in which the administered pharmaceutical sub-

stance is evenly distributed in the human body. Such distribution is responsible for the greatest weakness of the currently used so-called classical drug preparations, namely spatio-temporal non-selectivity. It is responsible for most of the so-called side effects resulting from the action of a pharmaceutical substance on the entire body, including its healthy parts. In addition, the rapid metabolism and rapid elimination of classically administered pharmaceuticals from the body should also be mentioned.

Drug delivery systems (DDS) are the answer to these problems. These assume the use of a carrier to selectively deliver and release a pharmaceutical substance at a precise site of therapeutic action. With this approach, drugs encapsulated in carriers will achieve the ability to perform complex operations at the right place and time in the patient's body eliminating the greatest weakness of the classical approach. In addition, the role of the carrier is also: to protect the active substance from the organism environment and defense mechanisms (especially important for substances with low stability), and to protect the organism from the active substance (especially important for highly toxic substances, e.g. anticancer drugs).

The field of controlled delivery of pharmaceutical substances has become one of the key areas of research in pharmaceuticals and medicine [14] and controlled delivery systems are designed to release the drug directly in the desired zone and at the required time [17]. Nanometric carrier sizes facilitate this approach because nanoparticle objects can penetrate cell membranes or biological barriers more efficiently than microparticles [18]. Due to the wide variety of their properties, nanoparticles are of great interest as multifunctional nanocarriers in DDS. Nanocarriers show great potential in overcoming the limitations of other 'solo' drugs and overcoming biological barriers to achieve targeted delivery even to organelles located in the subcellular region [17]. The most commonly studied nanocarriers are (i) micelles, (ii) liposomes, (iii) carrier-drug conjugates involve attaching a drug molecule to a carrier molecule, (iv) carrier-protein conjugates, similar to carrier-drug conjugates, (v) dendrimers, and (vi) inorganic and polymeric nanoparticles (Fig. 1) [15, 19].

Micelles are self-assembled structures composed of amphiphilic molecules, typically surfactants or block copolymers, in an aqueous solution [20]. In micelles, hydrophobic portions of the molecules aggregate in the core, while hydrophilic portions face outward, forming the shell. Micelles can encapsulate hydrophobic drugs within their core, making them suitable carriers for delivering poorly water-soluble drugs [21].

Liposomes are spherical vesicles composed of lipid bilayers surrounding an aqueous core. They can be composed of natural or synthetic phospholipids and cholesterol. Liposomes are versatile drug carriers capable of encapsulating both hydrophilic and hydrophobic drugs within their aqueous core or lipid bilayers, respectively. Their biocompatibility and ability to target specific tissues make them valuable in drug delivery.

Carrier-drug conjugates involve attaching a drug molecule to a carrier molecule, such as a polymer or protein. This conjugation alters the pharmacokinetic properties of the drug, enhancing its

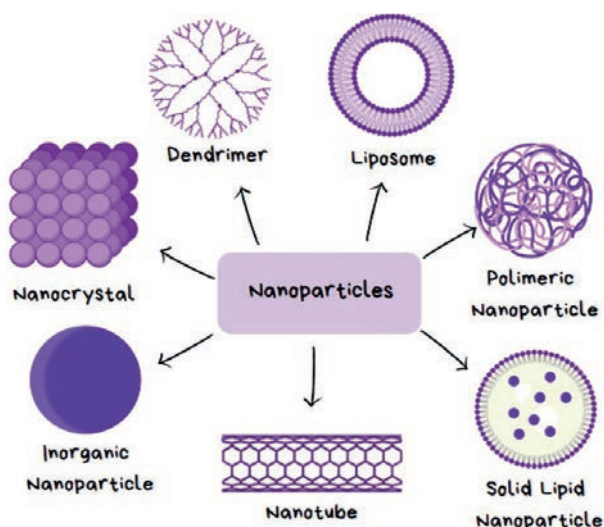


Fig. 1. Division of nanoparticles (image created with BioRender.com)
Rys. 1. Podział nanocząstek (obraz utworzono za pomocą BioRender.com)

stability, solubility, and targeting capabilities [15]. Examples include antibody-drug conjugates (ADCs), where a cytotoxic drug is linked to a monoclonal antibody for targeted delivery to cancer cells [22, 23].

Carrier-protein conjugates, similar to carrier-drug conjugates, involve attaching a protein, such as albumin or transferrin, to a drug molecule. This conjugation can improve drug solubility, extend circulation time, and enhance targeting to specific tissues or cells expressing corresponding receptors [15].

Dendrimers are highly branched, tree-like macromolecules with well-defined structures. They can be synthesized with precise control over size, shape, and surface chemistry [24]. Dendrimers have a high surface-to-volume ratio, allowing for efficient drug loading on their surface or within their interior void spaces. Their tunable properties make them promising candidates for targeted drug delivery and imaging applications [24, 25].

Inorganic nanoparticles, such as metallic (e.g., gold, silver) or ceramic nanoparticles, and polymeric nanoparticles, are solid particles with diameters typically ranging 1–100 nanometers [26, 27]. They offer unique properties, including high surface area, tunable surface chemistry, and controlled drug release kinetics. These nanoparticles can be functionalized with targeting ligands to enhance specificity for particular tissues or cells [28].

In cancer therapy, developments in nanotechnology are opening up new opportunities to improve treatment efficacy. Drug nanocarriers are innovative structures that enable the precise delivery of drugs to cancer cells, while minimizing side effects on healthy tissues [29]. The fundamental aim of using drug na-

nocarriers in cancer therapy is to increase drug accumulation in tumor tissue, which can be achieved by altering the distribution of the drug in the body. The use of nanocarriers allows to increase the selectivity of the therapy, minimizing toxicity to healthy tissues [30].

There are two main approaches to drug delivery via nanocarriers: active and passive [31]. In the active approach, nanocarriers can be functionalised with specific ligands such as antibodies, sugars or peptides that can selectively bind to receptors or antigens present on cancer cells [31]. Examples include antibody-drug conjugates, which can potentially provide a more targeted drug action [15, 16].

3. DRUG DELIVERY IN ANTICANCER THERAPIES

Integrating nanotechnology into medicine, particularly within oncology, has catalysed the emergence of a novel discipline known as nano-oncology. Drug-loaded nanoparticles present a promising strategy for achieving precise targeting in therapeutic delivery, thereby minimizing collateral damage to healthy cellular constituents [32, 33]. An inherent advantage of this approach lies in the ability to engineer nanoparticles to encapsulate a diverse array of chemotherapeutic or diagnostic agents, providing a level of versatility unmatched by conventional drug delivery systems.

One of the key aspects of drug nanocarriers in cancer therapy is the enhanced vascular permeability and retention (EPR) phenomenon (Fig. 2), which involves the increased permeability of blood vessels within the tumor and the retention of drug molecules in

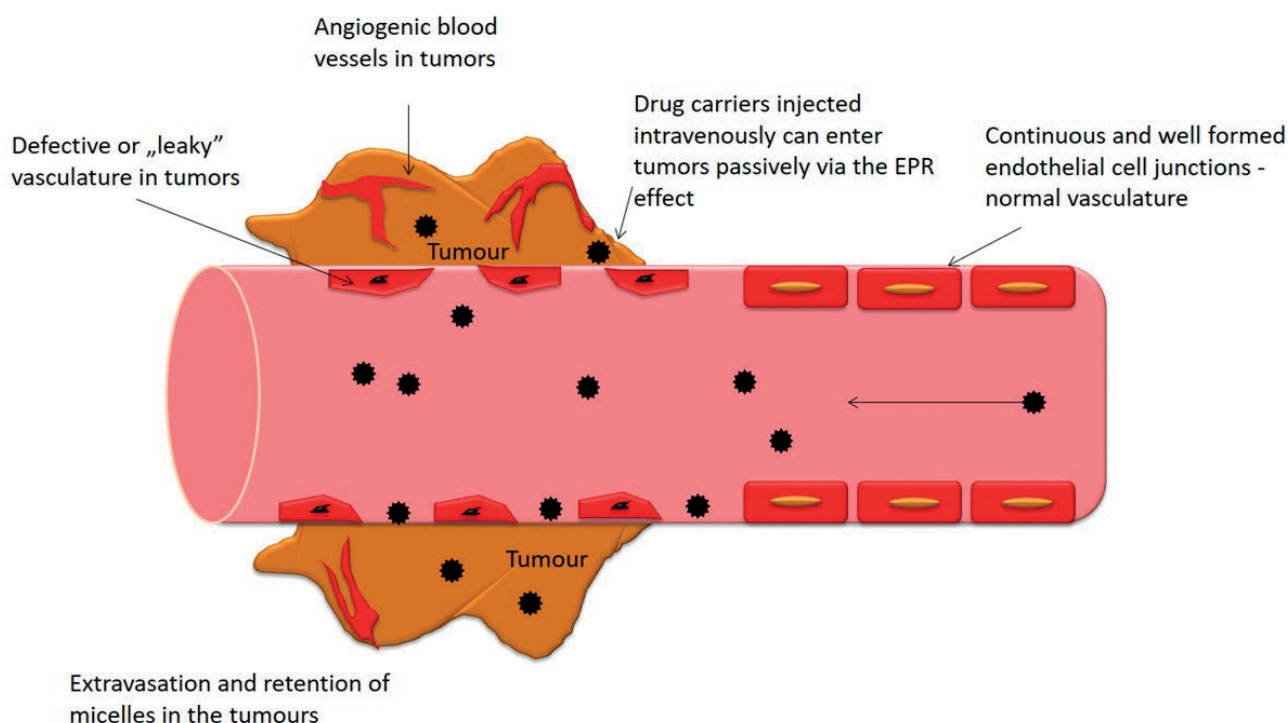


Fig. 2. Enhanced permeability and retention effect
Rys. 2. Zwiększona przepuszczalność i efekt retencji

the tumor tissue [34]. It is the use of EPR that underpins the action of nanocarriers in cancer therapy, enabling concentrated delivery of drug to tumor areas [15, 35, 36].

The successful implementation of such approaches can also depend on the utilization of biocompatible materials capable of undergoing conformational changes in response to specific stimuli, thereby enabling the controlled release of the encapsulated drug payload at predetermined target sites. The drug nanocarriers can be designed to release the drug preferentially in an environment specific to tumor tissue, such as a reduced pH [15, 17]. Exploiting such properties of the tumor microenvironment can increase the efficacy of therapy while minimising side effects [17, 37]. Drug nanocarriers can be modified to allow controlled release of the drug, which can be crucial for maintaining an adequate drug concentration in the tumor tissue over an extended period of time [34, 36].

As a result, drug nanocarriers represent a promising strategy in anticancer therapy, enabling concentrated, selective and controlled delivery of drugs to cancer cells, which may improve treatment outcomes and reduce side effects [19, 29].

4. CONTROLLED DRUG RELEASE

Among the most promising drug delivery vehicles exhibiting multifunctional capabilities are multilayered polyelectrolyte nanocapsules (PEMs). These nanocapsules are synthesized using the Layer-by-Layer (LbL) [32, 38–40] technique, pioneered by Decher and colleagues in the early 1990s. Initially developed for fabricating thin films through the sequential adsorption of polycations and polyanions onto solid substrates, the LbL method was later adapted for constructing three-dimensional encapsulation structures [41]. Nanocapsules fabricated via the LbL approach are assembled through the stepwise deposition of oppositely charged materials onto a stable core. The manufacturing process of such nanocarriers can be delineated into several key stages: (i) preparation of a stable core substrate onto which successive layers can be deposited; suitable core materials include polymer nanoparticles, and silica, among others; (ii) deposition of successive layers by immersing the core substrate in a solution containing particles possessing opposite electrical charges; this process facilitates the sequential build-up of multilayered structures; (iii) post-deposition modifications, that can be implemented to modulate the properties of the nanocapsule, including stability, solubility of multilayers, and the release kinetics of encapsulated therapeutic agents [32, 42, 43].

With nearly three decades elapsed since the inception of these foundational discoveries, a myriad of tailored components has been developed to fulfill diverse application requirements. Precision targeting facilitated by such nanocarriers holds promise for augmenting therapeutic efficacy while mitigating adverse effects. Nonetheless, a prominent challenge in the utilization of nanoparticle-based drugs in nanocapsular form resides in their recognition and clearance by cells of the reticuloendothelial system (RES). To circumvent this phenomenon, surface modification

of nanoparticles with polyethylene glycol (PEG) confers enhanced biocompatibility and evasion of RES-mediated uptake [11, 42–44].

The prevailing mechanism with which nanocapsules traverse cellular barriers, involves endocytosis, whereby substances are internalized into cells via vesicular uptake, ultimately shuttling their cargo to various intracellular compartments. Endocytic processes may be mediated by clathrin-coated pits on the cell membrane or receptor-mediated mechanisms targeting specific ligands for internalization. Upon intracellular uptake, encapsulated drugs are released into subcellular compartments following degradation of the encapsulating vesicle or liposome via lysosomal enzymes within the endolysosomal pathway [45, 46].

5. PHOSPHOLIPID-CORE LBL COATED NANOCAPSULES

Among the formulated drug delivery systems very promising seem to be the LbL coated liposomes [47–49]. These nanocapsules contain a core made of phospholipid bilayer vesicles functionalized by the multilayer polyelectrolyte shell.

5.1. PHOSPHOLIPIDS

The phospholipids are small molecules consisting of two hydrophobic fatty acid chains, forming the tail, attached to the glycerol and a hydrophilic phosphate group as a head of the molecule [50–52]. Such an amphiphilic nature is responsible for the form of its natural occurrence, which is the lipid bilayer. The phospholipids are one of the main components of the crucial structures in living organisms – a biological membrane. In human cells this term covers the membrane surrounding the cytoplasm as well as outer membranes of many cell organelles. As the environment inside and outside of the cell is aqueous, the phospholipids' heads need to face the interface with the surroundings, so for it to be possible, two molecules join together tail to tail. Although the membranes also consist of the proteins and sugars, the total fraction of lipids in the mass is around 50% and more than half of it are phospholipids [50, 51]. The biological membranes are so essential because they are responsible for a few important functions. They provide structural organisation, control the selective transport and communication between the outside and the inside of the cell or organelle. In more or less direct manner it is the phospholipids that realise these functions, together with keeping negative charge of the membranes [50, 52, 53]. The most common, naturally occurring in the human biological membranes, phospholipids are phosphatidylcholine (PC), phosphatidylethanolamine (PE) and phosphatidylserine (PS) [51, 53, 54].

5.2. LIPOSOMES

Liposomes are synthetically manufactured spherical vesicles. They are formed by self-assembly in the appropriate conditions. The research on liposomes has been carried on for over 50 years and nowadays they are already utilised in cosmetics, food indu-

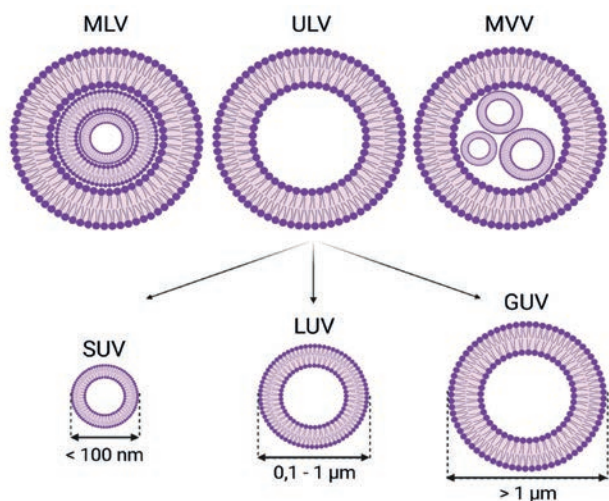


Fig. 3. Types of liposomes: MLV – multilamellar vesicle, ULV – unilamellar vesicle, MVV – multivesicular vesicle, SUV – small unilamellar vesicle, LUV – large unilamellar vesicle, GUV – giant unilamellar vesicle (image created with BioRender.com)

Rys. 3. Rodzaje liposomów: MLV – pęcherzyk wielolamelarny, ULV – pęcherzyk jednolamelarny, MVV – pęcherzyk wielopęcherzykowy, SUV – mały pęcherzyk jednolamelarny, LUV – duży pęcherzyk jednolamelarny, GUV – pęcherzyk jednolamelarny olbrzymi (obraz utworzono za pomocą BioRender.com)

stry and therapeutic applications due to their biocompatibility, flexibility, ability to load both hydrophilic and hydrophobic molecules [55, 56]. Their sizes can be adjusted, which is a highly desirable property for drug carriers, especially for anticancer drugs [49, 57]. This is because tumours demonstrate an EPR effect. This means that the vascular walls within the cancer are leaky and taking into consideration liver and spleen clearance it is desired to be able to administer nanoparticles of 50–300 nm diameter [58–60]. Except for the size adjustment, it is possible to prepare unilamellar vesicles (ULV), multilamellar vesicles (MLV) or multivesicular vesicles (MVV) (Fig. 3). As encapsulation of the hydrophobic molecules in the liposomes can only be performed between the layers of the bilayer, this way the maximum encapsulation efficiency can be adjusted [49, 57].

5.3. LBL COATING

For abovementioned reasons, the phospholipid-core LbL nanocapsules are good candidate for a novel anticancer drug carrier utilizing both the LbL coatings and liposome's strengths. LbL nanocapsules have been manufactured with various cores, of solid lipid nanoparticles, as micelles of different surfactants, e.g. AOT (docusate sodium) or DDAB (didodecyldimethylammonium bromide), but also liposomes, as mentioned before [61–64]. The biggest strength of the liposomes is their biocompatibility, which can be even higher, when the used phospholipids are natural, but they are often assembled of the synthetic phospholipids [56]. Sometimes the liposomes can exhibit increased cellular uptake, when except for the common internalisation mechanisms – endocytosis, micropinocytosis and phagocytosis – a membrane fusion occurs. This process is rare and of low efficiency, but can

slightly build up the overall uptake [65]. The major problems with the liposomes are low bioavailability, short circulation time leading to low therapeutic outcome and the lack stability to temperature changes and the aggressive environments, which for example limits the possibility of oral administration [58, 66]. This is where the LbL coating saves the day. It enables the drug circulation time prolongation providing higher bioavailability and efficiency of the drug delivery system, lower systemic toxicity, protection against adverse conditions and better tumour targeting [67].

5.4. LIPOSOMES PREPARATION AND MODIFICATION

There are a few methods for liposomes preparation [57, 68–74]: (i) thin film hydration (the Bangham method) – the lipids are dissolved with in an organic solvent; to obtain the liposomes the solvent is evaporated and the thin lipid film on the walls of the glassware is dispersed in the water while stirring; (ii) reverse-phase evaporation – the oil phase composed of the lipids dissolved in an organic solvent is mixed with a water phase, followed by the solvent evaporation; (iii) organic solvent injection – the lipids solution in an organic solvent is injected into high-speed stirring water phase. The subsequent organic solvent evaporation leads to liposomes formation; (iv) microfluidic-based methods – utilize injecting solutions of lipids in organic solvents into an aqueous phase at different flow rates and high-speed mixing in order to enable liposomes self-assembly; (v) other, less common, such as electroformation, freeze-drying of double emulsions and freeze-drying of oil-in-water or water-in-oil emulsions, detergent-depletion method, heating method.

For a better size, formulation, and encapsulation efficiency control various modification technics are used [57, 69, 70, 75]. Sonication can reduce size and change the MLV to ULV with the application of ultrasounds. Extrusion can reduce size via pressing the liposome suspension through the pores of membranes. High-pressure homogenisation can reduce size and the high-pressure homogenizer output liposomes are usually SUV (small unilamellar vesicles). Freeze-thaw increases encapsulation efficiency. Dehydration-rehydration technique performs fusion of the liposomes.

6. SUMMARY

Cancer, with its diverse manifestations, remains a formidable challenge in medicine, necessitating innovative therapeutic approaches. Conventional treatments like chemotherapy often lack specificity, causing collateral damage to healthy tissues. In response, drug delivery systems (DDS) have emerged as a promising strategy to enhance treatment efficacy while minimizing side effects. Nanotechnology, particularly the use of nanocarriers, offers unprecedented opportunities for targeted drug delivery in cancer therapy. These nanocarriers can be engineered to encapsulate a wide range of therapeutic agents, providing versatility unmatched by traditional delivery systems.

Two main approaches to drug delivery via nanocarriers exist: active and passive targeting. Active targeting involves functiona-

lizing nanocarriers with ligands that selectively bind to receptors or antigens on cancer cells, allowing for precise drug delivery. Passive targeting exploits the EPR effect observed in tumours, facilitating the accumulation of nanocarriers in tumour tissues. Controlled drug release mechanisms further enhance the therapeutic potential of nanocarriers. By leveraging the unique characteristics of the tumour microenvironment, such as reduced pH, nanocarriers can release drugs preferentially at tumour sites, maximizing efficacy while minimizing systemic toxicity. Among nanocarriers, phospholipid-core Layer-by-Layer coated nanocapsules offer exceptional versatility and biocompatibility. Liposomes, a type of phospholipid-core nanocarrier, are particularly noteworthy for their ability to encapsulate both hydrophilic and hydrophobic drugs. Various preparation and modification techniques can be employed to tailor liposomes for optimal drug delivery efficiency.

In summary, nanocarriers represent a promising frontier in cancer therapy, offering precise, targeted, and controlled delivery of therapeutic agents to tumour tissues. By overcoming the limitations of conventional drug delivery methods, nanocarriers have the potential to revolutionize cancer treatment and improve patient outcomes.

ACKNOWLEDGMENTS

The research work was carried out within the SMART-MAT Functional Materials Science Club (BioMat section) at the Faculty of Materials Engineering and Physics of the Cracow University of Technology.

REFERENCES

- [1] Diori Karidio I., Sanlier S.H.: Reviewing cancer's biology: an eclectic approach. *J. Egypt. Natl. Cancer Inst.* 1 (33) (2021) 32, doi: 10.1186/s43046-021-00088-y.
- [2] Hainaut P., Plymouth A.: Cancer as a metabolic disease. *Curr. Opin. Oncol.* 1 (24) (2012) 56–57, 2012, doi: 10.1097/cco.0b013e-32834e388a.
- [3] Anand P. et al.: Cancer is a preventable disease that requires major lifestyle changes. *Pharm. Res.* 9 (25) (2008) 2097–2116, doi: 10.1007/s11095-008-9661-9.
- [4] Hsu C.Y. et al.: An overview of nanoparticles in drug delivery: Properties and applications. *South Afr. J. Chem. Eng.* (46) (2023) 233–270, doi: 10.1016/j.sajce.2023.08.009.
- [5] Cho K., Wang X., Nie S., Chen Z., Shin D.M.: Therapeutic nanoparticles for drug delivery in cancer. *Clin. Cancer Res.* 5 (14) (2008) 1310–1316, doi: 10.1158/1078-0432.CCR-07-1441.
- [6] Hirschey M.D. et al.: Dysregulated metabolism contributes to oncogenesis. *Semin. Cancer Biol.* (35) (2015) S129–S150, doi: 10.1016/j.semcancer.2015.10.002.
- [7] Krump N.A., You J.: Molecular mechanisms of viral oncogenesis in humans. *Nat. Rev. Microbiol.* 11 (16) (2018) 684–698, doi: 10.1038/s41579-018-0064-6.
- [8] El-Say K.M., El-Sawy H.S.: Polymeric nanoparticles: Promising platform for drug delivery. *Int. J. Pharm.* 1–2 (528) (2017) 675–691, doi: 10.1016/j.ijpharm.2017.06.052.
- [9] Haley B., Frenkel E.: Nanoparticles for drug delivery in cancer treatment. *Urol. Oncol. Semin. Orig. Investig.* 1 (26) (2008) 57–64, doi: 10.1016/J.UROLONC.2007.03.015.
- [10] Cerqueira B.B.S., Lasham A., Shelling A.N., Al-Kassas R.: Nanoparticle therapeutics: Technologies and methods for overcoming cancer. *Eur. J. Pharm. Biopharm.* (97) (2015) 140–151, doi: 10.1016/j.ejpb.2015.10.007.
- [11] Sharma P. et al.: Emerging trends in the novel drug delivery approaches for the treatment of lung cancer. *Chem. Biol. Interact.* (309) (2019) 108720, doi: 10.1016/J.CBI.2019.06.033.
- [12] Amreddy N. et al.: Chemo-biologic combinatorial drug delivery using folate receptor-targeted dendrimer nanoparticles for lung cancer treatment. *Nanomed. Nanotechnol. Biol. Med.* 2 (14) (2018) 373–384, doi: 10.1016/J.NANO.2017.11.010.
- [13] Vanza J.D., Patel R.B., Patel M.R.: Nanocarrier centered therapeutic approaches: Recent developments with insight towards the future in the management of lung cancer. *J. Drug Deliv. Sci. Technol.* (60) (2020), doi: 10.1016/J.JDDST.2020.102070.
- [14] Ranade V.V., Cannon J.B.: *Drug delivery systems*, 3rd ed. CRC Press (2011), doi: 10.1201/b10846.
- [15] Nevozhay D., Kańska U., Budzyńska R., Boratyński J.: Współczesny stan badań nad koniugatami i innymi systemami dostarczania leków w leczeniu schorzeń nowotworowych i innych jednostek chorobowych. *Postepy Hig. Med. Dosw.* 61 (2007) 350–360.
- [16] Robinson D.H., Mauger J.W.: *Drug delivery systems*. *Am. J. Health. Syst. Pharm.* 10_suppl (48) (1991) S14–S23, doi: 10.1093/ajhp/48.10_Suppl_1.S14.
- [17] De R., Mahata M.K., Kim K.: Structure-based varieties of polymeric nanocarriers and influences of their physicochemical properties on drug delivery profiles. *Adv. Sci.* 10 (9) (2022) 2105373, doi: 10.1002/adv.202105373.
- [18] Mohan L.J., McDonald L., Daly J.S., Ramtoola Z.: Optimising PLGA-PEG nanoparticle size and distribution for enhanced drug targeting to the inflamed intestinal barrier. *Pharmaceutics* 11 (12) (2020) 1114, doi: 10.3390/pharmaceutics12111114.
- [19] Manju S., Sreenivasan K.: Functionalised nanoparticles for targeted drug delivery. In *Biointegration of medical implant materials*. Elsevier (2010) 267–297, doi: 10.1533/9781845699802.2.267.
- [20] Ghezzi M. et al.: Polymeric micelles in drug delivery: An insight of the techniques for their characterization and assessment in biorelevant conditions. *J. Controlled Release* (332) (2021) 312–336, doi: 10.1016/j.jconrel.2021.02.031.
- [21] Wang Q., Atluri K., Tiwari A.K., Babu R.J.: Exploring the application of micellar drug delivery systems in cancer nanomedicine. *Pharmaceutics* 3 (16) (2023) 433, doi: 10.3390/ph16030433.
- [22] Eras A., Castillo D., Suárez M., Vispo N.S., Albericio F., Rodriguez H.: Chemical conjugation in drug delivery systems. *Front. Chem.* (10) (2022) 889083, doi: 10.3389/fchem.2022.889083.
- [23] Du Y., Chen B.: Combination of drugs and carriers in drug delivery technology and its development. *Drug Des. Devel. Ther.* (13) (2019) 1401–1408, doi: 10.2147/DDDT.S198056.
- [24] Madaan K., Kumar S., Poonia N., Lather V., Pandita D.: Dendrimers in drug delivery and targeting: Drug-dendrimer interactions and toxicity issues. *J. Pharm. Bioallied Sci.* 3 (6) (2014) 139, doi: 10.4103/0975-7406.130965.
- [25] Mukherjee S., Mukherjee S., Abourehab M.A.S., Sahebkar A., Kesharwani P.: Exploring dendrimer-based drug delivery systems and their potential applications in cancer immunotherapy. *Eur. Polym. J.* (177) (2022) 111471, doi: 10.1016/j.eurpolymj.2022.111471.

- [26] Aguilera-Correa J.J., Esteban J., Vallet-Regí M.: Inorganic and polymeric nanoparticles for human viral and bacterial infections prevention and treatment. *Nanomaterials* 1 (11) (2021) 137, doi: 10.3390/nano11010137.
- [27] Moreno-Vega A.-I., Gómez-Quintero T., Nuñez-Anita R.-E., Acosta-Torres L.-S., Castaño V.: Polymeric and ceramic nanoparticles in biomedical applications. *J. Nanotechnol.* (2012) (2012) 1–10, doi: 10.1155/2012/936041.
- [28] Lu C.: Polymer-ceramic hybrid nanoparticles: promising strategies for controlled drug release. *Ceram.-Silik.* (2024) 42–57, doi: 10.13168/cs.2024.0004.
- [29] Karczewska A.: Polymeric and liposomal nanocarriers for controlled drug delivery. In *Biomaterials for bone regeneration*. Elsevier (2014) 351–373, doi: 10.1533/9780857098104.3.351.
- [30] Haider M., Zaki K.Z., El Hamshary M.R., Hussain Z., Orive G., Ibrahim H.O.: Polymeric nanocarriers: A promising tool for early diagnosis and efficient treatment of colorectal cancer. *J. Adv. Res.* (39) (2022) 237–255, doi: 10.1016/j.jare.2021.11.008.
- [31] Dastidar D.G., Ghosh D., Das A.: Recent developments in nanocarriers for cancer chemotherapy. *OpenNano* (8) (2022) 100080, doi: 10.1016/j.onano.2022.100080.
- [32] Del Mercato L.L. et al.: Biological applications of LbL multilayer capsules: From drug delivery to sensing. *Adv. Colloid Interface Sci.* 1 (207) (2014) 139–154, doi: 10.1016/J.CIS.2014.02.014.
- [33] Lukong K.E.: Understanding breast cancer – The long and winding road. *BBA Clin.* (7) (2017) 64–77, doi: 10.1016/J.BBACL.2017.01.001.
- [34] Abdelhamid H.N.: Characterization and modeling of drug release encapsulation materials. In *Reference module in materials science and materials engineering*. Elsevier (2023) B9780323960205001989, doi: 10.1016/B978-0-323-96020-5.00198-9.
- [35] Vieira D.B., Gamarra L.F.: Advances in the use of nanocarriers for cancer diagnosis and treatment. *Einstein São Paulo* 1 (14) (2016) 99–103, doi: 10.1590/S1679-45082016RB3475.
- [36] Bhaw-Luximon A., Goonoo N., Jhurry D.: Nanotherapeutics promises for colorectal cancer and pancreatic ductal adenocarcinoma. In *Nanobiomaterials in cancer therapy*. Elsevier (2016) 147–201, doi: 10.1016/B978-0-323-42863-7.00006-2.
- [37] Niemirowicz K., Car H.: Nanoosińniki jako nowoczesne transportery w kontrolowanym dostarczaniu leków. *Chemik* 8 (66) (2012) 868–881.
- [38] Kruk T., Chojnacka-Górka K., Kolasińska-Sojka M., Zapotoczny S.: Stimuli-responsive polyelectrolyte multilayer films and microcapsules. *Adv. Colloid Interface Sci.* (310) (2022), doi: 10.1016/j.cis.2022.102773.
- [39] Ilyas S. et al.: Weak polyelectrolyte multilayers as tunable membranes for solvent resistant nanofiltration. *J. Membr. Sci.* (514) (2016) 322–331, doi: 10.1016/j.memsci.2016.04.073.
- [40] Heuberger R., Sukhorukov G., Vörös J., Textor M., Möhwald H.: Biofunctional polyelectrolyte multilayers and microcapsules: Control of non-specific and bio-specific protein adsorption. *Adv. Funct. Mater.* 3 (15) (2005) 357–366, doi: 10.1002/ADFM.200400063.
- [41] Yurgel V., Collares T., Seixas F.: Developments in the use of nanocapsules in oncology. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 6 (46) (2013) 486–501, doi: 10.1590/1414-431X20132643.
- [42] Veerabradan N.G., Goli P.L., Stewart-Clark S.S., Lvov Y.M., Mills D.K.: Nanoencapsulation of stem cells within polyelectrolyte multilayer shells. *Macromol. Biosci.* 7 (7) (2007) 877–882, doi: 10.1002/MABI.200700061.
- [43] Zahr A.S., De Villiers M., Pishko M.V.: Encapsulation of drug nanoparticles in self-assembled macromolecular nanoshells. *Langmuir* 1 (21) (2005) 403–410, doi: 10.1021/LA0478595.
- [44] Loh K. J., Kim J., Lynch J.P., Kam N.W.S., Kotov N.A.: Multifunctional layer-by-layer carbon nanotube-polyelectrolyte thin films for strain and corrosion sensing. *Smart Mater. Struct.* 2 (16) (2007) 429–438, doi: 10.1088/0964-1726/16/2/022.
- [45] Kaźmierczak Z. et al.: Endocytosis in cellular uptake of drug delivery vectors: Molecular aspects in drug development. *Bioorg. Med. Chem.* 18 (28) (2020), doi: 10.1016/J.BMC.2020.115556.
- [46] Sahay G., Alakhova D.Y., Kabanov A.V.: Endocytosis of nanomedicines. *J. Controlled Release* 3 (145) (2010) 182–195, doi: 10.1016/J.JCONREL.2010.01.036.
- [47] Karkar B., Patir İ., Şahin S.: Development of galangin-loaded nano-sized polyelectrolyte liposome: optimization and characterization. *Polym. Bull.* 4 (81) (2024) 2847–2867, doi: 10.1007/s00289-023-04826-1.
- [48] Jain S., Kumar D., Swarnakar N.K., Thanki K.: Polyelectrolyte stabilized multilayered liposomes for oral delivery of paclitaxel. *Biomaterials* 28 (33) (2012) 6758–6768, doi: 10.1016/j.biomaterials.2012.05.026.
- [49] Lai W.-F., Wong W.-T., Rogach A.L.: Molecular design of layer-by-layer functionalized liposomes for oral drug delivery. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 39 (12) (2020) 43341–43351, doi: 10.1021/acsami.0c13504.
- [50] Cooper G.M.: *The cell: a molecular approach*, 2. ed. Washington, DC: ASM Press [u.a.] (2000).
- [51] Watson H.: *Biological membranes*. *Essays Biochem.* (59) (2015) 43–69, doi: 10.1042/bse0590043.
- [52] Stillwell W.: *An introduction to biological membranes: composition, structure and function*, 2nd ed. London: Academic press, an imprint of Elsevier (2016).
- [53] Solís-Calero C., Ortega-Castro J., Frau J., Muñoz F.: Nonenzymatic reactions above phospholipid surfaces of biological membranes: Reactivity of phospholipids and their oxidation derivatives. *Oxid. Med. Cell. Longev.* (2015) 319505, doi: 10.1155/2015/319505.
- [54] Chakrabarti A.: Phospholipid asymmetry in biological membranes: Is the role of phosphatidylethanolamine underappreciated? *J. Membr. Biol.* 2 (254) (2021) 127–132, doi: 10.1007/s00232-020-00163-w.
- [55] Othman A.K., El Kurdi R., Badran A., Mesmar J., Baydoun E., Patra D.: Liposome-based nanocapsules for the controlled release of dietary curcumin: PDDA and silica nanoparticle-coated DMPC liposomes enhance the fluorescence efficiency and anticancer activity of curcumin. *RSC Adv.* 18 (12) (2022) 11282–11292, doi: 10.1039/D2RA00071G.
- [56] De Gier J., Mandersloot J.G., Van Deenen L.L.M.: Lipid composition and permeability of liposomes. *Biochim. Biophys. Acta BBA – Biomembr.* 4 (150) (1968) 666–675, doi: 10.1016/0005-2736(68)90056-4.
- [57] Bozzuto G., Molinari A.: Liposomes as nanomedical devices. *Int. J. Nanomedicine* (2015) 975, doi: 10.2147/IJN.S68861.
- [58] Rochín-Wong S., Vélaz Rivas I.: Lipid and polymeric nanocapsules. In *Drug carriers*, Villarreal-Gómez L.J. (ed.). IntechOpen (2022), doi: 10.5772/intechopen.103906.
- [59] Sharifi M. et al.: An updated review on EPR-based solid tumor targeting nanocarriers for cancer treatment. *Cancers* 12 (14) (2022), doi: 10.3390/cancers14122868.
- [60] Kalyane D., Raval N., Maheshwari R., Tambe V., Kalia K., Tekade R.K.: Employment of enhanced permeability and retention effect (EPR): Nanoparticle-based precision tools for target-

- ting of therapeutic and diagnostic agent in cancer. Mater. Sci. Eng. C (98) (2019) 1252–1276, doi: 10.1016/j.msec.2019.01.066.
- [61] Cuomo F., Ceglie A., Piludu M., Miguel M.G., Lindman B., Lopez F.: Loading and protection of hydrophilic molecules into liposome-templated polyelectrolyte nanocapsules. Langmuir 27 (30) (2014) 7993–7999, doi: 10.1021/la501978u.
- [62] Łukasiewicz S., Szczepanowicz K.: In vitro interaction of polyelectrolyte nanocapsules with model cells. Langmuir 4 (30) (2014) 1100–1107, doi: 10.1021/la403610y.
- [63] Cuomo F., Lopez F., Miguel M.G., Lindman B.: Vesicle-templated layer-by-layer assembly for the production of nanocapsules. Langmuir 13 (26) (2010) 10555–10560, doi: 10.1021/la100584b.
- [64] Abdelmoneem M.A. et al.: Dual-targeted lactoferrin shell-oily core nanocapsules for synergistic targeted/herbal therapy of hepatocellular carcinoma. ACS Appl. Mater. Interfaces 30 (11) (2019) 26731–26744, doi: 10.1021/acsami.9b10164.
- [65] Gandek T.B., Van Der Koog L., Nagelkerke A.: A comparison of cellular uptake mechanisms, delivery efficacy, and intracellular fate between liposomes and extracellular vesicles. Adv. Healthc. Mater. 25 (12) (2023) 2300319, doi: 10.1002/adhm.202300319.
- [66] Ruano M. et al.: Fabrication of robust capsules by sequential assembly of polyelectrolytes onto charged liposomes. Langmuir 20 (37) (2021) 6189–6200, doi: 10.1021/acs.langmuir.1c00341.
- [67] Nguyen S., Alund S.J., Hiorth M., Kjørniksen A.-L., Smistad G.: Studies on pectin coating of liposomes for drug delivery. Colloids Surf. B Biointerfaces 2 (88) (2011) 664–673, doi: 10.1016/j.colsurfb.2011.07.058.
- [68] Wang T., Wang N., Wang T., Sun W., Li T.: Preparation of sub-micron liposomes exhibiting efficient entrapment of drugs by freeze-drying water-in-oil emulsions. Chem. Phys. Lipids 2 (164) (2011) 151–157, doi: 10.1016/j.chemphyslip.2010.12.005.
- [69] Maja L., Željko K., Mateja P.: Sustainable technologies for liposome preparation. J. Supercrit. Fluids (165) (2020) 104984, doi: 10.1016/j.supflu.2020.104984.
- [70] Wang S., Chen Y., Guo J., Q. Huang: Liposomes for tumor targeted therapy: A review. Int. J. Mol. Sci. 3 (24) (2023) 2643, doi: 10.3390/ijms24032643.
- [71] Boban Z., Mardešić I., Subczynski W.K., Raguz M.: Giant unilamellar vesicle electroformation: What to use, what to avoid, and how to quantify the results. Membranes 11 (11) (2021) 860, doi: 10.3390/membranes11110860.
- [72] Wang T., Wang N., Jin X., Zhang K., Li T.: A novel procedure for preparation of submicron liposomes-lyophilization of oil-in-water emulsions. J. Liposome Res. 3 (19) (2009) 231–240, doi: 10.1080/08982100902788390.
- [73] Wang T., Deng Y., Geng Y., Gao Z., Zou J., Wang Z.: Preparation of submicron unilamellar liposomes by freeze-drying double emulsions. Biochim. Biophys. Acta BBA – Biomembr. 2 (1758) (2006) 222–231, doi: 10.1016/j.bbamem.2006.01.023.
- [74] Vogelaar A., Marcotte S., Cheng J., Oluoch B., Zaro J.: Use of microfluidics to prepare lipid-based nanocarriers. Pharmaceutics 4 (15) (2023) 1053, doi: 10.3390/pharmaceutics15041053.
- [75] Lin C.-M., Li C.-S., Sheng Y.-J., Wu D.T., Tsao H.-K.: Size-dependent properties of small unilamellar vesicles formed by model lipids. Langmuir 1 (28) (2012) 689–700, doi: 10.1021/la203755v.



CERTYFIKAT

Ten certyfikat potwierdza
zakup energii pochodzącej w
100% z odnawialnych źródeł
przez

WYDAWNICTWO CZASOPISM I
KSIĄŻEK TECHNICZNYCH SIGMA-NOT
SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ

Dzięki temu WYDAWNICTWO CZASOPISM I
KSIĄŻEK TECHNICZNYCH SIGMA-NOT SPÓŁKA Z
OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ redukuje
emisję do
206248 kg CO₂ rocznie



respect.energy



WYDAWNICTWO SIGMA-NOT 



Electro-mechanical coupling analysis of L-shaped three-dimensional braided piezoelectric composites vibration energy harvester

M. Sun, M. Song, G. Wei, F. Hua

Materials 2024, **17**, nr 12, 2858, <https://doi.org/10.3390/ma17122858>

In this article, an L-shaped three-dimensional (3D) braided piezoelectric composite energy harvester (BPCEH) is established, which consists of an elastic layer composed of a 3D braided composite, flanked by upper and lower layers of piezoelectric material and two tuning mass blocks. Glass fiber and epoxy resin are used to produce a 3D braided composite. This L-shaped 3D BPCEH is mechanically designable and can be adapted to different work requirements by varying the braided angle of the 3D braided composite layer. The material parameters of 3D braided composites are predicted for different braided angles by means of a representative volume element (RVE). Electro-mechanical coupled vibration equations for the L-shaped 3D BPCEH are established. The impact of braided angles on voltage and power output is discussed in this article. Simulations using finite element method are conducted to analyze the voltage and power output responses at various braided angles. In addition, the effects of the mass of mass block B and the length of the beam on the output performance of the L-shaped 3D BPCEH are analyzed.

Effect of water-soluble polymers on the rheology and microstructure of polymer-modified geopolymer glass-ceramics

J.M. Migliore, P. Hewitt, T.J. Dingemans, D.L. S. Monzel, W.J. Monzel

Materials 2024, **17**, nr 12, 2856, <https://doi.org/10.3390/ma17122856>

This work explores the effects of rigid (0.1, 0.25, and 0.5% by mass) and semi-flexible (0.5, 1.0, and 2.5% by mass) all-aromatic polyelectrolyte reinforcements as rheological and morphological modifiers for preparing phosphate geopolymer glass-ceramic composites. Polymer-modified aluminosilicate-phosphate geopolymer resins were prepared by high-shear mixing of a metakaolin powder with 9M phosphoric acid and two all-aromatic, sulfonated polyamides. Polymer loadings between 0.5–2.5% by mass exhibited gel-like behavior and an increase in the modulus of the geopolymer resin as a function of polymer concentration. The incorporation of a 0.5% by mass

rigid polymer resulted in a three-fold increase in viscosity relative to the control phosphate geopolymer resin. Hardening, dehydration, and crystallization of the geopolymer resins to glass-ceramics was achieved through mold casting, curing at 80°C for 24 h, and a final heat treatment up to 260°C. Scanning electron microscopy revealed a decrease in microstructure porosity in the range of 0.78–0.31 μm for geopolymer plaques containing loadings of 0.5% by mass rigid polymer. Nano-porosity values of the composites were measured between 10–40 nm using nitrogen adsorption (Brunauer, Emmett, and Teller method) and transmission electron microscopy. Nanoindentation studies revealed geopolymer composites with Young's modulus values of 15–24 GPa and hardness values of 1–2 GPa, suggesting an increase in modulus and hardness with polymer incorporation. Additional structural and chemical analyses were performed via thermal gravimetric analysis, Fourier transform infrared radiation, X-ray diffraction, and energy dispersive spectroscopy. This work provides a fundamental understanding of the processing, microstructure, and mechanical behavior of water-soluble, high-performance polyelectrolyte-reinforced geopolymer composites.

Friction stir processed AA5754- Al_2O_3 nanocomposite. A study on tribological characteristics

M.N.M. Rohim, M.E. Abdullah, M.M. Mohammed, A. Kubit, H.A. Derazkola

J. Compos. Sci. 2024, **8**, nr 6, 216, <https://doi.org/10.3390/jcs8060216>

This study investigates the tribological properties of an AA5754 aluminum alloy composite reinforced with the nanopowder of Al_2O_3 , fabricated using the friction stir processing (FSP) technique with blind holes. The aim is to analyze the effects of varying the tool rotational speed (rpm) and blind hole diameter on the wear and friction behavior of the produced composite. A pin-on disk test is conducted under dry conditions and room temperature to assess the tribological properties against steel. Scanning electron microscopy (SEM) coupled with energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS) is employed to examine the worn and wear surfaces of the produced composites post test. The results indicate that increasing the applied load results in a decrease in the coefficient of friction (COF), with values ranging 0.775–0.852 for 10 N and 0.607–0.652 for 20 N. Moreover, the wear rate dimini-

shes with higher Al_2O_3 content and optimal FSP tool rotation (1280 rpm). Hardness analysis reveals variations between 33–42 HV and 35–39 HV, influenced by nanoparticle distribution. The composite demonstrates superior wear resistance compared to raw AA5754 aluminum due to its reinforced nature. However, high FSP tool rotation rates lead to abrasive wear and surface cracks. These findings offer insights into optimizing FSP parameters to enhance the tribological performance of nano-reinforced aluminum alloys.

Theoretical assessment of the environmental impact of the preheating stage in thermoplastic composite processing. A step toward sustainable manufacturing

A. Hosseini

J. Manuf. Mater. Process. 2024, **8**, nr 3, 120, <https://doi.org/10.3390/jmmp8030120>

Manufacturing processes have always played a pivotal role in the life cycle assessment of products, necessitating focused efforts to minimize their impact on the environment. Thermoplastic composite manufacturing is no exception to this concern. Within thermoplastic composite manufacturing, the preheating process stands out as one of the most energy-intensive stages, significantly affecting the environment. In this study, a theoretical analysis is conducted to compare three modes of preheating: conductive, radiative, and convective modes, considering their energy consumption and environmental impact. The analysis reveals the potential for substantial energy savings and emissions reduction through the selection of a proper preheating mode. Since the analysis used in this study is theoretical, it facilitates a parametric study of different modes of preheating to assess how process parameters impact the environment. Moreover, this study includes a comparison between emissions from material production and the preheating process, highlighting the substantial contribution of the preheating process to the overall product life cycle assessment.

Electrical smoothing of the powder bed surface in laser-based powder bed fusion of metals

A. Hofmann, T. Grotz, N. Köstler, A. Mahr, F. Döpfer

J. Manuf. Mater. Process. 2024, **8**, nr 3, 112, <https://doi.org/10.3390/jmmp8030112>

Achieving a homogeneous and uniform powder bed surface as well as a defined, uniform layer thickness is crucial for achieving reproducible component properties that meet requirements when powder bed fusion of metals with a laser beam. The existing recoating processes cause wear of the recoater blade due to protruded, melted obstacles, which affects the powder bed surface quality locally. Impairments to the powder bed surface quality have a negative effect on the resulting component properties such as surface quality and relative density. This can lead either to scrapped components or to additional work steps such as surface reworking. In this work, an electric smoother is presented with which a wear-free and contactless smoothing of the powder bed can be realized. The achievable powder bed surface quality was analyzed using optical profilometry. It was found that the electric smoother can compensate for impairments in the powder bed

surface and achieve a reproducible surface quality of the powder bed regardless of the initial extent of the impairments. Consequently, the electric smoother offers a promising opportunity to reduce the scrap rate in PBF-LB/M and to increase component quality.

Effective impact of nano-plastic-waste incorporated with nano-titania on the physical, mechanical and microstructural properties of white cement pastes composites for progressing towards sustainability

M.A. Abdelzاهر, A.A. Farghali, A.S. Hamouda

Sci. Rep. 2024, **14**, nr 1, 12581, doi: 10.1038/s41598-024-62661-4

Plastic waste (PW) has received a lot of attention as a possible additional material for industrial and environmental applications, particularly cement and/or concrete production for a more environmentally and economically sound use of raw materials and energy sources. PW has been investigated as an inert and/or active hydraulic filler for cement and/or concrete by numerous scientists. Plastic garbage is cheap, abundant, and takes long period of time to degrade in the eco-system (soil and water). The main goal of the ongoing research is to offer safety and efficacy by partially substituting nano-plastic waste (NPW), incorporated with nano-titania (NT), for the composition of white cement (WC). Blends are built up by substitution of WC with different ratios of NPW incorporated with fixed ratios of nano-titania (1.0% by mass). Workability, physical, mechanical and microstructural properties have gone through laboratory and instrumental analysis. The results showed improvement in the compressive strength, density and microstructure due to the effective impact of fillers. Consequently, a decrease in total porosity, whiteness reflection (R_y) and early-rapid expansion. Eventually, the outcomes may reduce the pandemic strength, especially in the external environment, and other epidemics.

Sustainable 3D printing by reversible salting-out effects with aqueous salt solutions

D. Ji, J. Liu, J. Zhao, T.H. Han, J. Bae

Nat. Commun. 2024, **15**, nr 1, 3925, doi: 10.1038/s41467-024-48121-7

Achieving a simple yet sustainable printing technique with minimal instruments and energy remains challenging. Here, a facile and sustainable 3D printing technique is developed by utilizing a reversible salting-out effect. The salting-out effect induced by aqueous salt solutions lowers the phase transition temperature of poly(N-isopropylacrylamide) (PNIPAM) solutions to below 10°C. It enables the spontaneous and instant formation of physical crosslinks within PNIPAM chains at room temperature, thus allowing the PNIPAM solution to solidify upon contact with a salt solution. The PNIPAM solutions are extrudable through needles and can immediately solidify by salt ions, preserving printed structures, without rheological modifiers, chemical crosslinkers, and additional post-processing steps/equipment. The reversible physical crosslinking and de-crosslinking of the polymer through the salting-out effect demonstrate the recyclability of the polymeric ink. This printing approach extends to various PNIPAM-based composite solutions incorporating functional materials or other polymers, which offers great potential for developing water-soluble

disposable electronic circuits, carriers for delivering small materials, and smart actuators.

Preparation and properties of an organosilicon-modified coating to protect combustible cartridge cases

M. Wu, J. Du, Z. Xiao

Colloids Surf. A: Phys. Eng. Asp. 2024, **696**, 134380, doi: 10.1016/j.colsurfa.2024.134380

To improve the environmental adaptability and mechanical properties of combustible cartridge cases (CCCs), a novel organosilicon-modified coating was proposed to increase heat resistance, water resistance, salt resistance, and mechanical properties. Herein, four organosilicon-modified coatings were prepared using the sol-gel method with an alkaline silica sol, methyltrimethoxysilane, and diphenyldimethoxysilane. Fourier-transform infrared spectroscopy confirmed the synthesis of the organosilicon resins, which possessed cross-linked semi-inorganic polymers with Si-O-Si main chains and various grafted organic functional groups. The optimal sample retained its heat resistance at 230°C for 168.4 s, which was significantly longer than the previous resin-centric composite layer result of 108.8 s. Moreover, after the sample was immersed in water for 120 h, it only absorbed 1.98% by mass water, and 5.78% by mass saltwater after 3 days, and the water contact angle (WCA) reached 101°. Furthermore, the elongation-at-break reached 29.22%, which was significantly higher than the 3.69% of the CCC control sample. Therefore, the organosilicon-modified coating may protect CCCs during industrial fabrication processes, which can significantly improve the overall performance of CCCs.

Composite polymer electrolyte facilitated by enhanced amorphousity and Li⁺ conduction using LaFeO₃-embedded PVDF-HFP for solid-state lithium metal battery

B. Halder, P. Elumalai

J. Colloid Interface Sci. 2024, **669**, 992, doi: 10.1016/j.jcis.2024.05.071

Composite polymer electrolytes (CPEs) are a promising alternative to flammable conventional liquid electrolytes for high-safety lithium-ion batteries. Establishing low-cost filler that enhances the amorphous nature of polymer in the CPEs and exhibits efficient Lewis acid-base interaction between fillers and anions of lithium salt, leading to improved dissociation of salts for enhanced conduction, is indispensable. In this work, for the first time, we construct a solid composite polymer electrolyte of poly(vinylidene fluoride hexafluoropropylene) embedded LaFeO₃ (LFO) particles prepared by solution casting and electrospinning methods and study their performances. The 5% by mass LFO filler embedded CPE made by means of solution casting and electrospinning methods exhibited the highest ionic conductivity of 5.9×10^{-4} and 1.49×10^{-3} S cm⁻¹ at room temperature and electrochemical stability window up to 4.6 and 4.45 V, respectively. Further, as-assembled solid-state lithium-ion batteries using electrospun CPE showed an initial discharge capacity of 166 mAh/g at 0.1C-rate and solution-casted CPE showed excellent cycling stability with 98.6 % capacity retention at 0.3C-rate even at 50th cycle. Such excellent per-

formance originated from the introduction of the LFO particles as filler into the polymer matrix to enhance the ionic conductivity, mechanical strength and lithium metal compatibility of the resulting CPEs.

A novel bio-based fluorescent N, P-CDs@CMC/PEI composite hydrogel for sensitive detection and efficient capture of toxic heavy metal ions

Q. Chu, Z. Liu, F. Feng et al.

J. Hazard. Mater. 2024, **474**, 134757, doi: 10.1016/j.jhazmat.2024.134757

To address the serious environmental pollution problems of toxic heavy metal ions in water bodies, a novel fluorescent composite hydrogel N, P-CDs@CMC/PEI with a bio-based polymer matrix of carboxymethyl cellulose (CMC), polyethylenimine (PEI) as a second interpenetrating network and N, P-doped carbon dots (N, P-CDs) as a fluorescent probe was prepared for simultaneous detection and capture of HMIs by a facile and simple one-step approach. The morphology, chemical structure, swelling ratio, mechanical strength and fluorescence property of these composite hydrogels were studied through varied characterization methods. The composite hydrogel showed sensitive and selective fluorescence response with Hg(II) and Fe(III) and the according LOD values were 0.48 and 0.27 mg/L, respectively. The relationship between the types of the adsorbent, pH value, HMIs concentration and temperature on the adsorption capacity of these composite hydrogels were studied. The pseudo-second-order model and Langmuir model were applicable to explain the adsorption process of CPH₂ for Hg(II) and Cr(VI). The maximum calculated adsorption capacities for the above targeted HMIs by Langmuir model were 846.7 and 289.5 mg/g, respectively. Coexisting inorganic salts and organic acids in low concentration had little effects on Hg(II) and Cr(VI) removal and the composite hydrogel showed good recyclability and stability for Hg(II) and Cr(VI) removal after four cycles. The electrostatic attraction and coordination covalent bonds were responsible for the adsorption process.

Mild chemical recycling of carbon fiber-reinforced epoxy composites in aqueous buffers and development of hydrothermally recyclable vitrimer composites from recyclates

C. Hao, B. Zhao, L. Shao et al.

Resour. Conserv. Recycl. 2024, **207**, 107668, doi: 10.1016/j.resconrec.2024.107668

Carbon fiber-reinforced polymer (CFRP) composites have gained widespread adoption across diverse industries. However, their inherent stability, stemming from the crosslinked structure of the matrix resin, poses a significant challenge in managing the growing volume of CFRP waste. Consequently, there is a pressing need for an eco-friendly upcycling method that effectively recovers and reuses both the valuable carbon fibers and the polymer matrix from CFRP waste. This study presents a novel approach for upcycling CFRP waste under environmentally friendly conditions. Firstly, CFRP waste with an amine-cured epoxy matrix was completely decomposed in aqueous buffer solutions under mild conditions ($\leq 220^\circ\text{C}$, pH = 4.8). Further,

decomposed matrix polymer (DMP) was employed to transform conventional epoxy resins into recyclable vitrimers. Lastly, new composites that can be hydrothermally recycled were fabricated using both DMP and recovered carbon fibers. This work proposes a novel strategy for achieving a circular economy within the CFRP industry.

Analysis of Ag-DP25/PET plasmonic nano-composites as a visible-light photocatalyst for wastewater treatment: Experimental/theoretical studies, and the DFT-MB degradation mechanism

C.V. Paz, M. Fereidooni, W. Hamd, P. Praserthdam, S. Praserthdam
Environ. Res. 2024, **252**, 119081, doi: 10.1016/j.envres.2024.119081

The development of polymeric-composites Agx%DP25-PET ($x = 0, 1, 2, 3$) may significantly boost the potential application of Agx%DP25 ($x = 0, 1, 2, 3$) photocatalytic powders. Producing large-scale nano-composites with hybrid-surfaces, that are also flexible materials and easy to employ in a variety of environments. A set of photocatalytic nan-composites embedded with the polymeric binder poly (acrylonitrile-co-butadiene)-dicarboxy terminated (C_7H_9N) were performed and evaluated for wastewater treatment applications. The results reveal that the flexible polymeric composites (Agx%DP25-PET, $x = 0, 1, 2, 3$) have photocatalytic activity in aqua media to degrade methylene blue (MB) under visible-light. The addition of C_7H_9N to immobilize photocatalytic powders on the PET surface reduces photo-generated electron-hole recombination. The materials were characterized by HR-TEM, SEM/EDX, XRD, FT-IR, UV-Vis DRS and PL. The Agx%DP25-PET ($x = 0, 1, 2, 3$) photocatalytic reactions exhibited productive discoloration/degradation rates, in both aerobic (AE) and anaerobic (AN) environments. The superior photodegradation of Ag2%DP25-PET was attributed to a combination of two effects: LSPR (localized surface plasmon resonance) and Ag-TiO₂/environment affinities. The

findings of molecular dynamics (MD) simulation and Fukui Function (FF) based on density functional theory (DFT) provide significant insight into the photocatalytic requirements for MB discoloration/degradation. The experimental/theoretical analysis aimed to offer an in-depth understanding of medium/surface interactions on decorated TiO₂ materials, as well as how these interactions affect overall degradation behavior.

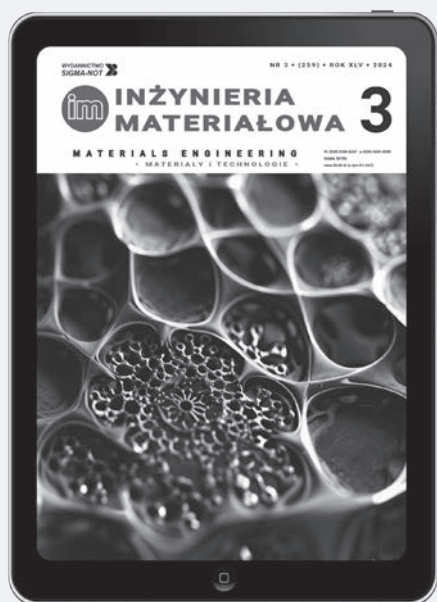
Influence of plastic packaging design on the sensor-based sortability in lightweight packaging waste sorting plants

M. Jakobs, N. Kroell

Resour. Conserv. Recycl. 2024, **207**, 107599, doi: 10.1016/j.resconrec.2024.107599

Lightweight packaging (LWP) waste is the largest post-consumer plastic waste flow in Germany. A crucial step in plastic recycling is sensor-based sorting (SBS) of LWP in sorting plants. While a more sorting- and recycling-friendly product design is believed to enhance SBS and plastic recycling in general, data to estimate this potential is limited. Here, we aim to quantify the real-world sortability of LWP articles by assessing a SBS cascade for plastic-type separation in a state-of-the-art LWP sorting plant. Our results reveal a polymer-specific distribution of packaging types and quantitatively confirm negative influences of sleeves/labels, composites, dark colors, and rolling shapes on the sortability at sorting plant scale. By extrapolating our results to all LWP sorting plants in Germany, we estimate that up to 48,300 Mg/a (95% CI: 25,900–78,500 Mg/a) rigid plastics could be additionally recovered at sensor-based plastic-type separation level alone through improved sortability.

Przygotowała prof. dr hab. inż. Agnieszka Sobczak-Kupiec



INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

e-mail: i.materialowa@sigma-not.pl

tel.: +48 663-311-933

WYBRANE ZGŁOSZENIA PATENTOWE z dziedziny inżynierii materiałowej

wg BIULETYNU URZĘDU PATENTOWEGO nr 17–24 z 2024 r.

Zgł. nr 443654; C08L 23/26

BORYSZEW SPÓŁKA AKCYJNA, Warszawa

Szramowski H.

Kompozycja podkładu adhezyjnego do tworzyw sztucznych oraz sposób jej wytwarzania

Przedmiotem zgłoszenia jest kompozycja podkładu adhezyjnego do tworzyw sztucznych, zwłaszcza do poliolefin. Kompozycja zawiera 0,01–50% mas. modyfikowanych poliolefin, które składają się z poliolefin wybranych spośród polipropylenu, polietylenu, kopolimeru propylenowego, terpolimeru polipropylenowego, kopolimeru etylenowego lub terpolimeru etylenowego chemicznie modyfikowanych w stopniu 0,01–50% mas. przy użyciu jednej lub więcej substancji wybranych spośród kwasów karboksylowych, bezwodników lub estrów mających średnią masę molową w zakresie 1000–100000 g/mol, stopień krystaliczności 10–70%, liczbę kwasową 1–100 i temperaturę topnienia 100–200°C określoną w oparciu o normę ASTM E28. Kompozycja zawiera 50–99,99% mas. rozpuszczalnika, który wybrany jest spośród estrów, ketonów, rozpuszczalników alifatycznych, rozpuszczalników aromatycznych lub ich mieszanin, w ilości wystarczającej do rozpuszczenia poliolefin i uzyskania stabilnego roztworu. Przedmiotem zgłoszenia jest również sposób wytwarzania kompozycji podkładu adhezyjnego.

(23 zastrzeżenia)

Zgł. nr 442585; C23C 20/02

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław

Winnicki M., Jasiński W., Łapa W.

Sposób nanoszenia funkcjonalnych powłok z zawiesin

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób nanoszenia funkcjonalnych powłok z zawiesin, który znajduje zastosowanie w szeroko pojętej inżynierii materiałowej. Sposób charakteryzuje się tym, że podłoże metaliczne, stalowe lub miedziane lub ceramiczne, na bazie tlenku glinu oczyszcza się poprzez płukanie cieczą, a następnie poddaje się je obróbce strumieniowo-ściernej, podgrzewa się do temp. 100–1000°C, na rozgrzaną powierzchnię podłoża nanosi

się warstwę zawiesiny zawierającej cząstki stałe: srebro, ditlenek tytanu lub mieszanina srebra i ditlenku tytanu w proporcji 1:4 mas., w postaci aerozolu o wielkości cząstek w przedziale od 100 nm do 500 µm, generowanego przez gaz nośny przy ciśnieniu 1–10 bar. Tak wytworzony aerozol jest natryskiwany na podłoże przez gaz pędny przepływający z ciśnieniem 2–20 bar z prędkością z zakresu 200–1000 m/s, w wyniku czego rozpędzone cząstki aerozolu uderzają o wcześniej przygotowane podłoże i formują powłokę, przy jednoczesnym odparowaniu cieczy z aerozolu i budowaniu warstwy.

(4 zastrzeżenia)

Zgł. nr 442650; C08J 5/18

SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ – INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH I BARWNIKÓW, Toruń

Frąszczak Z., Królikowski B., Bajer K., Malinowski R., Kaczor D., Wedderburn L.

Sposób wytwarzania folii polimerowej o właściwościach biobójczych

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób wytwarzania folii polimerowej o właściwościach biobójczych zawierający preparat bioaktywny w postaci substancji czynnej antybakteryjnie opartej na srebrnym szkle fosforanowym, zwłaszcza do wytwarzania folii polimerowej. Preparat bioaktywny, srebrne szkło fosforanowe i/lub jego pochodne w postaci proszkowej miesza się i wyciąca się w temp. 140–160°C z uplastycznionym polimerem macierzystym w wyciączarce ślimakowej, przez co otrzymuje się granulaty koncentratu o stężeniu w zakresie 1–40% mas. substancji czynnej. Granulaty koncentratu substancji czynnej miesza się z polimerem macierzystym i w temp. 225–235°C wyciąca się folię do osiągnięcia wymaganego stężenia do 10,0% mas. Jako polimery macierzyste stosuje się poliolefiny.

(1 zastrzeżenie)

Zgł. nr 442776; C04B 18/167

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI,
Kraków; AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA
STASZICA W KRAKOWIE, Kraków

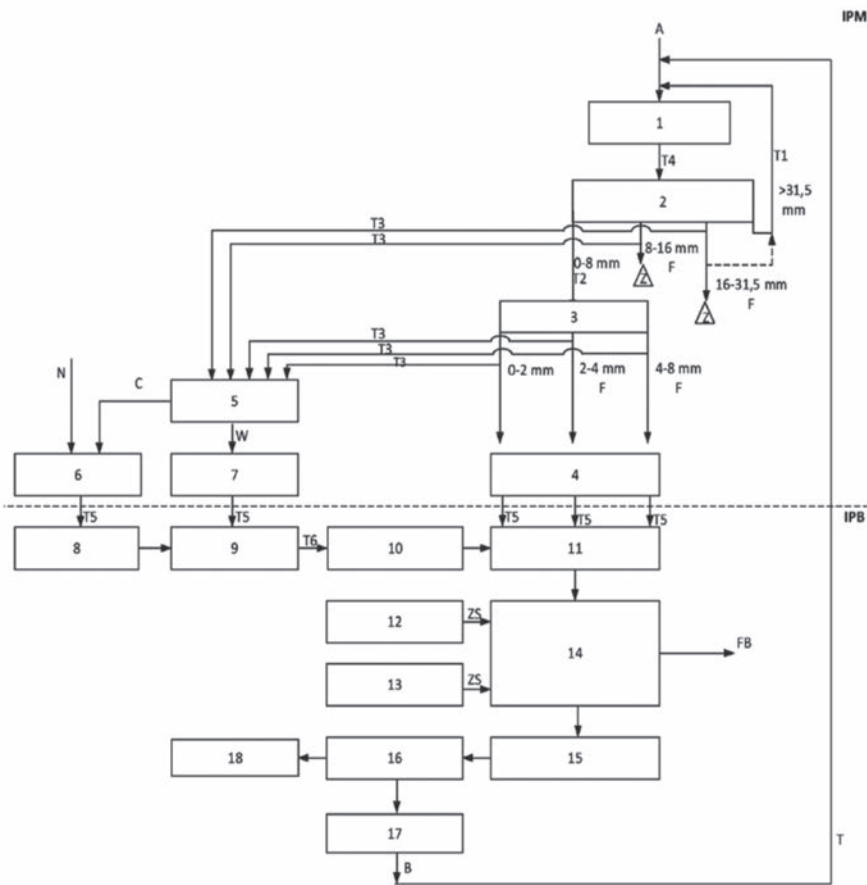
Gawenda T., Stempkowska A., Ostrowski K.

Sposób przetwarzania budowlanego odpadu betonowego do betonu zbrojonego i układ technologiczny instalacji do przetwarzania budowlanego odpadu betonowego do betonu zbrojonego

Schematycznie przedstawionym na rysunku przedmiotem zgłoszenia jest sposób przetwarzania budowlanego odpadu betono-

wego do betonu zbrojonego, a także układ technologiczny do realizacji tego sposobu, wg którego to sposobu kruszywo betonowe uzyskuje się z odpadu betonowego będącego fibrobetonem, przy czym rozdrabnianie fibrobetonu prowadzi się w kruszarce, co najmniej w jednym stadium rozdrabniania oraz co najmniej 5% mas. kruszywa wykorzystywanego do produkcji betonu w systemie formowania zarobu betonowego jest fibrokruszywem zbrojonym zbrojeniem strukturalnym, rozproszonym w postaci elementów zbrojenia, w którym co najmniej jeden element zbrojenia wystaje przynajmniej częściowo ponad powierzchnię ziarna kruszywa.

(12 zastrzeżeń)



Zgł. nr 442712, C08B 15/00

POLITECHNIKA ŁÓDZKA, Łódź

Masek A., Cichosz S., Pęsko M.

Sposób zwiększania odporności termicznej oraz nadania właściwości przeciwutleniających naturalnym polisacharydom, zwłaszcza naturalnym włóknom celulozy

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób zwiększania odporności termicznej oraz nadania właściwości przeciwutleniających naturalnym polisacharydom, zwłaszcza naturalnym włóknom celulozy, który polega na tym, że najpierw włókna celulozy poddaje się

działaniu 11,5-proc. roztworu 3-(metakryloksypropylo)trimetoksy-silanu w etanolu, zawierającego nadto kwercytenę, w czasie 24 h w temp. 40°C, następnie odsącza się celulozę i poddaje suszeniu w czasie 24 h w temp. $\geq 100^{\circ}\text{C}$. Dalej osad powstały po wysuszeniu oczyszcza się przez utworzenie dyspersji tego osadu w acetonie, po czym osad odsącza się, przemywa wodą destylowaną i suszy do stałej masy w temp. 70°C.

(3 zastrzeżenia)

Zgł. nr 442755; C22C 38/42

SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ – GÓRNOŚLĄSKI INSTYTUT TECHNOLOGICZNY, Gliwice; ALCHEMIA SPÓŁKA AKCYJNA, Warszawa

Kuziak R., Dobrzański J., Radwański K., Purzyńska H., Zieliński A., Zalecki W., Mazur A., Niesler M., Broll J., Siemieniec J.

Żaroodporna stal martenzytyczna oraz sposób obróbki cieplno-plastycznej i cieplnej żaroodpornej stali martenzytycznej

Przedmiotem zgłoszenia jest żaroodporna stal martenzytyczna wykorzystywana do produkcji elementów urządzeń energetycznych przeznaczonych do pracy w warunkach pełzania w przedziale temp. 630–650°C, zawierająca chrom oraz pierwiastki ustalone wg przedziałów (% mas.): węgiel (C) 0,08–0,15, ren (Re) 0,21–1,50, mangan (Mn) 0,40–0,70, miedź (Cu) 1,00–2,00, nikiel (Ni) 0,70–1,50, molibden (Mo) 0,70–1,50, wolfram (W) 1,20–2,00, kobalt (Co) 3,00–3,50, wanad (V) 0,40–0,50, cyrkon (Zr) 0,02–0,20, niob (Nb) 0,02–0,06, tytan (Ti) 0,02–0,10, bor (B) 0,001–0,005, azot (N) 0,02–0,04, krzem (Si) $\leq 0,17$, fosfor (P) 0,005–0,015, siarka (S) 0,005–0,015, aluminium (Al) 0,02–0,04 oraz żelazo (Fe) jako dopełnienie do 100%, charakteryzująca się tym, że zawartość chromu (Cr) mieści się w przedziale 13,5–15,5% mas., zaś zawartości: molibdenu (Mo), wolframu (W) i renu (Re) spełniają zależność: $Re + (186/96) \cdot Mo + (186/184) \cdot W \geq 2,78$, natomiast zawartości mikrododatków: wanadu (V), niobu (Nb), tytanu (Ti) i cyrkonu (Zr) spełniają zależność: $0,40 \leq V + (51/48) \cdot Ti + (51/93) \cdot Nb + (51/91) \cdot Zr \leq 0,75$. Zgłoszenie obejmuje ponadto sposób obróbki cieplno-plastycznej i cieplnej żaroodpornej stali martenzytycznej znajdujący zastosowanie do produkcji elementów urządzeń energetycznych przeznaczonych do pracy w warunkach w przedziale temp. 630–650°C składający się z następujących operacji wykonywanych bezpośrednio po sobie: obróbki cieplno-plastycznej przeprowadzanej w przedziale temp. 1200–800°C oraz obróbki cieplnej obejmującej przesycanie w zakresie temp. 1100–1050°C w czasie 30–60 min, intensywne chłodzenie oraz odpuszczanie. Sposób charakteryzuje się tym, że intensywne chłodzenie prowadzi się z szybkością nie mniejszą niż 5°C/s w przedziale temp. 800–500°C, zaś odpuszczanie prowadzi się w przedziale temp. 700–650°C w czasie od 3–5 h.

(3 zastrzeżenia)

Zgł. nr 442699; C08J 3/28

UNIwersytet KAZIMIERZA WIELKIEGO, Bydgoszcz
Rytlewski P., Augustyn P.

Sposób wytwarzania i metalizowania kompozytu polimerowego

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób wytwarzania i metalizowania kompozytu polimerowego, w którym termoplastyczny materiał polimerowy, szczególnie w postaci poliwęglanu, poli(tereftalanu

etylenu), polilaktydu, poliamidu, polistyrenu lub poli(akrylonitryl-butadien-styren), dozuje się wraz z napełniaczem zawierającym włókna miedzi i proszku cyny w ilości 10–40% obj. do układu uplastyczniającego wytłaczarki (Etap I). Następnie materiał polimerowy i napełniacz przewodzący są uplastyczniane i wzajemnie wymieszane (Etap II), po czym z uplastycznionej mieszaniny formowany jest materiał kompozytowy (Etap III). W ostatnim etapie uformowany materiał kompozytowy jest metalizowany prądowo (Etap IV). Korzystne jest, gdy termoplastycznym materiałem polimerowym jest poli(akrylonitryl-butadien-styren). Włókna miedzi mają opcjonalnie długość 200–1000 μm i średnicę 10–100 μm , natomiast cząsteczki cyny mają średnią wielkość 10–500 μm .

(12 zastrzeżeń)

Zgł. nr 442700; C08K 5/56

UNIwersytet MIKOŁAJA KOPERNIKA W TORUNIU, Toruń
Kubiak B., Piszczek P., Radtke A.

Zastosowanie tetra- μ 3-okso- μ -okso-deka- μ -2,2-dimetylopropioniano-di- μ -9-fluorenotytanu(IV) do wytwarzania kompozytów polimerowych

Przedmiotem zgłoszenia jest zastosowanie tetra- μ 3-okso- μ -okso-deka- μ -2,2-dimetylopropioniano-di- μ -9-fluorenotytanu(IV) do wytwarzania polimerowych powłok kompozytowych o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych w trakcie naświetlania światłem charakteryzuje się tym, że polimerowa powłoka kompozytowa zawiera 5–20% mas. tetra- μ 3-okso- μ -okso-deka- μ -2,2-dimetylopropioniano-di- μ -9-fluorenotytanu(IV).

(4 zastrzeżeń)

Zgł. nr 442761; C04B 22/00

POLITECHNIKA GDAŃSKA, Gdańsk
Zielińska-Jurek A., Malinowska I.

Zewnętrzna warstwa powłokotwórcza oraz dwa sposoby wytwarzania zewnętrznej warstwy powłokotwórczej

Przedmiotem zgłoszenia jest zewnętrzna warstwa powłokotwórcza, w szczególności gładź szpachlowa na bazie gipsu jako materiału wiążącego i/lub kredy i/lub dolomitów jako wypełniaczy, plastyfikatorów opóźniających proces wiązania gipsu, pigmentów, środków pomocniczych oraz z dodatkiem kompozytu zawierającego związki tlenku tytanu(IV) TiO_2 , korzystnie dwuwymiarowe arkusze tlenku tytanu(IV), w ilości 50–99,8% mas., związki Zn, w szczególności ZnCl_2 i/lub ZnO i/lub ZnFe_2O_4 , w ilości 0,1–30% mas. oraz materiał węglowy, korzystnie z grupy węgiel aktywowany, grafit, grafitowy azotek węgla, tlenek grafenu,

zredukowany tlenek grafenu, w ilości 0,1–20% mas., korzystnie 1–2% mas. Zawartość kompozytu w zewnętrznej warstwie powłokotwórczej wynosi odpowiednio 0,1–50% mas., korzystnie 20% mas., zaś pozostałe składniki zewnętrznej warstwy powłokotwórczej stanowią odpowiednio 50–99,9% mas. Zgłoszenie obejmuje również dwa sposoby otrzymywania zewnętrznej warstwy powłokotwórczej z kompozytem.

(4 zastrzeżenia)

Zgł. nr 445494; C08G 63/91

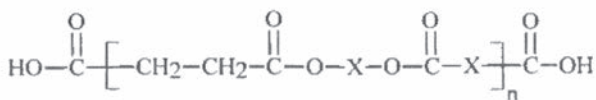
UNIwersytet MARII CURIE-SKŁODOWSKIEJ, Lublin

Gawdzik B., Pączkowski P.

Sposób otrzymywania polimerów kobaltowych

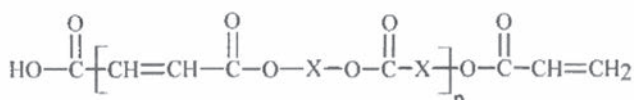
Przedmiotem zgłoszenia jest sposób otrzymywania polimerów kobaltowych, w których atom kobaltu związany jest z matrycą polimerową w postaci alifatycznych i alifatyczno-aromatycznych poliestrów nasyconych i nienasyconych, przedstawionych wzorami ogólnymi 1 i 2, o średniej masie cząsteczkowej większej niż 3000 u, znajdujących różnorodne zastosowania, a w szczególności do przyspieszania procesów utwardzania nienasyconych żywic poliestrowych, farb, lakierów czy farb drukarskich. Zgłoszenie rozwiązuje problem techniczny w postaci opracowania nowego sposobu otrzymywania polimerów kobaltowych o stosunkowo dużej średniej masie cząsteczkowej i niewielkiej rozpuszczalności w wodzie, ograniczającej ich biodegradację, przez co eliminuje się w znacznym stopniu stopień toksyczności.

(1 zastrzeżenie)



X = podstawnik alkilowy lub aryłowy

wzór 1



R = podstawnik alkilowy lub aryłowy

wzór 2

Zgł. nr 442823; C01B 32/172

POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice

Dzienia A., Just D., Taborowska P., Janas D.

Sposób selektywnej izolacji półprzewodnikowych jednościennych nanorurek węglowych

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób selektywnej izolacji półprzewodnikowych, jednościennych nanorurek węglowych, który polega na tym, że do 1–5 mg nanorurek węglowych, korzystnie 1,5 mg, dodaje się 4–35 mg polimeru przewodzącego o masie cząsteczkowej 9–45 kg/mol i wagowej 26–128 kg/mol, przy czym stosunek wagowy polimeru do nanorurek węglowych wynosi 4:1–8:1, korzystnie 5:1–7:1, następnie rozpuszcza się w 2,65 mL na każdy 1 mg nanorurek węglowych rozpuszczalnika organicznego lub mieszaniny rozpuszczalników organicznych, korzystnie 4 mL, tak przygotowaną heterogeniczną mieszaninę poddaje się wstępnej sonikacji, przy czym proces prowadzi się w temp. 0–60°C, korzystnie nie wyższej niż 10°C, z wykorzystaniem łaźni ultradźwiękowej o mocy powyżej 200–1000 W, w czasie od 5 min do 24 h. Otrzymaną zawiesinę homogenizuje się homogenizatorem ultradźwiękowym z sonotrodą w temp. 0–60°C, korzystnie nie wyższej niż 10°C, w czasie 5–30 min, odwirowuje ze względną siłą wirowania RCF min. 6000 x g, w czasie 3–10 min, z mocą 2,5–4 W na mL zawiesiny.

(3 zastrzeżenia)

Zgł. nr 442887; C08L 9/02

SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ – INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH I BARWNIKÓW, Toruń

Rucińska K., Stępkowski R., Dąbrowski K.

Sposób wytwarzania kompozycji elastomerowej o właściwościach antibakteryjnych

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób wytwarzania kompozycji elastomerowej o właściwościach antibakteryjnych zawierającej elastomer, środki pomocnicze i sieciujące oraz środek antybakteryjny oparty na chitozanie i kwasie mlekowym i ewentualnie montmorylonicie sodowym, który charakteryzuje się tym, że 100 cz. mas. kauczuku akrylonitrylo-butadienowego (NBP) miesza się z 1,0–1,5 cz. mas. kwasu stearynowego, 1,0–5,0 cz. mas. tlenku cynku, 30–35 cz. mas. krzemionki (Arsil), 30–35 cz. mas. kaolinu, 1,5–2,0 cz. mas. siarki, 1–2 cz. mas. N-cyklohesylo-2-benzotiazolilosulfenamid (CBS) i z 1–5 cz. mas. środka antybakteryjnego na 100 cz. mas. kauczuku, które to składniki kompozycji walcuje się, następnie sieciuje się w temp. 135–160°C w czasie 10–30 min.

(2 zastrzeżenia)

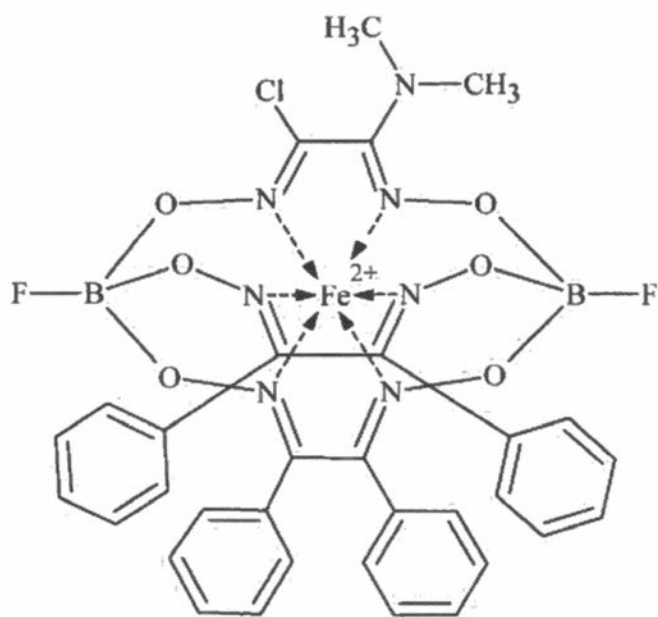
Zgł. nr 442824, C08L 67/06

UNIWERSYTET MARII CURIE-SKŁODOWSKIEJ, Lublin
Gawdzik B., Pączkowski P.

Sposób utwardzania nienasyconych żywic poliestrowych

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób utwardzania nienasyconych żywic poliestrowych, takich jak maleinowo-ftalowo-propylenowe żywice poliestrowe, żywice tereftalowe otrzymywane z recyklatu PET, nienasycone żywice maleinowo-izoftalowe, znajdujących zastosowanie do produkcji przedmiotów codziennego użytku, urządzeń, konstrukcji, kompozytów czy opakowań z tworzyw sztucznych. Sposób polega na tym, że jako przyspieszacz stosuje się klatrochelate żelaza(II) przedstawiony wzorem 1, rozpuszczony w polarnych niearomatycznych rozpuszczalnikach organicznych, w układzie z promotorem jakim jest *N,N*-dimetylo-*p*-toluidyna i nadtlenkiem 2-butanonu jako inicjatorem, dzięki czemu reakcja przebiega w stosunkowo krótkim czasie i niewysokiej temperaturze.

(5 zastrzeżeń)



wzór 1

Zgł. nr 442906, C01B 32/182

POLITECHNIKA ŁÓDZKA, Łódź

Kula P., Kaczmarek Ł., Jastrzębski K., Szymanowski H.,
Cłapa M., Warga T.

Nano-, mezo- lub mikrostrukturyzowany kompozyt grafenowy do rewersyjnego magazynowania wodoru

Przedmiotem zgłoszenia jest nano-, mezo- lub mikrostrukturyzowany kompozyt grafenowy do rewersyjnego magazynowania wodoru, w postaci granulatu, który charakteryzuje się tym, że jego

granule stanowi struktura przestrzenna płatków zredukowanego tlenku grafenu filarowana mostkiem azotowym, grupą alkilową zawierającą 2–10 atomów węgla, grupą aminową, amidową lub hydroksylową, względnie jednocześnie grupą alkilową zawierającą 2–10 atomów węgla i jedną lub wszystkimi spośród pozostałych wymienionych uprzednio grup, w którą są wbudowane nano- lub mikrocząstki katalizatorów typu *spill over*, korzystnie cząstki stopów $\text{LaMMNi}_{3,55-3,65}\text{Al}_{0,2-0,3}\text{Mn}_{0,35-0,45}\text{Co}_{0,7-0,8}$ i/lub cząstki stopów $\text{LaMMNi}_{5-x}\text{Sn}_x$, w ilości 5–15% mas. kompozytu, względnie cząstki stopów $\text{LaMMNi}_{5-y}\text{Al}_y$, w ilości 5–15% mas. kompozytu, a nadto są wbudowane klastry metali, korzystnie Pd i/lub Ni, w ilości 1–3% mas. kompozytu.

(3 zastrzeżenia)

Zgł. nr 442942, C01B 32/991

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA
W KRAKOWIE, Kraków, INSTYTUT IMMUNOLOGII I TERAPII
DOŚWIADCZALNEJ IM. LUDWIKA HIRSZFELDA POLSKIEJ
AKADEMII NAUK WE WROCŁAWIU, Wrocław
Kozień D., Pędzich Z., Pajtasz-Piasecka E.,
Szermer-Olechnik B., Stodolak-Zych E., Żeliszewska P.,
Krygowska K.

Sposób wytwarzania nanocząstek węgla boru o zmodyfikowanej powierzchni, przeznaczonych do stosowania jako nośniki boru w terapii borowo-neutronowej

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób wytwarzania nanocząstek węgla boru o zmodyfikowanej powierzchni, przeznaczonych do stosowania jako nośniki boru w terapii borowo-neutronowej (BNCT), który polega na wytworzeniu nanocząstek B_4C , a następnie poddaniu ich powierzchni pochodzących od modyfikatora, w postaci aminokwasu. Otrzymany B_4C z syntezy bezpośredniej poddaje się intensywnemu mieleniu w środowisku izopropanolu przez 6–24 h, a następnie poddaje trawieniu chemicznemu, stosując stężony HCl oraz stężony HNO_3 , zaś otrzymany proszek poddaje się wielokrotnemu przepłukiwaniu wodą destylowaną do uzyskania pH zawiesiny w zakresie 6,5–7,5, uzyskując po odwirowaniu zawiesinę nanocząstek węgla boru o składzie fazowym B_{13}C_2 , zaokrąglonych ziarnach i średniej wielkości 80–140 nm, których czystość wynosi co najmniej 99%. Otrzymaną zawiesinę węgla boru w zakresie 2–8 mg/mL i poddaje się naświetlaniu promieniowaniem UV przez 1–24 h, odwirowuje wodę destylowaną przez okres od 5 min do 4 h, przy prędkości obrotów 5000–12000 rpm, filtruje się przez filtry biologiczne o średnicy nie większej niż 0,22 μm , zlewa supernatant i powtarza te operacje co najmniej trzykrotnie, aż do uzyskania pH zawiesiny w zakresie 6,8–7,2. Zawiesinę nanocząstek B_4C miesza się z modyfikatorem w postaci wodnego roztworu aminokwasu o stężeniu 1–6 mg/mL, wybranego z grupy obejmującej lizynę, argininę i tryptofan, a następnie wytrząsa przez 1–7 dni. Stosunek po-

wierzchni nanocząstek modyfikatora do nanocząstek węglika boru w przeliczeniu na suchą masę, wynosi 1:1–6:1. W końcowym etapie usuwa się resztki substancji, które nie uległy związaniu na powierzchni węglika boru, poprzez kilkukrotne przepłukanie wodą i odwirowanie.

(1 zastrzeżenie)

Zgł. nr 442957, C08L 83/04

CENTRALNY INSTYTUT OCHRONY PRACY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, Warszawa, POLITECHNIKA ŁÓDZKA, Łódź, LARKIS SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Dobczyce

Irzmańska E., Adamus-Włodarczyk A., Litwicka N., Smejda-Krzewicka A., Laszczak W.

Ochronny materiał polimerowy o właściwościach adhezyjnych oraz oleo- i hydrofobowych

Przedmiotem zgłoszenia jest ochronny materiał polimerowy o właściwościach adhezyjnych oraz oleo- i hydrofobowych, stanowiący produkt wulkanizacji kauczuku silikonowego, nadtlenu dikumylu w ilości 0,75–1,25 cz. mas. na 100 cz. mas. kauczuku, wypełniacza w ilości 20–35 cz. mas. na 100 cz. mas. kauczuku oraz dodatku modyfikatora chemicznego w ilości 2–5 cz. mas. na 100 cz. mas. kauczuku, charakteryzujący się tym, że modyfikatorem chemicznym jest trimetoksy(oktadecyl)silanu, wypełniaczem jest krzemionka pirogeniczna o powierzchni właściwej większej od 300 m²/g, a wytworzony w wyniku wulkanizacji film polimeru posiada zgeometryzowaną powierzchnię w postaci wypustek o średnicy 0,8–1,2 mm i wysokości 0,6–1,0 mm, z płaskim zakończeniem, a odległości pomiędzywypustkami wynoszą 0,9–1,1 mm.

(1 zastrzeżenie)

Zgł. nr 447484; C01B 25/32

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE, Kraków
Czechowska J., Zima A.

Sposób otrzymywania hybrydowych granul

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób otrzymywania hybrydowych granul, przeznaczonych do celów medycznych, a w szczególności dla inżynierii tkanki kostnej. Sposób polega na tym, że do wodnej zawiesiny wodorotlenku wapnia Ca(OH)₂ dodaje się mieszaninę zawierającą jony fosforanowe (V) w wodnym roztworze chitozanu w ilości 1–80% mas., kwasu octowego w ilości 0,5–50% mas. i metylocelulozę w ilości 1–80% mas. lub mieszaninę zawierającą

jony fosforanowe (V) w wodnym roztworze chitozanu w ilości 1–80% mas. i kwasu octowego w ilości 0,5–50% mas., do której to mieszaniny oddzielnie dodaje się wodny roztwór metylocelulozy w ilości 1–80% mas., przy czym stosunek molowy wapń:fosfor zawiera się w przedziale 1,50–1,80, a pH środowiska utrzymuje się na poziomie 5–12, wytrącony osad poddaje się dojrzewaniu, po czym odsącza się i przemywa wodą destylowaną, następnie dodaje się nanocząsteczki metalowe, korzystnie złota lub miedzi w ilości 0,001–20% mas., zamraża na okres 3–70 h w temp. od -1°C do -30°C, następnie rozmraża, dekantuje i suszy.

(3 zastrzeżenia)

Zgł. nr 443024; C08L 23/08

POLITECHNIKA ŁÓDZKA, Łódź

Latos-Brozio M., Masek A., Milczarek K.

Kompozycja elastomerowa o podwyższonej odporności na utlenianie oraz zmieniająca barwę podczas starzenia

Przedmiotem zgłoszenia jest kompozycja polimerowa o podwyższonej odporności na utlenianie oraz zmieniająca barwę podczas starzenia, zawierająca kauczuk etylenowo-norbornenowy oraz substancję przeciwstarzeniową, która charakteryzuje się tym, że jako substancję przeciwstarzeniową zawiera poli(katechinę) lub poli(naringeninę) w ilości 0,5–1,5 cz. mas. na 100 cz. mas. kauczuku. Kompozycja zawiera poli(katechinę) lub poli(naringeninę), korzystnie otrzymane metodą polimeryzacji odpowiednio (+)-katechiny lub naringeniny ze związkami sieciującym w postaci eteru diglicydylowego glicerolu, w obecności L- α lecytyny jako środka powierzchniowo czynnego, w środowisku cykloheksanu.

(3 zastrzeżenia)

Zgł. nr 442999; C22C 21/02

MABO SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Mierzyn

Ciftci J., Depczyński R., Dondziak K., Franczak K., Kawecki A., Kiesiewicz G., Knych T., Kordaszewski S., Kowal R., Kowalczyk A., Kwaśniewski P., Mamala A., Płonka B., Rajda M., Remsak K., Sadzikowski M., Śiężor W., Zdunek J.

Stop aluminium

Stop aluminium zawierający oprócz aluminium także krzem, żelazo, miedź, mangan, magnez, chrom, cynk i tytan, charakteryzuje się tym, że zawiera masowo 0,8–0,9% krzemu, 0,3% żelaza, 0,6–0,75% manganu, 0,6–0,8% magnezu i 0,1% cynku. Stop aluminium zawierający oprócz aluminium także krzem, żelazo, miedź, man-

gan, magnez, chrom, cynk, tytan i cyrkon, charakteryzuje się tym, że zawiera masowo 1,2–1,35% krzemu, 0,3% żelaza, 0,65–0,8% manganu, 1,0–1,2% magnezu, 0,1% cynku i 0,1–0,18% cyrkonu.

(2 zastrzeżenia)

Zgł. nr 447073; C21B 13/00

SECO/WARWICK SPÓŁKA AKCYJNA, Świebodzin

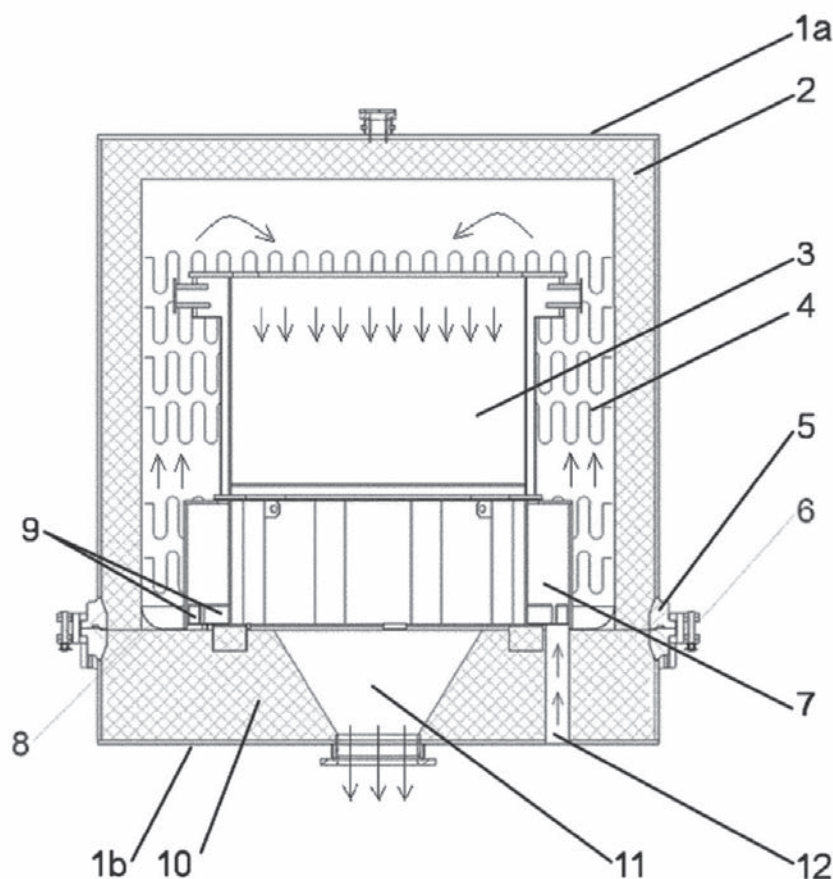
Wiechczyński A., Przygoński T., Zieliński M., Pazderski J.,
Galewski P., Jereminowicz P., Piechowicz Ł., Miliszewski A.,
Szyk M.

Urządzenie do termiczno-gazowej redukcji tlenków metali z użyciem wodoru jako gazu procesowego

Przedmiotem zgłoszenia jest urządzenie do bezpośredniej redukcji tlenków metali, zwłaszcza tlenków żelaza (DRI), stanowiące zespół pieca kołpakowego w połączeniu z instalacją technologiczną, w której jako gazu procesowego używa się wodoru (H_2), przy czym instalację tę stanowi zestaw następujących bloków funkcjonalnych: chłodnica gazu procesowego, skraplacz pary wodnej, osuszacz gazu procesowego, zespół filtrów mechanicznych, dmuchawa procesowa, zespół pomp próżniowych, instalacja wyrzutu

gazów po procesowych, stacja gazów technologicznych (H_2 i N_2), instalacja wody chłodzącej w obiegu zamkniętym, urządzenie załadowczo-rozładowcze oraz zbiornik kondensatu, z kolei usytuowany pionowo w dwuczęściowej rozłącznej obudowie piec kołpakowy zawiera w swej dolnej części (1b) nieruchomy trzon w izolacji termicznej (10), na którym sytuuje się załadowany wsadem kosz (3) z ażurowym dnem, z kolei pełniącą funkcję ruchomego kołpaka górna część pieca w obudowie (1a), jest wyposażona w umieszczoną wewnątrz ceramiczną izolację termiczną (2) wraz z systemem kontroli temperatury procesowej, ponadto w obudowie są usytuowane: zestaw elektrycznych elementów grzejnych (4) dużej mocy oraz instalacja przepływu gazu procesowego (11, 12), przy czym obydwie części obudowy (1a) i (1b), wyposażone w kołnierze stykowe odpowiednio (5), są ze sobą szczelnie połączone, a ponadto pomiędzy trzonem (10) a koszem (3) jest usytuowany torusowy kolektor (7) gazu procesowego z obwodowo-zewnętrznymi dyszami wylotowymi (9), zintegrowany w funkcji z podporą kosza (3), przy czym kolektor (7) jest zasilany gazem procesowym za pośrednictwem kanału dolotowego (12), usytuowanego pozaosiowo w trzonie (10), natomiast w trzonie (10), poniżej kolektora (7), jest osiowo usytuowany kanał wypływowy (11) zużytego gazu procesowego.

(7 zastrzeżeń)



Zgł. nr 443057; C09J 7/38

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY
W SZCZECINIE, Szczecin
Weisbrodt M., Kowalczyk A.

*Sposób wytwarzania poliakrylanowo-silikonowego kleju samo-
przylepnego*

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób wytwarzania poliakrylanowo-silikonowego kleju samoprzylepnego, wg zgłoszenia, uzyskanego na bazie monomerów (met)akrylanowych i pochodnych krzemu w wyniku fotopolimeryzacji. Sposób charakteryzuje się tym, że bezrozpuszczalnikowej fototelomeryzacji wolnorodnikowej poddaje się mieszaninę złożoną z 92–98,7% mas. monomerów akrylanowych zawierających 1–9 atomów węgla w łańcuchu alki- lowym, 1–7% mas. monomerów metakrylanowych zawierających do 4 atomów węgla w łańcuchu alki lowym, 0,3–1% mas. nienasy- conego kopolimeryzującego fotoinicjatora na bazie benzofenonu, przy czym mieszanina stanowi 100% mas. oraz 3–15 cz. mas. telogenu i 0,05–1 cz. mas. fotoinicjatora rodnikowego, oba na 100 cz. mas. mieszaniny. Jako telogen stosuje się pochodne krzemu zawierające przynajmniej jedno ugrupowanie Si–H. Proces fototelomeryzacji mieszaniny zdolnej do samosieciowania prowadzi się z wykorzystaniem naświetlania średniociśnieniową lampą rtęciową emitującą promieniowanie UV-A o długości fali 320–380 nm, następnie syrop powleka się na nośnik i naświetla się z użyciem średniociśnieniowej lampy rtęciowej UV-A UV-B, UV-C o długości fali 230–380 nm uzyskując filmy klejowe o gra- maturze 15–120 g/m².

(6 zastrzeżeń)

Zgł. nr 443064; C09K 8/493

INSTYTUT NAFTY I GAZU – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADA-
CZY, Kraków
Rzepka M., Kędzierski M., Kątna E., Filip S.

*Kompozycja zaczynu cementowego do uszczelniania rur okładzi-
nowych w podziemnych magazynach wodoru*

Przedmiotem zgłoszenia jest kompozycja zaczynu cementowego do uszczelniania rur okładzinowych w podziemnych magazynach wodoru, na bazie wody, cementu i środków modyfikujących oraz nanotlenku krzemu, która charakteryzuje się tym, że zawiera 100 cz. mas. cementu portlandzkiego, 1,3–1,5 cz. mas. KCl (chlorku potasu), 0,3 cz. mas. nanotlenku krzemu, 0,5 cz. mas. mieszaniny modyfikowanych lignosulfonianów i produktów naftalenowych, 0,5 cz. mas. produktu pochodzącego z estrów nienasyconych kwasów tłuszczowych, rafinowanych węglowodorów, 0,1 cz. mas. mieszaniny organicznych polimerów i modyfikowanych kopolime- rów rozpuszczalnych w wodzie, 0,15 cz. mas. modyfikowanych związków lignosulfonianów o charakterystycznym zapachu wa- nilii, 5 cz. mas. mielonego cementu portlandzkiego oraz 46–48 cz. mas. wody.

(2 zastrzeżenia)

Przygotowała mgr Anna Skurzevska



WYDAWNICTWO SIGMA-NOT

ponad 70 LAT NA RYNKU
34 TYTUŁY
150 000 PUBLIKACJI

Bądź bardziej EKO

KORZYSTAJ Z ZASOBÓW
PORTALU INFORMACJI TECHNICZEJ







INFORMACJE DLA AUTORÓW

Redakcja przyjmuje do publikacji tylko prace oryginalne, niepublikowane wcześniej w innych czasopiśmie ani materiałach z konferencji (kongresów, sympozjów), chyba że publikacja jest zamawiana przez Redakcję. Artykuł przekazany do Redakcji nie może być ani opublikowany w całości lub części, ani równocześnie przekazany do opublikowania w innym czasopiśmie. Fakt nadesłania pracy do Redakcji uważa się za jednoznaczny z oświadczeniem Autora, że warunek ten jest spełniony. Z chwilą otrzymania artykułu przez Redakcję następuje przeniesienie praw autorskich na Wydawcę (Redakcję), która ma odciążone wyłączone prawo do korzystania z utworu, rozporządzania nim i zwielokrotniania dowolną techniką, w tym elektroniczną oraz rozpowszechniania. Bez zgody Wydawcy (Redakcji) artykuł nie może być reprodukowany w żadnej postaci ani tłumaczony. Za publikację prac naukowo-badawczych Wydawca nie płaci honorarium autorskiego. Druk publikacji naukowych związanych jest z pewnymi kosztami, których ok. 50% musi ponieść instytucja Autora, bowiem przychody redakcji z tytułu prenumeraty i reklam drukowanych w naszym czasopiśmie pokrywają tylko ok. 50% kosztów. Koszt jednej strony w druku wynosi 300,00 zł netto. W uzasadnionych przypadkach Redakcja może dopuścić do nieodpłatnej publikacji artykułu. Warunkiem koniecznym jest oświadczenie o braku środków na pokrycie kosztów druku i/lub pozytywna ocena merytoryczna artykułu, potwierdzająca znaczenie przeprowadzonych badań i analiz oraz oryginalność materiału. Artykuły są drukowane zależnie od sytuacji ekonomicznej Redakcji.

Artykuł w języku polskim lub angielskim powinien być dostarczony do Redakcji w formie elektronicznej, jako załącznik do e-maila. Należy oczekiwać potwierdzenia jego otrzymania przez Redakcję (z podaniem numeru ewidencyjnego zarejestrowanego artykułu). W przypadku nie otrzymania przez Autora takiego potwierdzenia należy najpóźniej po 2 tygodniach skontaktować się z Redakcją w sprawie zgłaszanego artykułu. Wydruk artykułu w formacie A4 powinien mieć znormalizowaną liczbę wierszy i znaków w wierszu (32 wiersze po ok. 80 znaków w wierszu). Między wierszami należy zachować 1 interlinię, wielkość czcionki Times New Roman 13 punktów. Objętość artykułów naukowo-badawczych nie powinna przekraczać 12 tak znormalizowanych stron maszynopisu, a artykułów przeglądowych 20 stron włącznie z tabelami, rysunkami, wzorami i spisem literatury. Możliwy jest druk dłuższych publikacji, ale ich Autorzy muszą mieć świadomość, że oznaczają to będzie wyższe koszty druku. W tekście można zaznaczyć te elementy lub fragmenty, które należy szczególnie wyróżnić (kursywą, pogrubieniem lub kolorem). Przypisy uzupełniające i wyjaśniające tekst podstawowy powinny być napisane na dole strony, na której występują. Zaleca się umiar w stosowaniu przypisów. Tytuł artykułu należy podać w języku angielskim i polskim. Praca powinna zawierać streszczenie w języku angielskim i polskim. Streszczenie powinno być krótkim, trój- lub czterozdaniowym wyrażeniem najważniejszych myśli artykułu i podsumowaniem wyników pracy, napisanym w formie bezosobowej.

Wzory powinny być pisane bardzo czytelnie. Litery greckie należy opisać na marginesach (np. β – beta). Wyraźnie należy różnicować liczbę „0” i dużą literę „O”. Szczególnie czytelny powinien być zapis potęg i indeksów. Wzory i równania (chemiczne, matematyczne, fizyczne) należy przygotować specjalnymi edytorami (np. ChemWin, ISIS Draw 2.2) i zapisać w powszechnie używanym formacie graficznym (np. tiff, gif, jpg). We wzorach i w tekście należy stosować jednostki Międzynarodowego Układu Jednostek SI. Jednostki w tabelach i w opisach rysunków należy podać po przecinku, a nie w nawiasach.

Tytuł i śródtytuły powinny być możliwie krótkie, lapidarnie ujmujące treść artykułu lub rozdziału. Śródtytuły należy numerować, można też oznaczyć ich rodzaj na marginesie (np. I rzędu, II rzędu, III rzędu).

Tabele, podpisy pod rysunkami i rysunki, ilustracje (w wymienionej kolejności) po-winny znajdować się poza tekstem, a na marginesie wydruku tekstu lub w jego treści powinny być zaznaczone proponowane miejsca ich włamania. Zaleca się zestawianie wyników pomiarów lub różnych właściwości w formie tabelarycznej. Tabele powinny być ponumerowane cyframi arabskimi. Tytuł tabeli w języku angielskim i polskim po-winien znajdować się nad tabelą. Nie stosuje się skrótu „tab.” ani w tytule, ani w tekście artykułu (jeśli w artykule jest tylko jedna tabela, to nie wpisuje się „1”). Tabele nie po-winny być zbyt rozbudowane. Pożądane jest, aby mieściły się w szerokości szpalty lub kolumny druku (podstawa 8,5 cm lub 17,5 cm). W tabelach powinny być zaznaczone te rubryki, które należy wyróżnić za pomocą koloru.

Podpisy umieszczamy pod rysunkami. Wszystkie wykresy, rysunki i fotografie nazywa się rysunkami i numeruje kolejno (jeśli jest tylko 1 rysunek nie wpisuje się „1”), podając na każdym nazwisko Autora. Po skrócie Rys. należy wpisać numer rysunku lub fotografii, tytuł, a następnie stosowane na ilustracji oznaczenia. Jeśli oznaczenia zostały objaśnione w tekście, należy wpisać sformułowanie „oznaczenia objaśniono w tekście”.

Rysunki powinny być optymalnie szczegółowe. W rysunkach należy unikać słów obcojęzycznych, zastępując je polskimi odpowiednikami. Opisy rysunków podawane przy osiach x, y powinny być wielką literą, a jednostka po przecinku (bez nawiasu kwadratowego), np. Masa, g.

Elementy rysunków powinny być opisane symbolami (wersaliki), a rozwinięcie oznaczeń symboli przeniesione do podpisu. Opisywanie rysunku pełnym tekstem jest dopuszczalne tylko wtedy, gdy ma to ważne uzasadnienie merytoryczne. Jest to uwarunkowane

dążeniem redakcji, aby rysunek zmieścił się na jednej szpalcie lub w szerokości jednej kolumny (podstawa 8,5 cm lub 17,5 cm). Pożądane typy rysunków to: wykresy liniowe, słupkowe, blokowe. Rysunki powinny być dostarczone jako osobne pliki graficzne o wysokiej rozdzielczości w powszechnie akceptowanych formatach (np. tiff, gif, jpg, bmp). Nie powinny znajdować się w ramkach.

Przed LITERATURĄ można umieścić podziękowania, informacje o grantach, projektach lub stypendiach, w ramach których wykonano pracę, informacje o finansowaniu.

Literatura cytowana powinna być umieszczana na końcu artykułu, uporządkowana w kolejności cytowania w tekście i kolejno ponumerowana, numery cytowanych w spisie pozycji powinny znajdować się w nawiasie kwadratowym. W tekście numerację odnośników należy wpisywać także w nawiasach kwadratowych. Nie należy stosować tzw. automatycznego spisu literatury cytowanej. Literatura powinna zawierać podstawowe elementy opisu bibliograficznego wg podanych przykładów (1. książka, 2. czasopismo, 3. materiały konferencyjne, 4. praca doktorska, 5. materiały reklamowe firmy, 6. patent, 7. norma, 8. Dziennik Ustaw, 9. rozporządzenie, 10. dyrektywa, 11. adres internetowy):

- [1] Luximon A.: Handbook of footwear design and manufacture. Woodhead Publishing, Cambridge (2013).
- [2] Aizenshtein E.M.: Polyester fibres continue to dominate on the world textile raw materials balance sheet. Fibre Chemistry 41 (1) (2009) 1–8.
- [3] Sajek A.K., Sajek A.: A title of an article published in conference proceedings. A Title of the Conference, locality, June 20th–24th (2004) 101–105.
- [4] Brzozowski R.: Badanie selektywności kształtu w reakcjach syntezy diizopropylonaftalenów prowadzonych w obecności katalizatorów glinokrzemianowych. Praca doktorska. Instytut Chemii Przemysłowej, Warszawa (2001).
- [5] GRYFSKAN Sp. z o.o., Hajnówka, Prospekt firmowy.
- [6] Zgł. pat. pol. P-344 539 (2000).
- [7] PN-EN ISO 20344:2012. Personal protective equipment. Test methods for footwear.
- [8] Dz.U. 2004, nr 19, poz. 177.
- [9] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonywania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. Dz.U. 2008, nr 119, poz. 765.
- [10] Dyrektywa 2004/18/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 31 marca 2004 r. w sprawie koordynacji procedur udzielania zamówień publicznych na roboty budowlane, dostawy i usługi. Dz.Urz. UE L 134, 114.
- [11] <http://www.spirulina.pl>, dostęp 15 marca 2013 r.

DOI: 10.14314/polimery.2016.031.

Imię i nazwisko Autora lub Autorów (bez tytułów naukowych i zawodowych) należy umieścić na pierwszej stronie, pod tytułem. Gwiazdka (*) powinien być oznaczony Autor do korespondencji, którego e-mail musi znaleźć się pod afiliacjami Autorów. Przy nazwiskach Autorów powinny być umieszczone numery ORCID.

Plik z publikacją wzorcową jest dostępny na stronie internetowej czasopisma im.mat.polsl.pl.

Wszystkie zgłoszone do druku prace naukowo-badawcze i problemowo-przeładowane (w tym także artykuły sponsorowane) poddawane są recenzji. Opinia Recenzenta jest przekazywana Autorowi do ustosunkowania się w terminie zazwyczaj nie dłuższym niż 1 miesiąc. Jeśli praca wymaga poprawek i/lub uzupełnień, to Autor musi wprowadzić je w czasie nie dłuższym niż 1 miesiąc. Niezwroćenie poprawionej pracy w tym terminie oznaczać będzie druk publikacji w późniejszym terminie. Redakcja zastrzega sobie prawo dokonywania poprawek językowych (stylistycznych) oraz skracania artykułów w przypadku występowania w nich powtórzeń i rozwlekości.

Notatki informacyjne, recenzje, wywiady, sprawozdania i komentarze przygotowywane są w zasadzie wyłącznie na zamówienie Redakcji lub z inicjatywy Autorów po wstępnym (np. telefonicznym) uzgodnieniu tematyki, zakresu i objętości opracowania. Podobnie jak w przypadku artykułów naukowo-badawczych i problemowo-przeładowanych, praca autorskie do publikacji zostają przeniesione na Wydawcę (Redakcję) po przekazaniu pracy do druku. Na każdy przedruk tych publikacji wymagana jest pisemna zgoda Redakcji.

W momencie dostarczenia artykułu do redakcji Autor (Autorzy) powinien dołączyć formularz zgłoszenia publikacji dostępny na stronie internetowej, w którym podane będą:

- imię i nazwisko, tytuł zawodowy i naukowy,
- nazwę i adres instytucji, w której praca została wykonana,
- numery telefonów i faksu, służbowy, komórka,
- adres poczty elektronicznej,
- adres do korespondencji,
- dane instytucji Autora do wystawienia faktury (oficjalna nazwa, oficjalny adres, numer NIP), w przypadku uczelni wyższej jest to zwykle adres jej rektora.

**We wszystkich sprawach budzących wątpliwości prosimy o telefoniczny lub mailowy kontakt z naszą Redakcją:
+48 663-311-933, i.materialowa@sigma-not.pl**

POLAGRA

food • horeca • foodtech

25-27.09.2024

POZNAŃ

ZAPRASZA

mtp
GRUPA



Międzynarodowe
Targi Poznańskie



zaprojektowane
ze smakiem

www.polagra.pl

Od 75 lat
poszerzamy

Twoje horyzonty

auto moto
Serwis

ATEST
OCHRONA PRACY

AURA
OCHRONA ŚRODOWISKA

CHŁODNICTWO

CIEPŁOWNICTWO
OGRZEWNICTWO
WENTYLACJA

dozór
techniczny

ELEKTRO
instalator

Elektronika
konstrukcja • technologia • zastosowania

GOSPODARKA
Mięsna GM

GOSPODARKA
WODNA

Gaz, Woda
i Technika Sanitarna
Gas, Water & Sanitary Engineering

HUTNIK
WIADOMOŚCI HUTNICZE

im
INŻYNIERIA
MATERIAŁOWA
MATERIALS ENGINEERING

MIESIĘCZNIK
MATERIAŁY
BUDOWLANE
technologie • rynek • wykorzystanie

Opakowanie

ochrona
Corrosion
przed korozją
Protection

przemysł
chemiczny

PRZEGLĄD
ELEKTROTECHNICZNY

PRZEGLĄD
geodezyjny

przeгляд
papierniczy

PRZEGLĄD
TECHNICZNY
GAZETA INŻYNIERSKA

Przeгляд
ELEKOMUNIKACYJNY
WIADOMOŚCI TELEKOMUNIKACYJNE

PRZEGLĄD WŁÓKNO
OPRZĘDZIE
WŁÓKIENNICZY SKÓRA

Przemysł
Fermentacyjny
i Owocowo-Warzywny
Fermentation and Fruit & Vegetable Processing Industry

PRZEGLĄD
PG
GASTRONOMICZNY
PISMO GASTRONOMÓW I HOTELARZY

przeгляд
@piekarski
i cukierniczy

Problemy
jakości
PROBLEMS OF QUALITY

PRZEGLĄD
ZBOZOWO
MŁYŃNARSKI

PRZEMYSŁ
SPOŻYWCZY

POLISH
TECHNICAL REVIEW
SCIENCE AND INDUSTRY IN A EUROPEAN CONTEXT OF CHANGES

We wiadomości
elektrotechniczne

WOKÓŁ
PŁYTEK
CERAMICZNYCH

WYDAWNICTWO
SIGMA-NOT



WYDANIA
PAPIEROWE



WYDANIA
ELEKTRONICZNE