



# INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

# 5

**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)



CETEF'24

www.cetef.eu 

ŚRODKOWOEUROPEJSKIE  
FORUM  
TECHNOLOGICZNE

18–19.11.2024, Kraków, Polska

JOIN  
US  
NOW



pod patronatem Parlamentu Europejskiego



Dr. inż. Zygmunt Krasieński  
Prezes  
Polskiej Izby Gospodarczej  
Zaawansowanych Technologii



Ewa Mańkiewicz-Cudny  
Prezes Zarządu  
Federacji Stowarzyszeń  
Naukowo-Technicznych  
Naczelna Organizacja Techniczna



Prof. dr hab. Piotr Jedynak  
Rektor  
Uniwersytetu Jagiellońskiego



Prof. dr hab. inż. Jerzy Lis  
Rektor  
Akademii Górniczo-Hutniczej  
im. Stanisława Staszica  
w Krakowie

To dla nas wielki zaszczyt zaprosić Państwa na Środkowoeuropejskie Forum Technologiczne – CETEF'24, które odbędzie się w Krakowie w dniach 18–19 listopada 2024 r., w przeddzień Polskiej Prezydencji w Radzie Unii Europejskiej.

W trudnym czasie narastających globalnych wyzwań i w warunkach ciągle trwającej wojny na Ukrainie, potrzeba kontynuacji długofalowego przedsięwzięcia, jakim jest Forum, umożliwiającego spotkania i dyskusje środowiska nowych technologii i pokazanie potencjału technologicznego naszego regionu Europy, jest bardzo silna.

Zapraszamy Państwa do aktywnego włączenia się w debatę dotyczącą rozwoju dziedzin techniki mających kluczowe znaczenie dla sukcesu transformacji energetycznej w ważnych obszarach technologicznych. Dla osiągnięcia tego celu Europa powinna optymalnie wykorzystać silne zaplecze badawcze, a także środki finansowe, które mamy do dyspozycji, wspierać rozwój przemysłu oraz szybko rozwijający się sektor start-upów.

Dwudniowy program Forum został w tym roku wzbogacony o wizyty studyjne do czołowych krakowskich centrów badawczych oraz międzynarodowe spotkanie networkingowe Horizon Europe Matchmaking Event. W tegorocznej edycji zapraszamy na siedem technologicznych konferencji dziedzinowych, których tematyka obejmuje zakres od innowacyjnych technologii transformacji energetycznej, przez innowacje w automatyce, robotyce i sztucznej inteligencji, technologie kosmiczne i satelitarne, innowacje w biotechnologiach, aż po inżynierię materiałową, technologie rolno-spożywcze oraz innowacje społeczne w technologiach.

Tegoroczna edycja Forum, cieszy się wyjątkowo dużym zainteresowaniem środowiska wysokich technologii, o czym świadczy rekordowa liczba Partnerów tego wydarzenia. Miło nam, że do współpracy przystąpiły zarówno firmy high-tech, jak i czołowe uczelnie i instytuty badawcze, a także organizacje reprezentujące doświadczone grono inżynierów, doktorantów oraz młodych naukowców, zarówno z Europy, jak i spoza niej. W szczególności cenimy sobie bezpośrednie zaangażowanie w przygotowanie Forum Prezydenta Miasta Krakowa, które stawia na start-upy i rozwój technologiczny.

Komisja Europejska rozpoczęła pracę nad kolejnym już 10. Programem Ramowym Badań i Innowacji UE. Głos polskiego środowiska wysokich technologii w konsultacjach tego programu jest wyraźnie słyszalny w Brukseli. Po raz pierwszy w historii, Partnerem Medialnym Forum jest wpływowa sieć Science|Business zajmująca się tematyką polityki badawczo-innowacyjnej i Programami Ramowymi Unii Europejskiej.

To co wyróżnia Środkowoeuropejskie Forum Technologiczne – CETEF'24 spośród innych międzynarodowych konferencji to skupienie się na technologiach przemysłowych, otwartość na świat, włączenie środowiska młodych innowatorów, debata na ukształtowanie kolejnego 10. Programu Ramowego UE i budowanie osobistych kontaktów między partnerami do podejmowania wspólnych projektów europejskich. Wyrażamy nadzieję, że wysokiej klasy specjaliści skupieni wokół CETEF'24 wskażą drogę i przygotują scenariusz działania dla rozwoju technologicznego Europy.

Za Państwa sprawą w listopadzie 2024 r. Kraków stanie się europejską stolicą zaawansowanych technologii i przemysłu jutra. Mamy nadzieję, że wymiana pomysłów i doświadczeń będzie owocna.

Do zobaczenia!

Więcej informacji:  
<https://cetef.eu/>



Organizatorzy  
CETEF'24



POLSKA IZBA GOSPODARCZA ZAANWANSOWANYCH TECHNOLOGII  
POLISH CHAMBER OF COMMERCE FOR HIGH TECHNOLOGY



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:**

Zakład Poligrafii i Kolportażu Wydawnictwa SIGMA-NOT  
tel. 833 40 69, drukarnia@sigma-not.pl

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 SOB CZAK-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](http://www.freepik.com)



# INŻYNIERIA MATERIAŁOWA 5

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

### Claudia Garbowska, Oliwia Grzywacz, Wiktoria Wrzesińska, Magdalena Bańkosz

*The use of adaptogens in regenerative medicine*

Zastosowanie adaptogenów w medycynie regeneracyjnej ..... 5

### Adam Barylski

*Material aspects of the construction of disc lapping machine tools for flat surfaces*

Materiałowe aspekty budowy narzędzi docierarek tarczowych do  
płaszczyzn ..... 13

### CO PISZĄ INNI

Przegląd krajowych i zagranicznych czasopism naukowych  
i naukowo-technicznych ..... 25

### ZGŁOSZENIA PATENTOWE

Wybrane zgłoszenia patentowe z dziedziny inżynierii materiałowej  
wg *Biuletynu Urzędu Patentowego* nr 33–41 z 2024 r. .... 28

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,**

według organizacji Greenpeace w latach 2021–2030 na całym świecie 12,85 mln t baterii litowo-jonowych (LIB) przestanie się nadawać do użycia w pojazdach elektrycznych. W tym samym czasie z ziemi wydobytych zostanie ponad 10 mln t litu, kobaltu, niklu i manganu, aby wyprodukować z nich nowe baterie. Światowe zużycie LIB tylko w ostatnich 4 latach wzrosło aż dwukrotnie, generując niewyobrażalne ilości odpadów bateryjnych zawierających wiele szkodliwych substancji. Istnieje zatem coraz pilniejsza potrzeba opracowania metod efektywnej recykulacji zużytych LIB. Ciekawe rozwiązanie problemu zaproponowali polscy chemicy, których badania pozwolą w przyszłości ze zużytych LIB produkować nadtlenek wodoru, który znajduje zastosowanie w wodzie utlenionej, wybielaczach, a nawet w paliwie do rakiet (*ChemElectroChem* 2024, **11**, nr 15, e202400248). Naukowcy z Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich (PBS) oraz Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauki, Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie i Politechniki Wrocławskiej badali zastosowanie materiałów ze zużytych baterii w procesach katalitycznych, zwłaszcza umożliwiających produkcję nadtlenu wodoru. Baterie litowo-jonowe do tej pory traktowano jako wtórne źródło głównie grafitu, a także litu, kobaltu i niklu. Tymczasem, jak podkreśla kierownik projektu dr inż. Magdalena Warczak (PBS), *nadtlenek wodoru to jedna z podstawowych cząsteczek chemicznych, istotna w wielu gałęziach przemysłu*. Wyniki badań jednoznacznie dowodzą, że odpady bateryjne katalizują redukcję tlenu do nadtlenu wodoru i w przyszłości mogą znaleźć zastosowanie przy produkcji tego ważnego związku chemicznego. Podstawą do badań bydgoskich chemików był materiał węglowy otrzymany z elektrod wyjętych ze zużytych LIB, które poddano procesowi kwaśnego ługowania w celu odzyskania wartościowych metali. Otrzymany materiał węglowy, w zależności od warunków eksperymentalnych, był mniej lub bardziej wytrawiony i po sproszkowaniu nadal zawierał niewielkie domieszki metali, w tym kobaltu, pierwiastka, którego związki są często stosowane w katalizie. Jak zaznaczono w komunikacie PBS, *badania elektrochemiczne wykazały, że materiały odzyskane ze zużytych baterii LIB dzięki zawartości nanostruktur węglowych oraz kobaltu wykazują właściwości katalityczne względem reakcji redukcji tlenu*. Jednocześnie właściwości te w istotnym stopniu zależą od rodzaju próbki (jej składu i struktury), a zatem głównie od składu kąpieli trawiących stosowanych przy oczyszczaniu elektrod wyjętych z LIB. Jak podała uczelnia, badania będą kontynuowane, głównie z myślą o zwiększeniu wydajności reakcji elektrochemicznych do poziomu pozwalającego na wdrożenia przemysłowe w przyszłości. W dalszych planach znajdują się prace nad redukcją czteroelektronową pod kątem zastosowań w ogniwach paliwowych.

W przedostatnim w tym roku numerze naszego czasopisma prezentujemy artykuł pt. „Zastosowanie adaptogenów w medycynie regeneracyjnej”, w którym autorzy przedstawili charakterystykę adaptogentów, ich działanie oraz przykłady roślin adaptogennych, a także omówili ich wpływ na organizm poprzez wsparcie zdrowia psychicznego i fizycznego, przytaczając współczesne badania potwierdzające ich skuteczność. W artykule „Materiałowe aspekty budowy narzędzi docierarek tarczowych do płaszczyzn” autor przedstawił problematykę doboru materiałów na narzędzia w operacjach docierania i szlifowania powierzchni na obrabiarkach tarczowych, dokonał charakterystyki stosowanych materiałów na tego typu narzędzia oraz wybranych konstrukcji tarcz do obróbki elementów płaskich i płasko-równoległych. Wskazał ponadto na korzystne zastosowanie żeliw sferoidalnych w aspekcie aktywizacji powierzchni czynnej docieraków ścierniwem i przedstawił analizę modelową aktywizacji docieraków z niestopowego żeliwa sferoidalnego. Omówił także opracowane konstrukcje narzędzi ścierno-metalowych oraz porównał docieranie luźnym ścierniwem i szlifowanie ściernicami segmentowymi na docierarkach tarczowych. Jak zawsze polecamy Państwu także lekturę stałych działów, w których zebraliśmy najciekawsze informacje z dziedziny inżynierii materiałowej.

W związku ze zbliżającym się końcem roku zachęcamy do zapoznania się z ofertą prenumeraty „Inżynierii Materiałowej” w 2025 r. Tak jak w ubiegłym roku przygotowaliśmy dla Państwa trzy różne pakiety, aby każdy mógł wybrać najwygodniejszą dla siebie formę prenumeraty.

Życzymy przyjemnej lektury!

**Anna Skurzevska**  
**Sekretarz Redakcji**

## MADE IN POLAND

### Biodegradowalny filtr do mikroplastiku

Naukowcy ze Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (SGGW) pracują nad biodegradowalnym filtrem do mikroplastiku przypominającym magnes, który zamiast opiłków metalu przyciąga plastik. Jak informuje uczelnia, filtr przyciąga cząsteczki polistyrenu, polietylenu, PET i można go zastosować w każdym zbiorniku wodnym. Dr hab. inż. Adam Ekielski, prof. SGGW, z Katedry Inżynierii Produkcji Instytutu Inżynierii Mechanicznej SGGW przefiltrował i zbadał wodę, która jest wylewana z pralki po praniu. *Dokładniejsze badania pokazały, że w czasie prania z odzieży może uwolnić się nawet 50 tys. mikrowłókien. Szczególnie dużo włókien jest uwalnianych podczas prania odzieży z popularnego „polaru”, czyli materiałów poliestrowych. W tym przypadku system zliczania i identyfikacji mikrocząstek, opracowany przez pracowników Instytutu oszacował na ponad 600 tys. cząstek mikroplastiku uwalnianego w czasie prania ok. 5 kg „polaru”.* Dalsze badania pokazały, że wystarczy bluzę polarową wyprać 25 razy, aby straciła ona ok. 1% swojej masy. Materiał uwalniany w trakcie prania przenoszony jest przez system kanalizacji do oczyszczalni ścieków, które często nie są przystosowane do wychwytywania mikro- i nanocząstek plastiku. Prof. A. Ekielski wspólnie z grupą naukowców z Portugalii (National Laboratory of Energy and Geology) i Rumunii (National Institute for Research-Development of Machines & Installations for Agriculture) zbadał osady pozostałe po przejściu przez oczyszczalnię ścieków oraz wodę opuszczającą oczyszczalnię. W przypadku wysuszonego osadu z oczyszczalni i odrzuceniu większych kawałków plastiku okazało się, że w prawie połowie masy, która pozostała znajdował się właśnie trudny do odfiltrowania mikroplastik.

W wyniku przeprowadzonych badań naukowcy opracowali bierny i biodegradowalny filtr do mikroplastiku, a właściwości adsorpcji mikrocząstek plastiku (PET, PE i PS) potwierdzono już w warunkach laboratoryjnych. – *Bierny filtr, czyli taki, który nie zawiera żadnych aktywnych elementów, przypomina trochę magnes, który zamiast opiłków metalu przyciąga plastik. Co jakiś czas trzeba go wymieniać. Ma formę elastycznej poduszki, ale nie porowatej. Mikroplastik nie przenika do środka, a przykleja się do jego powierzchni. Filtr jest biodegradowalny, wykonany z pewnych form ligniny* – wyjaśnia prof. A. Ekielski. Lignina jest substancją występującą powszechnie w drewnie i zwykle traktowana jest jako odpad, ale od niedawna zaczyna się coraz częściej mówić, że można ją wykorzystywać na różne sposoby. – *Nasz filtr przyciąga cząsteczki polistyrenu, polietylenu, PET [...] Przy powolnym przepływie i mieszaniu jest w stanie wychwycić 60–90% mikro- i nanocząstek znajdujących się w odległości mniejszej niż 1 mm od aktywnej powłoki filtra* – opisuje prof. A. Ekielski. Potwierdzone zjawisko dotyczy cząstek o najdłuższym wymiarze nieprzekraczającym

100 mikrometrów. – *Samo zjawisko przyciągania i mechanizm interakcji sił elektrostatycznych w roztworach wodnych jest niezwykle ciekawe i wymaga dalszych badań. Niemniej sam pomysł na tego typu system oczyszczania wody uważam za niezwykle nośny. Jest on konkurencyjny w porównaniu do badanych obecnie filtrów wykorzystujących generatory pola elektrostatycznego umieszczone w strumieniu zanieczyszczonej wody* – dodaje prof. A. Ekielski. Filtr nazwany potocznie „dywanem z lignin” może mieć wszechstronne zastosowanie. Jak informuje SGGW, wynalazek można zastosować w każdym zbiorniku wodnym. Pojawił się pomysł na zastosowanie go również w pobliżu odpływów zlewów w domach.

Badania prowadzono w ramach międzynarodowego projektu BRISK2 finansowanego ze środków Horyzont 2020.

Źródło: Serwis Nauka w Polsce – [naukawpolsce.pl](http://naukawpolsce.pl)

### Pasywny chłód z Nagrodą Jamesa Dysona

Polski etap konkursu o Nagrodę Jamesa Dysona wygrał 4-osobowy zespół za technologię Kuuler, która może obniżyć koszty chłodzenia radiacyjnego budynków, i otrzymał 25 tys. zł na rozwój i wsparcie kolejnych kroków w komercjalizacji wynalazku. Zespół tworzą: Piotr Bomba, lider prac badawczo-rozwojowych, który prowadzi m.in. analizy zastosowań technologii Kuuler, Michał Kukulski, inżynier i główny projektant instalacji, który odpowiada również za zamówienia komponentów, dr Marta Michalska-Domańska z Instytutu Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, pracująca nad ustabilizowaniem procesu wytwarzania farby i zwiększaniem jej efektywności, oraz Agnieszka Biskup-Żbikowska zajmująca się pozyskiwaniem finansowania i współtworzeniem strategii rozwoju firmy. Jak podano w komunikacie prasowym, technologia wykorzystuje naturalne zjawisko radiacji ciepła przez okno atmosferyczne, które pozwala schłodzić powierzchnię panelu. Po podłączeniu panelu do jednostki chłodzącej klimatyzacja odciążana jest z poboru prądu i dostarcza czyste, pasywne chłodzenie. Kuuler opiera się na odbiciu promieniowania światła słonecznego zarówno w spektrum widzialnym, jak i podczerwieni z zakresu 7–10 μm. W swoim wynalazku inżynierowie zastosowali do pokrycia paneli farbę stworzoną z wykorzystaniem molekuł siarczany baru w odpowiednim rozmiarze. Dzięki temu podczerwień „przechodzi” przez powietrze, nie ogrzewając go, co powoduje zwiększone rozpraszanie ciepła. To z kolei sprawia, że powierzchnia farby pozostaje chłodniejsza niż temperatura otoczenia. Pokryte nią panele mogą zostać podpięte do większości systemów klimatyzacyjnych istniejących na rynku.

Do powstania wynalazku zespół zainspirował artykuł naukowy na temat promieniowania ciepłego; jego członkowie postanowili połączyć siły, aby odtworzyć wspomniany tam eksperyment. Po pomyślnych wynikach postanowili rozwijać pomysł. – *Startupy z obszaru deep-tech nie mają łatwo i cieszy nas bardzo, że rynek zaczyna dostrzegać naszą wartość. Wsparcie firm z tak silną marką, jak Dyson jest nieocenione dla startupów, których droga do komercjalizacji jest kosztowna, długa i wyboista* – ocenia dr Michalska-Domańska, odpowiadająca w projekcie za efektywność nanocząstek.

Misją pomysłodawców jest znaczne obniżenie kosztów chłodzenia poprzez innowacyjny system odpowiedni zarówno do zastosowań przemysłowych, jak i odbiorców indywidualnych. Jak przypominają członkowie „garażowej” grupy, 30% ludzi na świecie zmaga się z ekstremalnymi upałami. Popyt na klimatyzację ma zwiększyć się 4-krotnie w ciągu kolejnych 25 lat. – *Projekt, który gremialnie uwiódł grono ekspertów z różnych dziedzin stanowi odpowiedź na palącą potrzebę, jaką w obliczu rozwijającego się*

*kryzysu klimatycznego jest chłodzenie budynków. Na uwagę zasługuje również dostrzeżenie przez wynalazców ogromnej potrzeby nowych rozwiązań w obszarze usług i narzędzi medycznych. Szczególnie cieszy fakt szerokiego zainteresowania rehabilitacją medyczną nie tylko tą realizowaną w szpitalach, ale przede wszystkim tą prowadzoną w warunkach ambulatoryjnych* – podsumowała konkurs prof. dr hab. n. med. Dagmara Mirowska-Guzel z Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, juror etapu krajowego.

Przed członkami zespołu są teraz prace B+R, które będą skupiać się na ustabilizowaniu procesu produkcji farby oraz podniesieniu jej efektywności. W najbliższym czasie czeka ich także pilotaż z partnerem komercyjnym. Po jego zakończeniu i uzyskaniu wyników zespół będzie mógł wrócić do rozmów z inwestorami, dla których pilotaż stanowi istotny punkt wyjścia do dalszych ustaleń.

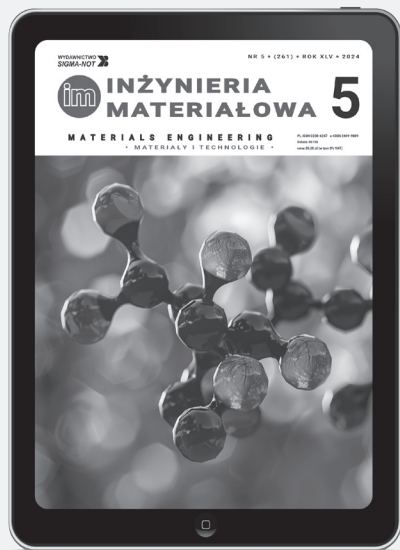
Serwis Nauka w Polsce – [naukawpolsce.pl](http://naukawpolsce.pl)

Przygotowała mgr Anna Skurzewska

**INŻYNIERIA MATERIAŁOWA**  
**e-mail: [i.materialowa@sigma-not.pl](mailto:i.materialowa@sigma-not.pl)**  
**tel.: +48 663-311-933**

## PRENUMERATA CZASOPISMA „INŻYNIERIA MATERIAŁOWA” na 2025 r.

„Inżynierię Materiałową” można zaprenumerować w portalu SIGMA-NOT lub w Zakładzie Kolportażu Wydawnictwa SIGMA-NOT w jednym z następujących wariantów:



- cena jednego egzemplarza 85,00 zł,
- prenumerata **papierowa**: 492,00 zł + koszt wysyłki 21,00 zł,
- prenumerata **cyfrowa**: 402,00 zł,
- prenumerata **PLUS** wersja **papierowa i cyfrowa** + dostęp do archiwalnych treści: 600,00 zł (bez kosztów wysyłki).

Warunki prenumeraty czasopism fachowych Wydawnictwa SIGMA-NOT oraz cenniki prenumeraty można znaleźć na Portalu Informacji Technicznej Wydawnictwa SIGMA-NOT [www.sigma-not.pl](http://www.sigma-not.pl).

### Kontakt:

Zakład Poligrafii i Kolportażu,  
 ul. ks. J. Popiełuszki 19/21, 01-595 Warszawa,  
 tel.: +48 22 840 35 89, 22 840 30 86, faks: +48 22 891 13 74,  
 email: [prenumerata@sigma-not.pl](mailto:prenumerata@sigma-not.pl)

## The use of adaptogens in regenerative medicine

# Zastosowanie adaptogenów w medycynie regeneracyjnej

CLAUDIA GARBOWSKA  
OLIWIĄ GRZYWACZ  
WIKTORIA WRZEŚIŃSKA  
MAGDALENA BAŃKOSZ\*

ORCID: 0009-0003-5661-7480

ORCID: 0000-0002-8016-7104

Katedra Inżynierii Materiałowej, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki,  
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków;  
\*e-mail: magdalena.bankosz@pk.edu.pl

*Adaptogens are plant-based substances that help the body cope with stress. Examples include ginseng and ashwagandha, which regulate cortisol and support mental and physical health. Used since ancient times, they have gained popularity with modern research confirming their effectiveness. They act on the nervous, endocrine and immune systems, accelerating recovery and wound healing. Adaptogens are valued for their natural origins and holistic health support. The overview article provides information on what adaptogens are, their effects and examples of adaptogenic plants such as ginseng and ashwagandha. It also discusses their effects on the body, supporting mental and physical health, and cites contemporary research supporting their effectiveness.*

**Keywords:** adaptogens, bioactive substances, phytotherapy

Adaptogeny to roślinne substancje wspomagające organizm w radzeniu sobie ze stresem. Przykłady to żeń-szeń i ashwagandha, które regulują poziom kortyzolu i wspierają zdrowie psychiczne oraz fizyczne. Stosowane od starożytności, zyskały na popularności dzięki współczesnym badaniom potwierdzającym ich efektywność. Działają na układ nerwowy, hormonalny i odpornościowy, przyspieszając regenerację i gojenie ran. Adaptogeny są cenione za naturalne pochodzenie i holistyczne wsparcie zdrowia. Artykuł przeglądowy przedstawiający charakterystykę adaptogenów, ich działanie oraz przykłady roślin adaptogennych. Omawia również ich wpływ na organizm poprzez wsparcie zdrowia psychicznego i fizycznego oraz przytacza współczesne badania potwierdzające ich skuteczność.

**Słowa kluczowe:** adaptogeny, substancje bioaktywne, fitoterapia

## 1. WSTĘP

Adaptogeny to grupa roślinnych substancji o wyjątkowych właściwościach regulacyjnych, które zwiększają odporność organizmu na różnorodne stresory. Wyróżnia je brak specyficznego działania oraz zdolność dopasowania do zmieniających się potrzeb systemów biologicznych. W medycynie adaptogeny cieszą się dużym zainteresowaniem ze względu na ich pozytywny wpływ na zdrowie i regenerację [1, 2]. Ponadto ich popularność w leczeniu różnych schorzeń rośnie z uwagi na ich naturalne pochodzenie i małe prawdopodobieństwo wystąpienia skutków ubocznych [3].

Dzięki swoim unikalnym właściwościom adaptogeny zyskują popularność w kontekście wsparcia leczenia farmakologicznego, co otwiera nowe perspektywy dla osób poszukujących naturalnych, holistycznych metod leczenia. Warto podkreślić, że mają duże znaczenie w terapiach problemów zdrowia psychicznego. Marrelli i współpr. [4] w swoich badaniach wskazują na uwalnianie substancji czynnych z adaptogenów roślinnych, które mają łagodzący wpływ na objawy depresji. Ponadto uniwersalność

tych substancji sprawia, że mogą być stosowane praktycznie przez każdego, niezależnie od wieku czy płci (wyjątek stanowi m.in. korzeń żeń-szenia, który nie powinien być stosowany np. u osób z podwyższonym ciśnieniem). Adaptogeny wpisują się w nurt nowoczesnej medycyny, której celem jest poszukiwanie skutecznych, naturalnych rozwiązań dla wielu współczesnych problemów zdrowotnych [5, 6]. Oprócz adaptogenów roślinnych, istnieją także adaptogeny chemiczne i fizyczne, które wpływają na zdolność organizmu do radzenia sobie ze stresem. Adaptogeny chemiczne i fizyczne to czynniki wspomagające organizm w radzeniu sobie ze stresem na różne sposoby. Adaptogeny chemiczne, takie jak kofeina i witamina C, działają poprzez poprawę biochemicznych mechanizmów, zwiększając energię, koncentrację (kofeina) oraz chroniąc komórki przed stresem oksydacyjnym (witamina C). Z kolei adaptogeny fizyczne, takie jak ekspozycja na zimno i wysiłek fizyczny, wzmacniają naturalne mechanizmy obronne organizmu, poprawiając krążenie krwi i zwiększając wytrzymałość oraz odporność na stres.

## 2. DEFINICJA I CHARAKTERYSTYKA ADAPTOGENÓW

Adaptogeny, zdefiniowane przez Lazareva i Brekmana w 1969 r., muszą spełniać trzy kryteria: niezawodnie zwiększać odporność organizmu na stres, nie wywoływać efektów ubocznych oraz mieć nieswoiste działanie. Wówczas adaptogeny były definiowane jako substancje, które zwiększają zdolności przystosowawcze organizmu. Współczesna definicja adaptogenów odnosi się do naturalnych substancji, które są nieszkodliwe, działają na poziomie neuroendokrynologicznym oraz zwiększają odporność organizmu na fizyczne, chemiczne i biologiczne stresory. Charakteryzują się zdolnością do adaptacji do indywidualnych potrzeb organizmu i równoważenia procesów metabolicznych [7]. Mogą być pochodzenia roślinnego, a ich działanie jest wielokierunkowe, obejmujące system nerwowy, hormonalny oraz odpornościowy. Adaptogeny zyskują coraz większą popularność ze względu na swoje potencjalne korzyści dla zdrowia i dobrego samopoczucia. Można znaleźć wiele roślinnych adaptogenów, takich jak m.in. żeń-szeń, ashwagandha, reishi czy rhodiola, które są stosowane w celu optymalizowania zdrowia fizycznego i emocjonalnego [1, 8]. Wśród najczęściej wykorzystywanych adaptogenów można wyróżnić:

- różeniec górski (*Rhodiola rosea*), który rośnie w chłodnych regionach Europy i Azji, a jego korzeń jest stosowany w celu poprawy wytrzymałości i zmniejszenia zmęczenia; *Rhodiola*

działa na oś podwzgórze-przysadka-nadnercza (HPA), wspierając organizm w adaptacji do stresu, a także wykazuje właściwości antyoksydacyjne i przeciwzapalne [9–11];

- żeń-szeń syberyjski (*Eleutherococcus senticosus*), który jest powszechnie używany w medycynie chińskiej; jest to roślina znana z poprawy wydolności fizycznej i umysłowej; *Eleutherococcus* działa poprzez modulowanie układu immunologicznego oraz zwiększanie tolerancji na stres, co czyni go skutecznym adaptogenem w przeciwdziałaniu wyczerpaniu i osłabieniu organizmu [12–14] (rys. 1);
- żeń-szeń właściwy (*Panax ginseng*), który jest jednym z najbardziej znanych adaptogenów, stosowanym w tradycyjnej medycynie azjatyckiej; zawiera ginsenozydy, które mają działanie przeciwzapalne i immunomodulacyjne, co wspomaga organizm w adaptacji do stresu; badania sugerują, że żeń-szeń może również poprawiać funkcje poznawcze i zwiększać odporność na zmęczenie [15, 16];
- ashwagandha (*Withania somnifera*) to roślina stosowana w medycynie ajurwedyjskiej, znana ze swoich właściwości antystresowych i immunomodulacyjnych; badania wykazały, że ashwagandha może obniżać poziom kortyzolu, co pomaga w zmniejszaniu stresu, oraz wspomaga funkcje poznawcze i układ odpornościowy [17, 18];
- cytryniec chiński (*Schisandra chinensis*), którego owoce są używane w medycynie chińskiej do poprawy wytrzymałości i zmniejszania zmęczenia; *Schisandra* wpływa na zwiększenie wydolności organizmu i poprawę funkcji wątroby, co wspiera detoksykację oraz adaptację do stresu; roślina ta posiada także właściwości przeciwzapalne i antyoksydacyjne [19–21].

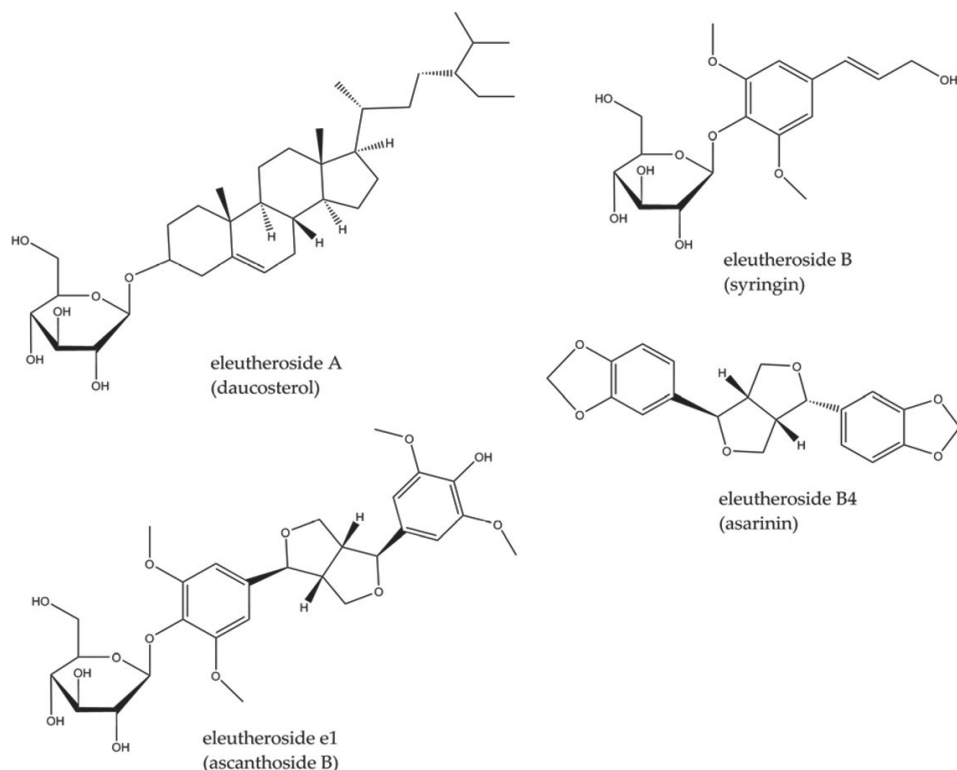


Fig. 1. Structures of eleutherosides found in *E. senticosus* [22]  
 Rys. 1. Struktury eleuterozydów występujących w *E. senticosus* [22]

Warto zauważyć, że adaptogeny mogą mieć różne działania w zależności od indywidualnych potrzeb organizmu, dlatego istnieje wiele badań nad ich zastosowaniem w profilaktyce chorób oraz poprawie zdrowia ogólnego. Suplementacja adaptogenami może stanowić uzupełnienie zdrowego stylu życia i diety. Warto jednak pamiętać, że przed rozpoczęciem stosowania adaptogenów zawsze warto skonsultować się z lekarzem w celu ustalenia odpowiedniej dawki i ewentualnych interakcji



z innymi substancjami aktywnymi. Stosowanie adaptogenów może pomóc utrzymać równowagę organizmu w zmiennych warunkach życia.

### 3. HISTORIA STOSOWANIA ADAPTOGENÓW W MEDYCYNIE

Historia stosowania adaptogenów w medycynie sięga czasów starożytnych w Chinach i Indiach. Aktywność farmakologiczna żeń-szenia została po raz pierwszy opisana w I w. przez nieznanego autora [6]. Chiński filozof taoistyczny Hongjing Tao (456–536 r. n.e) również wspomina o pozytywnym działaniu korzenia. Według ich zapisków żeń-szeń poprawia aktywność umysłową i ostrość widzenia, eliminuje czynniki chorobotwórcze, poprawia funkcje poznawcze, krążenie krwi oraz pomaga na osłabienie i zmęczenie. Ashwagandha była stosowana w medycynie ajurwedyjskiej (tradycyjna medycyna hinduska) od ponad 3000 lat. Roślina, która jest powszechnie znana jako indyjski żeń-szeń lub zimowa jagoda, posiada wiele korzyści leczniczych, w tym działanie przeciwnowotworowe, przeciwzapalne, hipoglikemiczne i przeciwutleniające. Naukowcy zidentyfikowali kilka bioaktywnych związków, takich jak flawonoidy, garbniki, alkaloidy, glikozydy i laktony steroidowe, obecnych w liściach, łodygach i korzeniach [23]. Współczesne badania nad adaptogenami rozpoczęły się w latach 40. XX w. w Związku Radzieckim. Od tego czasu adaptogeny były szeroko stosowane w medycynie naturalnej i klinicznej, a ich zastosowanie ciągle się rozwija dzięki coraz nowszym odkryciom naukowym [8, 24]. Prace badawcze w dziedzinie adaptogenów otwierają nowe perspektywy dla medycyny naturalnej i konwencjonalnej, a znalezienie nowych zastosowań tych naturalnych substancji może przynieść korzyści dla szerokiego grona pacjentów. Podejmowane badania nad adaptogenami są ważnym krokiem do pełniejszego zrozumienia ich potencjału terapeutycznego i wpływu na organizm ludzki. Wzrost zainteresowania adaptogenami przez naukowców i praktyków medycyny sprawia, że dalsze badania mogą doprowadzić do nowych odkryć, które poszerzą wiedzę o tych substancjach i ich zastosowaniach.

Badanie stosowania adaptogenów w medycynie to obszar, który ma znaczący wpływ na rozwój praktyk leczniczych i zdrowotnych, a również może przynieść nowe spojrzenie na funkcje zdrowotne adaptogenów w perspektywie przyszłych odkryć w dziedzinie medycyny regulatoryjnej [25].

### 4. PODSTAWY BIOLOGICZNE DZIAŁANIA ADAPTOGENÓW

Adaptogeny są grupą roślinnych substancji, które wykazują zdolność wspierania organizmu w adaptacji do stresu oraz przywracania homeostazy. Mechanizmy działania adaptogenów są złożone i obejmują regulację układu immunologicznego, hormonalnego oraz neuronalnego. Stosowanie adaptogenów może wpływać na obniżenie poziomu kortyzolu, którego nadmierna produkcja jest związana ze stresem, co korzystnie oddziałuje na reakcję organizmu. Ponadto adaptogeny mogą pomagać w stabilizacji poziomu neuroprzekaźników, takich jak serotonina, dopamina i noradrenalina, tym samym regulując nastrój oraz poprawiając/podnosząc ogólną wydolność organizmu. Wyniki badań naukowych związane z pozytywnym działaniem adaptogenów mogą korzystnie wpływać na zwiększenie świadomości społeczeństwa w kontekście zdrowia psychicznego i fizycznego, a poszerzenie wiedzy na temat mechanizmów działania adaptogenów oraz ich potencjalnych korzyści zdrowotnych może zachęcać do wdrażania naturalnych strategii wspierających homeostazę organizmu. Ponadto popularyzacja wyników badań może stymulować dalsze badania kliniczne i eksperymentalne, przyczyniając się do opracowania nowych, skutecznych terapii opartych na związkach adaptogennych [26]. Uważa się również, że adaptogeny mają potencjał wzmocnienia odporności organizmu poprzez regulację procesów immunologicznych.

#### 4.1. MECHANIZMY DZIAŁANIA ADAPTOGENÓW

Adaptogeny wykazują wielokierunkowe działanie biologiczne: normalizują funkcje metaboliczne oraz poprawiają odporność

organizmu na stres. Mechanizmy działania adaptogenów mogą obejmować aktywację szlaków sygnałowych związanych z regulacją stresu oksydacyjnego oraz poprawę funkcji mitochondriów [27]. Dodatkowo adaptogeny mogą działać na poziomie komórkowym poprzez zwiększenie produkcji białek szoku cieplnego, co korzystnie wpływa

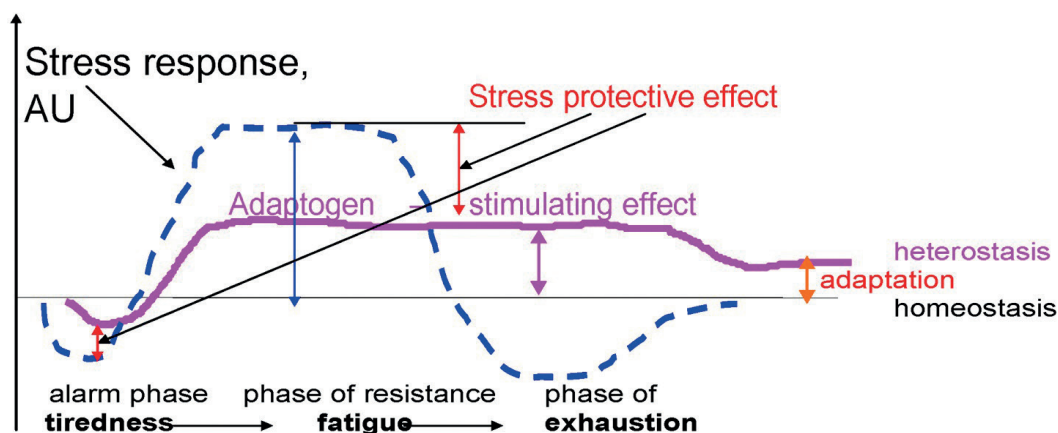


Fig. 2. Mechanism of action of adaptogens [30]  
Rys. 2. Mechanizm działania adaptogenów [30]

na zdolność komórek do przetrwania w trudnych warunkach, takich jak stres oksydacyjny czy uszkodzenia mechaniczne [28, 29]. Jak podaje Panossian i współpr., adaptogeny zwiększają ogólną odporność organizmu na stres oraz zmniejszają jego podatność na działanie stresorów, co prowadzi do ochrony przed stresem i wydłuża fazę odporności (efekt stymulujący). Zamiast wystąpienia wyczerpania, organizm osiąga wyższy poziom równowagi (homeostazy), zwanej heterostazą. Im wyższy poziom tej równowagi, tym lepsza zdolność adaptacji do stresu. Efekt stymulujący i przeciwdziałający zmęczeniu, wynikający z działania adaptogenów, został potwierdzony zarówno w badaniach na zwierzętach, jak i ludziach. Mechanizm tego działania zaprezentowano na rys. 2 [30].

Adaptogeny mają zdolność dostosowywania organizmu do różnych sytuacji stresowych, co pozwala na utrzymanie homeostazy i stabilności funkcji fizjologicznych w organizmie. W rezultacie adaptogeny stymulują organizm do wytworzenia naturalnych mechanizmów obronnych, które sprzyjają utrzymaniu zdrowia oraz zmniejszają negatywne skutki stresu na organizm [31–33]. Działanie adaptogenów obejmuje regulacje układu hormonalnego oraz odpornościowego, co przyczynia się do zwiększenia naturalnej bariery na drobnoustroje i inne czynniki wpływające na ogólną kondycję organizmu. Dodatkowo ich stosowanie może przynieść korzyści w postaci zwiększonej wydolności organizmu oraz poprawy samopoczucia [34]. Możliwości zastosowania adaptogenów są szerokie i obejmują zarówno profilaktykę zdrowotną, jak i uzupełniającą kurację w przypadku wystąpienia różnego rodzaju infekcji, stanów zapalnych i innych dolegliwości [35]. Obiecujący potencjał adaptogenów sprawia, że są one coraz częściej wykorzystywane w medycynie naturalnej oraz terapiach komplementarnych, co wiąże się z rosnącym zainteresowaniem ze strony pacjentów oraz specjalistów zajmujących się opieką zdrowotną [36, 37].

#### **4.2. INTERAKCJE ADAPTOGENÓW Z UKŁADEM NERWOWYM I HORMONALNYM**

Adaptogeny wykazują zdolność interakcji z układem nerwowym przede wszystkim poprzez modulację odpowiedzi na stres oraz poprawę funkcji kognitywnych. W badaniu przeprowadzonym w 2012 r. u pacjentów z przewlekłym stresem, którzy otrzymywali ekstrakt z ashwagandhy wykazano znaczne zmniejszenie poziomu kortyzolu oraz poprawę w zakresie stresu i ogólnego samopoczucia [38]. Ponadto badania potwierdziły, że ashwagandha może korzystnie wpływać na jakość snu, co jest kluczowe dla regeneracji organizmu i zdrowia psychicznego [39]. Adaptogeny wpływają także na układ hormonalny, głównie poprzez regulację osi podwzgórze-przysadka-nadnercza (HPA), co pomaga w zarządzaniu stresem i równoważeniu poziomów hormonów stresu, takich jak kortyzol. Żeń-szeń jest przykładem adaptogenu, który wykazuje wpływ na obniżenie poziomu kortyzolu oraz poprawę ogólnego samopoczucia. Badania wykazały, że suplementacja żeń-szeniem może prowadzić do zmniejszenia poziomu kortyzolu i poprawy odporności na stres,

co korzystnie wpływa na osoby narażone na chroniczny stres oraz jego negatywne skutki dla zdrowia [40]. Dodatkowo zarówno ashwagandha, jak i żeń-szeń wpływają na układ nerwowy, wspierając funkcje poznawcze i emocjonalne. Ashwagandha jest znana ze swoich właściwości łagodzących lęk i poprawiających nastrój, podczas gdy żeń-szeń może poprawiać koncentrację i wydajność umysłową. Dzięki tym działaniom adaptogeny przyczyniają się do lepszego zarządzania stresem, poprawy jakości życia oraz ogólnego zdrowia psychicznego i fizycznego.

#### **5. ADAPTOGENY W PROCESACH REGENERACYJNYCH**

Adaptogeny odgrywają kluczową rolę w procesach regeneracyjnych organizmu, dzięki swoim właściwościom, takim jak zwiększanie odporności oraz zmniejszanie stresu oksydacyjnego. Ich działanie adaptogenne sprawia, że procesy naprawcze zachodzą szybciej i sprawniej, co jest szczególnie istotne w przypadku uszkodzeń tkanek. Optymalizują one również funkcje układu odpornościowego, co sprzyja szybszemu usuwaniu martwych komórek oraz ochronie przed infekcjami, co przyczynia się do skrócenia czasu gojenia ran i poprawy ogólnego stanu zdrowia organizmu [28, 33]. Adaptogeny mogą być pomocne w wielu przypadkach, od codziennej opieki zdrowotnej po wspomaganie leczenia stanów zapalnych i przyspieszanie rehabilitacji po urazach. Ich działanie przeciwdrobnoustrojowe i przeciwzapalne stanowi istotny element w procesie regeneracji organizmu. Adaptogeny to niezwykle cenne substancje dla zdrowia, które mogą być szczególnie pomocne w przypadku osób narażonych na duży wysiłek fizyczny i psychiczny, a także w procesach starzenia się organizmu. Zdolności adaptogenów do poprawy zdrowia organizmu są dobrze udokumentowane i szeroko zalecane przez ekspertów ds. zdrowia. Warto rozważyć włączenie adaptogenów do codziennych praktyk, które mają na celu poprawę zdrowia i samopoczucia, aby wspierać procesy regeneracyjne organizmu oraz ogólną kondycję zdrowia [41].

#### **5.1. WPŁYW ADAPTOGENÓW NA PROCESY REGENERACJI TKANEK**

Adaptogeny, ze względu na swoje działanie na organizm, mogą mieć pozytywny wpływ na procesy regeneracji tkanek. Badania wykazują, że adaptogeny mogą wspomagać gojenie się tkanek poprzez zmniejszenie stresu oksydacyjnego oraz regulację procesów immunologicznych. Adaptogeny wykazują różnorodne korzystne działanie na procesy regeneracji tkanek poprzez regulację układu neuroendokrynno-immunologicznego, zmniejszenie stresu oksydacyjnego oraz modulację odpowiedzi immunologicznej. Badania wykazały, że zarówno adaptogeny chemiczne, jak i fizyczne mogą mieć podobne korzystne efekty. Na przykład transkutacyjna stymulacja elektryczna i woda Naf-tussyja poprawiają parametry neuroendokrynne i immunologiczne, co sprzyja regeneracji tkanek [42]. Ponadto adaptogeny, takie jak ekstrakty z poroża reniferów, zawierające wiele bioaktywnych

składników (m.in. kolagen, kwas hialuronowy, glukozaminę i chondroitynę), stymulują aktywność prekursorów hematopoetycznych po napromienianiu, wspomagając procesy naprawcze w szpiku kostnym i grasicy [41]. Adaptogeny przyczyniają się również do zwiększenia odporności organizmu, co może wspomóc szybszą regenerację tkanek po urazach. Zastosowanie adaptogenów może także mieć korzystny wpływ na procesy naprawcze w organizmie, przyspieszając regenerację tkanek po zabiegach chirurgicznych czy innych uszkodzeniach. Badania nad wpływem adaptogenów na procesy regeneracyjne tkanek wskazują na ich potencjał w medycynie regeneracyjnej, co otwiera nowe perspektywy terapeutyczne. Adaptogeny dzięki swoim właściwościom mogą być kluczowym elementem w leczeniu i regeneracji tkanek, wskazując na perspektywy rewolucyjnych metod terapeutycznych. Opierając się na obecnych danych, można wnioskować, że adaptogeny stanowią obiecującą drogę do przyspieszenia procesów regeneracji tkanek, co otwiera nowe możliwości terapeutyczne w medycynie [43–46].

## 5.2. ZNACZENIE ADAPTOGENÓW W PRZYSPIESZANIU GOJENIA RAN

Adaptogeny odgrywają istotną rolę w przyspieszaniu gojenia ran poprzez swoje właściwości przeciwzapalne, przeciwbakteryjne oraz stymulujące odporność organizmu. Poprzez zwiększanie produkcji kolagenu adaptogeny wspomagają proces odbudowy tkanek i zmniejszają ryzyko powstania blizn. Dodatkowo ich działanie przeciwbólowe sprawia, że osoby stosujące adaptogeny doznają mniejszego dyskomfortu związanego z ranami oraz doznają zmniejszenia bólu, co przyspiesza powrót do pełnej sprawności fizycznej [47]. Adaptogeny mają także pozytywne oddziaływanie na równowagę hormonalną, co dodatkowo sprzyja szybszemu gojeniu się ran. Wiele badań potwierdza skuteczność adaptogenów w procesie gojenia ran, co sprawia, że są one coraz częściej wykorzystywane w medycynie naturalnej i konwencjonalnej. Adaptogeny to naturalne związki roślinne, które przez wiele stuleci były wykorzystywane w medycynie orientalnej do wspierania funkcji odpornościowych organizmu i ogólnego zdrowia. Ich właściwości sprawiają, że adaptogeny są coraz bardziej popularne jako składnik suplementów diety i produktów kosmetycznych [48]. Dzięki swoim korzystnym właściwościom adaptogeny stały się szeroko stosowane w leczeniu ran, a także w codziennej pielęgnacji skóry. Ich zdolność do zmniejszania stanów zapalnych i wspomaganie regeneracji tkanek sprawia, że są one cenionym składnikiem zarówno w medycynie naturalnej, jak i konwencjonalnej. Odpowiednie stosowanie adaptogenów może mieć korzystny wpływ na szybkość gojenia ran oraz ogólny stan zdrowia. Substancje te są cenionym składnikiem w produktach wspomagających regenerację skóry i gojenie ran. Obecność adaptogenów w suplementach diety i kremach może znacząco poprawić skuteczność i szybkość regeneracji tkanek. Dzięki nim możliwe jest wspomaganie procesu gojenia oraz utrzymanie zdrowego wyglądu i elastyczności skóry [49, 50].

## 5.3. ADAPTOGENY W TERAPII REGENERACYJNEJ PO URAZACH

Adaptogeny mogą być również stosowane w terapii regeneracyjnej po urazach, ponieważ wspomagają naturalne procesy gojenia tkanek oraz zmniejszają stres oksydacyjny. Substancje te mogą być wykorzystane w leczeniu ran pourazowych, poparzeń czy uszkodzeń mięśni i stawów. Ich właściwości przeciwzapalne i stymulujące procesy naprawcze sprawiają, że adaptogeny stanowią cenne wsparcie dla pacjentów dochodzących do sprawności po urazach [43]. Badania wskazują, że adaptogeny, takie jak cytryniec chiński, eleuterokok kolczasty, różeniec górski i witania ospała mogą wspierać regenerację po urazach dzięki ich właściwościom przeciwzapalnym. Adaptogeny te regulują ekspresję genów odpowiedzialnych za produkcję cytokin przeciwzapalnych i prozapalnych, co może przyspieszać proces gojenia i regeneracji tkanek uszkodzonych przez urazy [22]. Ponadto adaptogeny wykazują również potencjał w terapii regeneracyjnej po urazach mózgu. Zastosowanie adaptogenów może wspierać neuroprotekcję, zmniejszać stan zapalny w mózgu i wspomagać procesy naprawcze, co jest szczególnie istotne w przypadku urazów mózgu i rdzenia kręgowego [44]. Adaptogeny są niezwykle pomocne w przywracaniu równowagi organizmu po urazach, wspierając zdrowe funkcjonowanie tkanek i układu odpornościowego. Poprzez zmniejszanie stresu oksydacyjnego, mogą przyczyniać się do szybszego powrotu do pełni zdrowia i aktywności fizycznej. Ich zastosowanie obejmuje szeroki zakres schorzeń pourazowych, co sprawia, że stanowią niezastąpione wsparcie dla terapii regeneracyjnej. Istnieją również badania wskazujące na pozytywny wpływ adaptogenów na zdolność organizmu do adaptacji do wysiłku fizycznego, co czyni je szczególnie cennymi dla sportowców i osób aktywnych fizycznie, pragnących skutecznie wspomóc proces rekonwalescencji po kontuzjach. Dzięki swoim właściwościom adaptogeny mogą być również pomocne w zapobieganiu przeciążeniom mięśniowym oraz zmniejszaniu ryzyka nawrotów urazów. W związku z tym adaptogeny wykazują duży potencjał w leczeniu pourazowym [34, 36].

## 6. ZNACZENIE ADAPTOGENÓW W PROFILAKTYCE PRZECIĄŻENIOWEJ

Adaptogeny odgrywają istotną rolę w profilaktyce przeciążeniowej, ponieważ pomagają organizmowi adaptować się do wyzwań związanych ze stresem fizycznym i psychicznym. Ich zdolność do regulowania reakcji stresowej wpływa korzystnie na kondycję organizmu, zmniejszając ryzyko wystąpienia przeciążenia fizycznego oraz zapobiegając jego negatywnym skutkom. Dlatego adaptogeny znajdują zastosowanie nie tylko w leczeniu, ale także w prewencji stanów przeciążeniowych. Zwiększenie odporności organizmu, regulacja poziomu kortyzolu, poprawa ogólnej kondycji psychofizycznej, to tylko niektóre z korzyści wynikające z systematycznego spożywania adaptogenów. Wspomagają one funkcjonowanie organizmu w czasie zwiększonego wysiłku fizycznego i psychicznego oraz przynoszą ulgę w stanach przemęczenia i znużenia.

Te naturalne substancje roślinne mają zdolność dostosowania się do potrzeb organizmu, co sprawia, że są wszechstronnym narzędziem w dbaniu o zdrowie i kondycję [51, 52]. Adaptogeny pełnią istotną funkcję w profilaktyce przeciążeniowej, ponieważ pomagają organizmowi adaptować się do wyzwań związanych ze stresem fizycznym i psychicznym. Ich zdolność do regulowania reakcji stresowej wpływa korzystnie na kondycję organizmu, zmniejszając ryzyko wystąpienia przeciążenia fizycznego oraz zapobiegając jego negatywnym skutkom. Dlatego adaptogeny znajdują zastosowanie nie tylko w leczeniu, ale także w prewencji stanów przeciążeniowych. Zwiększenie odporności organizmu, regulacja poziomu kortyzolu, poprawa ogólnej kondycji psychofizycznej, to tylko niektóre z korzyści wynikające z systematycznego spożywania adaptogenów. Wspomagają one funkcjonowanie organizmu w czasie zwiększonego wysiłku fizycznego i psychicznego oraz przynoszą ulgę w stanach przemęczenia i znużenia. Te naturalne substancje roślinne mają zdolność dostosowania się do potrzeb organizmu, co sprawia, że są wszechstronnym narzędziem w dbaniu o zdrowie i kondycję [53].

## 7. BEZPIECZEŃSTWO I POTENCJALNE INTERAKCJE ADAPTOGENÓW

Adaptogeny są zazwyczaj dobrze tolerowane przez ludzi i charakteryzują się stosunkowo małym ryzykiem działań niepożądanych. Jednakże w przypadku niektórych osób mogą wystąpić łagodne objawy, takie jak ból głowy, zaburzenia żołądkowo-jelitowe czy problemy ze snem. Należy również podkreślić, że adaptogeny mogą wpływać na poziom hormonów, takich jak kortyzol, dlatego osoby z chorobami endokrynologicznymi powinny skonsultować się z lekarzem przed rozpoczęciem suplementacji. Profil bezpieczeństwa adaptogenów jest szeroko badany, jednak zawsze istnieje ryzyko potencjalnych interakcji z innymi substancjami. Dlatego ważne jest, aby koordynować ich stosowanie z lekarzem, szczególnie jeśli pacjent przyjmuje inne leki. Adaptogeny mogą również mieć różne efekty w zależności od indywidualnej wrażliwości organizmu, dlatego zaleca się rozpoczęcie suplementacji od niewielkich dawek, aby obserwować reakcje organizmu. Ostatecznie zawsze należy pamiętać, że suplementy diety nie zastępują zrównoważonej diety i zdrowego stylu życia, a ich stosowanie powinno być uzgodnione z specjalistą [34, 54].

### 7.1. PROFIL BEZPIECZEŃSTWA ADAPTOGENÓW

Większość badań dotyczących adaptogenów potwierdza ich stosunkowo małe ryzyko działań niepożądanych w porównaniu z innymi substancjami stosowanymi w medycynie. Badania przeprowadzone na różnych grupach wiekowych, w tym również na osobach starszych i dzieciach, również sugerują bezpieczeństwo adaptogenów. Jednakże ze względu na różnorodność preparatów adaptogennych oraz indywidualną reaktywność organizmu, zawsze istnieje ryzyko wystąpienia niepożądanych efektów. Dlatego zaleca się ścisłą obserwację pacjenta podczas stosowania adaptogenów oraz regularne badania kontrolne w celu monitorowa-

nia ewentualnych skutków ubocznych. Znaczna liczba publikacji naukowych na temat adaptogenów podkreśla ich wszechstronne zastosowanie i potencjalne korzyści dla zdrowia, takie jak poprawa odporności, redukcja stresu i ochrona przed szkodliwymi skutkami przewlekłego zmęczenia. Badania wskazują, że substancje adaptogenne mogą wspomagać funkcjonowanie układu nerwowego, hormonalnego oraz odpornościowego, co czyni je atrakcyjnymi składnikami w suplementacji diety. Warto również zauważyć, że adaptogeny mogą mieć potencjał wspomagający w terapii niektórych chorób, jednak wymaga to dalszych badań klinicznych i potwierdzenia przez odpowiednie instytucje medyczne [30, 55].

## 7.2. MOŻLIWE INTERAKCJE ADAPTOGENÓW Z INNYMI LEKAMI I SCHORZENIAMI

Adaptogeny mogą potencjalnie oddziaływać z innymi lekami, zarówno ziołowymi, jak i farmakologicznymi, co może wpływać na ich skuteczność lub prowadzić do wystąpienia działań niepożądanych. Na przykład niektóre adaptogeny mogą zwiększać ryzyko krwawień u pacjentów przyjmujących leki przeciwzakrzepowe, dlatego zaleca się ostrożność przy jednoczesnym stosowaniu. Istnieją także doniesienia o możliwych interakcjach adaptogenów z lekami psychotropowymi oraz środkami uspokajającymi. W związku z tym zaleca się konsultację z lekarzem przed rozpoczęciem suplementacji adaptogenami, zwłaszcza jeśli pacjent przyjmuje inne leki. Suplementacja adaptogenami powinna być rozważana w kontekście ogólnego stanu zdrowia, historii medycznej i ewentualnych schorzeń pacjenta. Działanie adaptogenów jest zindywidualizowane i może różnić się w zależności od organizmu. Osoby z problemami hormonalnymi, niewydolnością nadnerczy, czy zaburzeniami psychologicznymi mogą doświadczać różnych reakcji na adaptogeny, dlatego zaleca się skonsultowanie z lekarzem specjalistą w celu doboru adekwatnego preparatu. Wskazane jest również regularne monitorowanie stanu zdrowia podczas suplementacji adaptogenami, aby kontrolować ewentualne zmiany i reakcje organizmu. W przypadku wystąpienia działań niepożądanych, należy natychmiast przerwać stosowanie i skonsultować się z lekarzem [46, 56, 57].

## 8. PRZYSZŁOŚĆ ADAPTOGENÓW

### 8.1. NAJWAŻNIEJSZE WNIOSKI Z DOTYCHCZASOWYCH BADAŃ

Najważniejsze wnioski z dotychczasowych badań nad adaptogenami obejmują potwierdzenie ich skuteczności w wywieraniu pozytywnego wpływu na procesy regeneracyjne organizmu, w tym przyspieszanie gojenia ran, zmniejszanie stresu oksydacyjnego oraz poprawę funkcji układu odpornościowego. Cavagnino i współpr. udowodnili, że zastosowanie adaptogenów roślinnych wpływa na procesy regeneracyjne skóry poprzez poprawę reakcji na negatywne skutki stresu oksydacyjnego, w tym zachowanie aktywności mitochondriów, aktywację czujności szlaku NRF2, poprawę produkcji NADPH i homeostazy białek oraz wzmoc-

nienie komórkowych mechanizmów antyoksydacyjnych [1]. Kolejne badania naukowe wskazują z kolei, że roślinne adaptogeny mogą wspierać zdrowie skóry poprzez odbudowę bariery skórnej i utrzymanie jej homeostazy. Działają one poprzez regulację osi HPA skóry (podwzgórze-przysadka-nadnercza), wpływając na mechanizmy stresu oksydacyjnego, co pomaga w zmniejszaniu stanów zapalnych, oraz regulując składniki macierzy zewnątrzkomórkowej (ECM), co zapewnia dynamiczną równowagę i przyczynia się do leczenia chorób skóry oraz zachowania jej zdrowego stanu [58]. Ponadto badania wykazały, że adaptogeny mogą mieć potencjał w terapii regeneracyjnej po urazach oraz w profilaktyce przeciążeniowej. Wnioski te stanowią solidną podstawę do dalszych badań nad adaptogenami i ich zastosowaniem w medycynie regeneracyjnej. Adaptogeny wykazują zdolność do wywoływania pozytywnych efektów na organizm poprzez zwiększanie jego zdolności do dostosowywania się do różnych sytuacji stresowych, co otwiera nowe możliwości leczenia różnych schorzeń poprzez wykorzystanie naturalnych substancji. Ważne jest kontynuowanie badań nad tymi naturalnymi związkami w celu pełniejszego zrozumienia ich mechanizmów działania oraz potencjalnego zastosowania w praktyce klinicznej.

## 8.2. KIERUNKI ROZWOJU BADAŃ NAD ADAPTOGENAMI

Kierunki rozwoju badań nad adaptogenami obejmują identyfikację nowych adaptogenów oraz kompleksową ocenę ich działania na różne procesy regeneracyjne. Ponadto istotne jest opracowanie bardziej precyzyjnych metod badawczych, które umożliwią lepsze zrozumienie mechanizmów działania adaptogenów. Potencjalne interakcje adaptogenów z innymi lekami stanowią również istotny obszar badań. W przyszłości należy skupić się na weryfikacji klinicznej skuteczności adaptogenów oraz ich długoterminowych efektów w medycynie regeneracyjnej. Jednakże ważne jest również uwzględnienie możliwych działań niepożądanych oraz bezpieczeństwa stosowania adaptogenów, co stanowi istotny aspekt badań nad tymi substancjami. Dalsze badania nad potencjalnymi zastosowaniami adaptogenów w terapii różnych schorzeń również mogą przyczynić się do poszerzenia zakresu wiedzy na ich temat.

## 9. PODSUMOWANIE

Podsumowując dotychczasowe badania nad adaptogenami, można stwierdzić, że mają one duży potencjał w medycynie regeneracyjnej. Skuteczność adaptogenów w przyspieszaniu procesów regeneracyjnych tkanek została potwierdzona przez wiele studiów klinicznych. Jednakże istnieje potrzeba dalszych badań, aby lepiej zrozumieć mechanizmy działania adaptogenów oraz ich potencjalne zastosowanie w terapii regeneracyjnej. Przyszłość badań nad adaptogenami powinna skupić się na identyfikacji nowych adaptogenów, opracowaniu bardziej precyzyjnych metod badawczych oraz ocenie ich wpływu na różne procesy regeneracyjne. Badacze powinni również koncentrować się na analizie

długoterminowych skutków stosowania adaptogenów oraz eksploracji potencjalnych interakcji z innymi lekami i suplementami. Kluczowe jest również możliwe dopasowanie adaptogenów do konkretnych pacjentów i typów tkanek w celu maksymalizacji ich korzyści regeneracyjnych. Byłoby istotne, aby przyszłe badania były oparte na ścisłej współpracy między naukowcami, lekarzami oraz pacjentami w celu osiągnięcia większego zrozumienia i efektywności adaptogenów w medycynie regeneracyjnej.

## PODZIĘKOWANIA

Praca została przygotowana w ramach Koła Naukowego Materiałów Funkcjonalnych SMART-MAT prowadzonego na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Fizyki Politechniki Krakowskiej. Projekt finansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Nauki w ramach Programu „Studenckie koła naukowe tworzą innowacje” SKN/SP/601893/2024. Autorzy pragną podziękować opiekunowi Koła Pani dr hab. inż. Bożenie Tyliśczyk, prof. PK, za wsparcie naukowe i opiekę merytoryczną.

## LITERATURA

- [1] Cavagnino A. et al.: Adaptogen technology for skin resilience benefits. *Cosmetics* 10 (2023).
- [2] Irfan M., Kwak Y.-S., Han C.-K., Hyun S.H., Rhee M.H.: Adaptogenic effects of Panax ginseng on modulation of cardiovascular functions. *J. Ginseng Res.* 44 (2020) 538–543.
- [3] Ratan Z.A. et al.: Adaptogenic effects of Panax ginseng on modulation of immune functions. *J. Ginseng Res.* 45 (2021) 32–40.
- [4] Marrelli M., Statti G., Conforti F.: *Hypericum* spp. An update on the biological activities and metabolic profiles. *Mini-Reviews Med. Chem.* 20 (2020) 66–87.
- [5] Ray A., Gulati K., Rehman S., Rai N., Anand R.: Role of nutraceuticals as adaptogens. In (eds. Gupta R.C., Lall R., Srivastava A.B.T.-N.). Second ed. Academic Press (2021) 229–244, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821038-3.00016-1>.
- [6] Panossian A.G. et al.: Evolution of the adaptogenic concept from traditional use to medical systems. *Pharmacology of stress- and aging-related diseases. Med. Res. Rev.* 41 (2021) 630–703.
- [7] Gerontakos S., Wardle J., Casteleijn D.: A critical review to identify the domains used to measure the effect and outcome of adaptogenic herbal medicines. *Adv. Integr. Med.* 6 (2019) S133–S134.
- [8] Todorova V. et al.: Plant adaptogens-history and future perspectives. *Nutrients* 13 (2021).
- [9] Ivanova Stojcheva E., Quintela J.C.: The effectiveness of *Rhodiola rosea* L. preparations in alleviating various aspects of life-stress symptoms and stress-induced conditions-encouraging clinical evidence. *Molecules* 27 (2022).
- [10] Panossian A., Wikman G., Sarris J.: *Rosenroot (Rhodiola rosea)*. Traditional use, chemical composition, pharmacology and clinical efficacy. *Phytomedicine* 17 (2010) 481–493.
- [11] Ishaque S., Shamseer L., Bukutu C., Vohra S.: *Rhodiola rosea* for physical and mental fatigue. A systematic review. *BMC Complement. Altern. Med.* 12 (2012) 70.
- [12] Bleakney T.L.: Deconstructing an adaptogen. *Eleutherococcus senticosus*. *Holist. Nurs. Pract.* 22 (2008) 220–224.
- [13] Wang R. et al.: Therapeutic effect of *Eleutherococcus senticosus* (Rupr. & Maxim.) Maxim. leaves on ischemic stroke via the microbiota-gut-brain axis. *Phytother. Res.* 37 (2023) 4801–4818.
- [14] Li X.-T. et al.: Pharmacological effects of *Eleutherococcus senticosus* on the neurological disorders. *Phytother. Res.* 36 (2022) 3490–3504.
- [15] Lee I.-S., Kang K.S., Kim, S.-Y.: Panax ginseng Pharmacopuncture. Current status of the research and future challenges. *Biomolecules* 10 (2019).

- [16] Jin Y., Cui R., Zhao L., Fan J., Li B.: Mechanisms of Panax ginseng action as an antidepressant. *Cell Prolif.* 52 (2019) e12696.
- [17] Paul S. et al.: Withania somnifera (L.) Dunal (Ashwagandha). A comprehensive review on ethnopharmacology, pharmacotherapeutics, biomedical and toxicological aspects. *Biomed. Pharmacother.* 143 (2021) 112175.
- [18] Speers A.B., Cabey K.A., Soumyanath A., Wright K.M.: Effects of Withania somnifera (Ashwagandha) on stress and the stress-related neuropsychiatric disorders anxiety, depression, and insomnia. *Curr. Neuropharmacol.* 19 (2021) 1468–1495.
- [19] Yuan R. et al.: Protective effect of acidic polysaccharide from Schisandra chinensis on acute ethanol-induced liver injury through reducing CYP2E1-dependent oxidative stress. *Biomed. Pharmacother.* 99 (2018) 537–542.
- [20] Zhang M., Xu L., Yang H.: Schisandra chinensis fructus and its active ingredients as promising resources for the treatment of neurological diseases. *Int. J. Mol. Sci.* 19 (2018).
- [21] Rybníkář M., Šmejkal K., Žemlička M.: Schisandra chinensis and its phytotherapeutic applications. *Ceska Slov. Farm.* 68 (2019) 95–118.
- [22] Wróbel-Biedrawa D., Podolak I.: Anti-neuroinflammatory effects of adaptogens. A mini-review. *Molecules* 29 (2024).
- [23] Bonilla D.A. et al.: Effects of Ashwagandha (Withania somnifera) on physical performance. Systematic review and Bayesian meta-analysis. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* 6 (2021) 20.
- [24] Esmaealzadeh N., Iranpanah A., Sarris J., Rahimi R.: A literature review of the studies concerning selected plant-derived adaptogens and their general function in body with a focus on animal studies. *Phytomedicine* 105 (2022) 154354.
- [25] Zieneldien T., Kim J., Cao C.: The multifaceted role of neuroprotective plants in Alzheimer's disease treatment. *Geriatrics (Basel, Switzerland)* 7 (2022).
- [26] Della Porta M., Maier J.A., Cazzola R.: Effects of Withania somnifera on cortisol levels in stressed human subjects. A systematic review. *Nutrients* 15 (2023).
- [27] Isokauppila T., Broida D.R.: Healing adaptogens. The definitive guide to using super herbs and mushrooms for your body's restoration, defense, and performance. Hay House (2022).
- [28] Greene E.S., Ardakani M.A., Dridi S.: Effects of an herbal adaptogen feed-additive on feeding-related hypothalamic neuropeptides in chronic cyclic heat-stressed chickens. *Neuropeptides* 106 (2024) 102439.
- [29] Peng X. et al.: Bidirectional effects and mechanisms of traditional Chinese medicine. *J. Ethnopharmacol.* 298 (2022) 115578.
- [30] Panossian A., Wikman G.: Effects of adaptogens on the central nervous system and the molecular mechanisms associated with their stress-protective activity. *Pharmaceuticals (Basel)* 3 (2010) 188–224.
- [31] Sultanov R., Ermolenko E., Poleshchuk T., Kasyanov S.: Alkyl glycerol ethers as adaptogens. *Mar. Drugs* 21 (2023).
- [32] Yan Y., Han R., Ma Y., Oduro P., Lei W.: Plant adaptive agents. Promising therapeutic molecules in the treatment of post-viral fatigue. *Acupunct. Herb. Med. Publish Ah* (2023).
- [33] Mega Obukohwo O., Faith F.Y., Peggy Ejiro O., Onyebuchi M.M., Ajayi A.F.: Medicinal applications of D-ribose L-cysteine in neuro-endocrinopathy, reproductive dysfunction and cardio-metabolic syndrome. A review of evidence in animal investigations. *Eur. J. Med. Chem. Reports* 11 (2024) 100153.
- [34] Mikulska P. et al.: Ashwagandha (Withania somnifera) – current research on the health-promoting activities. A narrative review. *Pharmaceutics* 15 (2023).
- [35] Antosyuk O.N., Sharova E.A., Verbitskaya A.K.: Genetic activity and cytotoxic effect of Silybum marianum extract in comparison with the impact of antitumor drugs etoposide and methotrexate. A study on *Drosophila melanogaster*. *Nat. Prod. Res.* (2024) doi:https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2334315.
- [36] Maliński M.P. et al.: Two ecysteroids isolated from micropropagated *lychnis flos-cuculi* and the biological activity of plant material. *Molecules* 26 (2021).
- [37] Gębalski J. et al.: Phenolic compounds and antioxidant and anti-enzymatic activities of selected adaptogenic plants from South America, Asia, and Africa. *Molecules* 28 (2023).
- [38] Chandrasekhar K., Kapoor J., Anishetty S.: A Prospective, randomized double-blind, placebo-controlled study of safety and efficacy of a high-concentration full-spectrum extract of Ashwagandha root in reducing stress and anxiety in adults. *Indian J. Psychol. Med.* 34 (2012) 255–262.
- [39] Langade D., Kanchi S., Salve J., Debnath K., Ambegaokar D.: Efficacy and safety of Ashwagandha (Withania somnifera) root extract in insomnia and anxiety. A double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Cureus* (2019) doi:10.7759/cureus.5797.
- [40] Reay J.L., Scholey A.B., Kennedy D.O.: Panax ginseng (G115) improves aspects of working memory performance and subjective ratings of calmness in healthy young adults. *Hum. Psychopharmacol. Clin. Exp.* 25 (2010) 462–471.
- [41] Alekseeva S.N., Antipina U.D., Arzhakova L.I., Protodyakonov S.V.: New applications of adaptogens to reduce radiation side effects. *Wiad. Lek.* 68 (2015) 487–489.
- [42] Popovych I.: Similarity effects of two types of adaptogens (transcutaneous electrical stimulation with the device "VEB" ® and using of bioactive Naftussya water) on the human body. *J. Educ. Heal. Sport* 12 (2022) 213–258.
- [43] M. Petitto: Adaptogens. A directory of over 50 healing herbs for energy, stress relief, beauty, and overall well-being (2022).
- [44] O'Donnell J. et al.: Emerging approaches for regenerative rehabilitation following traumatic brain injury. In *Regenerative rehabilitation. Physiology in health and disease* (eds. Greising S.M., Call J.A.). Springer (2022) 409–459 doi: 10.1007/978-3-030-95884-8\_13.
- [45] Devarasetti A.K. et al.: Adaptogenic Ashwagandha root extract modulates inflammatory markers in feline stress management: a double-blind placebo-controlled clinical trial. *J. Appl. Anim. Res.* 52 (2024) 2335921.
- [46] Panossian A., Efferth T.: Network pharmacology of adaptogens in the assessment of their pleiotropic therapeutic activity. *Pharmaceuticals (Basel)* 15 (2022).
- [47] Dabas A., Yadav P., Geetanjali, Singh R.: Role of herbal medicine in boosting immune system. In *Role of herbal medicines. Management of lifestyle diseases* (eds. Dhara A.K., Mandal S.C.). Springer Nature Singapore. Singapore (2023) 389–401, doi: 10.1007/978-981-99-7703-1\_19.
- [48] Anywar G. et al.: Medicinal plants used by traditional medicine practitioners to boost the immune system in people living with HIV/AIDS in Uganda. *Eur. J. Integr. Med.* 35 (2020) 101011.
- [49] Evanjalín M.V., Nimbkar S., Elumalai A., Moses J.A., Anandharamakrishnan C.: Potential role of herbs and spices on the immune system. In *Immunomodulators and human health* (eds. Kesharwani R.K., Kesrvari R.K., Sharma A.K.). Springer Nature Singapore. Singapore (2022) 39–70, doi: 10.1007/978-981-16-6379-6\_2.
- [50] Çelik H., Damar Z.: Exploring nature's pharmacy. Immune-boosting medicinal plants and their healing powers. *J. Biochem. Technol.* 15 (2024) 52–60.
- [51] Ray A., Gulati K., Rehman S., Rai N., Anand R.: Role of nutraceuticals as adaptogens. In *Nutraceuticals*. Elsevier (2021) 229–244, doi: 10.1016/B978-0-12-821038-3.00016-1.
- [52] Tulsawani R., Vohora D.: Stress and adaptogens. In *Adaptation under stressful environments through biological adjustments and interventions* (eds. Tulsawani R., Vohora D.). Springer Nature Singapore. Singapore (2023) 3–19, doi: 10.1007/978-981-99-7652-2\_1.
- [53] Panossian A.: Understanding adaptogenic activity: specificity of the pharmacological action of adaptogens and other phytochemicals. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1401 (2017) 49–64.
- [54] Martazanova L. et al.: The study of the effect of drinks based on extracts of herbal adaptogens on the functional status of athletes during physical activity. *Potravin. Slovak J. Food Sci.* 17 (2023) 30–42.
- [55] Siwek M., Woroń J., Wrzosek A., Gupała J., Chrobak A.A.: Harder, better, faster, stronger? Retrospective chart review of adverse events of interactions between adaptogens and antidepressant drugs. *Front. Pharmacol.* 14 (2023) 1271776.
- [56] Galunska B., Yotov Y., Nikolova M., Angelov A.: Extrahepatic vitamin K-dependent gla-proteins – potential cardiometabolic biomarkers. *Int. J. Mol. Sci.* 25 (2024).
- [57] Panossian A., Lemerond T., Efferth T.: State-of-the-art review on botanical hybrid preparations in phytomedicine and phytotherapy research. Background and perspectives. *Pharmaceuticals (Basel)* 17 (2024).
- [58] Liu X.-X. et al.: Bibliometric study of adaptogens in dermatology. *Pharmacophylogeny, phytochemistry, and pharmacological mechanisms. Drug Des. Devel. Ther.* 17 (2023) 341–361.

## Material aspects of the construction of disc lapping machine tools for flat surfaces

# Materiałowe aspekty budowy narzędzi docierarek tarczowych do płaszczyzn

ADAM BARYLSKI

ORCID: 0000-0003-1672-8445

Instytut Technologii Maszyn i Materiałów, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa,  
Politechnika Gdańska, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk  
e-mail: abarylsk@pg.edu.pl

The problem of selecting tool materials in lapping and surface grinding operations on disc machines was presented. The materials used for this type of tools and selected designs of discs for machining flat and flat-parallel elements were characterized. The advantageous use of ductile cast irons in the aspect of activating the active surface of lapping tools with abrasive was indicated. A model analysis of the activation of lapping tools made of unalloyed ductile cast iron was presented. The developed designs of abrasive-metal tools are discussed and lapping with loose abrasive and grinding with segmented grinding wheels on disc lapping machines was compared.

**Keywords:** flat-parallel surfaces, lapping, grinding, tool materials

Przedstawiono problematykę doboru materiałów na narzędzia w operacjach docierania i szlifowania powierzchni na obrabiarkach tarczowych. Scharakteryzowano stosowane materiały na tego typu narzędzia oraz wybrane konstrukcje tarcz do obróbki elementów płaskich i płasko-równoległych. Wskazano na korzystne zastosowanie żeliw sferoidalnych w aspekcie aktywizacji powierzchni czynnej docieraków ścierniwem. Przedstawiono analizę modelową aktywizacji docieraków z niestopowego żeliwa sferoidalnego. Omówiono opracowane konstrukcje narzędzi ścierno-metalowych oraz porównano docieranie luźnym ścierniwem i szlifowanie ściernicami segmentowymi na docierarkach tarczowych.

**Słowa kluczowe:** powierzchnie płasko-równoległe, docieranie, szlifowanie, materiały na narzędzia

### 1. WSTĘP

Wysokie wymagania stawiane przez konstruktorów elementów maszyn i narzędzi sprawiają, że obróbka bardzo dokładna, jaką jest m.in. docieranie luźnym ścierniwem, ma obecnie w praktyce technologicznej duże znaczenie. Nie występują w tym przypadku ograniczenia w zakresie kształtów docieranych powierzchni, jak i rodzajów obrabianych materiałów. W praktyce produkcyjnej przeważa docieranie powierzchni płaskich i płasko-równoległych na docierarkach jedno- i dwutarczowych. Na rys. 1 przedstawiono, przykładowo, docierarki jednotarczowe do płaszczyzn firmy Peter Wolters: model 3R-600 (średnica zewnętrzna docieraka 640 mm, liczba pierścieni prowadzących 3, średnica wewnętrzna pierścienia prowadzącego 248 mm, prędkość obrotowa docieraka 60 rpm, pojemność zbiornika na zawieszinę ścierną 15 dm<sup>3</sup>) oraz model 4R-1200 (średnica zewnętrzna docieraka 1220 mm, liczba pierścieni prowadzących 4, średnica wewnętrzna pierścienia prowadzącego 438 mm, prędkość obrotowa docieraka 48 rpm, pojemność zbiornika na zawieszinę ścierną 15 dm<sup>3</sup>) [1]. Na rys. 2 przedstawiono natomiast wybrane docierarki dwutarczowe do obróbki powierzchni płasko-równoległych firmy Lapmaster: model AC 470 (średnica zewnętrzna docieraków 475

mm, maksymalne dociążenie przedmiotów obrabianych przez docierak górny 250 daN, prędkość obrotowa docieraków 50–275 rpm, prędkość obrotowa wewnętrznego pierścienia kołkowego układu obiegowego 20–70 rpm, maksymalna wysokość docieranych przedmiotów 30 mm) oraz model AC 2000 (średnica ze-

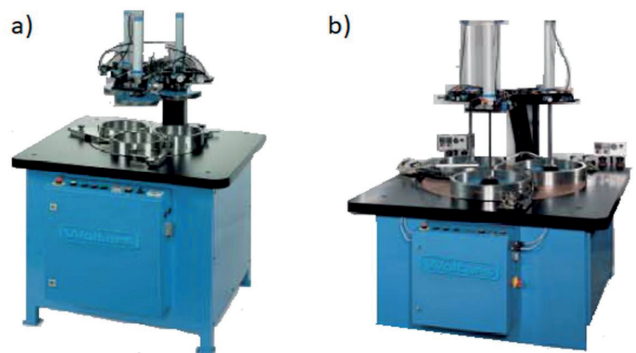


Fig. 1. Single-disc lapping machine: a) model 3R-600, b) model 4R-1200 (Peter Wolters) [1]

Rys. 1. Docierarka jednotarczowa: a) model 3R-600, b) model 4R-1200 (Peter Wolters) [1]

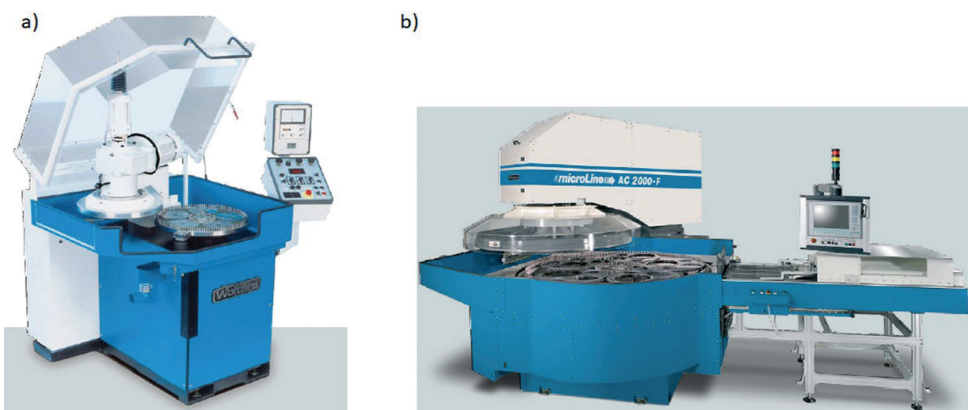


Fig. 2. Double-disc lapping machine: a) model AC 470, b) model AC 2000 (Lapmaster, Lapmaster Wolters) [2, 3]  
Rys. 2. Docierarka dwutarczowa: a) model AC 470, b) model AC 2000 (Lapmaster, Lapmaster Wolters) [2, 3]

wewnętrzna docieraków 1800 mm, maksymalne dociążenie przedmiotów obrabianych przez docierak górny 4000 daN, prędkość obrotowa docieraków 93 rpm, prędkość obrotowa wewnętrznego pierścienia kołkowego układu obiegowego 50 rpm, maksymalna wysokość docieranych przedmiotów 200 mm) [2, 3].

Głównym celem pracy była analiza modelowa aktywizacji docieraka tarczowego wykonanego z niestopowego żeliwa sferoidalnego mikroziarnami ściernymi, proponowanego do docierania powierzchni płaskich. W artykule zamieszczono również opisy opracowanych konstrukcji narzędzi ścierno-metalowych i segmentowych do szlifowania na docierarkach oraz współczesne propozycje specjalistycznych firm w tym zakresie. Także podczas

szlifowania na docierarkach podstawowy wpływ na jakość obróbki ma budowa narzędzi.

## 2. DOCIERANIE LUŻNYM ŚCIERNIEWEM

W tradycyjnej obróbce na docierarkach do płaszczyzn zawieszina ścierna dawkowana jest w sposób ciągły, zalewowo lub kropłowo. Niekiedy nanoszona jest też, zwykle ręcznie na docierak, pasta ścierna. W docieraniu luźnym ścierniwem dawkowane czynne ziarna ścierne zagłębiają się w strefie obróbki

w powierzchnię metalowego narzędzia tarczowego lub wykonują niekontrolowany ruch obrotowy z poślizgiem [4, 5].

### 2.1. TARCZE DOCIERAJĄCE

Do podstawowych właściwości charakteryzujących tarczę docierającą (docierak) należą: gatunek materiału (twardość i mikrostruktura), zachowanie płaskości w czasie, możliwość chłodzenia wewnętrznego, sztywność, odporność na korozję, łatwość wymiany na docierarce, sposób rowkowania i chropowatość powierzchni czynnej (po wyrównywaniu) oraz dobra jej uzbrajalność (aktywizacja) ścierniwem. W praktyce technologicz-

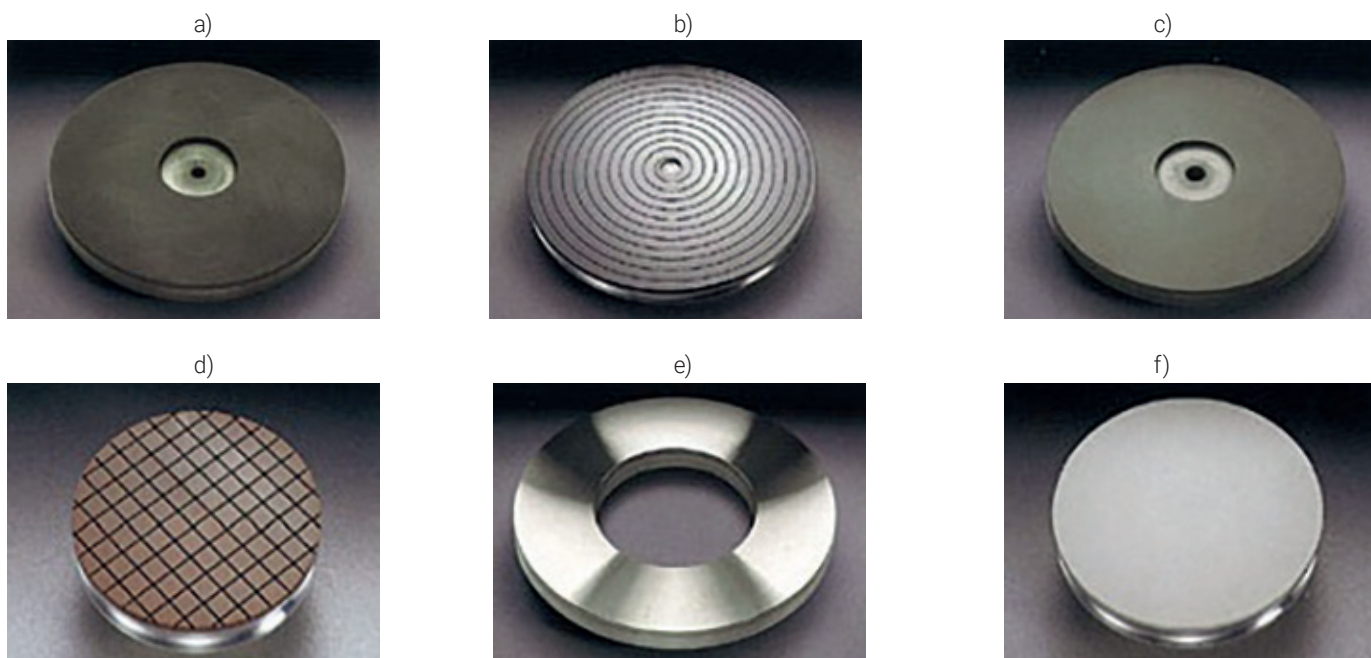


Fig. 3. Lapping plates (Engis): a) Hyprez X08, b) Hyprez HY, c) Hyprez TX-10A, d) Hyprez C250, e) Hyprez, f) Hyprez HY Ceramic [6]  
Rys. 3. Tarcze docierające (Engis): a) Hyprez X08, b) Hyprez HY, c) Hyprez TX-10A, d) Hyprez C250, e) Hyprez, f) Hyprez HY Ceramic [6]



nej tarczy docierającej wykonuje się najczęściej z żeliw szarych, także w przypadku obróbki elementów żeliwnych. Interującym rozwiązaniem są też docieraki dwumateriałowe i kompozytowe. Przykłady narzędzi kompozytowych do docierania powierzchni płaskich mikroziarnami diamentowymi firmy Engis zamieszczono na rys. 3. Narzędzie Hyprez X08 (z kompozytu żelaza) znajduje alternatywne zastosowanie w stosunku do docieraków żeliwnych w obróbce metali i ceramiki technicznej (rys. 3a). Konstrukcja Hyprez HY (z kompozytu żelaza) przeznaczona jest zarówno do obróbki zgrubnej, jak i wykończeniowej metali oraz ceramiki, przy zastosowaniu ziaren średnio- i gruboziarnistych (rys. 3b). Tarcza Hyprez TX-10A (z kompozytu cyny) wykorzystywana jest przy dawkowaniu zawiesiny gruboziarnistego diamentu (rys. 3c). Narzędzie uniwersalne (do obróbki m.in. metali, ceramiki, szkła i tworzyw polimerowych) Hyprez C250 (z kompozytu miedzi) wymaga dawkowania zawiesiny średnio- i drobnoziarnistego diamentu (rys. 3d). Tarcza Hyprez (cyna-antymon) może być stosowana przed polerowaniem twardych materiałów, gdyż jest odporna na zmiany temperatury procesu, co zapobiega zmianom lepkości dozowanego oleju w zawiesinie (rys. 3e). Narzędzie Hyprez HY Ceramic (tarcza elastyczna, dawkowana jest zawiesina z grubo- i drobnoziarnistymi ziarnami diamentowymi) przeznaczone jest do docierania i polerowania ceramiki i innych wrażliwych na zabrudzenia materiałów (rys. 3f) [6].

Najczęściej w praktyce produkcyjnej na metalowe tarcze docierające stosowane są żeliwa o strukturze ferrytycznej lub ferrytyczno-perlitycznej, a niekiedy i perlitycznej, przy czym stosunek zużycia docieraka żeliwnego, stalowego i miedzianego wynosi 1:1,25:2,6. Wydajność docierania docierakami z tekstolitu i szkła organicznego jest porównywalna z obróbką docierakami stalowymi. Do docierania wykończeniowego elementów ze stali hartowanej, węglików spiekanych i innych kruchych materiałów zaleca się głównie żeliwo o strukturze ferrytycznej lub drobno-dispersyjnej perlitycznej, staliwo oraz miedź. Do obróbki stopów aluminium i miedzi proponuje się szkło optyczne, żeliwa perlityczne i metale kolorowe. Docieraki szklane zużywają się przy tym 1,5–2 razy mniej niż żeliwne [7].

Już stosunkowo dawno [8] podjęto próbę wyjaśnienia aspektu fizycznego zjawiska wgniatania się mikroziaren diamentowych w powierzchnie docieraków wykonanych z żeliw szarych, które różniły się składem chemicznym i mikrostrukturą. Obserwacja powierzchni w poszczególnych fazach procesu docierania wykazała, że mikroziarna diamentowe wgniatają się przede wszystkim w grafit, w mniejszym stopniu (najczęściej nietrwale) w osnowę metalową żeliwa. Mniejsze mikroziarna osadzone są w graficie płytkowym, większe zaś wgniecione we wtrącenia grafitu o kształcie zbliżonym do kulistego. Powstają też na powierzchni docieraka mikrowgłębienia jako skutek zmian położenia mikroziaren ściernych, najczęściej w wyniku obracania się. Ma to miejsce szczególnie wtedy, gdy wzdłuż trajektorii ich ruchu występują przekroje wtrąceń grafitu o rozmiarach mniejszych niż mikroziarna ścierna. Stwierdzono, że nagrzewanie się docieraka jest przyczyną powstawania cienkiej warstwy związków reakcji żeliwa z olejem, zastosowanym jako składnik dawkowanej zawiesiny

ścierniej. Jak wykazały pomiary oporu elektrycznego, grubość tej warstwy na powierzchni docieraka nie jest stała. Istnienie wiązań molekularnych pomiędzy utworzoną warstwą a osnową metalową żeliwa sprzyja umocnieniu wgniecionych w powierzchnię mikroziaren drobnych. Reakcji utlenienia grafitu towarzyszy zwiększenie jego objętości, co również zwiększa zdolność do utrzymywania zagłębionych mikroziaren ściernych.

Obok swobodnej aktywizacji (zbrojenia) powierzchni docieraka ścierniem (w czasie procesu docierania) rozwijana jest też obróbka docierakami zbrojonymi w sposób wymuszony (przed procesem obróbki). Technologia ta znajduje zastosowanie przede wszystkim w docieraniu bardzo dokładnym. Charakteryzuje ją stosunkowo mała wydajność i mała chropowatość powierzchni obrabianych elementów.

## 2.2. AKTYWIZACJA DOCIERAKA ŻELIWNEGO ŚCIERNIEM

Obserwacja na powierzchni żeliwnego docieraka istniejącej warstwy ścierniwa podczas procesu jest utrudniona. Widoczne jest częściowe upakowanie dawkowanych mikroziaren, rozmieszczonych jednowarstwowo w strefie obróbki (rys. 4).



Fig. 4. View of lapping tools surfaces (scanning microscope JSM-S1, 3000×)  
Rys. 4. Widok powierzchni docieraka (mikroskop skaningowy JSM-S1, 3000×)

Zwiększenie intensywności procesu wgniatania się ścierniwa w grafit na powierzchni żeliwnej tarczy docierającej jest możliwe przez odpowiedni dobór rozmiarów i kształtu wydzieleń, w odniesieniu do wielkości dawkowanych w procesie mikroziaren ściernych. W pracy [9] postawiono hipotezę o korzystnych właściwościach żeliw sferoidalnych niestopowych, w aspekcie penetracji mikroziaren ściernych w wydzielania grafitowe. Przeprowadzone eksperymenty [10] potwierdziły przydatność tych materiałów na docieraki. Na rys. 5 przedstawiono przykładowy obraz mikroziaren użytych do analiz, a na rys. 6 mikrostrukturę badanych żeliw sferoidalnych.

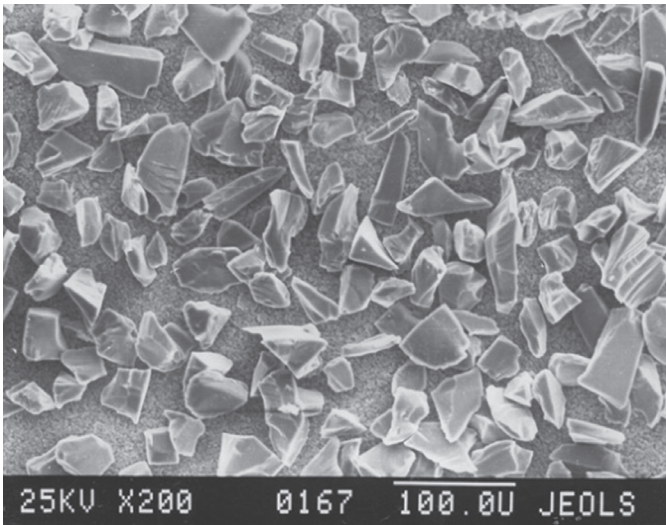


Fig. 5. Micrograin of 98C F320/29 silicon carbide (scanning microscope JSM-35C) [12]  
Rys. 5. Mikroziarna węgla krzemu 98C F320/29 (mikroskop skaningowy JSM-35C) [12]

Rozpatrując trwałe zagłębianie się mikroziaren ściernych w wydzielenia grafitowe żeliwa sferoidalnego, przyjęto, za pracą [11], równanie (1):

$$P = P_1 \cdot P_2 \quad (1)$$

w którym  $P$  oznacza prawdopodobieństwo wgniecenia mikroziarna ściernego w grafit,  $P_1$  prawdopodobieństwo kontaktu mikroziarna z przekrojem grafitu, a  $P_2$  prawdopodobieństwo tego, że w chwili  $t$ , różnica  $Q$  między wielkością mikroziarna ściernego  $Z$  i średnicą przekroju grafitu  $G_p$  spełniać będzie zależność (2):

$$P_2 = P[0 < Z - G_p = Q \leq \lambda Z] \quad (2)$$

w której  $\lambda$  jest wartością wciśnięcia względnego mikroziarna ściernego w wydzieleniu grafitowym.

W analizie modelowej założono równomierne powierzchniowe rozmieszczenie mikroziaren w strefie docierania (rys. 7), gdzie:  $M_{jt}$

oznacza położenie mikroziarna  $j$  w chwili  $t$ ,  $Z_i$  poziomą średnicę Fereta  $i$ -tego mikroziarna ściernego w rzucie na płaszczyznę równoległą do powierzchni docieraka,  $G_{pi}$  średnicę przekroju  $i$ -tego grafitu,  $E(Z)$  wartość oczekiwaną rozkładu wielkości mikroziarna ściernego  $Z$ , a  $B$  współczynnik upakowania mikroziaren ściernych na powierzchni docieraka.

Prawdopodobieństwo kontaktu mikroziarna ściernego z przekrojem grafitu w czasie od  $t$  do  $dt$  wynosi:

$$P_1(t, t + dt) = A_A dt \quad (3)$$

gdzie  $A_A$  jest polem przekroju grafitu przypadającym na jednostkę pola powierzchni, czyli:

$$P_1(t) = 1 - \exp[\ln(1 - A_A) - A_A t] \quad (4)$$

Jeśli oznaczymy przez  $f_1(Z)$  gęstość prawdopodobieństwa wielkości mikroziarna, a przez  $f_2(G_p)$  funkcję gęstości prawdopodobieństwa średnicy przekroju grafitu w żelwie, to:

$$f(Q) = (f_1, f_2)(Q) \quad (5)$$

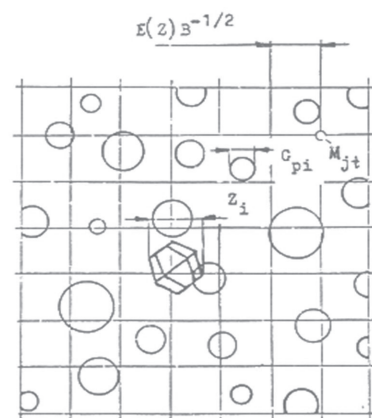


Fig. 7. Pictorial diagram for determination on probability  $P_1$   
Rys. 7. Schemat poglądowy do wyznaczenia prawdopodobieństwa  $P_1$

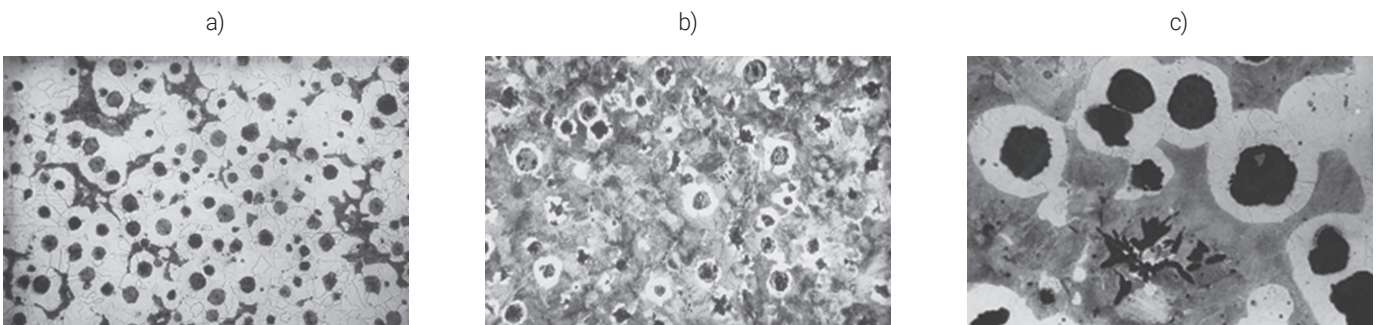


Fig. 6. Microstructure of cast iron: a) EN-GJS-400-18 (Gf9-Gw45-Gr1-P6-Fe94,  $E(G_p) = 0,033$  mm), b) EN-GJS-500-7 (Gf8-Gw45-Gr1-P85-Fe15,  $E(G_p) = 0,018$  mm), c) EN-GJS-600-3 (90%Gf9-10%Gf5-Gr1-P70,  $E(G_p) = 0,034$  mm)  
Rys. 6. Mikrostruktura żeliwa sferoidalnego: a) EN-GJS-400-18 (Gf9-Gw45-Gr1-P6-Fe94,  $E(G_p) = 0,033$  mm), b) EN-GJS-500-7 (Gf8-Gw45-Gr1-P85-Fe15,  $E(G_p) = 0,018$  mm), c) EN-GJS-600-3 (90%Gf9-10%Gf5-Gr1-P70,  $E(G_p) = 0,034$  mm)

Równanie (5) wskazuje, że rozwiązanie wymaga splot funkcji  $f_1$  i  $f_2$ , przy czym rozkłady wielkości  $G_p$  i  $Z$  są rozkładami logarytmiczno-normalnymi [7], a ponieważ

$$E(Q) = E(Z) - E(G_p) \quad (6)$$

oraz

$$D(Q) = [D^2(Z) + D^2(G_p)]^{1/2} \quad (7)$$

czyli

$$f(Q) = [(2\pi)^{1/2}D(Q)]^{-1} \exp\{-0,5[(Q - E(Q))/D(Q)]^2\} \quad (8)$$

to

$$P_2 = 0,5\{\text{erf}[E(Q)/(2^{1/2}D(Q))] - \text{erf}[(E(Q) - \psi)/(2^{1/2}D(Q))]\} \quad (9)$$

Jeśli przyjąć za pracę [11], że  $\psi = 0,175E(G_p)$ , można wyznaczyć prawdopodobieństwo  $P_2$  w zależności od parametrów określających strukturę żeliwa oraz wielkość mikroziaren ściernych. Wymagana jest tu znajomość wartości średniej  $E(G_p)$  i odchylenia standardowego  $D(G_p)$ , średnicy przekroju grafitu  $G_p$  oraz parametrów rozkładu wielkości dawkowanych mikroziaren ściernych  $Z$ .

Ponieważ

$$P_2 = P_2(0 \leq x^* < \psi) = 0,5 + \Phi\{[\psi - E(Q)]/D(Q)\} \quad (10)$$

a po uwzględnieniu zależności (6) i (7) oraz pracy [10] otrzymujemy zależność (11):

$$\Phi(x^*) = \Phi\{[1,175E(G_p) - E(Z)]/[D^2(Z) + D^2(G_p)]^{1/2}\} \quad (11)$$

w której  $\Phi(x^*)$  jest funkcją Laplace'a.

W tabeli 1 zestawiono obliczoną wartość prawdopodobieństwa  $P_2$  dla wybranych żeliw sferoidalnych i ściernych.

Parametry określające wielkość ziaren ściernych zależą od wielu czynników. Istotny wpływ ma producent ścierniwa, a dobór gatunku i wielkości mikroziaren ściernych przez technologa uwarunkowany jest m.in. wymaganą chropowatością powierzchni oraz wydajnością docierania [10]. Określona żeliwna tarcza docierająca powinna być stosowana jedynie dla jednego gatunku i określonej wielkości mikroziaren ściernych. Rozbrajanie powierzchni czynnej docieraka w praktyce nie jest stosowane, zaś okresowe toczenie tarczy skraca czas jej eksploatacji.

Po rozwinięciu w szeregi zależności (9) i biorąc jedynie po dwa pierwsze składniki otrzyma się zależność (12):

$$P_2 = \psi\{6(2\pi)^{1/2}[D(Q)]^3\{-\psi^2 + 3\psi E(Q) - 3[E(Q)]^2 + 6[D(Q)]^2\} \quad (12)$$

Korzystając ze wzoru (4), można wyznaczyć prawdopodobieństwo  $P_1(t)$ . Przykładowe wyniki obliczeń przedstawiono na rys. 8. Prawdopodobieństwo kontaktu ziarna ściernego z grafitem stosunkowo szybko osiąga wartości bliskie jedności, nawet przy małej frakcji objętościowej  $V_v$ .

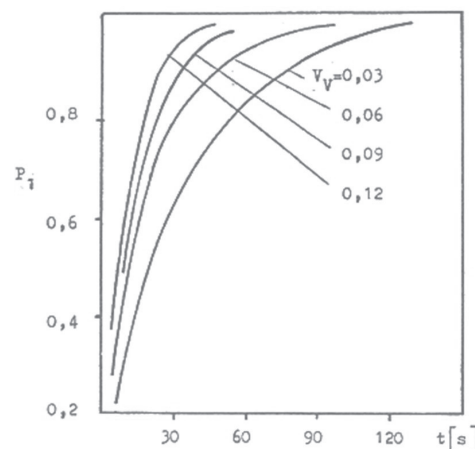


Fig. 8. Probability  $P_1$  (EN-GJS-600-3,  $V_v = 0,09$ ; EN-GJS-400-18,  $V_v = 0,06$ )  
Rys. 8. Prawdopodobieństwo  $P_1$  (EN-GJS-600-3,  $V_v = 0,09$ ; EN-GJS-400-18,  $V_v = 0,06$ )

Table 1. Probability  $P_2$   
Tabela 1. Prawdopodobieństwo  $P_2$

Materiał docieraka	$E(G_p)$ , $\mu\text{m}$	Współczynnik zmienności $\gamma_2(G_p)$	Gatunek ścierniwa i numer mikroziarna	$E(Z)$ , $\mu\text{m}$	Współczynnik zmienności $\gamma_2(Z)$	$P_2$
EN-GJS-400-18	13	0,92	98C F320/29	30,11	0,33	0,0275
			99C F800/7	6,81	0,84	0,0579
			98C F400/17	20	0,33	0,0603
			98C F500/13	18,6	0,40	0,0611
EN-GJS-500-7	18	0,67	98C F320/29	30,11	0,33	0,1349
			99C F800/7	6,81	0,84	0,0509
			98C F400/17	20	0,33	0,0912
			98C F500/13	18,6	0,40	0,0883
EN-GJS-600-3	24	0,92	98C F320/29	30,11	0,33	0,0744
			99C F800/7	6,81	0,84	0,0471
			98C F400/17	20	0,33	0,0701
			98C F500/13	18,6	0,40	0,0681

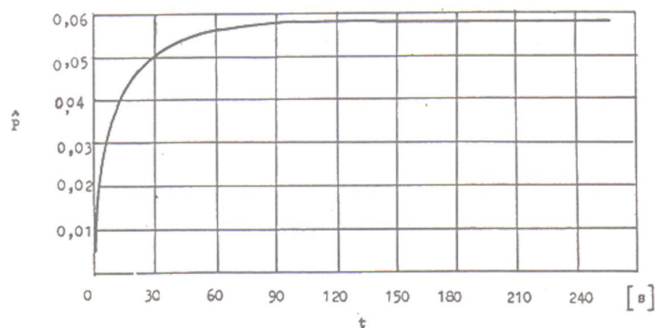


Fig. 9. Probability P (EN-GJS-600-3, 99C F800/7)  
Rys. 9. Prawdopodobieństwo P (EN-GJS-600-3, 99C F800/7)

Wzory (1), (4) i (12) umożliwiają obliczenie prawdopodobieństwa trwałego osadzenia mikroziaren ściernych w wydzielenia grafitowe w żeliwie sferoidalnym. Przykładowo prawdopodobieństwo zagłębienia się mikroziarna 99C F800/7 na powierzchni żeliwa EN-GJS-600-3 zbliża się asymptotycznie do wartości 0,0578 (rys. 9). Wyniki analiz modelowych zostaną poddane weryfikacji doświadczalnej.



Fig. 10. Grinding on double-disc lapping machine [17]  
Rys. 10. Szlifowanie na docierarce dwutarczowej [17]

### 3. SZLIFOWANIE NA DOCIERARKACH TARCZOWYCH

Obecnie intensywnie rozwijane jest także szlifowanie na docierarkach dwutarczowych [12, 14–18]. Kinematyka tej obróbki jest identyczna jak przy docieraniu powierzchni płasko-równoległych (rys. 10). Najczęściej stosowane są tarcze segmentowe (rys. 11c), przy czym mogą być to również wkładki kołowe (rys. 11b) lub niewielkie segmenty heksagonalne (rys. 11a).

Występują też narzędzia spiekane. Zagęszcza się wtedy mikroziarna diamentowe bądź regularnego azotku boru z proszkiem żeliwnym i następnie spieka. Tego typu tarcze zalecić można do obróbki kryształów laserowych i ceramiki technicznej.

#### 3.1. PRZYKŁADY OBRÓBK

W tabeli 2 podano przykłady wykorzystania narzędzi diamentowych (D) i z regularnego azotku boru (CBN) do szlifowania z kinematyką docierania.

W przypadku szlifowania na docierarce zmniejsza się zabrudzenie obrabianych elementów oraz koszt samej operacji z uwagi na znaczący wzrost wydajności obróbki. Dalszy rozwój tej technologii uzależniony jest od postępów w wytwarzaniu narzędzi segmentowych, również w aspekcie ich kosztochłonności. Istotnym problemem jest usprawnienie cyklicznego obciążania takich ściernic. Interesującym rozwiązaniem jest propozycja obciążacza vDD firmy Stähli (rys. 12). W tabelach 3 i 4 przedstawiono przykłady zastosowania tego typu obciążacza przy szlifowaniu brązu spiekanego i stali na docierarkach dwutarczowych DLM 705 firmy Stähli.

W tabeli 5 zamieszczono porównanie docierania luźnym ścierniwem oraz szlifowania z kinematyką planetarną, przyjmując 6 kompleksowych kryteriów i oceniając je w 5-punktowej skali (1 – najniższa ocena, 5 – najwyższa ocena).

W przypadku obróbki materiałów o dużym udziale wiązań kowalencyjnych, takich jak azotek i węgiel krzemu oraz nadtlenek cynku, opór skrawania wzrasta. Powoduje to zwiększenie wydzielania się ciepła, co wpływa na wzrost zużycia ziaren ściernych. Materiał staje się bardziej ciągliwy, co jeszcze w większym stopniu wpływa na wzrost temperatury i zmniejsza zdolność skrawną

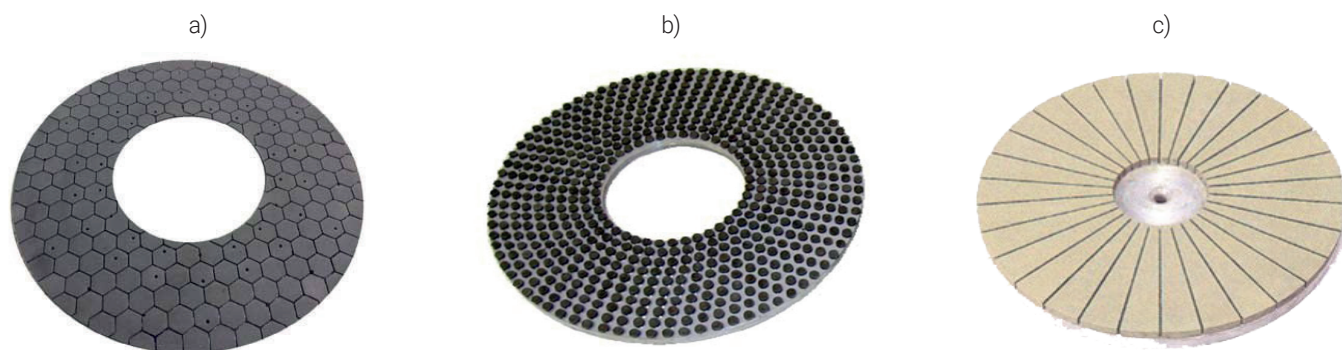


Fig. 11. Segmental grinding wheel of machining on lapping machines [1, 18]  
Rys. 11. Ściernice segmentowe do obróbki na docierarkach [1, 18]

Table 2. Simples of surface grinding on lapping machines [1]  
Tabela 2. Przykłady szlifowania płaszczyzn na docierarkach [1]

Obrabiany materiał	Rozmiar ziarna ściernego	Gatunek ścierniwa	Kształt wkładek ściernych	Chropowość powierzchni po obróbce Ra, $\mu\text{m}$	Średni naddatek obróbkowy, $\mu\text{m}$	Twardość obrabianego materiału	Średnia wydajność obróbki, $\mu\text{m}/\text{min}$	Odchyłka płaskości obrabianego przedmiotu, $\mu\text{m}$ (na powierzchni o średnicy $d$ , mm)
SCM415 (Cr3Mo)	CBN230 CBN30/40	CBN	heksagonalny lub kołowy	0,40 0,20	50–400 50–400	58–62 HRC	65 35	< 3 ( $d = 30$ ) < 1,5 (30)
Stal węglowa (SK5)	CBN230 CBN30/40	CBN	heksagonalny lub kołowy	0,40 0,20	50–300 50–300	58–62 HRC	65 35	< 3 (90) < 1,5 (90)
Stal łożyskowa (100Cr6-SCM)	CBN230 CBN30/40	CBN	heksagonalny lub kołowy	0,40 0,20	50–300 50–300	63 HRC	60 30	< 2 (150) < 1,5 (150)
HSS	CBN230 CBN30/40	CBN	heksagonalny lub kołowy	0,40 0,20	50–300 50–300	68–70 HRC	50 25	< 2 (70) < 1,5 (70)
$\text{Al}_2\text{O}_3$	DIA200 DIA400	D	heksagonalny lub kołowy	0,60 0,35	100–300 100	8–9 Mohsa	300 100	< 3 (35) < 1,5 (35)
Szafir	DIA200 DIA400 DIA800 DIA1500	D	heksagonalny lub kołowy	0,60 0,30 0,20 0,08	500 200 100 30	8–9 Mohsa	100 50 30 15	< 3 (35) < 2 (35) < 1,5 (35) < 1 (35)
Kwarc	DIA400 DIA800	D	heksagonalny lub kołowy	0,40 0,40	400 400	7–8 Mohsa	200 80	< 2 (51) < 1,5 (51)
SiC	DIA230 DIA325	D	heksagonalny lub kołowy	0,20 0,12	300 300	9 Mohsa	200 125	< 3 (30) < 2 (30)
Azotek krzemu	DIA100	D	heksagonalny lub kołowy	0,50	500	8 Mohsa	100	< 3 (30)
Węglik krzemu	DIA140 DIA230 DIA270	D	heksagonalny lub kołowy	0,60 0,35 0,20	600 350 200		300 200 100	< 3 (20) < 2 (20) < 1 (20)
Grafit	DIA230 DIA400 DIA800 DIA1200	D	heksagonalny lub kołowy	0,80 0,60 0,40 0,20	600 400 300 200		400 200 100 60	< 3 (40) < 2 (40) < 1,5 (40) < 1 (40)
Polimery	DIA1000	D	heksagonalny lub kołowy	0,60	600		150	< 3 (40)
Miedź, aluminium i ich stopy	DIA230 DIA400 DIA800 DIA1000	D	heksagonalny lub kołowy	0,80 0,40 0,20 0,10	400 200 100 50		300 250 100 70	< 3 (35) < 2 (35) < 1,5 (35) < 1 (35)



Fig. 12. Grinding wheel dresser: a) standard, b) vDD (Stähli) [18]  
Rys. 12. Obciążacz ściernicy: a) standardowy, b) vDD (Stähli) [18]

Table 3. Grinding of sintered bronze on lapping machine [18]  
Tabela 3. Szlifowanie brązu spiekanego na docierarce [18]

Naddatek obróbkowy, $\mu\text{m}$	300
Liczba przedmiotów obrabianych jednocześnie	60
Narzędzie	Swiss Master HPB Vit-CBN CB56-170-P-11-215-X75-V51-31
Obciążacz	Swiss Master vDD D11-120-P-8-280-X1500-V86-39-2
Czas główny obróbki, s	120
Czas obróbki w przeliczeniu na jeden przedmiot, s	2
Stabilność wymiarowa, $\mu\text{m}$	$\pm 1$
Chropowatość powierzchni po obróbce Rz, $\mu\text{m}$	2–3
Odchyłka płaskości powierzchni obrabianej, $\mu\text{m}$	0,5
Czas obciążania narzędzia, s	30
Częstotliwość obciążania	raz dziennie

Table 4. Grinding of 100Cr6 steel on lapping machine [18]  
Tabela 4. Szlifowanie stali 100Cr6 na docierarce [18]

Naddatek obróbkowy, $\mu\text{m}$	200
Liczba przedmiotów obrabianych jednocześnie	2340
Narzędzie	Swiss Master HPB Vit-CBN CB56-170-P-11-215-X75-V51-31
Obciążacz	Swiss Master vDD D11-120-P-8-280-X1500-V86-39-2
Czas główny obróbki, s	150
Czas obróbki w przeliczeniu na jeden przedmiot, s	0,065
Stabilność wymiarowa, $\mu\text{m}$	$\pm 1,5$
Chropowatość powierzchni po obróbce Rz, $\mu\text{m}$	0,6–0,8
Płyn obróbkowy	olej
Czas obciążania narzędzia, s	30
Częstotliwość obciążania	po obróbce 150 tys. przedmiotów

narzędzia (ściernicy). Do obróbki tego rodzaju materiałów w firmie Peter Wolters opracowano specjalne tarcze ściernicze, zawierające na powierzchni czynnej agregaty diamentowe o wiązaniu metalowo-ceramicznym. Poszczególne plastry ściernicze związane są za pomocą żywicy (rys. 13).

Taki systemem wiązania powoduje, że wyrwanie ziarna diamentowego w procesie obróbki jest bardzo utrudnione. Dzięki zastosowaniu metalowo-ceramicznego podłoża dobrze odprowadzane jest wytwarzane ciepło. Spoiwo żywiczne zużywa się znacznie szybciej niż same agregaty diamentowe, co ułatwia dotarcie płynu obróbkowego do strefy skrawania, także w przypadku szlifowania elementów o większych wymiarach.

Innym rozwiązaniem konstrukcyjnym narzędzi do szlifowania na docierarkach jednotarczowych są tarcze ścierniczo-metalowe,

Table 5. Point evaluation of lapping and surface grinding on lapping machines  
Tabela 5. Ocena punktowa docierania i szlifowania płaszczyzn na docierarkach

Kryterium oceny	Docieranie	Szlifowanie
Wydajność obróbki	2	5
Właściwości warstwy wierzchniej obrabianego	4	2
Zabrudzenie przedmiotów	1	4
Koszty stanowiskowe	4	2
Ekologiczność procesu	1	4
Perspektywy rozwoju	3	5
<b>Suma punktów</b>	<b>15</b>	<b>22</b>

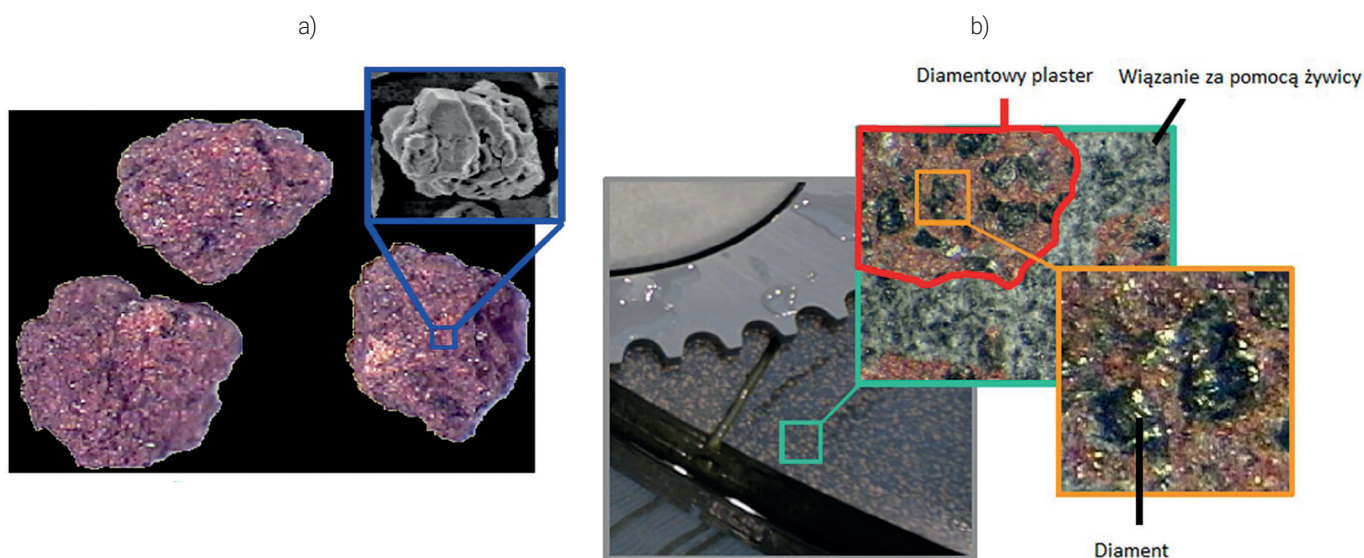


Fig. 13. Abrasive disc tools: a) diamond aggregate, b) structure of grinding wheels (Peter Wolters) [1]  
Rys. 13. Narzędzie do szlifowania: a) agregaty diamentowe, b) struktura ściernicy (Peter Wolters) [1]

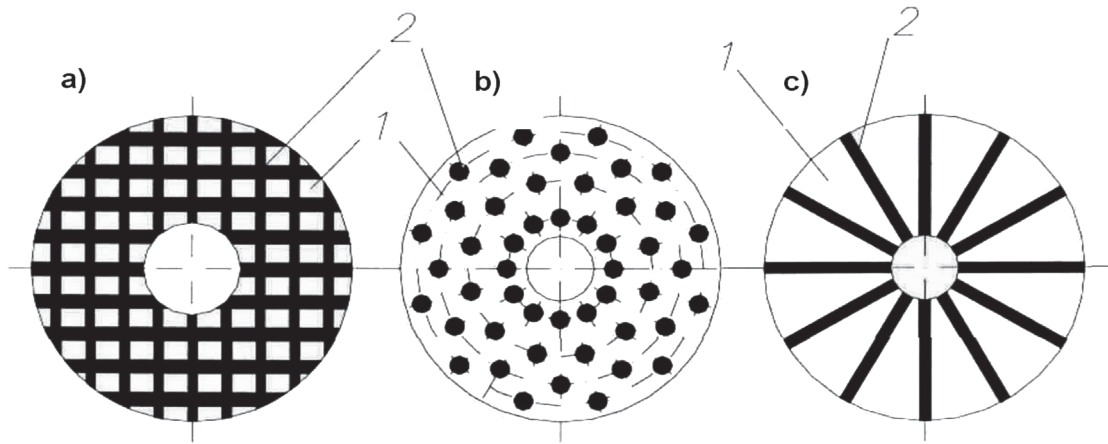


Fig. 14. Deployment of abrasive pellets  
Rys. 14. Rozmieszczenie wkładek ściernych

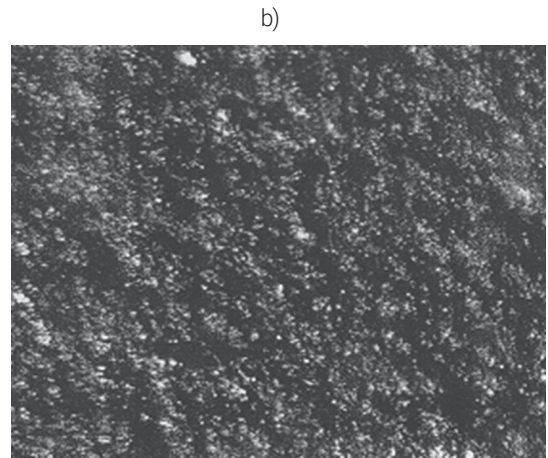
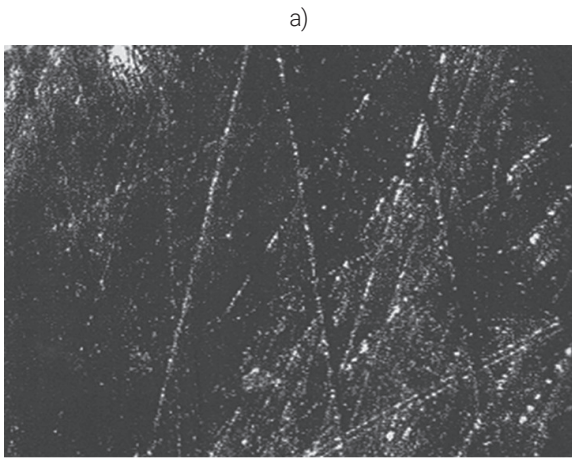


Fig. 15. Surfaces of abrasive-metals tools: a) metal-cast iron, b) abrasive pellets  
Rys. 15. Powierzchnia narzędzia ścierno-metalowego: a) metal-żeliwo, b) pilnik ścierny

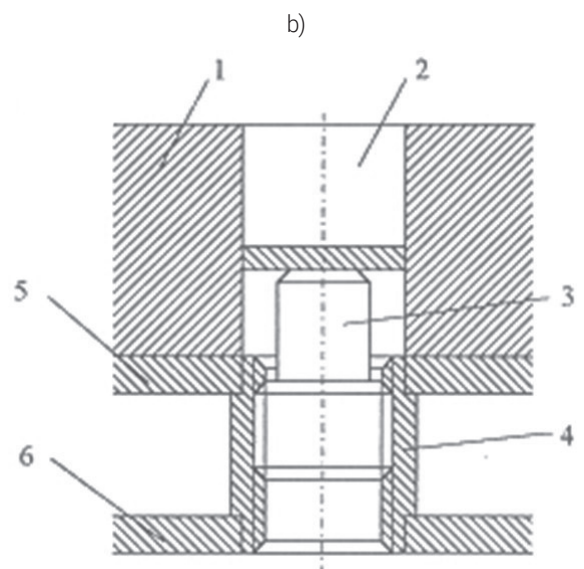
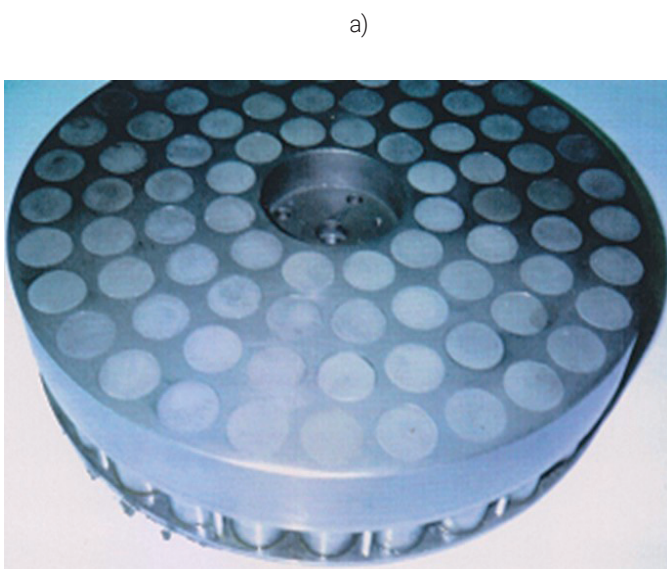


Fig. 16. Modular of abrasive disc tools  
Rys. 16. Narzędzie ściernie składane

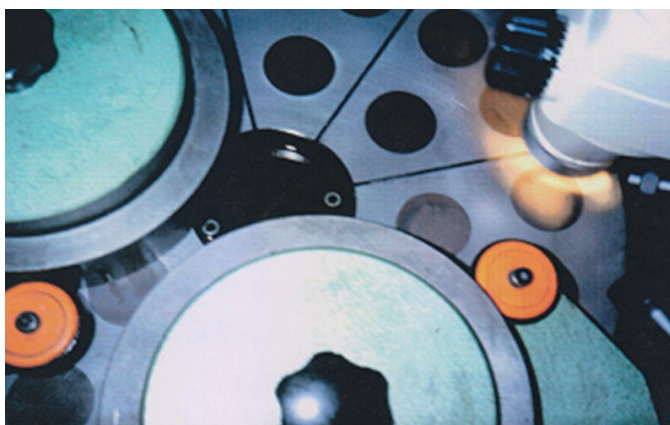


Fig. 17. View of abrasive-metals tools  
Rys. 17. Widok narzędzia ścierno-metalowego

opracowane w Zakładzie Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji Politechniki Gdańskiej (rys. 14 i 15). Sposoby rozmieszczenia wkładek ściernych w narzędziach ścierno-metalowych (rys. 14 – elementy ściernie 1, część żeliwna narzędzia 2) to: wkładki prostopadłościennie rozmieszczone w kierunkach wzajemnie prostopadłych (rys. 14a), tabletki kołowe (rys. 14b) oraz wkładki rozmieszczone promieniowo (rys. 14c).

Oprócz konstrukcji z segmentami wklejanymi opracowano prototyp narzędzia (rys. 16) z możliwością indywidualnego wysuwania wkładek ściernych (1 – korpus narzędzia, 2 – wkładka ścierna, 3 – śruba regulująca wysunięcie wkładki, wkręcona w tuleję 4 osadzoną w tarczach 5 i 6). Innym zaproponowanym rozwiązaniem są narzędzia ścierno-metalowe o średnicy 380 mm, których konstrukcja składa się z żeliwnego korpusu (EN-GJL 250, 188-194 HB) o osnowie ferrytyczno-perlitycznej i wklejanych wkładek ściernych (rys. 17). Wkładki o średnicy 40 mm wykonano, mieszając mikroziarna węgla boru BC F400/17 i miedzi elektrolitycznej z żywicą epoksydową (rys. 18). Po sprasowaniu składników wygrzewano półwyrob w temp. 520 K przez 11 h, chłodząc następnie razem z piecem.

#### 4. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono zarówno narzędzia do docierania, jak i szlifowania na docierarkach tarczowych. Każda z tych metod obróbki ścierniej ma zalety i wady [10]. W przypadku docierania są to: (i) możliwość obróbki przedmiotów o niewielkiej grubości; (ii) brak występowania odkształceń cieplnych przedmiotu; (iii) możliwość obróbki przedmiotów kruchych; (iv) brak ograniczeń w zakresie docieranych materiałów; (v) kształtowanie powierzchni matowej lub z wyraźnymi kraterami; (vi) produkty docierania nie są poddawane recyklingowi; (vii) przedmioty po docieraniu wymagają dokładnego mycia; oraz (viii) wydajność obróbki jest względnie mała. W przypadku szlifowania z kinematyką docierania uzyskujemy: (i) zwiększoną 3–20 razy wydajność obróbki (w porównaniu z docieraniem); (ii) możliwość obróbki metalowych

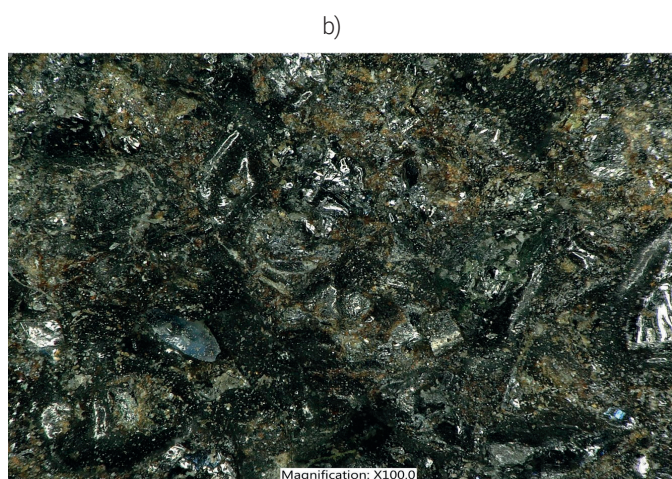
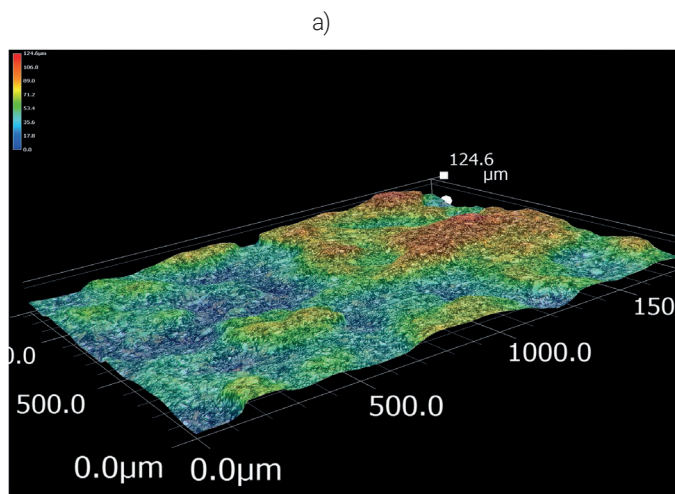


Fig. 18. Abrasive pellets (boron carbide): a) 3D, b) 100× (microscope VHX-5000, KEYENCE)  
Rys. 18. Wkładka ścierna (węgiel boru): a) 3D, b) 100× (mikroskop VHX-5000, KEYENCE)

elementów drobnych (również wykrawanych) oraz elementów spiekanych, stopów żelaza i metali nieżelaznych; (iii) możliwość obróbki zgrubnej, dokładnej i bardzo dokładnej elementów ceramicznych oraz z tworzyw polimerowych, również o nieregularnym zarysie; (iv) możliwość wprowadzenia zaawansowanego systemu sterowania procesem, w tym parametrami kinematycznymi; (v) po szlifowaniu występuje pokrycie powierzchni przedmiotów jedynie cienką warstwą płynu obróbkowego (brak czasochłonnego oczyszczania); (vi) możliwość automatyzacji załadunku i rozładunku przedmiotów (gdyż brak znacznego zanieczyszczenia elementów produktami obróbki); (vii) płyn obróbkowy poddawany jest recyklingowi; oraz (viii) powierzchnia przedmiotu po obróbce jest błyszcząca wraz z typowymi skrzyżowanymi rysami.

Przedstawiona w pracy analiza aktywizacji powierzchni czynnej docieraka mikroziarnami ściernymi potwierdza zasadność stosowania niestopowych żelw sferoidalnych na tego typu narzędzia tarczowe.



## LITERATURA

- [1] Materiały informacyjne firmy Peter Wolters (2020).
- [2] Materiały informacyjne firmy Lapmaster (2020).
- [3] Materiały informacyjne firmy Lapmaster Wolters (2024).
- [4] Barylski A., Janczurewicz P.: Wpływ dawkowania pasty ścierniej na intensywność docierania próbek płaskich. *Inżynieria Materiałowa 2* (2024) 9–16.
- [5] Marinescu I.D., Uhlmann E., Doi T.K. (red.): *Handbook of lapping and polishing*. CRC Press, Boca Raton, London, New York (2007).
- [6] Materiały informacyjne firmy Engis (2022).
- [7] Orlov P.N., Savelova A.A., Poluchin V.A., Nesterov Ju. I.: *Dovodka precyzyjnych datalej mašin. Mašinostroenie* (1978).
- [8] Ulegin V.G., Ogorodnikov A.P.: *Fizičeskaja suščnost' šaržirovanija. Almazy 12* (1973) 10–16.
- [9] Barylski A.: *Podstawy docierania jednotarczowego powierzchni płaskich. Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej, Mechanika 67* (1992).
- [10] Barylski A.: *Obróbka powierzchni płaskich na docierarkach. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk* (2013).
- [11] Nepomjaščij S.A., Kremen' Z.I.: *Analiz šaržirovanija dovodočnych pritirov na osnove teorii slučajnych processov. Vest. Mašinotr.* 9 (1965) 53–56.
- [12] Barylski A.: *Szlifowanie na docierarkach sposobem zmniejszenia skażenia powierzchni ziarnami ściernymi w obróbce wykończeniowej. Dozór Techniczny 2* (2024) 9–14.
- [13] Beyer P., Ravenzwaaij M.: *Innovative flat honing with vitrified-bond grinding and conditioning tools. Industrial Diamond Review 4* (2005) 47–50.
- [14] Wang L.-J., Hu Z.W., Chen Y., Yu Y.Q., Xu X.P.: *Material removal mechanism of sapphire substrates with four crystal orientation by double-sided planetary grinding. Ceram. Int.* 46 (2020) 7813–7822.
- [15] Stähli A.W., Stähli B.: *Flathoning and lapping with two-wheel machines. Stähli Lapping Technology Ltd.* (2006).
- [16] Xiong Q., Nie X., Lu J., Yan Q., Deng J.: *Processing performance of vitrified bonded fixed-abrasive lapping. Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 3 (2022) 1945–1955.
- [17] *Materiały informacyjne firmy Slugger Diamond Inserts* (2023).
- [18] *Materiały informacyjne firmy Stähli* (2024).

Od 75 lat  
poszerzamy  
**Twoje**  
horyzonty



WYDAWNICTWO  
**SIGMA-NOT** 



### Electronic, electrical and magnetic behavioural changes of layer by layer deposited $\text{Cd}_{0.4}\text{Zn}_{0.6}\text{S}$ and r-GO composites thin film ( $\text{Cd}_{0.4}\text{Zn}_{0.6}\text{S}:\text{r-GO}$ ) semiconductors

S.Ch. Ray

*Bullet. Mater. Sci.* 2024, **47**, nr 4, 239, DOI: 10.1007/s12034-024-03302-4

$\text{Cd}_{0.4}\text{Zn}_{0.6}\text{S}:\text{r-GO}$  composite thin film semiconductor is prepared by the process of layer by layer deposition of cadmium zinc sulphide ( $\text{Cd}_{0.4}\text{Zn}_{0.6}\text{S}$ ) and reduced graphene oxide (r-GO) on Si-substrate by DIP-coating technique. In this process, initially, aqueous solution of  $\text{Cd}_{0.4}\text{Zn}_{0.6}\text{S}$  is deposited on Si-substrate ( $\text{Cd}_{0.4}\text{Zn}_{0.6}\text{S}/\text{Si}$ ) and baked at  $500^\circ\text{C}$  temperature, then, aqueous solution of r-GO is deposited on ( $\text{Cd}_{0.4}\text{Zn}_{0.6}\text{S}/\text{Si}$ ) and baked at the same temperature to fabricate ( $\text{r-GO}/\text{Cd}_{0.4}\text{Zn}_{0.6}\text{S}/\text{Si}$ ) composite thin film semiconductors. Structural/electronic/electrical/magnetic properties of ( $\text{Cd}_{0.4}\text{Zn}_{0.6}\text{S}:\text{r-GO}$ )/Si composite thin film semiconductor is enhanced in the vicinity of interfacial defects, impurities, density of states with exchange of metallic/non-metallic ions ( $\text{Cd}^{2+}/\text{Zn}^{2+}$ )/( $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ) along with the incorporation of different O-functional radicals that immigrate from r-GO. It is expected that the  $\text{Cd}_{0.4}\text{Zn}_{0.6}\text{S}:\text{r-GO}$  composite thin film semiconductor is capable of providing future promising optoelectronic as well as magnetic device-based applications.

### Spontaneous orientation polarization of anisotropic equivalent dipoles harnessed by entropy engineering for ultra-thin electromagnetic wave absorber

H. Wang, X. Xiao, S. Zhai, Ch. Xue, G. Zheng, D. Zhang, R. Che, J. Cheng

*Nano-Micro Lett.* 2025, **17**, nr 1, 19, <https://doi.org/10.1007/s40820-024-01507-0>

The synthesis of carbon supporter/nanoscale high-entropy alloys (HEAs) electromagnetic response composites by carbothermal shock method has been identified as an advanced strategy for the collaborative competition engineering of conductive/dielectric genes. Electron migration modes within HEAs as manipulated by the electronegativity, valence electron configurations and molar proportions of constituent elements determine the steady state and efficiency of equivalent dipoles. Herein, enlightened by skin-like effect,

a reformative carbothermal shock method using carbonized cellulose paper (CCP) as carbon supporter is used to preserve the oxygen-containing functional groups (O) of carbonized cellulose fibers (CCF). Nucleation of HEAs and construction of emblematic shell-core CCF/HEAs heterointerfaces are inextricably linked to carbon metabolism induced by O. Meanwhile, the electron migration mode of switchable electron-rich sites promotes the orientation polarization of anisotropic equivalent dipoles. By virtue of the reinforcement strategy, CCP/HEAs composite prepared by 35% molar ratio of Mn element (CCP/HEAs-Mn2.15) achieves efficient electromagnetic wave (EMW) absorption of 51.35 dB at an ultra-thin thickness of 1.03 mm. The mechanisms of the resulting dielectric properties of HEAs-based EMW absorbing materials are elucidated by combining theoretical calculations with experimental characterizations, which provide theoretical bases and feasible strategies for the simulation and practical application of electromagnetic functional devices (e.g., ultra-wideband bandpass filter).

### 5 GHz microstrip patch antenna from pineapple leaf-based substrate for environmentally sustainable wireless communication

A.N. Azman, R.D. Giamasrow, N. Mustafa et al.

*J. Adv. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.* 2025, **51**, nr 1, 28–38, DOI: 10.37934/araset.51.1.2838

Pineapples generate approximately 75% waste, each with its unique characteristics. Pineapple leaves have the potential to be utilized in the development of new fibres or raw materials. This study aims to present the design of a microstrip patch antenna that utilizes a pineapple leaf substrate to achieve a 5 GHz frequency resonant. The antenna design was simulated using CST software. The manufacturing process of the pineapple leaf substrate involves boiling, drying, blending, filtering, and mixing composite compositions. The dielectric permittivity at a frequency of G-band was determined using the waveguide technique, revealing an outstanding permittivity of 5.03 at 5 GHz. Subsequently, a microstrip patch antenna was fabricated and characterized to validate the concept. The results demonstrate an acceptable agreement between the simulation and the fabricated substrate at 5 GHz in term of return loss.

### Utilizing MXene-mediated electron transfer pathway to boost peroxymonosulfate activation for water purification

B. Li et al.

*Sep. Purif. Technol.* 2025, **356**, 129904, DOI: 10.1016/j.seppur.2024.129904

Regulating the performance of manganese oxide catalysts to enhance peroxymonosulfate (PMS) activation for degrading emerging organic pollutants remains a significant challenge. To address this issue,  $Mn_3O_4$ /MXene composites with precisely controlled MXene contents are synthesized by combining hydrothermal and calcining methods, resulting in a significant regulate the pathway of  $Mn_3O_4$  activation of PMS and a notable enhancement bisphenol A (BPA) degradation efficiency. The normalized first-order rate constant for optimized  $Mn_3O_4$ /MXene composites is  $0.0218 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ , which is 8.4 and 2.0 times higher than those of MXene and  $Mn_3O_4$ , respectively. Moreover, this catalyst exhibits excellent mineralization capacities, achieving up to 88.2% total organic carbon removal efficiency. Combining with electrochemical and electron paramagnetic resonance analysis, the mechanism of electron transfer processes in this composite is elucidated comprehensively. Moreover,  $Mn_3O_4$ /MXene displays remarkable efficiency in degrading refractory pollutants, including antibiotics, phenols, and dyes. Furthermore,  $Mn_3O_4$ /MXene composites exhibit superior stability, reusability, and resistance to interference, highlighting their versatility in diverse environmental contexts. Notably, the catalyst maintains stable catalytic activity for long-term pollutant removal in a continuous-flow system. This study presents a novel approach for developing composite catalysts, providing new avenues for the treatment of emerging pollutants in wastewater.

### Characteristics of merging plasma plumes for materials process using two atmospheric pressure plasma jets

S.U. Jeon, J.W. Kim, H.-Y. Lee, G.-Ch. Kim, H.J. Lee

*Materials* 2024, **17**, nr 19, 4928, <https://doi.org/10.3390/ma17194928>

Atmospheric pressure plasma jets (APPJs) have attracted significant attention due to their ability to generate plasma without vacuum systems, facilitating their use in small areas of plasma processing applications across various fields, including medicine, surface treatment, and agriculture. In this study, we investigate the interaction between two helium plasma jets, focusing on the effects of varying flow rate, voltage, and directional angle. By examining both in-phase and out-of-phase configurations, this research aims to elucidate the fundamental mechanisms of plasma plume merging, which has critical implications for optimizing plasma-based material processing systems. We demonstrate that while increasing voltage and flow rate for the in-phase condition leads to an extended plasma plume length, the plumes do not merge, maintaining a minimal gap. Conversely, plasma plume merging is observed for the out-of-phase condition, facilitated by forming a channel between the jets. This study further explores the impact of these merging phenomena on plasma chemistry through optical emission spectroscopy, revealing substantial differences in the emission intensities of OH, the second positive system of  $N_2$ , and the first negative system of  $N_2^+$ . These findings offer valuable insights

into controlling plasma jet interactions for enhanced efficiency in plasma-assisted processes, particularly where plume merging can be leveraged to improve the treatment area and intensity.

### Graphene oxide-containing chitosan@HKUST-1 beads with increased chemical stability for CO<sub>2</sub> capture

Y. Khadiri et al.

*Mater. Today Sustain.* 2024, **28**, 100998, DOI: 10.1016/j.mtsust.2024.100998

HKUST-1 MOF was crystallized within chitosan matrix to form xerogel beads using an in-situ growth approach. Under mild conditions, CS@HKUST-1 xerogel beads exhibit high specific surface areas (SBET) up to  $923 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ . By further incorporating graphene oxide (GO) to form ternary CS-GO@HKUST-1 xerogel beads, the HKUST-1 MOF structure remained stable for up to two days in a water solution at room temperature, whereas the MOF powder and CS@HKUST-1 xerogel beads underwent significant framework collapse within a day.  $\text{CO}_2$  adsorption measurements on these xerogel beads also show promising  $\text{CO}_2$  uptakes, surpassing  $2.5 \text{ mmol g}^{-1}$  at 298 K and 1 bar. Moreover, these composites could be regenerated for more than 10 cycles without any loss of quantity adsorbed.

### Natural resource extraction. Sustainable development relationship and energy productivity moderation in resource-rich countries.

A panel Bayesian regression analysis

M. De Sisto, S. Ul-Durar, N. Arshed, M. Iqbal, A. Nazarian

*J. Cleaner Prod.* 2024, **477**, 143775, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143775>

Social development is essential for improving quality of life, fostering stability, driving economic growth, achieving sustainable goals, enhancing human capital, encouraging civic engagement, building resilience, and fostering innovation, thereby ensuring inclusive, equitable, and sustainable progress. The Social Progress Index (SPI), also known as social development, contains all these features. This study aims to examine the impact of natural resource extraction on social development quadratically using data from 2011 to 2022. The focus of the study is on resource-rich countries. In this study, productive capacity in the energy sector is used as a social development determinant and a natural resource consumption moderator, ensuring sustainability in social development. Analyzing the quadratic relationship allows us to model and understand nonlinear relationships between the predictor and the outcome variable, capturing the effects that change direction or strength at different levels of the predictor. In this study, Bayesian regression is incorporated as an econometric approach. It provides more flexible modelling, incorporates prior knowledge, and offers a full distribution of parameter estimates, leading to better uncertainty quantification and more robust predictions. These estimates confirm a U-shaped natural resource extraction and social development relationship. Energy productive capacities in resource-rich countries not only enhance social development but also ensure the sustainable extraction of natural resources leading to sustainable social development. Population density and biodiversity are incorpo-

rated as control variables of the model. The impact of both is positive on social development.

**Simultaneous enhancement in mechanical properties and flame retardancy of reed charcoal/polypropylene composites by graphene oxide interfacial modification**

**Y. Ye et al.**

*Mater. Today Commun.* 2024, **41**, 110496, DOI: 10.1016/j.mtcomm.2024.110496

Biochar/polypropylene composites (BPCs) have great potential in automobiles and building materials due to their ease of processing and light weight. However, the inferior interfacial bonding strength between biochar and polypropylene (PP) and flammability of PP often result in the weak mechanical properties and poor flame retardancy of BPCs, which limit the practical applications of BPCs. Herein, graphene oxide (GO) is used as an active interfacial modifier to prepare graphene-reed charcoal/polypropylene (G-RC/PP) composites. Benefiting from the mechanical interlocking effect formed by GO, the G-RC/PP composites exhibit higher tensile and flexural strengths. When 1% of GO was added (relative to mass of RC), the tensile and flexural strengths were 22.84 MPa and 50.8 MPa, respectively, which are 16% and 22.7% higher than pure PP. Additionally, the barrier-adsorption-dilution synergetic effects of GO enhance both the thermal stability and flame retardance of the composites. The total heat release rate of G-RC/PP composites is reduced by 71.6% compared to RC/PP when GO was added at 1%, resulting in a substantial reduction in fire hazards. This study offers a fresh perspective on the development of biochar/plastic composites with exceptional mechanical properties and high fire safety towards extensive applications as automotive parts and building structures.

**Cementation characteristics and hydration mechanism of magnesium slag-phosphogypsum composite cementitious materials**

**X. Yang et al.**

*Mater. Today Commun.* 2024, **41**, 110547, DOI: 10.1016/j.mtcomm.2024.110547

The selection and mixing proportion of cementitious materials in cemented backfills are of great engineering importance to ensure the quality of the backfill. Therefore, based on the mixing proportion test of magnesium slag-phosphogypsum composite cementitious materials, the strength change characteristics and volume change rate of the cemented backfill under different cementitious material proportions were investigated. Combined with indoor tests such as hydration heat test, X-ray diffraction, thermogravimetric-differential thermogravimetric, scanning electron microscopy, and mercury intrusion porosimetry, the hydration mechanism of the cemented backfill under different cementitious material proportions was investigated. The results showed that the highest strength of the cemented backfill was observed with only magnesium slag as the activator. The strength of magnesium slag-phosphogypsum and magnesium slag-desulfurized gypsum cemented backfill was greater than that of cement cemented backfill, yet lower than that of magnesium slag

alone cemented backfill. The shrinkage trend and magnitude of magnesium slag alone excites blast furnace slag cemented backfill and cement cemented backfill were similar. With the increasing content of phosphogypsum and desulfurized gypsum, the shrinkage of the backfill tended to increase, especially when the content was 18%. The gel-like products of backfill with magnesium slag-based cementitious materials increased rapidly at 7 days, which strongly bonded the aggregates and filled the backfill pores, resulting in high backfill strength. Although the porosity of backfill with magnesium slag-based cementitious material showed an increasing trend with the increase of age, its most available pore size decreased and harmful pores became less. The results can provide a reference for the application of magnesium slag-phosphogypsum composite cementitious materials.

**Composite materials used for dental fillings**

**J. Wysocka-Miszczuk, K. Piotrowska, M. Paulo, M. Madej**

*Materials* 2024, **17**, nr 19, 4936, <https://doi.org/10.3390/ma17194936>

The properties of composite materials employed in dental fillings were explored. A traditional nano-hybrid composite containing nanofiller particles exceeding 82% by mass served as a benchmark. The remaining samples were fabricated from ormocer resin, maintaining an identical nanofiller content of 84%. In all specimens, the nanoparticles were dispersed randomly within the matrix. This study presents findings from investigations into surface geometry, hardness, wettability, and tribological behavior. The microscopic observations revealed that ormocer-based samples exhibited greater surface roughness than those composed of the traditional composite. Hardness testing indicated that both ceramic addition and sample preparation significantly influenced mechanical properties. Ceramic-enhanced samples demonstrated superior hardness, surpassing the reference composite by 30% and 43%, respectively. Contact angle measurements revealed hydrophilic characteristics in the classic composite, contrasting with the hydrophobic nature of ceramic-containing samples. Tribological evaluations revealed the superiority of the classic composite in terms of friction coefficients and volumetric wear compared to ormocer-based materials.

**Assessing the corrosive effects of unmelted particles in additively manufactured Ti6Al4V. A study in simulated body fluid**

**S. Pal, X. Velay, W. Saleem**

*Alloys* 2024, **3**, nr 4, 257, <https://doi.org/10.3390/alloys3040015>

This study investigates the corrosion behavior of Grade 23 Ti6Al4V alloys produced through laser powder bed fusion (L-PBF) when exposed to simulated body fluid at room temperature, focusing on the role of unmelted particles. This research aims to understand how these microstructural features, resulting from the additive manufacturing process, influence the corrosion resistance of the alloys. It was observed that unmelted particles serve as critical sites for initiating localized corrosion, including pitting, which significantly compromises the material's overall durability. Electrochemical testing and detailed surface analysis revealed that these particles, alongside other defects such as voids, exacerbate the susceptibility to corrosion in biomedical

environments where high material reliability is paramount. Weight loss measurements conducted over exposure periods of 48 h, 96 h, and 144 h demonstrated a progressive increase in corrosion, correlating with the presence of unmelted particles. These findings underscore the importance of optimizing L-PBF processing parameters to minimize the formation of unmelted particles, thereby enhancing corrosion resistance and extending the operational lifespan of Ti6Al4V implants in biomedical applications.

#### The activation of magnesium sintering by zinc addition

**S. Teslia, M. Kovalenko, M. Teslia, M. Vterkovskiy, I. Solodkyi, P. Loboda, T. Soloviova**

*Alloys* 2024, **3**, nr 3, 178, <https://doi.org/10.3390/alloys3030011>

Light alloys based on magnesium are widely used in most areas of science and technology. However, magnesium powder alloys are quite difficult to sinter due to the stable film of oxides that counteracts diffusion. Therefore, finding a method to activate magnesium sintering is urgent. This study examines the effect of adding 5 and 10% by mass zinc to the sintering pattern of magnesium powders at 430°C; a dwell of 30 min was used to homogenize at the densification's temperature. Scanning electron microscopy (SEM) was used to characterize the alloy's microstructure, while the phase composition was characterized using X-ray diffraction (XRD) and energy dispersion spectroscopy (EDS). The sintering densities of Mg-5Zn and Mg-10Zn were found to be 88% and 92%, respectively. The results show that after sintering, a heterophase structure of the alloy is formed based on a solid solution and phases MgZn and Mg<sub>50</sub>Zn<sub>21</sub>. To establish the sintering mechanism, the interaction at the MgO and Zn melt phase interface was analyzed using the sessile drop method. The minimum contact angle (65°) was discovered at 500°C with a 20 min holding time. It was demonstrated that the sintering process in the Mg-Zn system proceeds through the following stages: (1) penetration of zinc

into oxide-free surfaces; (2) crystallization of a solid solution, intermetallics; and (3) the removal of magnesium oxide from the particle surface, with oxide particles deposited on the surface of the sample.

#### Advanced laser techniques for the development of nature-inspired biomimetic surfaces applied in the medical field

**A.I. Visan, G.F. Popescu-Pelin**

*Coatings* 2024, **14**, nr 10, 1290, <https://doi.org/10.3390/coatings14101290>

This review focuses on the innovative use of laser techniques in developing and functionalizing biomimetic surfaces, emphasizing their potential applications in the medical and biological fields. Drawing inspiration from the remarkable properties of various natural systems, such as the water-repellent lotus leaf, the adhesive gecko foot, the strong yet lightweight spider silk, and the unique optical structures of insect wings, we explore the potential for replicating these features through advanced laser surface modifications. Depending on the nature and architecture of the surface, particular techniques have been designed and developed. We present an in-depth analysis of various methodologies, including laser ablation/evaporation techniques, such as pulsed laser deposition and matrix-assisted pulsed laser evaporation, and approaches for laser surface structuring, including two-photon lithography, direct laser interference patterning, laser-induced periodic surface structures, direct laser writing, laser-induced forward transfer, and femtosecond laser ablation of metals in organic solvents. Additionally, specific applications are highlighted with the aim of synthesizing this knowledge and outlining future directions for research that further explore the intersection of laser techniques and biomimetic surfaces, paving the way for advancements in biomedical applications.

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

**P O R T A L I N F O R M A C J I T E C H N I C Z N E J**  
**największa baza publikacji on-line**  
**www.sigma-not.pl**

## WYBRANE ZGŁOSZENIA PATENTOWE z dziedziny inżynierii materiałowej

wg BIULETYNU URZĘDU PATENTOWEGO nr 33–41 z 2024 r.

Zgł. nr 443692; C08L 7/00  
POLITECHNIKA ŁÓDZKA, Łódź  
Masek A., Olejnik O.

*Elastomerowa kompozycja polimerowa przeznaczona na wyroby polimerowe samonaprawiające się*

Przedmiotem zgłoszenia jest elastomerowa kompozycja polimerowa przeznaczona na wyroby polimerowe samonaprawiające się, która zawiera jako matrycę elastomerową epoksydowany kauczuk naturalny o stopniu epoksydacji 50 (ENR-50) oraz jako zespół sieciujący kwas taninowy w ilości 2–4 cz. mas. na 100 cz. mas. kauczuku oraz krzemionkę w ilości 15 cz. mas. na 100 cz. mas. kauczuku.

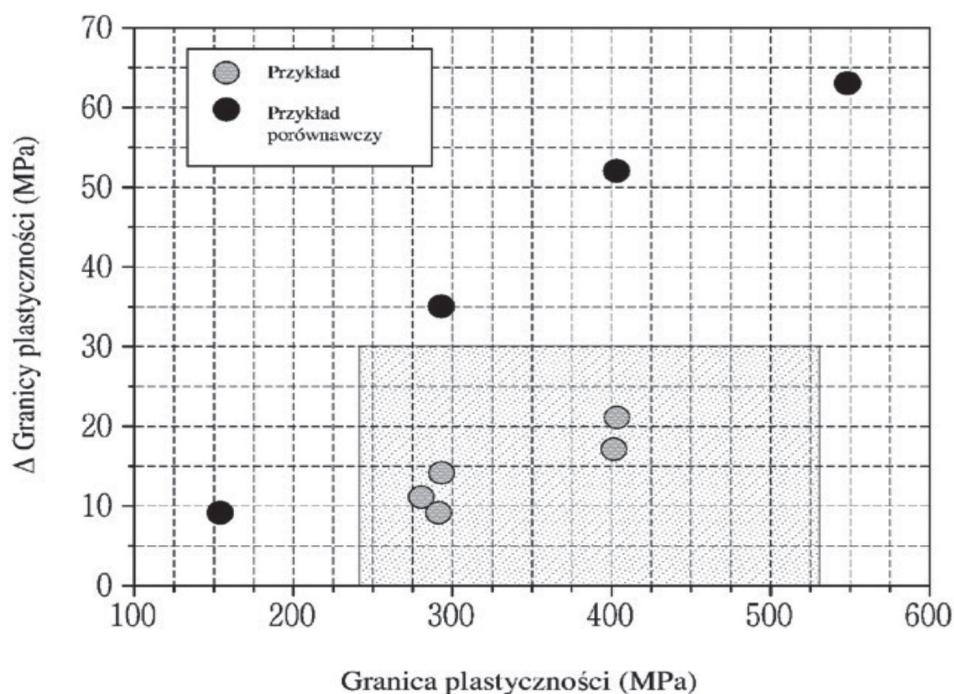
(2 zastrzeżenia)

Zgł. nr 446246; C22C 38/00  
POSCO Co., Ltd, Pohang, KR  
Kim Y., KR, Kim J., KR, Jeon J., KR

*Walcowana na zimno, o wysokiej wytrzymałości, powlekana blacha stalowa do urządzeń domowych, o doskonałych jednolitych właściwościach materiałowych i sposób jej wytwarzania*

Przedmiotem niniejszego ujawnienia jest walcowana na zimno blacha stalowa, zawierająca 0,0005–0,2% mas. C, 0,05–0,2% mas. Mn, co najwyżej 0,15% (wyłączając O) Si, co najwyżej 0,03% (wyłączając O) P, co najwyżej 0,015% (wyłączając O) S, 0,01–0,05% Al, 0,01–0,1% Ti i co najwyżej 0,01% (wyłączając O) N, a ponadto zawierająca 0,00001–0,35% co najmniej jednego składnika MM, wybranego z grupy składającej się z Sn, B, Mo, Ni oraz Cr w przeliczeniu na całkowitą zawartość blachy stalowej, z pozostałością obejmującą Fe i inne nieuniknione zanieczyszczenia, oraz sposób wytwarzania blachy stalowej walcowanej na zimno.

(15 zastrzeżeń)



Zgł. nr 443772; C04B 28/04

**WASIK SŁAWOMIR ZAKŁAD MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH,  
Krogulcza Sucha****Wasik S., Trzyński I., Rydygier P.***Sposób wytwarzania elementów betonowych*

Sposób wytwarzania elementów betonowych, zwłaszcza małoga-barytowych elementów brukowych małej architektury typu kostka, krawężniki, obrzeża bloczki, charakteryzujący się tym, że recepturę dla prefabrykatów wykorzystujących mieszankę o uziarnieniu do 8 mm, która dla wytworzenia 1 m<sup>3</sup> zagęszczonego betonu stanowi: cement CEM II/B-V 42,5R HSR o gęstości 2,79 kg/dm<sup>3</sup>, popiół lotny kat. A o gęstości 2,05 kg/dm<sup>3</sup>, woda wodociągowa o gęstości 1,00 kg/dm<sup>3</sup>, kruszywo drobne 0/2 o gęstości 2,69 kg/dm<sup>3</sup>, kruszywo grube 2/8 o gęstości 2,72 kg/dm<sup>3</sup>, mieszanka popiołowo-żużlowa (UPS) o gęstości 1,0 kg/dm<sup>3</sup>, domieszka uplastyczniająca o gęstości 2,11 kg/dm<sup>3</sup>. Następnie prowadzi się proces mieszania poprzez dodanie kolejno składników do mieszalnika w ilości na 1,5 m<sup>3</sup> zagęszczonego betonu w następującej kolejności: kruszywa o naważonej ilości zgodnej z receptą z zasieków na przenośnik taśmowy, które poddaje się wstępnemu wymieszaniu, po czym dodaje cement wraz z wodą wstępną i domieszką o naważonej ilości zgodnej z receptą z możliwością pomiaru wagi, następnie mieszankę poddaje się wstępnej homogenizacji i poddaje procesowi formowania metodą wibroprasowanie z przemieszczaną po placu betonowym, następnie ułożone na placu prefabrykaty pozostawia przez 24 h na miejscu, po czym przewozi do magazynu wyrobów gotowych.

(1 zastrzeżenie)

Zgł. nr 447801; C04B 35/632

**POLITECHNIKA WARSZAWSKA, Warszawa****Kaszuwara W., Konopka K., Wicińska P., Zygmuntowicz J.,  
Szafran M., Tańska J., Piorkiewicz P., Miazga A.***Sposób wytwarzania elementów kompozytowych ceramika-metal*

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób wytwarzania elementów kompozytowych ceramika-metal z gradientem stężenia cząstek, z wykorzystaniem odlewania odśrodkowego wg patentu nr Pat.234766, przy czym etap jednoczesnego dodawania proszku metalicznego i ceramicznego rozdziela się na dwa etapy, a mianowicie proszek ceramiczny dodaje się przed homogenizacją mieszaniny, zaś proszek metaliczny dodaje się po homogenizacji mieszaniny i po ochłodzeniu jej do temperatury nie większej niż 50°C.

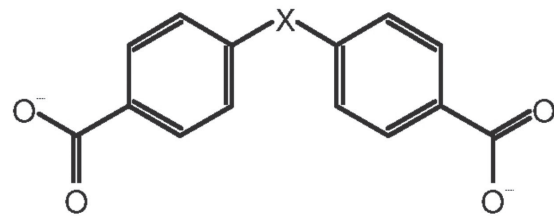
(8 zastrzeżeń)

Zgł. nr 443983; C07F 3/06

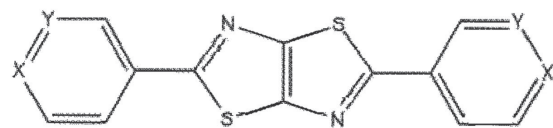
**UNIwersYTET IM. ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU,  
Poznań****Sobczak S., Smaruj A., Gromelska W., Roztocki K.***Polimer koordynacyjny typu MOF*

Przedmiotem zgłoszenia jest polimer koordynacyjny typu MOF, charakteryzujący się tym, że zawiera powtarzalną jednostkę o wzorze ogólnym [M<sub>2</sub>(xba)<sub>2</sub>L]<sup>n</sup>G przy czym: M oznacza kation metalu bloku d(Zn<sup>2+</sup>), xba oznacza anion kwasu 4,4'-tiodikarboksylowego (wzór 1), w którym: X=S, X=O. L jest to ligand tiazolo[5,4-d]-tiazolowy (wzór 2), w którym: X=N, Y=CH, X=CH, Y=N. G oznacza cząsteczki gości (DMF, H<sub>2</sub>O itp.).

(1 zastrzeżenie)



wzór 1



wzór 2

Zgł. nr 444109; C08L 75/04

**P.W.E. TECHNOLOGIE SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Warszawa****Roguszewska M., Rokicki G., Parzuchowski P., Tkacz D.***Antykorozyjna kompozycja epoksydowo-poliuretanowa na bazie mieszaniny izocyjanianów aromatycznych i cykloalifatycznych i sposób jej wytwarzania*

Przedmiotem zgłoszenia jest antykorozyjna kompozycja epoksydowo-poliuretanowa do wyrobu powłok lakierniczych na bazie mieszaniny izocyjanianów aromatycznych i cykloalifatycznych i sposób jej wytwarzania. Kompozycja epoksydowo-poliuretanowa wg wynalazku charakteryzuje się tym, że zawiera żywicę epoksydową na bazie bisfenolu A w ilości 8,0–30,0% mas., kwas rycynolowy w ilości 11,5–38,0% mas., kwas benzoesowy w ilości

0,5–7,0% mas., glikol poli(oksypropylenowy) i/lub oligowęglanodiol lub diol polibutadienowy w ilości 5,0–50,0% mas., polimeryczny diizocyjanian 4,4'-metylenodifenyłu (pMDI) w ilości 9,0–36,0% mas., trimer heksametylenodiizocyjanianu (tHDI) w ilości 1,0–11,0% mas., trimer izoforonodiizocyjanianu (tIPDI) w ilości 1,0–10,0% mas., katalizator cynowy w ilości 0,005–0,05% mas. oraz napełniacze nieorganiczne w ilości 5,0–30,0% mas. Sposób wytwarzania antykorozyjnej kompozycji epoksydowo-poliuretanowej wg wynalazku polega na tym, że w temp. 90–110°C prowadzi się proces reakcji żywicy epoksydowej, korzystnie jako żywicę epoksydową stosuje się żywice o liczbie epoksydowej 0,41–0,54 mola grup epoksydowych na 100 g żywicy, z mieszaniną kwasów: rycynolowego i benzoesowego, korzystnie w stosunku molowym 9:1–7:3, w ilości stechiometrycznej w stosunku do grup epoksydowych żywicy, w obecności katalizatora w postaci soli amoniowej, do momentu spadku liczby kwasowej poniżej wartości 5 mg KOH/g próbki, po czym dodaje poliol polieterowy w ilości 10,0–50,0% mas. i/lub oligowęglanodiol w ilości 10,0–50,0% mas. lub diol polibutadienowy w ilości 10,0–50,0% mas. oraz napełniacze nieorganiczne w ilości 5,0–30,0% mas., poddaje się reakcji z mieszaniną diizocyjanianów aromatycznych i cykloalifatycznych, korzystnie w stosunku molowym 9:1–7:3 w temperaturze otoczenia w obecności katalizatora cynowego, przy czym stosunek molowy grup hydroksylowych do grup izocyjanianowych wynosi 0,9–1,5.

(10 zastrzeżeń)

**Zgł. nr 444048; C08L 67/04**

**SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ – INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH I BARWNIKÓW, Toruń; GALA POLAND SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Wieluń Stasiek A., Puszczykowska N., Fiedurek K., Hurylski M., Smorawska M.**

*Sposób wytwarzania pojemnika transparentnego z kompozytu polimerowego*

Sposób wytwarzania pojemnika transparentnego z kompozytu polimerowego polega na tym, że polimer polilaktydu (PLA) w ilości 87,5% mas. w postaci granulek miesza się z drobnoziarnistą mieszaniną fosforową w ilości 10% mas., do której to mieszaniny dodaje się organiczny rozjaśniacz optyczny fluorescencyjny w ilości 0,5% mas. oraz miesza się z substancją antyblokingową w ilości 2% mas. Tak wytworzoną mieszaninę dozuje się do wylączarki dwuślimakowej współbieżnej, w której następuje uplastycznienie mieszaniny, którą przetłacza się do głowicy wylączarskiej otworowej o temp. 185°C, z której wytłoczono profil w postaci pręcików polimerowych. Po wyjściu z głowicy profil intensywnie ochładza się i wytwarza się znaną metodą granulatu polimerowego kompozytu, który poddaje się procesowi suszenia w temp. 100°C. Następnie 25% mas. tak wysuszonego granulatu miesza się

z 75% mas. polilaktydu PLA w postaci granulek, którą to mieszaninę dozuje się do wylączarki jednoślimakowej, po czym uplastycznione tworzywo polimerowe przetłacza się do głowicy wylączarskiej szczelinowej, z której wylacza się folię płaską, którą następnie przemieszcza się do chłodzonego wodą wielowalcowego układu gładzącego. Tak otrzymaną i schłodzoną folię płaską kieruje się do urządzenia termoformującego próżniowego, w którym formuje się pojemniki transparentne.

(1 zastrzeżenie)

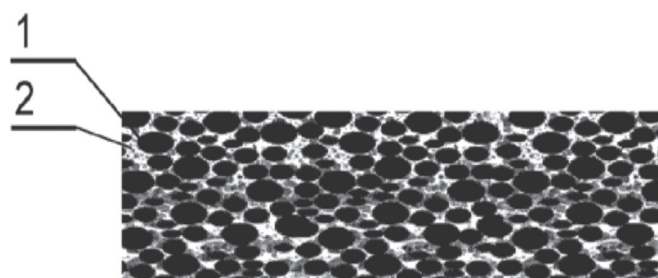
**Zgł. nr 444341; C08L 17/00**

**PRO PLAST EPP SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Ocieszyn Rusin P.**

*Kompozyt gumowy*

Kompozyt gumowy w postaci granulatu gumowego (1) spojenego lepiszczem (2), przy czym lepiszcze (2) stanowi produkt usieciowania kompozycji zawierającej w swoim składzie: 10–22% mas. polimerycznego metylenodifenylo-4,4'-diizocyjanianu (MDI), 12–25% mas. metylenodifenylo-4 4'-diizocyjanianu (MDI) modyfikowanego wiązaniami karbodiimidowymi, 48–54% mas. polioksypropylenodiolu o masie molekularnej 2000 g/mol i liczbie hydroksylowej 56,1 mg KOH/g, oraz 10–15% mas. adypinianu bis(2-etyloheksylu) (DOA) jako plastyfikatora, utwardzanej w postaci mieszaniny z granulatem gumowym, korzystnie w ilości 5–15% mas. lepiszcza w odniesieniu do masy granulatu gumowego i dodatkiem wody w ilości 1–5% mas. w odniesieniu do masy lepiszcza, a następnie sezonowanej w temperaturze pokojowej pod ciśnieniem atmosferycznym przez czas nie krótszy niż 24 h.

(5 zastrzeżeń)





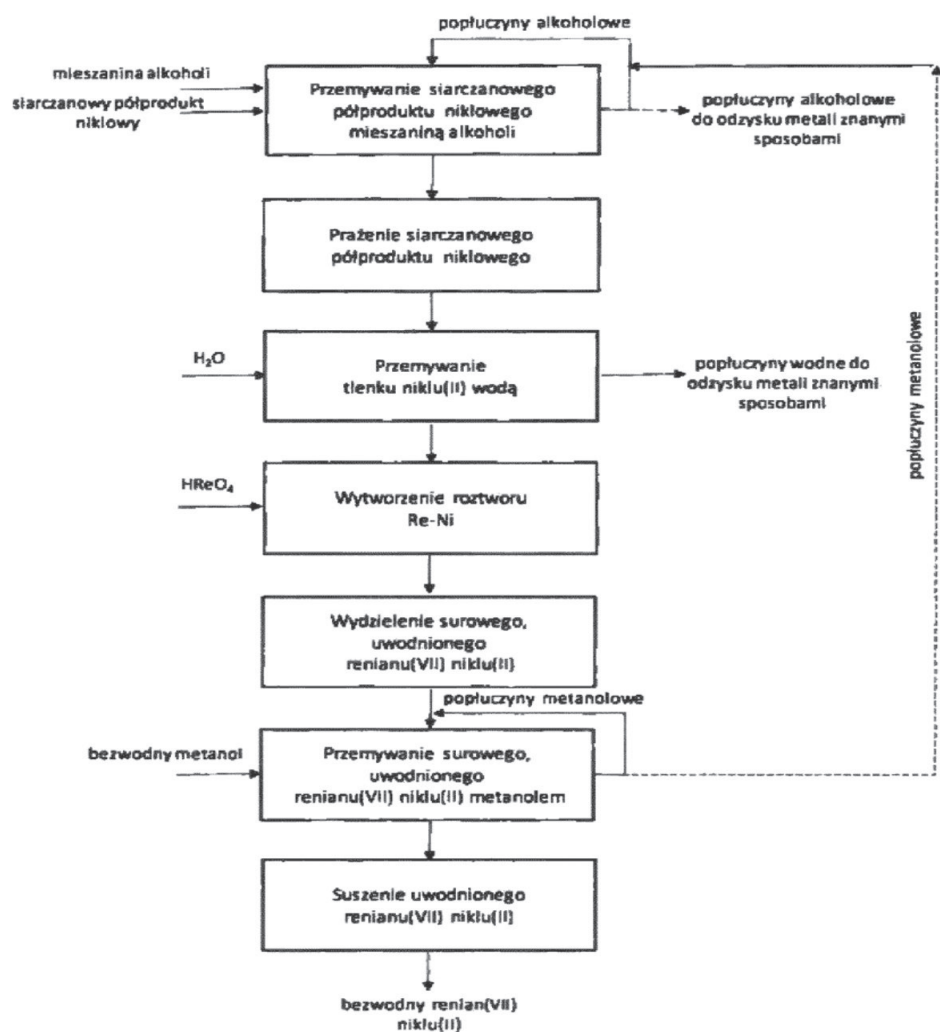
Zgł. nr 444211, C01G 53/00

**SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ – INSTYTUT METALI NIEŻELAZNYCH, Gliwice****Leszczyńska-Sejda K., Sztandera J., Benke G., Ochmański M., Kopyto D., Ciszewski M., Orda S.***Sposób wytwarzania wysokiej czystości bezwodnego renianu(VII) niklu(II) z półproduktów pochodzących z przemysłu miedziowego*

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób wytwarzania wysokiej czystości bezwodnego renianu(VII) niklu(II) przy użyciu półproduktów pochodzących z przemysłu miedziowego. Sposób wytwarzania wysokiej czystości bezwodnego renianu(VII) niklu(II) poprzez reakcję NiO i kwasu renowego(VII), w wyniku której uzyskuje się roztwór niklowo-renowy, który odparowuje się do sucha i kolejno suszy oraz przechowuje w szczelnie zamkniętym pojemniku szklanym pod argonem charakteryzuje się tym, że siarczanowy półprodukt niklowy zawierający: > 16% Ni w postaci  $NiSO_4 \cdot H_2O$  z dodatkiem lub nie:  $NiO_2$ , NiO,  $NiS_2$  i/lub  $Ni_3S_4$  oraz do 5% zanieczyszczeń metalicznych, przemycana się na filtrze mieszaniną alkoholi zawierającą: etanol i metanol albo etanol, metanol i glikol etylenowy albo etanol, metanol i glicerol albo etanol, metanol, glicerol i glikol etylenowy z dodatkiem lub bez dodatku popłuczyn alkoholowych i popłuczyn metanolowych, w temperaturze poniżej 20°C, stosując na 1 g siarczanowego półproduktu niklowego do 5  $cm^3$  każdego wymienionego rodzaju składu mieszaniny alkoholi, uzyskując popłuczyny alkoholowe stanowiące roztwór, który zawraca się do przemywania innej partii siarczanowego półproduktu niklowego lub kieruje się do zagospodarowania znanymi metodami; pozostały osad praży się w atmosferze azotu, stosując przepływ gazu na poziome 2–7  $dm^3/min$ , w zakresie wartości temp. 800–1500°C, przez 0,5–3 h, tak otrzymany tlenek niklu(II) zawierający  $\geq 75\%$  Ni miesza się z wodą w zakresie temp. 30–40°C, stosując 3–5  $cm^3$  wody destylowanej na każdy 1 g NiO w czasie do 1 h i kolejno filtruje, a uzyskane popłuczyny wodne

zagospodarowuje się znanymi metodami, natomiast pozostały osad, czyli NiO, kolejno dodaje się porcjami w ilości stechiometrycznej do wodnego roztworu kwasu renowego(VII), zawierającego ren o stężeniu 250–310  $g/dm^3$  Re, do momentu całkowitego rozpuszczenia się NiO i równocześnie uzyskania pH roztworu w zakresie 5,7–6,8, reakcję prowadzi się w temp. 40–60°C w czasie 2–6 h, intensywnie mieszając, a następnie uzyskany roztwór filtruje się od ewentualnych zanieczyszczeń, po czym roztwór odparowuje się do sucha, również w temperaturze nieprzekraczającej 60°C, uzyskując w ten sposób osad uwodnionego renianu(VII) niklu(II), który przemywa się na filtrze bezwodnym metanolem w ilości 0,5–1,0  $cm^3$  na każdy 1 g gotowego produktu, uzyskane metanolowe popłuczyny zawraca się do etapu oczyszczania uwodnionego renianu(VII) niklu(II) lub łączy się z alkoholowymi, a powstały osad uwodnionego renianu(VII) niklu(II) suszy się dla uzyskania jego bezwodnej formy o zawartości: Co, Cu, Fe, Na, Pb, Ca, Mg < 70 ppm.

(7 zastrzeżeń)



**Zgł. nr 446087; C04B 28/00**

**CENTRUM NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII MATERIAŁOWYCH  
SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Myślenice  
Kopia B., Brozda B.**

*Sposób przemysłowego wytwarzania betonu reaktorowego*

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób przemysłowego wytwarzania betonu reaktorowego do zabudowy w konstrukcjach narażonych na promieniowanie jonizujące, który polega na wytworzeniu jednorodnej masy uzyskanej z zestawu składników recepturowych betonu poprzez mieszanie ich w cyklu złożonym: (i) przez wymagany okres czasu, (ii) wymaganą ilość składników mieszanki betonowej: kruszywa drobnego 0–2 mm, kruszywa grubego  $2-D_{max}$  (gdzie  $D_{max}$  wynosi 8, 16 lub 31,5 mm wody), polimerów w postaci dodatków, spoiwa mineralnego, przy czym jako kruszywo grube  $2-D_{max}$  (gdzie  $D_{max}$  wynosi 8, 16 lub 31,5 mm) stosuje się magnetyt lub bazalt lub dolomit lub granit.

(4 zastrzeżenia)

**Zgł. nr 444231; C02F 3/10**

**ZUO INTERNATIONAL SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Kunowice  
Góra A., Łęgosz B.**

*Zastosowanie pastylek z odpadowych tworzyw sztucznych jako wypełnienia dla bioreaktora wstępnego oczyszczania ścieków składowiskowych*

Przedmiotem zgłoszenia jest zastosowanie pastylek wytworzonych z odpadowych tworzyw sztucznych jako wypełnienia bioreaktora wstępnego oczyszczania odcieków składowiskowych.

(3 zastrzeżenia)

**Zgł. nr 447933; C08L 1/02**

**POLITECHNIKA LUBELSKA, Lublin; UNIWERSYTET MEDYCZNY  
W LUBLINIE, Lublin  
Szafraniec M., Grabias-Blicharz E.**

*Sposób wytwarzania mikrocelulozy włóknistej*

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania włókien mikrocelulozy z domieszką węglanu wapnia z odpadów nieekologicznego białego papieru biurowego. Sposób charakteryzuje się tym, że wykonuje się kolejno następujące etapy: materiał w postaci odpadów nieekologicznego białego papieru biurowego o średniej zawartości celulozy 55–85% rozdrabnia się, rozdrobniony materiał poddaje się działaniu wodnego roztworu wodorotlenku sodu

o stężeniu 2–4% (przy stosunku masowym 1:20–1:30) i miesza się do momentu pęcznienia. Mieszaninę ogrzewa się w temp. 60–80°C, w czasie powyżej 0,5 h, następnie przesącza się, po czym przepłukuje wodą destylowaną do momentu uzyskania pH równego 5–6. Dalej mieszaninę suszy się do stałej masy, do s.m. dodaje się wodę, uzyskując roztwór w stosunku masowym 1:4–1:5, roztwór z materiałem mieli się w młynie kulowym z wykorzystaniem nieniszczących się kul w cyklach, w których temperatura mielonego materiału nie przekracza 50°C, zaś między cyklami mielenia stosuje się przerwę, w czasie której materiał się ochładza do temperatury nie niższej niż 23°C i dolewa się wody w ilości 6,5–25% mas., cykle mielenia powtarza się do uzyskania włókien mikrocelulozy.

(1 zastrzeżenie)

**Zgł. nr 443920; C08L 63/00**

**ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY  
W SZCZECINIE, Szczecin; PRZEDSIĘBIORSTWO INŻYNIERYJNO-  
-PRZEMYSŁOWE WODOROL WAŁCZ SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ  
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Wałcz  
Cieślak R., Biedunkiewicz A., Figiel P.**

*Sposób wytwarzania kompozytu metalopolimerowego*

Sposób wytwarzania kompozytu metalopolimerowego z osnową na bazie żywicy epoksydowej, polegający na mieszanii materiału osnowy z proszkowym wzmocnieniem w postaci żeliwa, uformowaniu i utwardzeniu osnowy, charakteryzuje się tym, że żeliwne wzmocnienie o wielkości cząstek do 0,1 mm odtłuszcza się, a następnie miesza się wstępnie do 65% mas. wzmocnienia z nie mniej niż 35% mas. przeznaczonych do odlewania, bezrozsączalnikowej, dwuskładnikowej żywicy epoksydowej, po czym mieszaninę miesza się w warunkach próżni przez 100–150 min, tak otrzymaną kompozycję zlewa się do formy nagrzanej do temp. 120–130°C i wygrzewa w tej temperaturze przez 60–90 min.

(4 zastrzeżenia)

**Zgł. nr 443852; C21D 9/08**

**ZAŁAWA DARIUSZ DAR STAL, Myszków  
Adamiec A., Zaława D.**

*Sposób wytwarzania rur spawanych ze szwem wzdłużnym obrobionych cieplnie ze stali wielofazowych*

Sposób wytwarzania rur spawanych ze szwem wzdłużnym obrobionych cieplnie ze stali wielofazowych, polega na uformowaniu z taśmy rury szczelinowej, jej zgrzaniu elektrycznie metodą prądów wysokiej częstotliwości, a następnie obrobieniu cieplnie rury



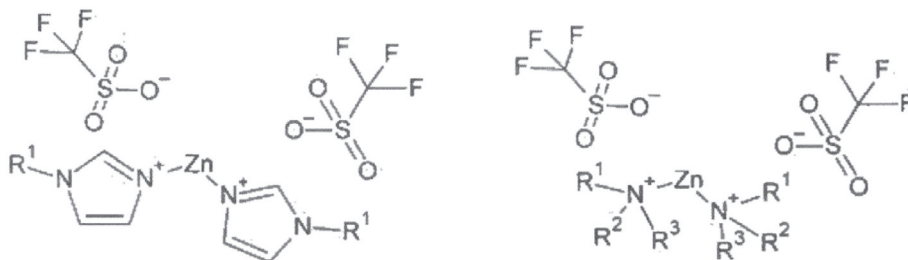
Zgł. nr 444157; C04B 28/02

POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice; POLITECHNIKA POZNAŃSKA, Poznań

Chrobok A., Kłapiszewski I., Latos P., Śłosarczyk A., Jesionowski T., Kłapiszewski Ł.

*Sposób otrzymywania kompozytów cementowych domieszkowanych cieczami jonowymi*

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób otrzymywania kompozytów cementowych domieszkowanych cieczami jonowymi, który polega na tym, że do trifluorometanosulfonianu 1-alkilimidazoliowego w ilości 20,0–30,0 g, o wzorze ogólnym 1, gdzie  $R^1$  oznacza alkany liniowe lub rozgałęzione  $C_nH_{2n+2}$  gdzie  $n = 1-12$ , lub trifluorometanosulfonianu trialkilimidazoliowego w ilości 30,0–40,0 g, gdzie  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$  oznacza alkany liniowe lub rozgałęzione  $C_nH_{2n+2}$  gdzie  $n = 1-12$ , wprowadza się w ilościach 5–20% mas. tlenek cynku, całość miesza się w czasie 3–4 h, proces



Wzór 1

proceedzi się w temp. 90–130°C, otrzymaną ciecz jonową suszy się na linii Schlenka w temperaturze pokojowej pod ciśnieniem 0,01–1,00 mbar, korzystnie 0,1 mbar, w czasie 12–72 h, korzystnie 24 h, następnie dodaje się zaprawę składającą się z 450–550 g cementu, 1250–1450 g kruszywa normowego, 135–330 cm<sup>3</sup> wody destylowanej oraz 0,125–2,5% domieszki cieczy jonowej w odniesieniu do całości zaprawy cementowej.

(1 zastrzeżenie)

Zgł. nr 443964; C04B 7/42

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE, Szczecin

Janus M.

*Sposób otrzymywania fotoaktywnych cementów zawierających ditlenek tytanu*

Przedmiotem zgłoszenia jest sposób otrzymywania fotoaktywnych cementów zawierających ditlenek tytanu, polegający na dodaniu do nieostudzonego klinkieru cementowego, przed procesem mielenia, półproduktu z instalacji otrzymywania  $TiO_2$  metodą siarczanową, pobranego z filtrów bębnowych przed dodaniem dodatków prażalniczych i przed kalcynacją, w ilości 1–5% mas. w stosunku do klinkieru cementowego w przeliczeniu na s.m.  $TiO_2$ , po czym powstały materiał poddaje się chłodzeniu przez 30 min zimnym powietrzem, a następnie mieli się go. Istota wynalazku polega na tym, że półprodukt z instalacji otrzymywania bieli tytanowej metodą siarczanową dodaje się do klinkieru cementowego o temp. 700–800°C. Do ochłodzonego materiału dodaje się gips w ilości 5% mas. w stosunku do klinkieru cementowego. Mielenie prowadzi się do momentu uzyskania powierzchni właściwej materiału o wartości 3600 cm<sup>2</sup>/g.

(1 zastrzeżenie)

Zgł. nr 444142; C08G 16/02

SIĘĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ – KRAKOWSKI INSTYTUT TECHNOLOGICZNY, Kraków; GRUPA AZOTY JEDNOSTKA RACOWNICTWA CHEMICZNEGO SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Tarnów; PREC-ODLEW SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Skawina  
Kamińska J., Angrecki M., Łoś A.K., Dbaj E., Dębski J.M., Mauzagen A.A., Żelazny I.M., Banaś A., Kozień J., Kluza K.

*Sposób wytwarzania żywic furfurylowo-mocznikowo-formaldehydowych*

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania żywic furfurylowo-mocznikowo-formaldehydowych o małej zawartości formaldehydu. Sposobem wg wynalazku syntezę żywicy prowadzi się metodą periodyczną w reaktorze zbiornikowym, z dnem stożkowym, charakteryzującym się stosunkiem wysokości do średnicy wynoszącym ok. 1,2 i wyposażonym w układ grzania, chłodzenia, skraplacz oraz mieszadło posiadające prędkością obrotową wynoszącą ok. 50 rpm.

(1 zastrzeżenie)

Przygotowała mgr Anna Skurzewska

# ITM

## INDUSTRY EUROPE

### 3-6.06.2025

ZAPRASZA

**mtp**  
GRUPA



Międzynarodowe  
Targi Poznańskie

# TARGI PRZEMYSŁU ERY CYFROWEJ

W tym samym czasie:



MODERNLOG



SUBCONTRACTING



NAUKA  
DLA GOSPODARKI

[www.itm-europe.pl](http://www.itm-europe.pl)

Od 75 lat  
poszerzamy

# Twój horyzonty

auto moto  
**Serwis**

**ATEST**  
OCHRONA PRACY

**AURA**  
OCHRONA ŚRODOWISKA

CHŁODNICTWO

CIĘPŁOWNICTWO  
OGRZEWNICTWO  
WENTYLACJA

dozór  
techniczny

ELEKTRO  
**instalator**

**E**lektronika  
konstrukcje • technologie • zastosowania

GOSPODARKA  
**Mięsna** GM

GOSPODARKA  
**WODNA**

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

**HUTNIK**  
WIADOMOŚCI HUTNICZE

inn  
INŻYNIERIA  
MATERIAŁOWA  
MATERIALS ENGINEERING

MIESIĘCZNIK  
**MATERIAŁY  
BUDOWLANE**  
technologie • rynek • wykonawstwo

Opakowanie

ochrona  
Corrosion  
przed korozją  
Protection

przemysł  
**chemiczny**

**PRZEGLĄD**  
ELEKTROTECHNICZNY

**PRZEGLĄD**  
geodezyjny  
Pracownicy Nadzoru Technicznego Stowarzyszenia Inżynierów Polaków

przeгляд  
**papierniczy**

**PRZEGLĄD  
TECHNICZNY**  
GAZETA INŻYNIERSKA

Przeгляд  
**ELEKOMUNIKACYJNY**  
WIADOMOŚCI TELEKOMUNIKACYJNE

**PRZEGLĄD** WŁÓKNO  
OPRZĘDZ  
WŁÓKIENNICZY SKÓBA

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  
ZBOŻOWO  
MŁYŃNARSKI

PRZEMYSŁ  
**SPOŻYWCZY**

POLISH  
**TECHNICAL REVIEW**  
SCIENCE AND INDUSTRY IN A COUNTRY OF CHANGES

We wiadomości  
elektrotechniczne

wokół  
**PŁYTEK**  
CERAMICZNYCH

WYDAWNICTWO  
**SIGMA-NOT**



WYDANIA  
PAPIEROWE



WYDANIA  
ELEKTRONICZNE