







**Informator został sfinansowany z funduszy  
Projektu Kluczowego POIG.01.01.02-00-015/08  
„Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym”**

# **KATALOG ROZWIĄZAŃ INNOWACYJNYCH PROJEKTU KLUCZOWEGO NOWOCZESNE TECHNOLOGIE MATERIAŁOWE STOSOWANE W PRZEMYSŁE LOTNICZYM**

**Rzeszów, 2015**

**Informator został sfinansowany z funduszy  
Projektu Kluczowego POIG.01.01.02-00-015/08  
„Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym”**

**Kierownik projektu**

**Prof. dr hab. inż. Romana Ewa Śliwa**

**Opracowanie graficzne i skład**

**Mgr inż. Ewelina Nycz-Pado**

**Dr inż. Arkadiusz Rzucidło**

**Mgr Piotr Okarmus**

**© by Politechnika Rzeszowska**

**Wydanie drugie**

**Politechnika Rzeszowska**

**Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów**

**<http://portal.prz.edu.pl/>**

**Biuro Projektu**

**Al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów,**

**tel. +48 17 865 1517, +48 17 865 1237**

**<http://pkaero.prz.edu.pl>**

**Druk**

**Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej  
Zam. 81/15**

## Wstęp

Centrum Zaawansowanych Technologii „AERONET - Dolina Lotnicza” tworzy Politechnika Rzeszowska jako koordynator oraz partnerzy Politechniki: Lubelska, Łódzka, Śląska, Warszawska, Częstochowska, Uniwersytet Rzeszowski Instytut Lotnictwa, Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN, Instytutu Maszyn Przepływowych, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych i Akademia Górniczo-Hutnicza oraz partner przemysłowy: Stowarzyszenie Grupy Przedsiębiorców Przemysłu Lotniczego „Dolina Lotnicza”.

Projekt „Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym” jest kontynuacją ponad 4-letnich działań podejmowanych przez Centrum Zaawansowanych Technologii „AERONET - Dolina Lotnicza” na arenie krajowej i międzynarodowej zmierzających do podniesienia efektywności i jakości prac badawczo-rozwojowych na rzecz sektora lotniczego oraz odpowiedzią na wyniki branżowego projektu foresight "Kierunki rozwoju technologii materiałowych na potrzeby klastra lotniczego Dolina Lotnicza".

W ramach projektu PKAERO realizowanych jest 15 głównych zadań badawczych, nakierowanych na najbardziej zaawansowane i dynamicznie rozwijające się dziedziny współczesnych procesów inżynierii materiałowej, inżynierii powierzchni oraz nowoczesnych technik wytwarzania w przemyśle lotniczym. Do segmentów badawczych projektu należą:

- Z1. Opracowanie zaawansowanych procesów obróbki HSM trudnoobrabialnych stopów lotniczych
- Z2. Modelowanie, konstruowanie i kontrolowanie procesu HSM z uwzględnieniem skonfigurowanego układu maszyna- przyrząd-detal
- Z3. Opracowanie technologii efektywnego projektowania i produkcji przekładni stożkowych z wykorzystaniem systemu Phoenix firmy Gleason.
- Z4. Opracowanie nowej, prostszej i tańszej przekładni zębatej w miejsce skomplikowanych i drogich przekładni planetarnych
- Z5. Nowoczesna obróbka mechaniczna stopów magnezu i aluminium
- Z6. Materiały kompozytowe o zwiększonej wytrzymałości i odporności termicznej z wykorzystaniem żywic polimerowych do zastosowań w lotnictwie
- Z7. Plastyczne kształtowanie stopów magnezu (kucie precyzyjne, tłoczenie, wyciskanie, itd.)
- Z8. Plastyczne kształtowanie lotniczych stopów Al (w tym Al-Li) oraz Ti
- Z9. Metaliczne materiały kompozytowe w aplikacjach lotniczych (w tym materiały Glare)
- Z10. Nowoczesne pokrycia barierowe na krytyczne części silnika
- Z11. Materiały lotnicze o zaawansowanej strukturze ( monokryształ, krystalizacja kierunkowa )
- Z12. Odlewanie precyzyjne stopów Ni na krytyczne części silników lotniczych
- Z13. Opracowanie technologii przetapiania stopów niklu z zastosowaniem modyfikowania nanocząstkami proszków
- Z14. Materiały inteligentne - oraz bazujące na nich systemy zespolone (ang. smart embedded systems) do zastosowania w lotnictwie
- Z15. Niekonwencjonalne technologie łączenia elementów konstrukcji lotniczych

Budowanie więzi pomiędzy instytucjami, a przemysłem przynosi obopólne korzyści i może prowadzić do wdrażania przełomowych i innowacyjnych rozwiązań.

W „Katalogu rozwiązań innowacyjnych Projektu Kluczowego Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym” przedstawiono możliwości powstałe w ramach projektu gotowe do wdrożenia. Oferta została przedstawiona w uporządkowanej według zadań formie. Umożliwia tym samym znalezienie poszukiwanych treści, jak również kontakt do instytucji, które świadczą kompleksowe usługi naukowo-badawcze.



## Spis treści

<b>ZB1 Opracowanie zaawansowanych procesów obróbki HSM trudnoobrabialnych stopów lotniczych</b> .....	15
Stanowisko do pomiaru kształtu przedmiotu obrabianego .....	17
Inteligentny system szlifowania .....	18
Przenośny zestaw do monitorowania stanu procesów obróbkowych wraz ze specjalnym oprogramowaniem do analizy danych pomiarowych i ich wizualizacji .....	19
Przyrząd do pomiaru topografii ściernicy.....	20
Autonomiczne stanowisko do profilowego kondycjonowania ściernic.....	21
Układ wysokociśnieniowego chłodzenia procesu szlifowania .....	22
Dwufunkcyjna dysza do chłodzenia procesu szlifowania .....	23
Uchwyt do mocowania i pozycjonowania dyszy chłodziwa w procesie szlifowania .....	24
Badanie stabilności procesu frezowania w warunkach obróbki HSM .....	25
Opracowanie i przekazanie wytycznych do obróbki szybkościowej elementu cienkościennego ze stopu Inconel 718 .....	26
Aktywny uchwyt do redukcji drgań w procesie frezowania.....	27
<b>ZB2 Modelowanie, konstruowanie i kontrolowanie procesu HSM z uwzględnieniem skonfigurowanego układu maszyna-przyrząd-detal</b> .....	29
Analizator błędnych ruchów wrzecion szybkoobrotowych.....	31
Sonda narzędziowa dla obrabiarek CNC z funkcją pomiaru zużycia ostrza .....	32
Układ nadzoru procesu skrawania – ADONiS 10.....	33
Automatyczna analiza modalna wrzecion frezarek .....	34
Optymalizacja obróbki skrawaniem HSM.....	35
Dedykowane aplikacje CAD/CAM do systemu NX .....	36
<b>ZB3 Opracowanie technologii efektywnego projektowania i produkcji przekładni stożkowych z wykorzystaniem systemu Phoenix firmy Gleason</b> .....	37
KONTEPS - komputerowy system obliczeń konstrukcyjno-technologicznych przekładni stożkowych o zębach kołowo-tukowych (krzywoliniowych).....	39
Zestaw aplikacji wspomagających projektowanie konstrukcji i technologii przekładni stożkowych .....	41
Aplikacja do generowania modeli brytowych kół stożkowych przekładni na podstawie siatki punktów w systemie CATIA .....	43
Automatyzacja pomiarów stożkowych kół zębatych z użyciem metod optycznych .....	45



<b>ZB4 Opracowanie nowej, prostszej i tańszej przekładni zębatej w miejsce skomplikowanych i drogich przekładni planetarnych</b> .....	47
Metodyka bezstykowych pomiarów walcowych kół zębatych przekładni lotniczych z zastosowaniem skanera optycznego.....	49
Sprzężenie zwrotne procesu pomiarowego prowadzonego z zastosowaniem skanera optycznego a urządzeniami Rapid Prototyping.....	50
Szkolenia dotyczące dedykowanych procesów pomiarowych z zastosowaniem skanera optycznego.....	51
Metodyka pomiarów z zastosowaniem optycznej współrzędnościowej maszyny pomiarowej pracującej w systemie wizyjnym 2,5d.....	52
Szkolenia dla przemysłu z zastosowaniem optycznego urządzenia pomiarowego pracującego w systemie wizyjnym 2,5d.....	53
Bezluzowa przekładnia dwudrożna.....	54
Bezluzowa przekładnia obiegowa.....	55
Przekładnia obiegowa z samoczynnym kasowaniem luzu międzyzębnego.....	56
Przekładnia dwudrożna z kasowaniem luzu międzyzębnego.....	57
Parametryczny model bryłowy koła zębatego.....	58
Metoda symulacji współpracy przekładni zębatej.....	59
Zazębienie wklęsło-wypukłe przekładni zębatych.....	60
Technologia nawęglania próżniowego metodą PreNit LPC® dla obróbki kół zębatych o zróżnicowanych wymaganiach technologicznej warstwy wierzchniej.....	62
<b>ZB5 Nowoczesna obróbka mechaniczna stopów magnezu i aluminium</b> .....	65
Urządzenie do pomiaru dynamicznych składowych sił skrawania.....	67
Baza wiedzy w zakresie obróbki elementów cienkościennych narzędziami o obniżonej sztywności.....	68
Baza wiedzy w zakresie obróbki stopów magnezu.....	69
Sposób i urządzenie do gratowania przedmiotów płaskich zwłaszcza wycinanych laserem..	70
Sposób i urządzenie do oceny nagniatania dynamicznego przedmiotów cienkościennych przez pomiar średnicy odcisku.....	72
Sposób i urządzenie do oceny nagniatania dynamicznego przedmiotów cienkościennych przez pomiar prędkości elementu nagniatającego.....	74
Sposób i urządzenie do oceny skrawalności materiałów.....	76
Sposób i urządzenie do określania średnicy dynamicznej szczotek walcowych.....	78
Szczotka czołowa do usuwania zadziorów.....	80
Szczotka walcowa do usuwania zadziorów.....	82
Technologia usuwania zadziorów i kształtowania krawędzi.....	84
Głowica do nagniatania odśrodkowego.....	86





<b>ZB6 Materiały kompozytowe o zwiększonej wytrzymałości i odporności termicznej z wykorzystaniem żywic polimerowych do zastosowań w lotnictwie.....</b>	<b>89</b>
Sposób otrzymywania modyfikatorów ciekłych żywic epoksydowych i uniepalniania nimi tych żywic .....	91
Kompozycja epoksydowa o zmniejszonej palności i podwyższonej odporności termicznej i sposób jej otrzymywania.....	92
Sposób modyfikacji bentonitu oraz sposób aplikacji zmodyfikowanego bentonitu do żywic polimerowych .....	94
Sposób otrzymywania uniepalnionej kompozycji małowiskotowej żywicy epoksydowej....	96
Sposób i urządzenie do mieszania zwłaszcza żywic epoksydowych.....	98
Grupa modyfikowanych klejów epoksydowych o zwiększonej odporności na obciążenia mechaniczne w podwyższonych temperaturach.....	100
<b>ZB7 Plastyczne kształtowanie stopów magnezu (kucie precyzyjne, tłoczenie, wyciskanie itp.).....</b>	<b>101</b>
Komputerowa baza danych o przerabianych plastycznie stopach magnezu .....	103
Technologia kucia na gorąco elementów konstrukcyjnych ze stopów magnezu z powłoką antykorozyjną .....	104
Technologia tłoczenia w podgrzewanych matrycach elementów konstrukcyjnych ze stopów magnezu .....	105
Technologia kształtowania plastycznego radiatorów .....	106
Kształtowanie wyrobów płaskich uźebrowanych ze stopów Mg .....	107
Technologia kucie matrycowego odkuwek ze stopu magnezu AZ31.....	108
Kształtowanie wyrobów drążonych o zmiennych przekrojach ze stopów Al, Ti i Mg metodą obciskania obrotowego.....	109
Niskotemperaturowa konsolidacja przemysłowych wiórów ze stopów magnezu.....	111
<b>ZB8 Plastyczne kształtowanie lotniczych stopów Al (w tym Al-Li) oraz Ti.....</b>	<b>113</b>
Przyrząd do utrzymywania stałej temperatury nagrzania półwyrobu do wyciskania profili na prasie.....	115
Sposób podgrzewania blach z materiałów trudno odkształcalnych poddawanych wyoblaniu.....	116
Technologia tłoczenia na zimno blach z materiałów trudnoodkształcalnych (np. ze stopu tytanu Ti6Al4V).....	118
Wykrój do tłoczenia czasz kulistych z materiału trudnoodkształcalnego (np. ze stopu tytanu Ti6Al4V).....	119
Sposób nanoszenia smaru na powierzchnię arkusza blachy z materiału trudnoodkształcalnego przed operacją tłoczenia na zimno.....	120
Segmentowe kształtowanie plastyczne.....	121

Kucie matrycowe wspomagane działaniem dodatkowych, cyklicznych naprężeń stycznych.....	122
Komputerowa baza danych dla przerabianych plastycznie stopów tytanu .....	123
Komputerowa baza danych dla przerabianych plastycznie stopów aluminium.....	124
Kształtowanie wałków pełnych o zmiennych przekrojach (w tym z wieńcami zębatymi, ślimakami, uzębieniem skośnym) ze stopów Al i Ti metodą walcowania poprzeczno-klinowego.....	125
Wywijanie kołnierza w kształcie rozety z drążonego wsadu dzielonego .....	126
Nowa technologia kształtowania stopniowanych wyrobów drążonych .....	127

**ZB9 Metaliczne materiały kompozytowe w aplikacjach lotniczych (w tym materiały typu Glare).....** 129

Wiertło kręte do wykonywania otworów w materiałach kompozytowych .....	131
Kompozytowy materiał metalowo-ceramiczny oraz sposób jego wytwarzania .....	132
Sposób wytwarzania wysokoporowatych kształtek ceramicznych metodą żelowania spienionej zawiesiny ceramicznej.....	134
Projektowalna odlewana struktura szkieletowa.....	136
Kompozyty heterofazowe zawierające smary stałe.....	138
Hybrydowe laminaty metalowo-włókniste.....	140
Technologia wytwarzania hybrydowych struktur kompozytowych .....	141
System optymalnego projektowania dźwiękochłonnych pianek o porowatości otwartej.....	142

**ZB10 Nowoczesne pokrycia barierowe na krytyczne części silnika .....** 143

Technologia wytwarzania dyfuzyjnych warstw aluminiokowych modyfikowanych cyrkonem stosowanych do ochrony powierzchni łopatek turbin silników lotniczych.....	145
Podstawy technologii międzywarstw pod powłokowe bariery cieplne EB-PVD .....	147
Sposób zwiększenia trwałości elementów silnika lotniczego z wykorzystaniem systemu Triplex Pro 200 .....	148
Sposób nieniszczącej oceny grubości oraz degradacji powłok zwłaszcza powłokowych barier cieplnych .....	150
Podstawy technologii wytwarzania powłok żaroodpornych na stopach wysokotopliwych zwłaszcza na stopach niobu.....	152
Uchwyt do rozciągania próbek cylindrycznych z powłoką TBC oraz wewnętrznym chłodzeniem .....	154
Nowoczesne bariery termiczne wytworzone na stopie tytanu Timetal 1100 do zastosowań w przemyśle lotniczym.....	155
Sposób bezdotykowej kontroli jednorodności ochronnych powłok powierzchniowych .....	157

<b>ZB11 Materiały lotnicze o zaawansowanej strukturze (monokryształ, krystalizacja kierunkowa)</b> .....	159
Metoda badania doskonałości struktury monokryształów .....	161
Technologia nanoszenia cienkich warstw dwutlenku cyrkonu na powierzchni rdzeni ceramicznych przeznaczonych na łopatki turbin silników lotniczych .....	162
Kontrola zanieczyszczeń pierwiastkami z grupy żelaza materiałów stosowanych na rdzenie i formy ceramiczne metodą spektrometrii elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR) .....	164
Lejna mieszanina formierska do produkcji warstw przymodelowych ceramicznych form odlewniczych na osnowie tlenku itru oraz spoiwa zawierającego nanocząstki tlenku glinu ..	165
<b>ZB12 Odlewanie precyzyjne stopów Ni na krytyczne części silników lotniczych</b> .....	167
Met-Ilo – uniwersalne narzędzie do ilościowej oceny struktury tworzyw .....	169
Lejna mieszanina formierska do produkcji ceramicznych form odlewniczych .....	170
Lejna mieszanina formierska do produkcji warstw ceramicznych form odlewniczych .....	171
Lejna mieszanina formierska do produkcji warstw ceramicznych form odlewniczych .....	173
Lejna mieszanina formierska do produkcji warstw ceramicznych form odlewniczych .....	175
<b>ZB13 Opracowanie technologii przetapiania stopów niklu z zastosowaniem modyfikowania nanocząstkami proszków</b> .....	177
Technologia topienia stopów niklu z częściowym lub całkowitym wykorzystaniem odpadów poprodukcyjnych (wadliwe odlewy, elementy układów wlewowych) .....	179
Ocena jakości metalurgicznej wlewków wsadowych („master heat), metodą termicznej analizy ATD .....	181
<b>ZB14 Materiały inteligentne oraz bazujące na nich systemy zespolone (ang. smart embedded systems) do zastosowania w lotnictwie</b> .....	183
Zawór wysokiej wydajności do poduszki gazowej (HPV) .....	185
Absorber energii uderzenia HPA oraz zastosowany w nim gazowy zawór piezoelektryczny .....	186
Adaptacyjna poduszka gazowa (ADBAG) .....	187
Adaptacyjny system redukcji transmisji wibroakustycznej kompozytów lotniczych .....	188
System APF (Adaptive Pneumatic Fender) .....	189
Sterowalny zawór wykorzystujący przeskok bistabilny .....	190
Sposób generowania wstępnie zaprojektowanego udarowego obciążenia konstrukcji oraz urządzenie do generowania wstępnie zaprojektowanego udarowego obciążania konstrukcji .....	191



Sposób zabezpieczenia mechanizmów turbiny wiatrowej przed skutkami nagłych, nadmiernych obciążeń i układ do zabezpieczenia łopaty turbiny .....	192
Półaktywny węzeł zwłaszcza do tłumienia drgań .....	193
Sposób wytwarzania poliuretanowej pianki auksetycznej, w tym gradalnej, na poduszki siedzisk.....	194
Komputerowe narzędzia do projektowania pianek auksetycznych o zadanych właściwościach .....	195
Sposób projektowania metalicznych pianek auksetycznych o szkielecie nieregularnym .....	196
Sposób projektowania pianek wypukłokomórkowych o szkielecie regularnym .....	198
Sposób wyznaczania temperatury mięknięcia elastycznych pianek poliuretanowych jako temperatury trwałego odkształcenia .....	200
Sposób wyznaczania współczynnika Poissona pianki auksetycznej, zwłaszcza gradalnej .....	201
Metodologia testów udarowych dla wyznaczania własności dynamicznych próbek/struktur/wkładów siedzisk z pianki poliuretanowej w tym auksetycznej .....	202
Sposób wykrywania i lokalizowania uszkodzenia w elementach konstrukcyjnych.....	203
Przetwornik piezoelektryczny o spiralnym układzie elektrod .....	204
<b>ZB15 Niekonwencjonalne technologie łączenia elementów konstrukcji lotniczych .....</b>	<b>205</b>
Element konstrukcyjny wykonany z użyciem technologii FSSW .....	207
Rura ekranowa wymiennika ciepła .....	208
Narzędzie do badania wytrzymałości połączenia klejonego .....	209
Przeciwpółka narzędzia do badania wytrzymałości połączenia klejonego .....	210
Szkolenie z zakresu modelowania procesu numerycznego zgrzewania tarcowego z przemieszaniem FSW .....	211
Szkolenie z zakresu modelowania procesu numerycznego spawania wiązką elektronów EBW .....	212
Szkolenie z zakresu modelowania procesu numerycznego punktowego zgrzewania tarcowego z przemieszaniem FSSW.....	213
Uchwyt do mocowania próbek do symetrycznego dwuosowego rozciągania na maszynach jednoosiowych.....	214
Opracowanie metody aplikacji kleju Epidian 100 i określenie parametrów wytrzymałościowych do połączeń zgrzewano-klejowych .....	215
Nit z wewnętrznym zasobnikiem kleju .....	216
Technologie zgrzewania tarcowego z przemieszaniem (FSW) cienkich blach ze stopów aluminium oraz stopów magnezu.....	217
Nit dwustronny .....	219
Hybrydowe połączenia klinczowo-klejowe .....	220
Fast Curing System - FCS .....	222

# POZIOM GOTOWOŚCI TECHNOLOGII

(technology readiness level - TRL)







# ZB1

## Opracowanie zaawansowanych procesów obróbki HSM trudnoobrabialnych stopów lotniczych





OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 1

ZB1

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Stanowisko do pomiaru kształtu przedmiotu  
obrabanego

TRL 5

Zwięzły opis  
rozwiązania

Niezależne specjalizowane stanowisko usytuowane przy obrabiarce umożliwiający ocenę błędów kształtu, falistości i chropowatości przedmiotu obrabanego

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Szybki pomiar i ocena poprawności wykonywanych przedmiotów bez konieczności wykorzystywania wysoce wyspecjalizowanych maszyn pomiarowych usytuowanych najczęściej w znacznych odległościach od stanowisk obróbczych

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Wszystkie przedsiębiorstwa przemysłu elektromaszynowego produkujące elementy maszyn i urządzeń, w tym przedsiębiorstwa Doliny Lotniczej

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

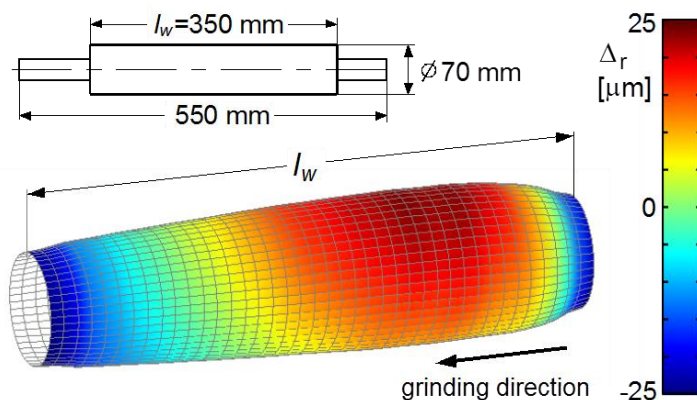
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr inż. Paweł Lajmert, prof. dr hab. inż. Bogdan Kruszyński, dr inż. Małgorzata Sikora, dr inż. Dariusz Wrąbel, dr inż. Dariusz Ostrowski

Dane kontaktowe

Politechnika Łódzka, Instytut Obrabiarek i TBM;  
Dr inż. Dariusz Ostrowski, e-mail: [dariusz.ostrowski@p.lodz.pl](mailto:dariusz.ostrowski@p.lodz.pl);  
tel. +48 42 631 2413



Wyznaczony błąd kształtu wałka

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Inteligentny system szlifowania**

TRL 7

Nr zgłoszenia

P.408575

Zwięzły opis  
rozwiązania

System szlifowania zwłaszcza do przedmiotów trudnoobrabialnych umożliwia wybór wstępnych parametrów kinematycznych szlifowania dla kolejnych faz szlifowania, diagnozowanie wczesnych symptomów zużycia ściernicy i niepożądanych stanów procesu oraz ciągłą lub stopniową zmianę parametrów obróbki niezbędną do utrzymania procesu w optymalnym obszarze szlifowania

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zapewnienie automatycznej kompensacji zakłóceń podczas wysokowydajnego szlifowania. Dobór i optymalizacja warunków obróbki. Skrócenie czasu szlifowania i wyiskrzania oraz przewidywanie efektów obróbki

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Wysokowydajne procesy szlifowania, w których konieczne jest uzyskanie wysokiej jakości powierzchni przedmiotu. W tym do szlifowania materiałów trudnoobrabialnych (np. stopów lotniczych)

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr inż. Paweł Lajmert, prof. dr hab. inż. Bogdan Kruszyński, dr inż. Małgorzata Sikora, dr inż. Dariusz Wrąbel, dr inż. Dariusz Ostrowski

Dane kontaktowe

**Politechnika Łódzka**, Instytut Obrabiarek i TBM;  
Dr inż. Paweł Lajmert, e-mail: pawel.lajmert@p.lodz.pl;  
tel. +48 42 631 2302



*Demonstrator inteligentnego systemu szlifowania*

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 3

ZB1

Tytuł rozwiązania  
 innowacyjnego

**Przenośny zestaw do monitorowania stanu  
 procesów obróbkowych wraz ze specjalnym  
 oprogramowaniem do analizy danych  
 pomiarowych i ich wizualizacji**



Zwięzły opis  
 rozwiązania

System monitorowania i nadzoru procesów obróbkowych umożliwiającą ocenę stabilności procesu w tym stanu zużycia narzędzia przy jednoczesnym zapewnieniu osiągnięcia wysokich efektów jakościowych oraz wydajnościowych

Korzyści  
 z wdrożenia  
 rozwiązania  
 innowacyjnego/  
 zalety rozwiązania

Optymalizacja procesu poprzez diagnozowanie wczesnych symptomów zużycia narzędzia oraz ograniczenie uszkodzeń przedmiotu obrabianego w wyniku detekcji przyjętych granicznych wartości sygnałów pomiarowych

Obszar  
 potencjalnych  
 zastosowań

Wszystkie przedsiębiorstwa przemysłu elektromaszynowego stosujące obróbkę ubytkową oraz producenci narzędzi

Ograniczenia  
 jeśli występują  
 w zastosowaniu  
 rozwiązania

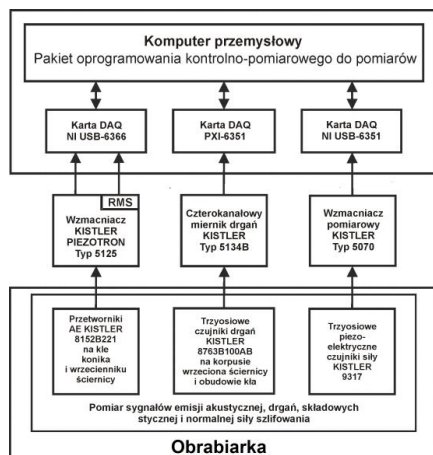
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr inż. Paweł Lajmert, prof. dr hab. inż. Bogdan Kruszyński, dr inż. Małgorzata Sikora, dr inż. Dariusz Wrąbel, dr inż. Dariusz Ostrowski

Dane kontaktowe

**Politechnika Łódzka**, Instytut Obrabiarek i TBM;  
 Dr inż. Paweł Lajmert, e-mail: pawel.lajmert@p.lodz.pl;  
 tel.+48 42 631 2302



Struktura sprzętowa systemu monitorowania procesów obróbkowych

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Przyrząd do pomiaru topografii ściernicy

TRL 9

Nr zgłoszenia

P.412064

Zwięzły opis  
rozwiązania

Urządzenie 3D do pomiaru makro- i mikrogeometrii czynnej powierzchni ściernicy (CPS) bezpośrednio na szlifierce

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Umożliwia doskonalenie procesów produkcyjnych zarówno producentom jak i użytkownikom ściernic, poprzez właściwy ich dobór. Optymalizacja procesu szlifowania dzięki możliwości powiązania stanu czynnej powierzchni ściernicy z wynikowymi parametrami warstwy wierzchniej przedmiotu

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Laboratoria badawcze, producenci materiałów ściernych oraz działy rozwojowe przemysłu elektromaszynowego

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

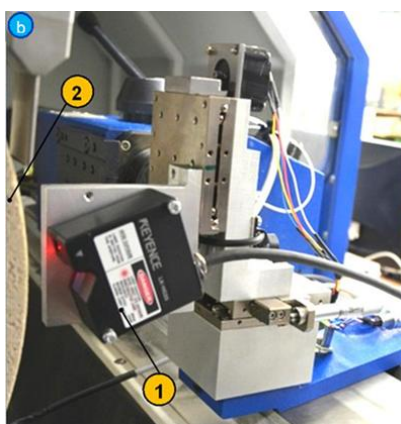
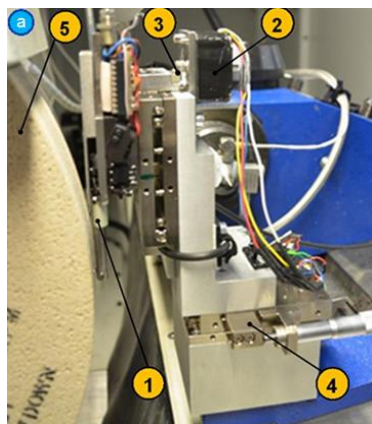
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr inż. Paweł Lajmert, prof. dr hab. inż. Bogdan Kruszyński, dr inż. Małgorzata Sikora, dr inż. Dariusz Wrąbel, dr inż. Dariusz Ostrowski

Dane kontaktowe

**Politechnika Łódzka**, Instytut Obrabiarek i TBM;  
Dr inż. Paweł Lajmert, e-mail: pawel.lajmert@p.lodz.pl;  
tel.+48 42 631 2302



Widok przyrządu do pomiaru topografii CPS z: a) głowicą chropowatościomierza (1 – głowica chropowatościomierza, 2 – silnik krokowy, 3 – przekładnia koło zębate – zębatka, 4 – stolik do pozycjonowania głowicy chropowatościomierza, 5 – ściernica); b) triangulacyjnym czujnikiem laserowym (1 – czujnik laserowy Keyence LK-H020, 2 – ściernica)

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 5

ZB1

Tytuł rozwiązania innowacyjnego

Autonomiczne stanowisko do profilowego kondycjonowania ściernicy

TRL 5

Zwięzły opis rozwiązania

Automat stanowiskowy do profilowego kondycjonowania ściernicy przeznaczony jest do wykonywania zgrubnego profilu tarczy ścierniczej poza szlifierką, na podstawie kształtu obrabianego, szlifowanego przedmiotu z uwzględnieniem promienia zaokrąglenia narzędzia kondycjonującego

Korzyści z wdrożenia rozwiązania innowacyjnego/zalety rozwiązania

Skrócenie czasów przygotowawczo-zakończeniowych operacji związanych z realizacją produkcji wymagającej profilowego ukształtowania ściernicy, poprzez wyeliminowanie czasu zgrubnego kondycjonowania ściernicy bezpośrednio na szlifierce

Obszar potencjalnych zastosowań

Przedsiębiorstwa specjalizujące się w kształtowej obróbce ściernej

Ograniczenia jeśli występują w zastosowaniu rozwiązania

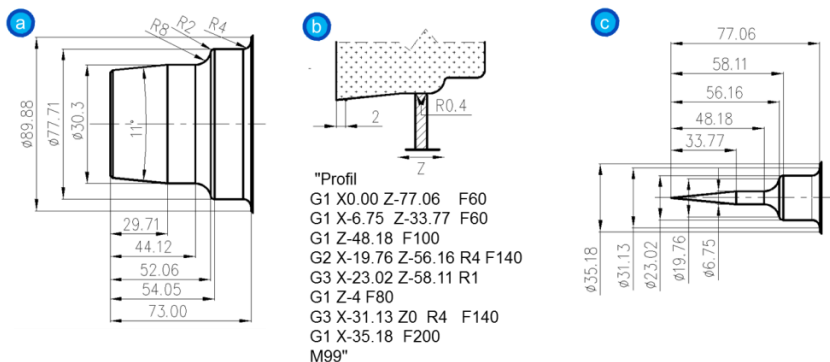
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr inż. Paweł Lajmert, prof. dr hab. inż. Bogdan Kruszyński, dr inż. Małgorzata Sikora, dr inż. Dariusz Wrąbel, dr inż. Dariusz Ostrowski

Dane kontaktowe

Politechnika Łódzka, Instytut Obrabiarek i TBM;  
Dr inż. Paweł Lajmert, e-mail: pawel.lajmert@p.lodz.pl;  
tel.+48 42 631 2302



Profilowe kondycjonowanie ściernicy: a) przedmiot; b) zarys ściernicy wraz z programem; c) profil ściernicy

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Układ wysokociśnieniowego chłodzenia  
procesu szlifowania

TRL 6

Nr zgłoszenia

P.408878

Zwięzły opis  
rozwiązania

Układ wysokociśnieniowego chłodzenia procesu szlifowania obejmujący pompę chłodziwa z silnikiem o odpowiedniej charakterystyce, kanały doprowadzające chłodziwo oraz wysokociśnieniowe dysze chłodziwa do chłodzenia strefy szlifowania oraz czyszczenia ściernicy o zoptymalizowanej konstrukcji

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Wysokociśnieniowe chłodzenie procesu szlifowania umożliwia zwiększenie wydajności obróbki i poprawę jakości szlifowanych części. Umożliwia również zastosowanie w procesie szlifowania dyszy czyszczącej ściernicę

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Obszar potencjalnych zastosowań: proces szlifowania płaszczyzn oraz powierzchni kształtowych, szlifowanie głębokie z posuwem pelzającym (CFG), szlifowanie stopów lotniczych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Brak ograniczeń co do zastosowania układu, istnieje możliwość zastosowania do każdej szlifierki

Twórcy

dr inż. Robert Babiarz, dr inż. Łukasz Żyłka

Dane kontaktowe

Politechnika Rzeszowska, Katedra Techniki Wytwarzania  
i Automatykacji;  
Dr inż. Łukasz Żyłka, e-mail: [zylka@prz.edu.pl](mailto:zylka@prz.edu.pl);  
tel. +48 17 865 1374



Widok pompy wysokociśnieniowej z napędem oraz ze zbiornikiem chłodziwa

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 7

ZB1

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Dwufunkcyjna dysza do chłodzenia procesu  
szlifowania

TRL 6

Nr zgłoszenia

P.408877

Zwięzły opis  
rozwiązania

Dwufunkcyjna dysza przeznaczona do doprowadzenia chłodziwa w procesie szlifowania spełniająca jednocześnie dwie funkcje: chłodzenia strefy szlifowania oraz czyszczenia czynnej powierzchni ściernicy. Dysza możliwa jest do zastosowania w układzie wysokociśnieniowym

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Jednoczesne chłodzenie strefy szlifowania oraz czyszczenie ściernicy, stałe utrzymywanie czystości czynnej powierzchni ściernicy, precyzyjne doprowadzenie chłodziwa do strefy szlifowania

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Proces szlifowania płaszczyzn oraz powierzchni kształtowych, szlifowanie głębokie z posuwem pelzającym (CFG), szlifowanie stopów lotniczych, chłodzenie wysokociśnieniowe

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Brak ograniczeń co do zastosowania dyszy, istnieje możliwość jej zastosowania do szlifowania powierzchni kształtowych np. w procesie szlifowania zamków łopatek silników lotniczych

Twórcy

dr inż. Robert Babiarz, dr inż. Łukasz Żyłka

Dane kontaktowe

Politechnika Rzeszowska, Katedra Technik Wytwarzania i Automatyzacji;  
Dr inż. Łukasz Żyłka, e-mail: [zylka@prz.edu.pl](mailto:zylka@prz.edu.pl);  
tel. +48 17 865 1374



Prototyp dyszy igłowej

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Uchwyt do mocowania i pozycjonowania dyszy  
chłodziwa w procesie szlifowania

TRL 6

Nr zgłoszenia

P.409846

Zwięzły opis  
rozwiązania

Uchwyt przeznaczony jest do mocowania i precyzyjnego pozycjonowania dyszy chłodziwa w trzech osiach w procesie szlifowania. Zapewnia pewne i stabilne mocowanie dyszy chłodziwa oraz umożliwia precyzyjne ustawienie pozycji dyszy względem ściernicy bądź przedmiotu obrabianego. Uchwyt możliwy jest do zastosowania w chłodzeniu wysokociśnieniowym

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Uchwyt zapewnia precyzyjne doprowadzenie chłodziwa do strefy szlifowania poprzez dokładne nastawienie położenia dyszy chłodziwa

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Proces szlifowania płaszczyzn oraz powierzchni kształtowych, szlifowanie głębokie z posuwem pełzającym (CFG), szlifowanie stopów lotniczych, chłodzenie wysokociśnieniowe

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

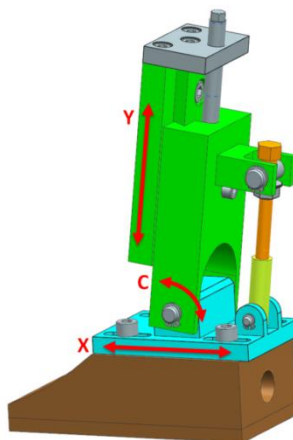
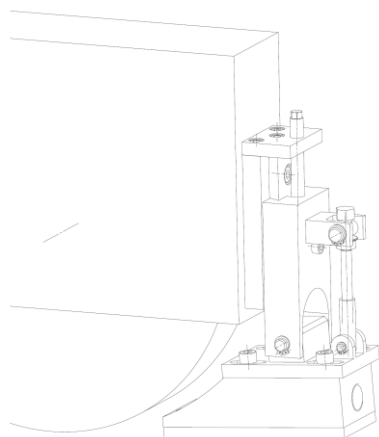
Brak ograniczeń co do zastosowania uchwytu, istnieje możliwość zastosowania uchwytu do szlifowania powierzchni kształtowych np. w procesie szlifowania zamków łopatek silników lotniczych

Twórcy

dr inż. Robert Babiarez, dr inż. Łukasz Żyłka, mgr inż. Marcin Płodzień

Dane kontaktowe

Politechnika Rzeszowska, Katedra Technik Wytwarzania  
i Automatyzacji;  
Dr inż. Łukasz Żyłka, e-mail: [zyłka@prz.edu.pl](mailto:zyłka@prz.edu.pl);  
tel. +48 17 865 1374





OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 9

ZB1

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Badanie stabilności procesu frezowania  
w warunkach obróbki HSM**

TRL 9

Zwięzły opis  
rozwiązania

Opracowanie wytycznych do analizy procesu skrawania w warunkach HSM przy użyciu systemu CutP. Wdrożono procedurę wyznaczania obszarów (parametrów) obróbki stabilnej i niestabilnej

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zaproponowane rozwiązanie pozwoli na poprawę dokładności wymiarowo – kształtowej obrabianych elementów wykonanych z materiałów trudnoobrabialnych, poddanych obróbce frezerskiej

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Prezentowane rozwiązanie jest dedykowane dla PZL Mielec. Jednak istnieje możliwość wdrożenia podobnej procedury w innych firmach prowadzących obróbkę skrawaniem

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr hab. inż. Rafał Rusinek, prof. PL, dr inż. Krzysztof Kęćcik

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Mechaniki Stosowanej;  
Dr hab. inż. Rafał Rusinek, prof. PL, e-mail: r.rusinek@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4571



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Opracowanie i przekazanie wytycznych  
do obróbki szybkościowej elementu  
cienkościennego ze stopu Inconel 718



Zwięzły opis  
rozwiązania

Opracowanie wytycznych do obróbki szybkościowej polega na wykonaniu pomiarów układu skrawającego pod kątem wyznaczenia obszarów (parametrów) obróbki niestabilnej oraz zaproponowaniu nowych bezpiecznych parametrów skrawania

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zaproponowane rozwiązanie pozwoli na poprawę dokładności wymiarowo – kształtowej elementów cienkościennych wykonanych z materiałów trudnoobrabialnych, poddanych obróbce frezerskiej

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Prezentowane rozwiązanie jest dedykowane dla WSK PZL Rzeszów. Jednak istnieje możliwość wdrożenia podobnej procedury w innych firmach prowadzących obróbkę skrawaniem

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

prof. dr hab. inż. Jerzy Warmiński, dr hab. inż. Rafał Rusinek, prof. PL

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Mechaniki Stosowanej;  
Dr hab. inż. Rafał Rusinek, prof. PL, e-mail: r.rusinek@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4571

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 11

ZB1

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Aktywny uchwyt do redukcji drgań w procesie  
frezowania

TRL 3

Zwięzły opis  
rozwiązania

Uchwyt pozwala na zmniejszenie drgań występujących podczas obróbki frezarskiej poprzez sterowanie ultra ruchem przedmiotu obrabianego

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Wzrost wydajności frezowania i poprawa jakości powierzchni obrabianej

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł maszynowy w tym lotniczy

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Przedmiot obrabiany musi posiadać niewielkie gabaryty (200 x 200)

Twórcy

prof. dr hab. inż. Jerzy Warmiński, dr hab. inż. Rafał Rusinek, prof. PL,  
mgr inż. Andrzej Weremczuk

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Mechaniki Stosowanej;  
Mgr inż. Andrzej Weremczuk, e-mail: a.weremczuk@pollub.pl

Dr hab. inż. Rafał Rusinek, prof. PL, e-mail: r.rusinek@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4571

Prof. dr hab. inż. Jerzy Warmiński, e-mail: j.warmiński@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4197







## ZB2

# Modelowanie, konstruowanie i kontrolowanie procesu HSM z uwzględnieniem skonfigurowanego układu maszyna-przyrząd-detale



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 12

ZB2

Tytuł rozwiązania innowacyjnego

**Analizator błędnych ruchów wrzecion szybkoobrotowych**

TRL 7

Zwięzły opis rozwiązania

Analizator przeznaczony do pomiaru błędnych ruchów osi wrzeciona obrabiarki w czasie wysokiej prędkości obrotowej, czyli w warunkach zbliżonych do panujących w czasie obróbki

Korzyści z wdrożenia rozwiązania innowacyjnego/zalety rozwiązania

Pozwala na ocenę stanu dynamicznego wrzeciona, analizę źródeł możliwych błędów obróbki i źródeł degradacji stanu wrzeciona

Obszar potencjalnych zastosowań

Okresowa diagnostyka stanu szybkoobrotowych frezarek (centrów frezarskich)

Ograniczenia jeśli występują w zastosowaniu rozwiązania

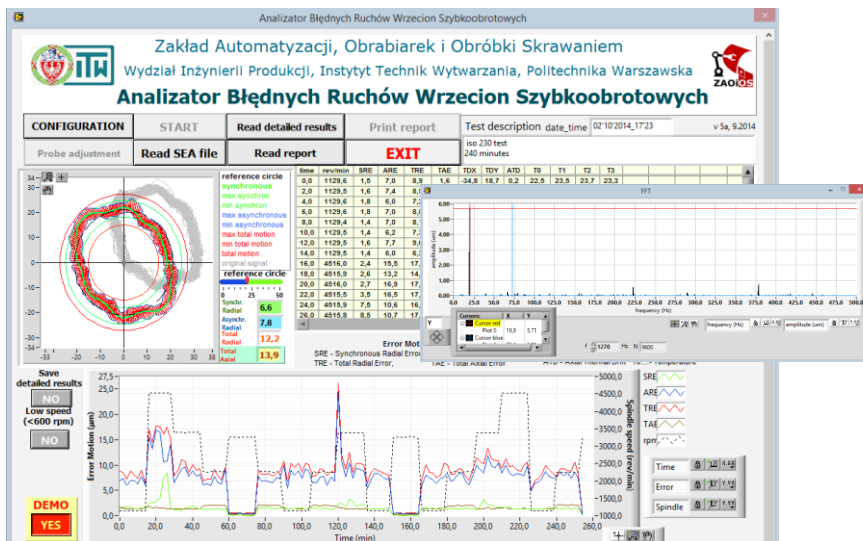
Wymaga kosztownego oprzyrządowania. Możliwa okresowa usługa badawcza

Twórcy

prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak, dr inż. Jarosław Chrzanowski

Dane kontaktowe

Politechnika Warszawska, Instytut Techniki Wytwarzania, WIP;  
Prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak, e-mail:k.jemielniak@wip.pw.edu.pl  
tel. +48 22 234 8656



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Sonda narzędziowa dla obrabiarek CNC  
z funkcją pomiaru zużycia ostrza

TRL 3

Nr zgłoszenia

Z-397137, Z-397136

Zwięzły opis  
rozwiązania

Nowatorska sonda narzędziowa, w której do standardowych funkcji dodana jest możliwość pomiaru zużycia ostrza narzędzia niezależnym od dokładności obrabiarki precyzyjnym czujnikiem sondy. Może być mocowana w standardowych ramionach sond pomiarowych instalowanych do korpusu wrzeciennika tokarki CNC i wykorzystana do pomiaru wszystkich rodzajów noży tokarskich (pomiar w czterech kierunkach). Niepewność pomiaru:  $\pm 1 \mu\text{m}$

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Pozwala na diagnostykę stanu narzędzia i uwzględnienie wpływu skrócenia wierzchołka ostrza na wymiar przedmiotu obrabianego. Skrócenie ostrza w wyniku zużycia, podwójnie wpływa na przyrost średnicy przedmiotu obrabianego

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Tokarki CNC

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Najkorzystniej jest stosować w miejsce standardowej sondy narzędziowej, gdy obrabiarka jest wyposażona w oprzyrządowanie (ramię mocujące, interfejs) i oprogramowanie (cykle pomiarowe). Obecnie do funkcji pomiaru zużycia wykorzystywany jest zewnętrzny panel dotykowy

Twórcy

dr inż. Jarosław Chrzanowski, dr inż. Rafał Wypysiński

Dane kontaktowe

Politechnika Warszawska, Instytut Technik Wytwarzania, WIP;  
Dr inż. Jarosław Chrzanowski, e-mail: jarekch@cim.pw.edu.pl  
tel. +48 22 234 8473





OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 14

ZB2

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Układ nadzoru procesu skrawania – ADONIS 10

TRL 6

Zwięzły opis  
rozwiązania

Na podstawie sygnałów diagnostycznych uzyskanych z czujników sił skrawania, drgań i emisji akustycznej zainstalowanych na obrabiarkę układ określa aktualny stan ostrza narzędzia skrawającego. Układ umożliwia natychmiastowe zatrzymanie posuwu po wykryciu katastroficznego stopienia ostrza oraz informuje operatora o aktualnym wykorzystaniu wszystkich używanych ostrzy

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

- Redukcja braków
- Zwiększenie wykorzystania narzędzi
- Zwiększenie wydajności produkcji
- Zapewnienie jakości produkcji

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Zaawansowana obróbka skrawaniem zwłaszcza materiałów trudnoskrawalnych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Konieczność instalacji czujników sił skrawania, AE, drgań

Twórcy

prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak, dr inż. Sebastian Bombiński, mgr inż. Krzysztof Błażejczak, dr inż. Joanna Kossakowska, dr inż. Mirosław Nejman

Dane kontaktowe

**Politechnika Warszawska**, Instytut Technik Wytwarzania, WIP;  
Dr inż. Sebastian Bombiński, e-mail: [sebastianbombinski@gmail.com](mailto:sebastianbombinski@gmail.com)  
tel. +48 22 234 8580



Tytuł rozwiązania innowacyjnego

Automatyczna analiza modalna wrzecion frezarek

TRL 7

Związy opis rozwiązania

Prezentowane rozwiązanie służy do oceny postępującej z czasem degradacji wrzeciona frezarki, co przy regularnych testach pozwala określić kiedy wrzeciono powinno zostać wycofane z produkcji

Korzyści z wdrożenia rozwiązania innowacyjnego/ zalety rozwiązania

Rozwiązanie umożliwia dokonanie oceny postępującego zużycia stanu wrzeciona poprzez wykonanie krótkich testów, oceniających podatność dynamiczną wrzeciona decydującą o stabilności obróbki. Automatyczne generowanie raportów z testów pozwala śledzić zmianę stanu wrzeciona

Obszar potencjalnych zastosowań

Okresowa diagnostyka stanu szybkoobrotowych frezarek (centrów frezarskich)

Ograniczenia jeśli występują w zastosowaniu rozwiązania

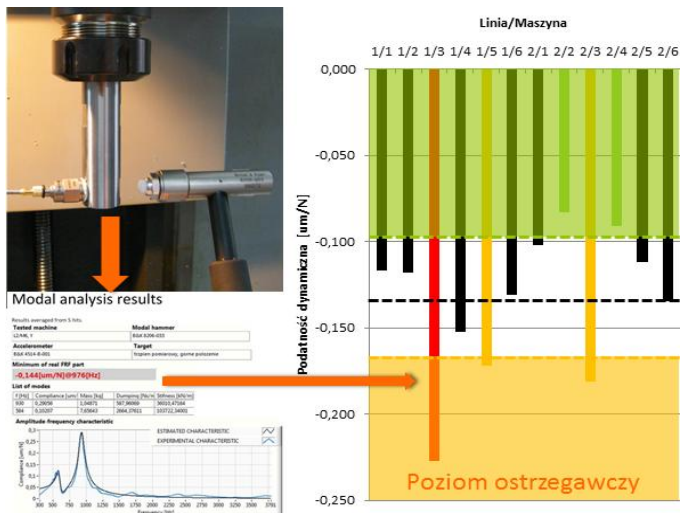
Nie ma ograniczeń

Twórcy

prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak, mgr inż. Piotr Bąk

Dane kontaktowe

**Politechnika Warszawska**, Instytut Techniki Wytwarzania, WIP;  
Mgr inż. Piotr Andrzej Bąk, e-mail: piotr.andrzej.bak@gmail.com  
tel. +48 22 234 8397



Przykład oceny zużycia wrzeciona

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 16

ZB2

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Optimalizacja obróbki skrawaniem HSM

TRL 6

Zwięzły opis  
rozwiązania

Dobór optymalnych warunków obróbki przez pomiar charakterystyki dynamicznej obrabiarki, narzędzia i uchwytu obróbczego

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zwiększenie o 30-50% wydajności obróbki skrawaniem, eliminacja drgań podczas skrawania, zwiększenie żywotności narzędzi skrawających i wrzeciona obrabiarki

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Produkcja lotnicza, samochodowa, przemysłowa

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

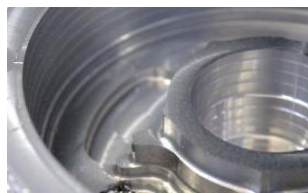
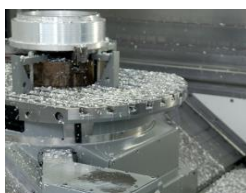
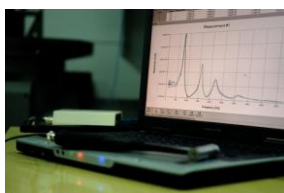
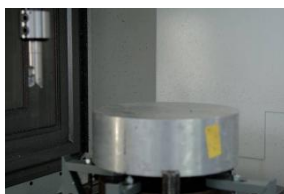
Twórcy

mgr inż. Mariusz Mucha, mgr inż. Robert Ostrowski

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Przeróbki Plastycznej  
Mgr inż. Robert Ostrowski, e-mail: [rostrows@prz.edu.pl](mailto:rostrows@prz.edu.pl)  
tel. +48 605-318-042,

Mgr inż. Mariusz Mucha, e-mail: [mariusz.mucha@pw.utc.com](mailto:mariusz.mucha@pw.utc.com)  
tel. +48 608-388-747



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Dedykowane aplikacje CAD/CAM  
do systemu NX

TRL 7

Zwięzły opis  
rozwiązania

Program komputerowy zintegrowany z systemem NX dedykowany pod wymagania klienta z obszaru projektowania CAD, programowania CAM i analiz CAE

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zwiększenie o 50% wydajności projektowania i programowania CAD/CAM, wykorzystanie zgromadzonej wiedzy know-how przedsiębiorstwa i jej automatyzacja w systemie NX

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Produkcja lotnicza, samochodowa, przemysłowa

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

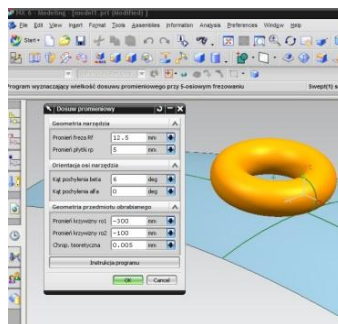
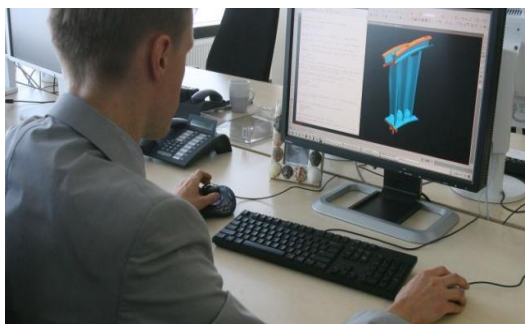
Twórcy

mgr inż. Mariusz Mucha, mgr inż. Robert Ostrowski

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Przeróbki Plastycznej  
Mgr inż. Robert Ostrowski, e-mail: rostrows@prz.edu.pl  
tel. +48 605-318-042,

Mgr inż. Mariusz Mucha, e-mail: mariusz.mucha@pw.utc.com  
tel. +48 608-388-747



Programowanie dedykowanej aplikacji CAD do analizy komponentów silnika lotniczego oraz dedykowana aplikacja CAM do zwiększenia wydajności obróbki 5-osiowego frezowania



# ZB3

## Opracowanie technologii efektywnego projektowania i produkcji przekładni stożkowych z wykorzystaniem systemu Phoenix firmy Gleason



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 18

ZB3

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**KONTEPS - komputerowy system obliczeń  
konstrukcyjno-technologicznych przekładni  
stożkowych o zębach kołowo-łukowych  
(krzywoliniowych)**



Zwięzły opis  
rozwiązania

KONTEPS służy do obliczeń konstrukcyjno-technologicznych przekładni stożkowych i hipoidalnych obwiedniowych i kształtowo-obwiedniowych systemu Gleasona. Budowa modułowa systemu umożliwia łatwą modyfikację i dołączanie nowych funkcji. System działa dwutorowo: na podstawie obliczeń konstrukcyjno-technologicznych generuje modele brytowe kół i zębników drogą symulacji obróbki w środowisku CAD umożliwiając jednocześnie analizę śladu współpracy zębów, a także wykorzystując rachunek wektorowo-macierzowy generuje dyskretne modele (topografie) boków zęba będące podstawą do analizy śladu współpracy, wykresów ruchowych i pomiarów na maszynach współrzędnościowych CMM. Moduły obliczeń technologicznych generują dane ustawcze na frezarki do kół stożkowych. Oprogramowanie umożliwia emisję dokumentacji konstrukcyjnej uzębienia kół i zębników. System umożliwia również emisję i archiwizowanie plików z obliczeniami. Przyjazny interfejs ułatwia obsługę systemu. Z racji budowy modułowej oprogramowanie umożliwia dołączenie metod obróbki uzębienia w systemach Klingelnberga i Oerlikona

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Jest to pierwszy kompleksowy system obliczeń konstrukcyjno-technologicznych stożkowych i hipoidalnych przekładni zębatych o zębach kołowo-łukowych (krzywoliniowych). Ułatwi konstruktorom i technologom proces projektowania przekładni stożkowych, a tym samym skróci czas i obniży koszty projektu

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł maszynowy, producenci kół stożkowych i hipoidalnych o zębach krzywoliniowych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Do analizy śladu współpracy wymagane jest środowisko programu NX (Unigraphics), a do generowania dokumentacji płaskiej środowisko AutoCAD. System generuje bazowe ustawienia dla frezarek CNC do kół stożkowych (Phoenix), które wymagają indywidualnych uzupełnień danych w zależności od zastosowanego układu sterownia

Twórcy

dr hab. inż. Piotr Skawiński, dr inż. Ryszard Kuryjański

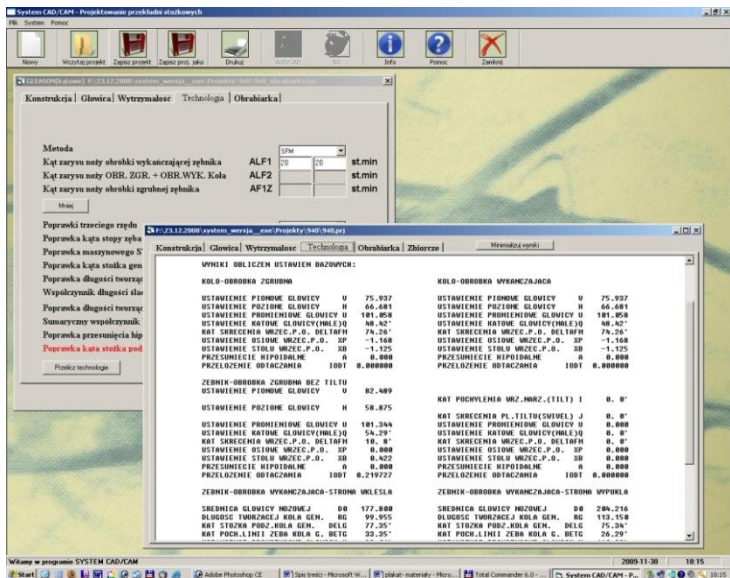
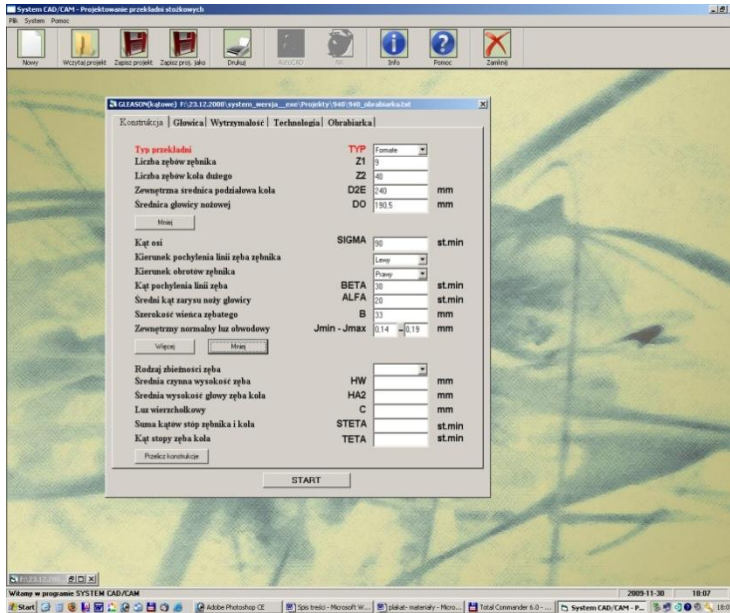
Dane kontaktowe

**Politechnika Warszawska**, Instytutu Podstaw Budowy Maszyn;  
dr hab. inż. Piotr Skawiński, e-mail: psk@simr.pw.edu.pl  
tel. +48 22 234 8266



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA

ZB3



Przykładowe strony interfejsu systemu KONTEPS



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 19

ZB3

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Zestaw aplikacji wspomagających projektowanie  
konstrukcji i technologii przekładni stożkowych

TRL 4

Zwięzły opis  
rozwiązania

Zestaw aplikacji składa się z modułów:

1. Aplikacja do generowania modeli bryłowych kół stożkowych metodą symulacji obróbki w systemie CAD – Inventor
2. Aplikacja do analizy współpracy przekładni stożkowych pod lekkim obciążeniem w środowisku CAD – Inventor
3. Aplikacja do analizy współpracy przekładni stożkowych pod obciążeniem roboczym w środowisku MES – Abaqus

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

- Zwiększenie konkurencyjności firmy, przez możliwość samodzielnego projektowania procesu wytwórczego i jego weryfikacji na etapie opracowania wirtualnego,
- Tworzenie modeli bryłowych kół zębatych stożkowych oraz sprawdzanie ich współpracy,
- Weryfikacja ustawień obrabiarki przed fizycznym nacięciem kół,
- Prowadzenie analiz kinematycznych przekładni stożkowych w oparciu o rzeczywistą kinematykę,
- Tworzenie wykresów ruchowych oraz wizualizacja sumarycznych śladów współpracy (są to dwa podstawowe wskaźniki jakościowe przekładni),
- Pomoc przy modernizacji istniejących przekładni stożkowych i poszukiwaniu rozwiązań, zwiększających ich trwałość

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, motoryzacyjny, maszynowy i pokrewne. Firmy zajmujące się projektowaniem i wytwarzaniem kół zębatych stożkowych metodami klasycznymi i przyrostowymi. Firmy z branży lotniczej, maszynowej, laboratoria badawcze

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

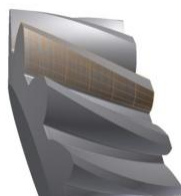
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr hab. inż. Adam Marciniak, dr inż. Bartłomiej Sobolewski, dr inż. Jacek Pacana, mgr inż. Paweł Fudali

Dane kontaktowe

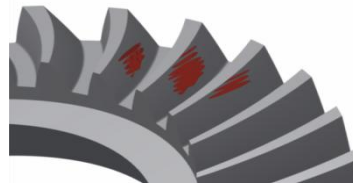
**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Konstrukcji Maszyn;  
dr hab. inż. Adam Marciniak, prof. PRZ, e-mail: amarc@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1415



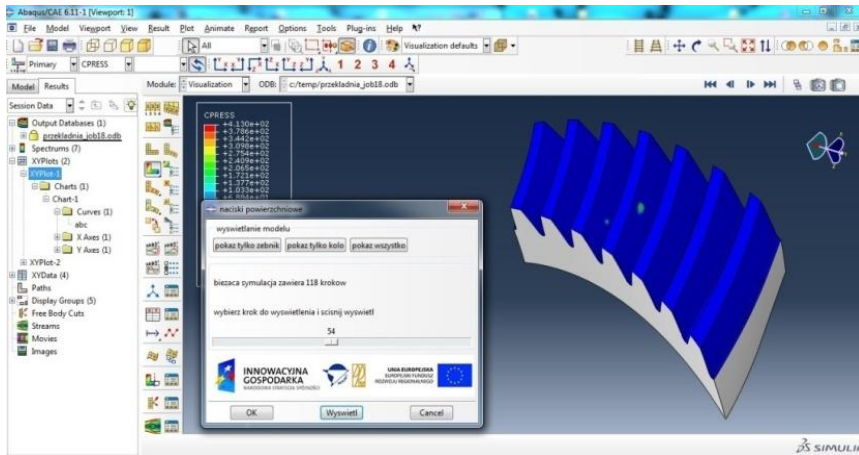
Wrąb koła oraz użębienie zębownika, otrzymane w wyniku symulacji obróbki



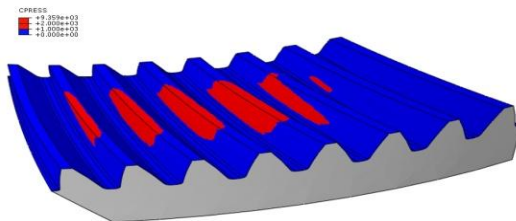
Sumaryczny ślad współpracy uzyskany na modelu bryłowym



Analiza współpracy przekładni



Przykładowe wyniki nacisków kontaktowych (Abaqus)



Ślad współpracy pod obciążeniem uzyskany przez symulację współpracy w programie Abaqus

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Aplikacja do generowania modeli bryłowych kół stożkowych przekładni na podstawie siatki punktów w systemie CATIA

TRL 5

Zwięzły opis  
rozwiązania

Aplikacja automatycznie czytuje dane ze wskazanego pliku tekstowego zawierającego dane pobrane z programu KIMoS (geometria koła i zębniaka, parametry narzędzi oraz ustawienia obrabiarki) wraz z siatkami punktów nominalnych powierzchni boków zęba koła stożkowego oraz powierzchni przejściowych u podstawy. Na podstawie wczytanych punktów aplikacja generuje krzywe profili i krzywe kierujące, a następnie rozpina na nich powierzchnie. Generuje też podstawową geometrię otoczki. Za pomocą tych elementów użytkownik może szybko wygenerować bryłę wrębu, która jest następnie ustawiana w sztyk i odejmowana od otoczki. Można uzyskać albo modele bryłowe segmentów kół albo powierzchnie zębów do dalszych analiz MES lub kontaktu oraz do porównania powierzchni zmierzonej z nominalną

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Możliwość analiz w środowisku CAD i MES modelu przekładni o geometrii odpowiadającej rzeczywistej. Możliwość efektywnego dopracowania przekładni na etapie jej projektowania i skrócenia czasu wdrożenia do produkcji

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Biura konstrukcyjne z branży lotniczej, maszynowej oraz laboratoria badawcze. Firmy zajmujące się projektowaniem i wytwarzaniem kół zębatych stożkowych metodami klasycznymi i przyrostowymi

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

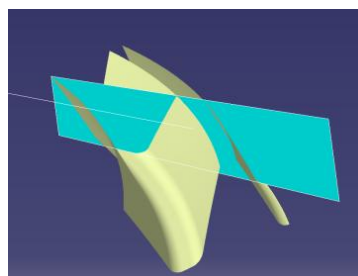
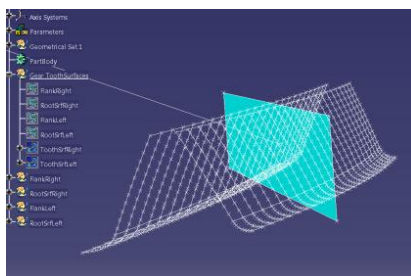
Nie ma ograniczeń

Twórcy

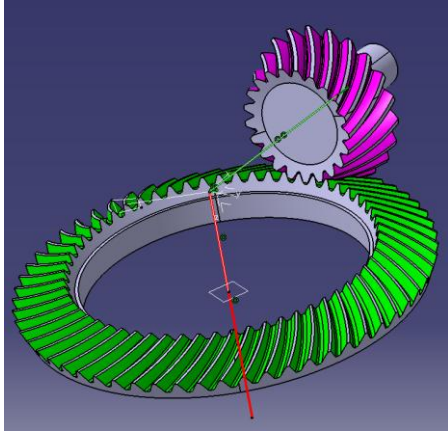
dr hab. inż. Adam Marciniak

Dane kontaktowe

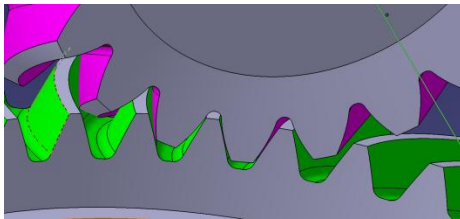
**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Konstrukcji Maszyn;  
dr hab. inż. Adam Marciniak, prof. PRZ, e-mail: amarc@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1415



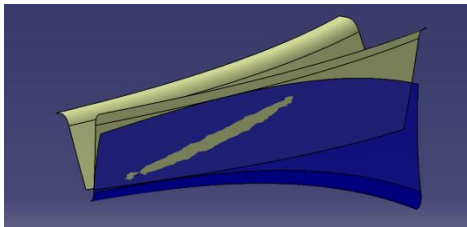
Wczytane punkty siatki oraz rozpięte na nich powierzchnie



Wygenerowane *modele* zębnika i koła



Zbliżenie obszaru zazębienia



Zarejestrowany chwilowy ślad styku

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 21

ZB3

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Automatyzacja pomiarów stożkowych  
kół zębatach z użyciem metod optycznych

TRL 5

Zwięzły opis  
rozwiązania

Opracowane rozwiązanie zawiera:

1. Opracowaną metodykę optycznych bezstykowych pomiarów stożkowych kół zębatach, z uwzględnieniem procesu przygotowania pomiaru, przeprowadzenia procesu pomiaru oraz analizy wyników pomiarów prowadzonych z zastosowaniem optycznego skanera 3D Atos pracującego w technologii Blue Light
2. Opracowaną metodologię dla sprzężenia zwrotnego pomiędzy procesem pomiarowym prowadzonym z zastosowaniem optycznego skanera Atos TripleScan GOM, a systemami Rapid Prototyping, mające na celu podwyższenie dokładności modeli otrzymywanych metodami przyrostowymi
3. Opracowaną metodologię prowadzenia hybrydowych pomiarów polegających na połączeniu, dla procesu optycznego, pomiaru prowadzonego z zastosowaniem optycznego skanera Atos TripleScan GOM, z systemami współrzędnościowych systemów pomiarowych z głowicami stykowymi, mające na celu podwyższenie dokładności i szybkości pomiaru dla obiektów o geometrii nie w pełni zdefiniowanej w dokumentacji technicznej

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zastąpienie drogich pomiarów współrzędnościowych metodami stykowymi przez znacznie tańsze metody optyczne, oferujące wymaganą dokładność w zastosowaniach przemysłowych.  
Na podstawie opracowanej metodyki pomiarów w ramach wdrożenia jej w przemyśle przeprowadzamy szkolenia dotyczących specyfiki prowadzenia procesu pomiarowego, które mogą konkurować z komercyjnymi programami oferowanymi przez producentów urządzeń pomiarowych

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł maszynowy, zakłady produkujące przekładnie stożkowe

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

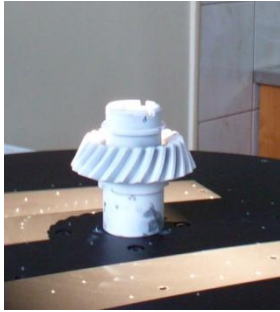
Nie ma ograniczeń

Twórcy

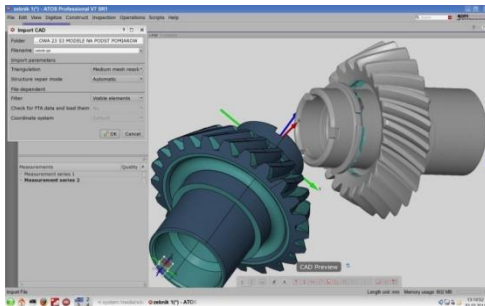
dr inż. Tomasz Dziubek, prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik

Dane kontaktowe

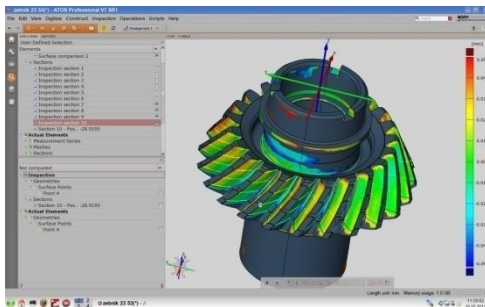
**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Konstrukcji Maszyn;  
dr hab. inż. Grzegorz Budzik, prof. PRz, e-mail: [gbudzik@prz.edu.pl](mailto:gbudzik@prz.edu.pl)  
tel. +48 17 865 1986



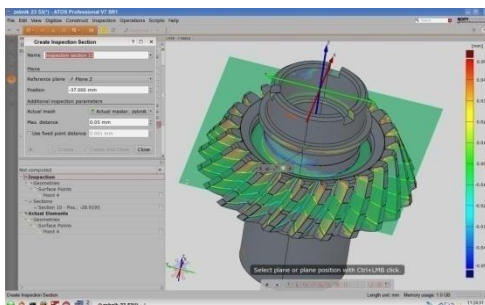
Zębniak stożkowy przygotowany do pomiaru optycznego



Proces łączenia zmierzonego zębniaka z modelem CAD (niebieski, model stanowiący odniesienie)



Globalna analiza odchyłek powierzchni zębniaka w odniesieniu do modelu CAD



Analiza odchyłek zarysu w poszczególnych przekrojach



# ZB4

## Opracowanie nowej, prostszej i tańszej przekładni zębatej w miejsce skomplikowanych i drogich przekładni planetarnych





Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Metodyka bezstykowych pomiarów walcowych kół zębatych przekładni lotniczych z zastosowaniem skanera optycznego

TRL 5

Zwięzły opis  
rozwiązania

Metodyka bezstykowych pomiarów walcowych kół zębatych przekładni z uwzględnieniem procesów przygotowania i przeprowadzenia pomiarów oraz analizy danych pomiarowych otrzymanych z zastosowaniem skanera optycznego

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Przygotowana metodyka umożliwia szybką i skuteczną ocenę dokładności wykonania lub deformacji geometrii walcowych kół zębatych wynikającej z procesu obróbki cieplnej

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Firmy zajmujące się projektowaniem, pomiarami oraz wytwarzaniem kół i przekładni zębatych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Zastosowanie proponowanego rozwiązania może dotyczyć weryfikacji wymiarowo kształtowej walcowych kół zębatych po obróbce zgrubnej lub po wstępnej ocenie dokładności wykonania gotowych kół.

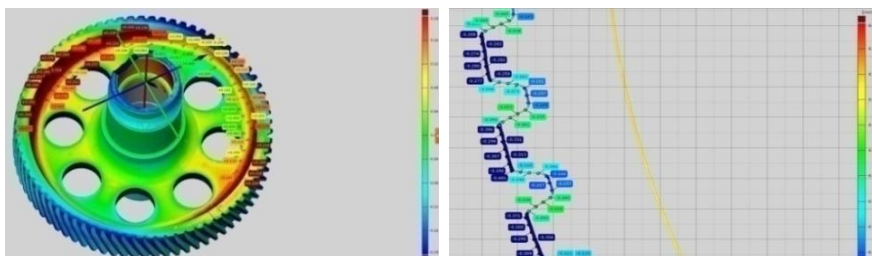
Twórcy

prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik, dr inż. Tomasz Dziubek

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Konstrukcji Maszyn;  
Prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik, prof. PRz, e-mail: gbudzik@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1986

Dr inż. Tomasz Dziubek, e-mail: tdziubek@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1662



Globalna analiza odchyłek powierzchni koła zębatego w odniesieniu do modelu 3D-CAD oraz przykładowa analiza odchyłek zarysu

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Sprzężenie zwrotne procesu pomiarowego prowadzonego z zastosowaniem skanera optycznego a urządzeniami Rapid Prototyping

TRL 5

Zwięzły opis  
rozwiązania

Utworzenie sprzężenia zwrotnego pomiędzy procesem pomiarowym prowadzonym z zastosowaniem optycznego skanera 3D, a urządzeniami Rapid Prototyping (RP), mające na celu podwyższenie dokładności modeli otrzymywanych metodami przyrostowymi

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Rozwiązanie umożliwia szybką i skuteczną metodę zwiększania dokładności modeli wytwarzanych metodami przyrostowymi oraz ocenę geometrycznej poprawności ich odwzorowania

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Firmy zajmujące się projektowaniem, prototypowaniem, pomiarami oraz wytwarzaniem kół i przekładni zębatych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Zastosowanie proponowanego rozwiązania może dotyczyć kół zębatych o wymiarach ograniczonych gabarytami komory roboczej urządzenia do szybkiego prototypowania

Twórcy

prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik, dr inż. Tomasz Dziubek

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Konstrukcji Maszyn;  
Prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik, prof. PRz, e-mail: [gbudzik@prz.edu.pl](mailto:gbudzik@prz.edu.pl)  
tel. +48 17 865 1986  
Dr inż. Tomasz Dziubek, e-mail: [tdziubek@prz.edu.pl](mailto:tdziubek@prz.edu.pl)  
tel. +48 17 865 1662



Przykładowe urządzenia służące do szybkiego prototypowania z zastosowaniem przyrostowych technik wytwarzania U-Print oraz JS – PolyJet



Pomiar walcowego koła zębatego lotniczej przekładni dwudrożnej prowadzony z zastosowaniem optycznego skanera 3D ATOS II TripleScan

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Szkolenia dotyczące dedykowanych procesów pomiarowych z zastosowaniem skanera optycznego

TRL 5

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przeprowadzenie szkoleń dotyczących dedykowanych procesów pomiarowych z uwzględnieniem procesu przygotowania pomiaru oraz analizy wyników pomiarów, prowadzonych z zastosowaniem skanera optycznego. Tematyka szkolenia może to konkurować z komercyjnymi programami szkoleniowymi o charakterze ogólnym oferowanymi przez producentów i dystrybutorów urządzeń pomiarowych.

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Prowadzone szkolenie może poszerzyć wiedzę pracowników i usprawnić proces wytwórczy

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Firmy zajmujące się projektowaniem, prototypowaniem, pomiarami oraz wytwarzaniem komponentów lotniczych i samochodowych, kół i przekładni zębatych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Zastosowanie proponowanego rozwiązania pod kątem pomiarów kół zębatych może dotyczyć kół po obróbce zgrubnej, wstępnej ocenie dokładności wykonania gotowych kół wykonanych technikami RP

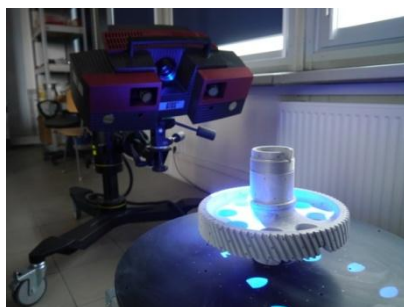
Twórcy

prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik, dr inż. Tomasz Dziubek

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Konstrukcji Maszyn;  
Prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik, prof. PRz, e-mail: [gbudzik@prz.edu.pl](mailto:gbudzik@prz.edu.pl)  
tel. +48 17 865 1986

Dr inż. Tomasz Dziubek, e-mail: [tdziubek@prz.edu.pl](mailto:tdziubek@prz.edu.pl)  
tel. +48 17 865 1662



Optyczny skaner 3D ATOS II TripleScan i przygotowane do pomiaru walcowe koło zębate

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Metodyka pomiarów z zastosowaniem optycznej  
współrzędnościowej maszyny pomiarowej  
pracującej w systemie wizyjnym 2,5D

TRL 5

Zwięzły opis  
rozwiązania

Metodyka pomiarów kół zębatach z zastosowaniem współrzędnościowej optycznej maszyny pomiarowej pracującej w systemie wizyjnym 2,5D, umożliwiającą prowadzenie szybkich pomiarów opartych o detekcję krawędzi mierzonego obiektu

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Przygotowana metodyka umożliwia szybką i skuteczną ocenę dokładności wykonania określaną na podstawie detekcji krawędzi i porównaniu z wzorcem 2D-CAD

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Firmy zajmujące się projektowaniem, prototypowaniem, pomiarami oraz wytwarzaniem części maszyn

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Zastosowanie rozwiązania może dotyczyć weryfikacji geometrii części maszyn, których gabaryty i ciężar nie przekraczają parametrów podanych przez producenta urządzenia pomiarowego. Utrudniony jest również pomiar elementów, których powierzchnie mają niejednorodną strukturę

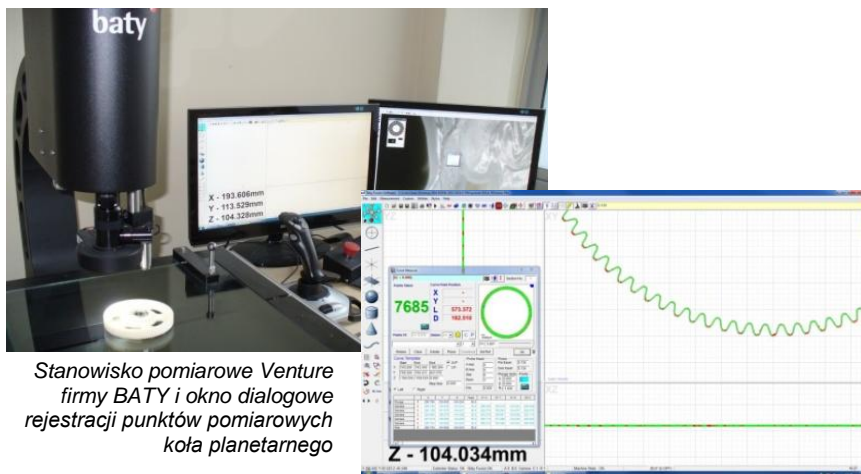
Twórcy

prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik, dr inż. Tomasz Dziubek

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Konstrukcji Maszyn;  
Prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik, prof. PRz, e-mail: [gbudzik@prz.edu.pl](mailto:gbudzik@prz.edu.pl)  
tel. +48 17 865 1986

Dr inż. Tomasz Dziubek, e-mail: [tdziubek@prz.edu.pl](mailto:tdziubek@prz.edu.pl)  
tel. +48 17 865 1662



Stanowisko pomiarowe Venture  
firmy BATY i okno dialogowe  
rejestracji punktów pomiarowych  
koła planetarnego

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 26

ZB4

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Szkolenia dla przemysłu z zastosowaniem  
optycznego urządzenia pomiarowego  
pracującego w systemie wizyjnym 2,5d

TRL 5

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przeprowadzenie szkoleń dla przemysłu, dotyczące prowadzenia pomiarów oraz analizy wyników otrzymywanych z zastosowaniem optycznego urządzenia pomiarowego

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Prowadzone szkolenie może poszerzyć wiedzę pracowników i usprawnić proces wytwórczy

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Firmy zajmujące się projektowaniem, prototypowaniem, pomiarami oraz wytwarzaniem części maszyn

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Zastosowanie rozwiązania może dotyczyć weryfikacji geometrii części maszyn, których gabaryty i ciężar nie przekraczają parametrów podanych przez producenta urządzenia pomiarowego. Utrudniony jest również pomiar elementów, których powierzchnie mają niejednorodną strukturę

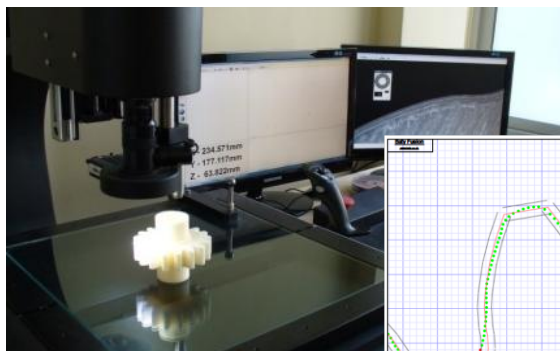
Twórcy

prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik, dr inż. Tomasz Dziubek

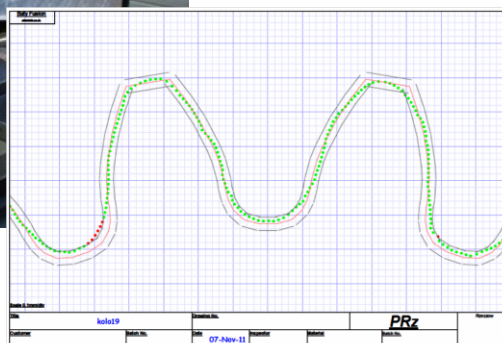
Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Konstrukcji Maszyn;  
Prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik, prof. PRz, e-mail: gbudzik@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1986

Dr inż. Tomasz Dziubek, e-mail: tdziubek@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1662



Stanowisko pomiarowe  
Venture firmy BATY



Szczegółowa analiza odchylek zarysu koła zębatego

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Bezluzowa przekładnia dwudrożna

TRL 5

Nr zgłoszenia

P.408196

Zwięzły opis  
rozwiązania

Rozwiązanie polega na zastosowaniu w przekładni dwudrożnej wstępnego napięcia wałów, które kasuje luzu. Pozwala to na równomierne rozłożenie sił pomiędzy dwiema drogami przekazywania mocy. Zgodnie z nim wymagane jest zamocowanie koła w odpowiednim ustawieniu kątowym przy mechanicznym odkształceniu (skręceniu) wału

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Wymienione rozwiązanie umożliwia równomierny rozkład momentu obrotowego przekazywanego dwiema drogami. Z uwagi na równomierny rozkład mocy w ten sposób przenoszony możliwe jest zmniejszenie gabarytów przekładni

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł elektromaszynowy – w budowie przekładni dwudrożnych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

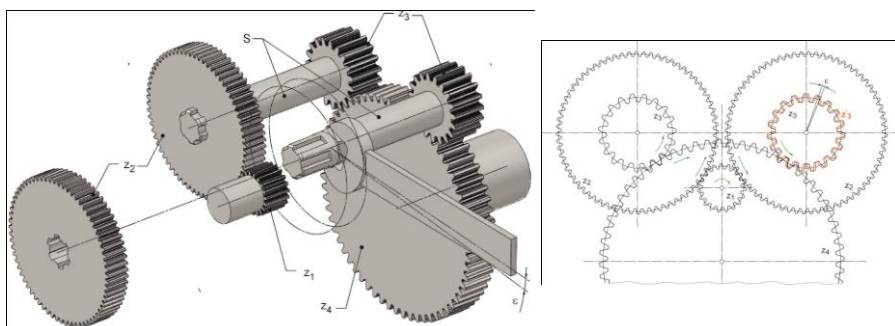
Twórcy

dr hab. inż. Mariusz Sobolak, dr inż. Bogdan Kozik

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Konstrukcji Maszyn;  
Dr hab. inż. Mariusz Sobolak, prof. PRz, e-mail: msobolak@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1638

Dr inż. Bogdan Kozik, e-mail: bogkozik@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1642



Schemat montażu;  $z_1, z_2, z_3, z_4$  - koła zębate,  $S$  - wałki skrętne,  $\epsilon$  - kąt napięcia wstępnego (odkształcenia)

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Bezluzowa przekładnia obiegowa

TRL 5

Nr zgłoszenia

P.406816

Zwięzły opis  
rozwiązania

Rozwiązanie polega na zastosowaniu kół satelitarnych na dzielonym jarzmie. Koła mogą wykonywać dodatkowy ruch względem jarzma. Pozwala to na równomierny rozkład sił pomiędzy dwiema drogami przekazywania mocy

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Rozwiązanie umożliwia równomierny rozkład momentu obrotowego przekazywanego pomiędzy dwoma kołami satelitarnymi w przekładni planetarnej. Z uwagi na równomierny rozkład mocy przenoszony dwiema drogami możliwe jest zmniejszenie gabarytów przekładni

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł elektromaszynowy – w budowie przekładni obiegowych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

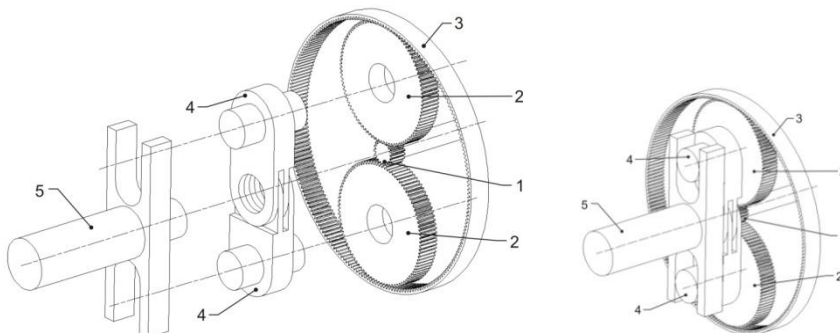
Twórcy

dr hab. inż. Mariusz Sobolak, dr inż. Bogdan Kozik

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Konstrukcji Maszyn;  
Dr hab. inż. Mariusz Sobolak, prof. PRz, e-mail: msobolak@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1638

Dr inż. Bogdan Kozik, e-mail: bogkozik@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1642



Przekładnia obiegowa z kasowaniem luzu międzyzębnego: a – złożona, b – częściowo zdemontowana; 1- zębniak, 2 – satelity, 3 – koło o uzębieniu wewnętrznym, 4 – dźwignie, 5 – wał wyjściowy z jarzmem

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Przekładnia obiegowa z samoczynnym  
kasowaniem luzu międzyzębnego**

TRL 5

Nr zgłoszenia

P.410211

Zwięzły opis  
rozwiązania

Rozwiązanie umożliwia równomierny rozkład momentu obrotowego przekazywanego przez kilka satelitów w przekładni obiegowej. Koła satelitarne umieszczone są na niezależnych jarzmach. Moment obrotowy z jarzm satelitów odbierany jest poprzez specjalną tarczę z rowkami i sprzęgło samonastawne typu Oldhama na wał wyjściowy

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Z uwagi na równomierny rozkład mocy przenoszonej przez satelity możliwe jest zmniejszenie gabarytów przekładni

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł elektromaszynowy – w budowie przekładni obiegowych (planetarnych)

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

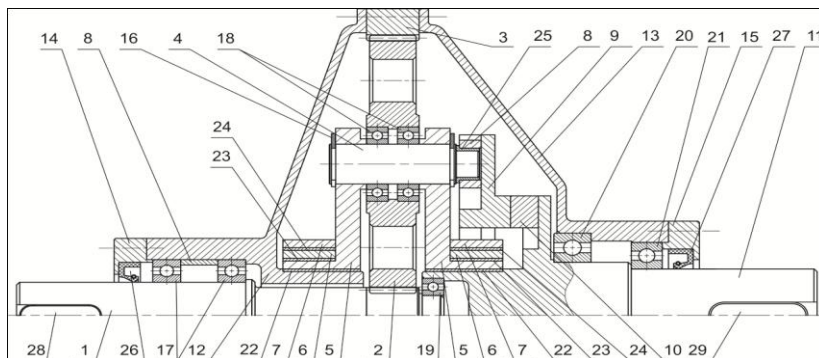
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr hab. inż. Mariusz Sobolak, dr inż. Bogdan Kozik

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Konstrukcji Maszyn;  
Dr hab. inż. Mariusz Sobolak, prof. PRz, e-mail: msobolak@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1638  
Dr inż. Bogdan Kozik, e-mail: bogkozik@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1642



Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne przekładni; 1 – wał wejściowy, 2 – koło satelitarne, 3 – koło koronowe, 4 – oś satelity, 5, 6, 7 – elementy jarzma, 8 – kostka ślizgowa, 9 – tarcza odbierająca napęd, 10 – sprzęgło, 11 – wał wyjściowy, 12 – korpus A, 13 – korpus B, 14 – pokrywa A, 15 – pokrywa B, 16 – pierścień osadczy, 17, 18, 19, 20, 21 – łożyska toczne, 22, 23, 24, 25 – łożyska ślizgowe, 26, 27 – pierścienie uszczelniające, 28, 29 – wpusty



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Przekładnia dwudrożna z kasowaniem luzu  
międzyzębego

TRL 5

Nr zgłoszenia

P.411093

Zwięzły opis  
rozwiązania

Rozwiązanie umożliwia równomierny rozkład momentu obrotowego przekazywanego dwiema drogami w przekładni dwudrożnej. Wał pośredni wykonano jako dzielony. Części wału połączone są w sposób umożliwiający precyzyjne ustawienie kątowe jednej części wału względem drugiej. W tym celu wykorzystano mechanizm śrubowy. Pozwala to na korektę położenia koła zębatego a tym samym regulację luzu między zębami – w tym całkowite jego skasowanie

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Z uwagi na równomierny rozkład mocy przenoszony dwiema drogami możliwe jest zmniejszenie gabarytów przekładni

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł elektromaszynowy – w budowie przekładni dwudrożnych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Przekładnia taka może przenosić obciążenie nominalne tylko w zadanym – jednym kierunku obrotów

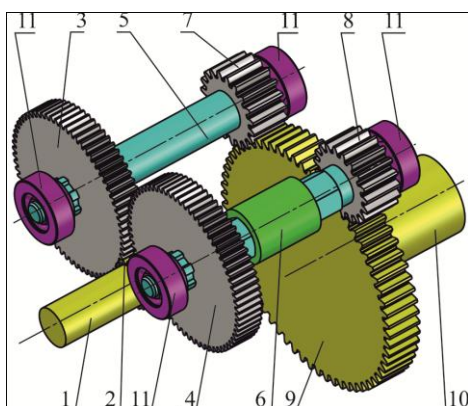
Twórcy

dr hab. inż. Mariusz Sobolak, dr inż. Bogdan Kozik

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Konstrukcji Maszyn;  
Dr hab. inż. Mariusz Sobolak, prof. PRz, e-mail: msobolak@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1638

Dr inż. Bogdan Kozik, e-mail: bogkozik@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1642



Schemat przekładni dwudrożnej z mechanizmem kasowania luzu międzyzębego w widoku izometrycznym; 1 – wał wejściowy, 2 – zębnik, 3, 4 – koła pierwszego stopnia, 5 – wał pośredni, 6 – wał pośredni dzielony, 7, 8 – zębniki drugiego stopnia, 9 – koło drugiego stopnia, 10 – wał wyjściowy, 11 – łożyska

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Parametryczny model bryłowy koła zębatego

TRL 5

Zwięzły opis  
rozwiązania

Parametryczny model koła zębatego (opracowany w systemie AutodeskInventor) umożliwia wprowadzenie modyfikacji i korekty uzębienia oraz pozwala na generowanie modeli bryłowych z dokładnością odwzorowania powierzchni do 0,1 $\mu$ m. Modele bryłowe mogą zostać wyeksportowane do formatu obsługiwanego przez większość dostępnych na rynku systemów CAD

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Rozwiązanie jest wykorzystywane do tworzenia modeli bryłowych uzębienia kół zębatych walcowych umożliwiając ich wykonanie na ich podstawie modeli rzeczywistych, jak również wykorzystanie otrzymanych modeli jako modeli odniesienia do przeprowadzenia pomiarów

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Firmy zajmujące się projektowaniem i wytwarzaniem kół zębatych metodami klasycznymi i przyrostowymi

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

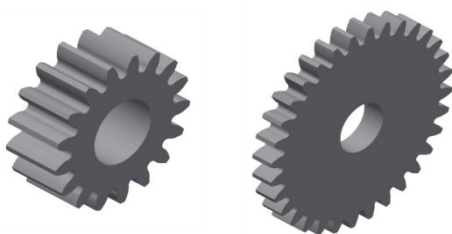
Twórcy

dr inż. Bogdan Kozik, dr inż. Bartłomiej Sobolewski

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Konstrukcji Maszyn  
Dr inż. Bogdan Kozik, e-mail: bogkozik@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1642

Mgr inż. Bartłomiej Sobolewski, e-mail: b\_sob@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1662



Modele bryłowe uzyskane dla  
różnych wartości parametrów  
wejściowych

mn	mm	1 mm
z	ul	17 ul
luz	ul	0,35 ul
alfa	deg	20 deg
kat	deg	2 deg
x	ul	0,0 ul
n	ul	18 ul
l_obw	ul	0,02 ul
b	mm	7 mm

Dane wejściowe wykorzystywane do  
generowania modelu bryłowego koła  
zębatego

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 32

ZB4

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Metoda symulacji współpracy przekładni zębatej

TRL 5

Zwięzły opis  
rozwiązania

Metoda symulacji współpracy przekładni dotyczy odwzorowania rzeczywistej kinematyki oraz pozwala wygenerować chwilowe i sumaryczne ślady styku

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Opracowana metoda umożliwia przeprowadzenie analiz kinematycznych projektowanych przekładni zębatych w postaci wykresów nierównomierności ruchu oraz generowanie chwilowych i sumarycznych śladów styku przekładni

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Firmy zajmujące się projektowaniem i wytwarzaniem kół zębatych metodami klasycznymi i przyrostowymi

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

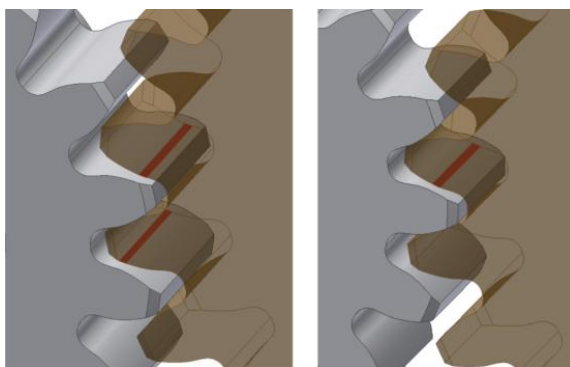
Twórcy

dr inż. Bogdan Kozik, dr inż. Bartłomiej Sobolewski

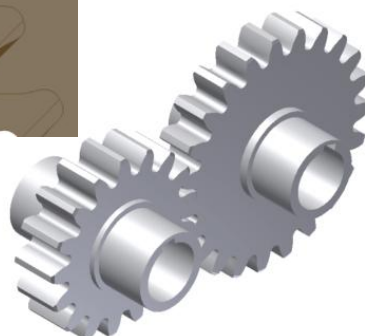
Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Konstrukcji Maszyn;  
Dr inż. Bogdan Kozik, e-mail: bogkozik@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1642

Mgr inż. Bartłomiej Sobolewski, e-mail: b\_sob@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1662



Wynik symulacji współpracy  
w postaci chwilowych śladów  
styku



Przykładowe modele bryłowe kół zębatych  
biorące udział w symulacji współpracy  
przekładni walcowe



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Zazębienie wklęsło-wypukłe przekładni  
zębatach

TRL 3

Nr zgłoszenia

P.412373

Zwięzły opis  
rozwiązania

Zazębienie wklęsło-wypukłe przekładni zębatach, w którym zarysy zębów w przekroju czołowym są łukami o promieniach nieznacznie się różniących, zgodnie z wynalazkiem charakteryzuje się tym, że stosunek grubości zęba wypukłego mierzonej po łuku okręgu podziałowego w przekroju czołowym do grubości zęba wklęsłego mierzonej również po łuku okręgu podziałowego w przekroju czołowym mieści się w zakresie od 1,2 do 1,4. Poza tym czołowy kąt przyporu na średnicy tocznej ustalony jest według zależności, która uwzględnia rzeczywisty kąt przyporu na średnicy tocznej oraz błąd rozstawienia osi kół przekładni

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Rozwiązanie przekładni zgodne z wynalazkiem zapewni porównywalną nośność na zginanie jej zębów z przekładniami ewolwentowymi. Poza tym odpowiednie ustalenie kąta przyporu według podanej zależności zapewnia, że po wystąpieniu błędu rozstawienia osi kół przekładni punkt styku, a więc i ślad styku przesunie się z położenia nominalnego (5) do położenia określonego przez konstruktora (6). Ma to pozytywne skutki zarówno w postaci braku występowania koncentracji naprężeń, jak też w postaci zmniejszenia naprężeń powierzchniowych według Hertza. Punkt styku przesunę się bowiem do punktu, w którym stosunek średniego promienia krzywizny powierzchni zęba wklęsłego do średniego promienia krzywizny powierzchni zęba wypukłego jest mniejszy. Ponadto przesunięcie punktu styku wynikające z błędu położenia osi jest kontrolowane, co pozwala na uniknięcie krawędziowania śladu styku i koncentracji naprężeń

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Z powyższych względów zazębienie według wynalazku może znaleźć zastosowanie w przekładniach, z błędem rozstawienia osi kół, o których nośności decyduje wytrzymałość stykowa

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

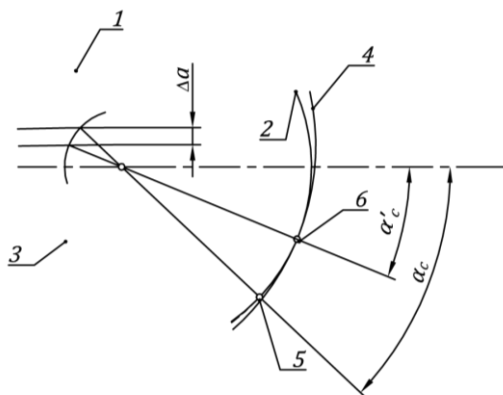
Zazębienie może być stosowane tylko w kołach zębatach o śrubowej linii zęba o poskokowym wskaźniku przyporu większym od jedności

Twórcy

mgr inż. Michał Batsch

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Konstrukcji Maszyn;  
Mgr inż. Michał Batsch, e-mail: mbatsch@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1260



*Przesunięcie punktu styku zębów w skutek wystąpienia błędu rozstawienia osi kół*



*Zdjęcie pary zębatej, w której zastosowano zazębienie wg wynalazku*

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Technologia nawęglania próżniowego metodą  
PreNit LPC® dla obróbki kół zębatych  
o zróżnicowanych wymaganiach  
technologicznej warstwy wierzchniej**

TRL 9

Zwięzły opis  
rozwiązania

Na podstawie patentów PL 356921, EP 1558781, US 7550049 zostało opracowane know-how dla kół zębatych. Nawęglanie wspomagane azotowaniem PreNitLPC® polega na podawaniu amoniaku we wstępnej fazie procesu – w etapie nagrzewania do nawęglania wg schematu przedstawionego poniżej.

Dzięki temu uzyskane warstwy nawęglone przy wyższych niż tradycyjne temperaturach procesu nie wykazują cech rozrostu ziarna. Pozwala to na znaczne skrócenie czasu procesu nawęglania poprzez podniesienie jego temperatury nawet powyżej 1000°C. Przy tym warstwy wytworzone w podwyższonych temperaturach z zastosowaniem wstępnego azotowania charakteryzują się podobnymi własnościami wytrzymałościowymi jak nawęglane w niższych temperaturach.

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

PreNitLPC® jest nowoczesną, ekonomiczną, odmianą nawęglania przy obniżonym ciśnieniu, pozwalającą na znaczną intensyfikację tego procesu, oraz:

- Istotne skrócenie czasu całkowitego etapu obróbki cieplnej
- Możliwość wyeliminowania operacji miedziowania
- Wyeliminowanie zjawiska utleniania wewnętrznego

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Obróbka ciepło-chemiczna kół zębatych dla potrzeb różnego rodzaju wysoko obciążonych przekładni. Przemysł lotniczy, samochodowy, energetyka wiatrowa

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

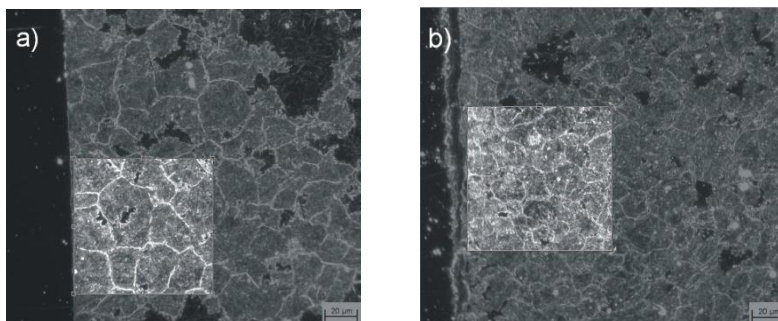
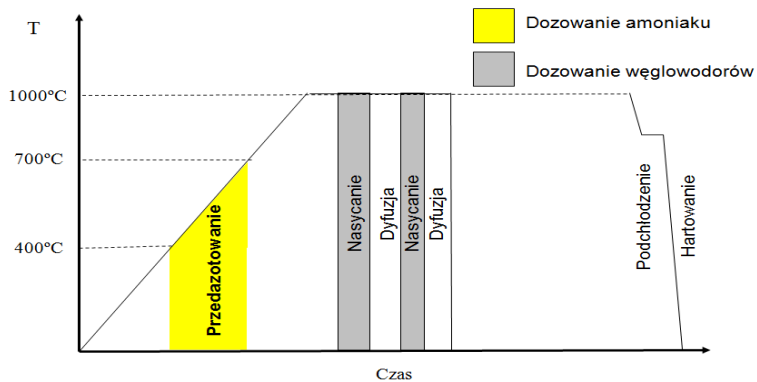
prof. dr hab. inż. Piotr Kula, dr inż. Bartłomiej Januszewicz, mgr inż. Antoni Rzepkowski, dr inż. Robert Pietrasik, dr hab. inż. Konrad Dybowski, dr inż. Radomir Atraszkiewicz, dr inż. Sylwester Paweła, dr inż. Adam Rzepkowski

Dane kontaktowe

**Politechnika Łódzka**, Instytut Inżynierii Materiałowej;  
Mgr inż. Antoni Rzepkowski, e-mail: antoni.rzepkowski@p.lodz.pl  
tel. +48 42 631 3050 lub 602-326-803

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA

ZB4



Porównanie struktur uzyskanych w procesie nawęglania próżniowego w temperaturze 1000°C  
a) bez podawania amoniaku,  
b) przy podawaniu amoniaku w zakresie temperatur 450-700°C









# ZB5

## Nowoczesna obróbka mechaniczna stopów magnezu i aluminium



Tytuł rozwiązania innowacyjnego

Urządzenie do pomiaru dynamicznych składowych sił skrawania

TRL 6

Nr zgłoszenia

P.398818

Zwięzły opis rozwiązania

Wynalazek stanowi uniwersalny system do pomiaru dynamicznych składowych sił skrawania, tzn. zmian sił wynikających ze zmian przekroju warstwy skrawanej spowodowanej drganiami w procesie toczenia lub frezowania

Korzyści z wdrożenia rozwiązania innowacyjnego/zalety rozwiązania

Stanowisko wraz z oprogramowaniem umożliwia szybkie wyznaczenie współczynników sztywności ( $k_r$ ,  $k_t$ ) i tłumienia ( $c_r$ ,  $c_t$ ) procesu skrawania dynamicznych współczynników sił skrawania, niezbędnych do analizy stabilności:

$$F_r = b(k_r h + c_r \dot{r}_t'), \quad F_t = b(k_t h + c_t \dot{r}_t')$$

Obszar potencjalnych zastosowań

Analiza stabilności przy toczeniu i frezowaniu

Ograniczenia jeśli występują w zastosowaniu rozwiązania

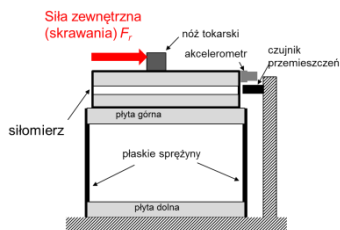
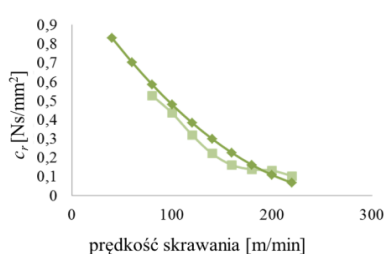
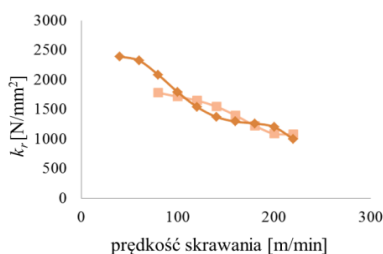
Nie ma ograniczeń

Twórcy

prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak, dr inż. Mirosław Nejman, dr inż. Dominika Śniegulska-Grądzka, dr inż. Rafał Wypysiński

Dane kontaktowe

**Politechnika Warszawska**, Instytut Technik Wytwarzania, WIP;  
Dr inż. Mirosław Nejman, e-mail: [m.nejman@zaeios.pw.edu.pl](mailto:m.nejman@zaeios.pw.edu.pl)  
tel. +48 22 234 8259



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego**Baza wiedzy w zakresie obróbki elementów  
cienkościennych narzędziami o obniżonej  
sztywności**

TRL 6

**Zwięzły opis  
rozwiązania**

Obróbka konstrukcji takich jak matryce, wykrojniki, formy wtryskowe, cienkościennie elementy konstrukcji lotniczych czy korpusy maszyn i obrabiarek wymaga zastosowania narzędzi i opravek narzędziowych o długim wysięgu i niewielkich średnicach, a więc posiadających małą sztywność. Niedostateczna sztywność narzędzia, może być przyczyną powstawania drgań samowzbudnych, które niekorzystnie wpływają zarówno na ostrza narzędzi jak i jakość powierzchni oraz dokładność geometryczną obrabianych elementów. Narzędzia o obniżonej sztywności są często wykorzystywane w obróbce cienkościennych elementów strukturalnych pojazdów lotniczych. Przemysł lotniczy wymusza wykonywanie tych elementów o coraz mniejszych grubościach ścianek, często przy „wygórowanych” wymogach co do ich jakości. Przeprowadzone prace miały na celu opracowanie wytycznych dla obróbki elementów cienkościennych o jak największym stosunku wysokości do grubości ścianek  $h_s/g_s$ , przy zachowaniu wymogów jakościowych.

Na podstawie badań doświadczalnych oraz obliczeń numerycznych opracowano bazę wiedzy, w zakresie doboru warunków obróbki cienkościennych wykonanych z stopów aluminium narzędziami o obniżonej sztywności

**Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania**

Wzrost efektywności i dokładności obróbki elementów cienkościennych wykonanych ze stopów aluminium. Wykorzystanie danych zawartych w bazie wiedzy uprości i skróci czas opracowywania procesów technologicznych konstrukcji cienkościennych wykonywanych narzędziami o obniżonej sztywności

**Obszar  
potencjalnych  
zastosowań**

Przemysł lotniczy, motoryzacyjny, maszynowy

**Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania**

Ewentualne ograniczenia powinny być wynikiem szczegółowej analizy konkretnej sytuacji technologicznej

**Twórcy**

prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski, dr inż. Paweł Pieško

**Dane kontaktowe**

**Politechnika Lubelska**, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji;  
Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski,  
e-mail: j.kuczmaszewski@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4235

Mgr inż. Paweł Pieško, e-mail: p.piesko@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4240

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 37

ZB5

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Baza wiedzy w zakresie obróbki  
stopów magnezu

TRL 6

Zwięzły opis  
rozwiązania

Opracowana baza wiedzy dotyczącej frezowania stopów magnezu porządkuje informacje jakie są dostępne w literaturze, wzbogaca także tę bazę o wyniki badań własnych i analiz zespołu naukowego Politechniki Lubelskiej. Informacje koncentrują się zwłaszcza na możliwości intensyfikacji obróbki w warunkach frezowania na sucho. Uzyskane wyniki odnoszą się do aktualnie stosowanych w przemyśle wartości technologicznych parametrów obróbki i wskazują na kierunki możliwych zmian tych parametrów w kontekście poprawy wydajności objętościowej skrawania przy możliwie najmniejszych wartościach chropowatości powierzchni. Baza wiedzy obejmuje także sugestie dotyczące cech geometrycznych narzędzi w kontekście morfologii wiórów i ciepła w procesie skrawania

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Wzrost efektywności obróbki stopów magnezu poprzez istotną modyfikację warunków skrawania w stosunku do aktualnie stosowanych w przemyśle

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, motoryzacyjny, maszynowy, elektrotechniczny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Ewentualne ograniczenia powinny być wynikiem szczegółowej analizy konkretnej sytuacji technologicznej

Twórcy

prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski, dr inż. Ireneusz Zagórski

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji;  
Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski, e-mail:  
j.kuczmaszewski@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4235

Mgr inż. Ireneusz Zagórski, e-mail: i.zagorski@pollub.pl  
Tel +48 81 538 4240



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Sposób i urządzenie do gratowania przedmiotów  
płaskich zwłaszcza wycinanych laserem

TRL 2

Nr zgłoszenia

P.406329

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedmioty płaskie są wytwarzane metodami wykrawania, obróbki skrawaniem lub wycinania laserem. Na krawędziach przedmiotów wykrawanych i wycinanych metodami obróbki skrawaniem powstają zwykle zadziory, a na krawędziach przedmiotów wycinanych laserem tworzy się wypływka wskutek gromadzenia się nacieków metalu i żużla. Wypływka powstająca po cięciu laserem, zwłaszcza materiałów o dużej grubości, jest dość krucha i można ją stosunkowo łatwo usunąć. Istotą sposobu gratowania przedmiotów płaskich, zwłaszcza wycinanych laserem jest to, że na krawędzie przedmiotów płaskich oddziałuje się za pomocą dwóch obracających się z prędkością od 10 obr/min do 1500 obr/min krążków w kształcie stożka ściętego, umocowanych przesuwnie na wspólnej osi i dociskanych do gratowanych krawędzi siłą o wartości od 0,1 kN do 2 kN, wywieraną na krążki przez dwa elementy sprężyste w kierunku równoległym do osi krążków

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że pozwala na gratowanie jednocześnie dwóch krawędzi przedmiotów płaskich, zwłaszcza wycinanych laserem, o różnej grubości, przy czym otrzymana po cięciu powierzchnia boczna nie musi być prostopadła do powierzchni czołowych przedmiotu, a gratowana krawędź może być linią krzywą

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, przemysł motoryzacyjny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Wypływki i zadziory o znacznej szerokości

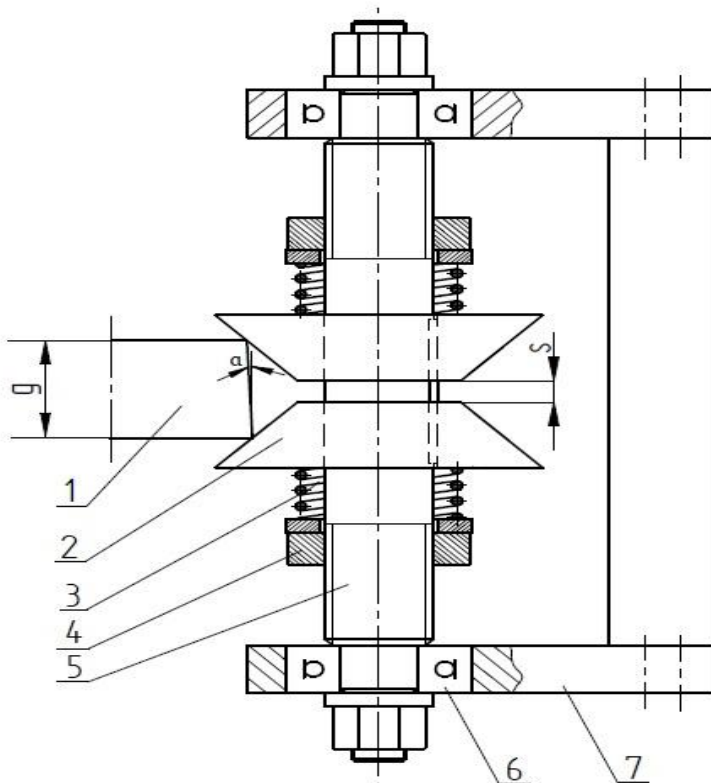
Twórcy

dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, mgr inż. Agnieszka Skoczylas

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji;  
Dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL, e-mail: k.zaleski@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4238

Mgr inż. Agnieszka Skoczylas, e-mail: a.skoczylas@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4707



Urządzenie do gratowania przedmiotów płaskich zwłaszcza wycinanych laserem.: 1. przedmiot obrabiany., 2. krążki dociskające, 3. elementy sprężyste, 4. nakrętki, 5 element osiowy, 6. łożyska, 7 korpus

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego**Sposób i urządzenie do oceny nagniatania  
dynamicznego przedmiotów cienkościennych  
przez pomiar średnicy odcisku**

TRL 2

Nr zgłoszenia

P.408630

Zwięzły opis  
rozwiązania

Nagniatanie dynamiczne jest metodą obróbki przedmiotów metalowych, która polega na uderzeniu w powierzchnię przedmiotu elementami nagniatającymi, najczęściej w kształcie kuli. Wskutek uderzeń elementów nagniatających powstają trwałe odciski na powierzchni obrabianej. Średnica powstających odcisków oraz liczba uderzeń elementów nagniatających przypadająca na jednostkę powierzchni mają wpływ na stopień pokrycia obrabianej powierzchni, który jest jedną z podstawowych wielkości stosowanych do oceny nagniatania dynamicznego. Przedmioty cienkościenne, charakteryzujące się małą sztywnością, wskutek uderzenia elementu nagniatającego odkształcają się, przejmując w ten sposób część energii uderzenia. Zatem ulega zmniejszeniu energia powodująca powstanie trwałego odcisku na powierzchni obrabianej, czego skutkiem jest zmniejszenie średnicy odcisku.

Istotą sposobu oceny nagniatania dynamicznego przedmiotów cienkościennych przez pomiar średnicy odcisku jest to, że element nagniatający wprawia się w ruch prostoliniowy i doprowadza się do uderzenia, z energią o określonej wartości z zakresu od 2 mJ do 10 J, w powierzchnię przedmiotu cienkościennego, a następnie w powierzchnię przedmiotu o dużej sztywności, powodując powstanie odcisków, zaś ocenę skutków nagniatania dynamicznego przedmiotu cienkościennego dokonuje się przez porównanie średnicy odcisków na przedmiocie cienkościennym i przedmiocie o dużej sztywności

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że pozwala na szybką i prostą ocenę nagniatania dynamicznego przedmiotów cienkościennych przez pomiar średnicy odcisku, pozwalającą na prognozowanie zmian stanu warstwy wierzchniej tych przedmiotów

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy i motoryzacyjny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

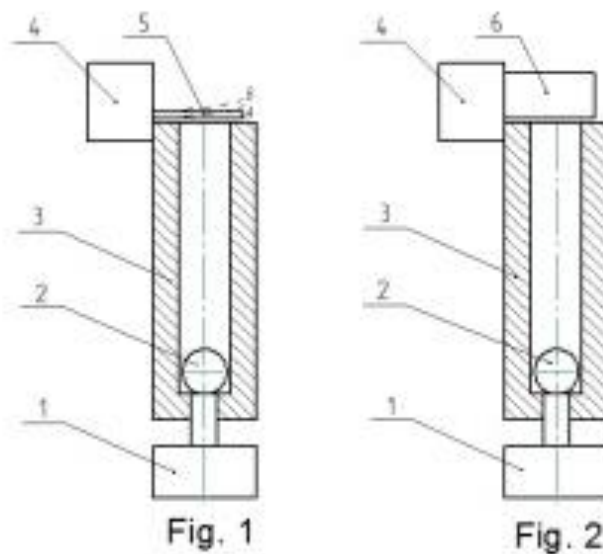
dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, mgr inż. Stanisław Bławucki

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji;  
Dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL, e-mail: k.zaleski@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4238

Mgr inż. Stanisław Bławucki





Przekrój prowadnicy z przedmiotem cienkościennym (Fig. 1), z przedmiotem o dużej sztywności (Fig.2): 1.układ wymuszenia ruchu, 2.element nagniatający, 3. prowadnica, 4. uchwyt, 5. przedmiot cienkościenny, 6. przedmiot o dużej sztywności



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Sposób i urządzenie do oceny nagniatania  
dynamicznego przedmiotów cienkościennych  
przez pomiar prędkości elementu nagniatającego**

TRL 2

Nr zgłoszenia

P.408631

Zwięzły opis  
rozwiązania

Nagniatanie dynamiczne jest metodą obróbki przedmiotów metalowych, która polega na uderzaniu w powierzchnię przedmiotu elementami nagniatającymi, najczęściej w kształcie kuli. Po uderzeniu elementy nagniatające odbijają się od powierzchni przedmiotu, przy czym, prędkość odskoku jest mniejsza od prędkości uderzenia. Różnica energii kinematycznej przed i po uderzeniu zostaje zużyta na pracę odkształceń plastycznych i energię drgań. Stosunek prędkości odskoku do prędkości uderzenia nazywany jest współczynnikiem restytucji, którego wartość zależy od właściwości materiału przedmiotu i materiału elementu nagniatającego oraz prędkości uderzenia. Przedmioty cienkościenne, charakteryzujące się małą sztywnością, wskutek uderzenia elementu nagniatającego odkształcają się, przejmując w ten sposób część energii uderzenia. Zatem ulega zmniejszeniu energia powodująca odskok elementu nagniatającego, czego skutkiem jest zmniejszenie prędkości odskoku. Istotą sposobu oceny nagniatania dynamicznego przedmiotów cienkościennych przez pomiar prędkości elementu nagniatającego jest to, że element nagniatający wprawia się w ruch prostoliniowy i doprowadza się do uderzenia, z prędkością uderzenia o określonej wartości z zakresu od 0,5 m/s do 300 m/s, w powierzchnię przedmiotu cienkościennego, a następnie w powierzchnię przedmiotu o dużej sztywności, po czym mierzy się prędkość odskoku elementu nagniatającego, zaś ocenę skutków nagniatania dynamicznego przedmiotu cienkościennego dokonuje się przez porównanie prędkości odskoku elementu nagniatającego od przedmiotu cienkościennego oraz od przedmiotu o dużej sztywności

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że pozwala na szybką i prostą ocenę nagniatania dynamicznego przedmiotów cienkościennych przez pomiar prędkości elementu nagniatającego, pozwalającą na prognozowanie zmian stanu warstwy wierzchniej tych przedmiotów

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy i motoryzacyjny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

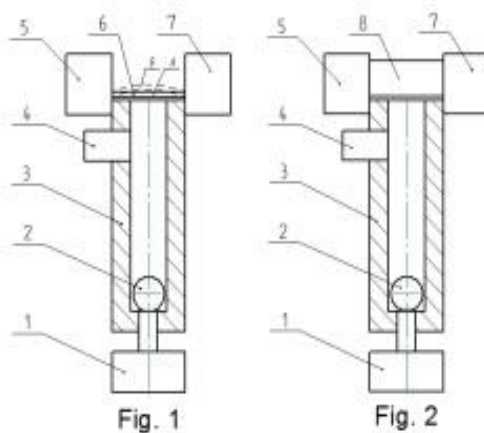
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, mgr inż. Stanisław Bławucki

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji;  
Dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL, e-mail: k.zaleski@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4238



Przekrój przewodnicy z przedmiotem cienkościennym (Fig. 1) i z przedmiotem o dużej sztywności (Fig. 2): 1. układ wymuszenia ruchu, 2. element nagiatający, 3. przewodnica, 4. układ pomiaru prędkości elementu nagiatającego, 5. uchwytlewy, 6. przedmiot cienkościenny, 7. uchwyt prawy, 8. przedmiot o dużej sztywności



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Sposób i urządzenie do oceny skrawalności  
materiałów

TRL 2

Nr zgłoszenia

P.404104

Zwięzły opis  
rozwiązania

Ocena skrawalności materiałów, rozumianej jako podatność danego materiału na obróbkę skrawaniem, ma duże znaczenie w pracy zarówno konstruktora jak i technologa. Skrawalność określana jest metodami doświadczalnymi, które oparte są na pomiarach siły skrawania, temperatury skrawania, ścierności materiałów, zużycia ostrza, współczynnika spęczenia wióra, chropowatości powierzchni, naprężeń własnych, współczynnika umocnienia materiału. Jednak metody te wymagają zastosowania, na ogół, skomplikowanej i kosztownej aparatury badawczej. Prezentowany sposób i urządzenie pozwala na szybką ocenę skrawalności materiałów. Istotą sposobu oceny skrawalności materiałów jest to, że badaną próbkę lub półfabrykat mocuje się w uchwycie w odległości  $s$  od noża skrawającego, po czym zwalnia się mechanizm blokujący suwak z zamocowanym nożem skrawającym i wprawia się w ruch prostoliniowy suwak z nożem skrawającym za pomocą sprężyny w kierunku próbki lub półfabrykatu i skrawa się próbkę lub półfabrykat na długości  $l$ , zachowując stałą grubość warstwy skrawanej, po czym mierzy się długość warstwy skrawanej  $l_1$ .

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że pozwala na szybką i prostą ocenę skrawalności badanego materiału w postaci próbki lub półfabrykatu, a zachowanie w czasie próby stałej grubości warstwy skrawanej wpływa korzystnie na dokładność tej oceny. Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania jest uwidoczniony na schematycznym rysunku w widoku. Informacje o skrawalności danego materiału mogą być kluczowe w wyborze zarówno narzędzia jak i obrabiarki w procesach obróbki ubytkowej, oraz mogą dawać pośrednią informację o prognozowanej trwałości ostrza oraz co z tym idzie, kosztów obróbki

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, przemysł motoryzacyjny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

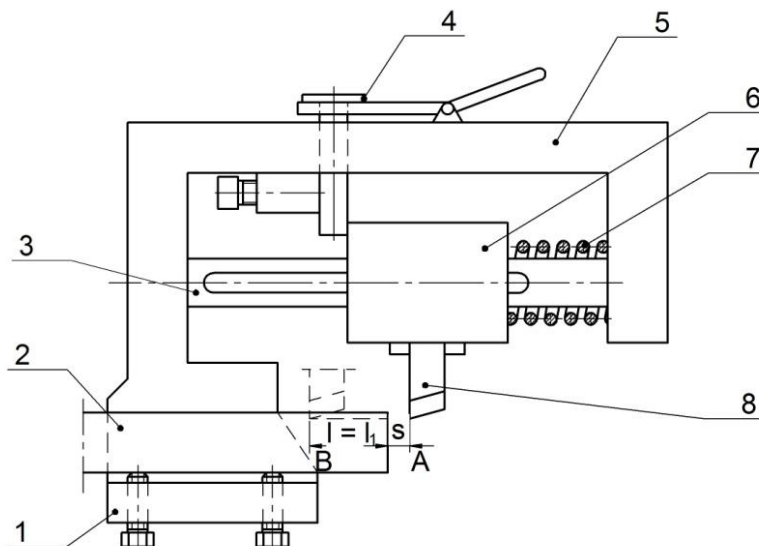
Twórcy

dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, mgr inż. Jakub Matuszak

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji;  
Dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL, e-mail: k.zaleski@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4238

Mgr inż. Jakub Matuszak, e-mail: j.matuszak@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4707



Urządzenie do oceny skrawalności materiałów: 1. uchwyt, 2. próbka, 3. prowadnica, 4. mechanizm blokujący, 5. obudowa, 6. suwak, 7. sprężyna, 8. nóż

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnegoSposób i urządzenie do określania średnicy  
dynamicznej szczotek walcowych

TRL 6

Nr zgłoszenia

P.405625

Zwięzły opis  
rozwiązania

Podczas obróbki szczotkowaniem problematyczne staje się ustalenie średnicy szczotki. Producenci podają średnice narzędzi, jednak z uwagi na niedokładności w procesie produkcji rzeczywista wartość średnicy może różnić się od nominalnej nawet o kilka milimetrów (w przypadku narzędzi o średnicy powyżej 100 mm). Poszczególne włókna różnią się od siebie długością, co powoduje, że nie wszystkie włókna mogą brać udział w kontakcie z przedmiotem obrabianym w miarę zmniejszania wartości dosuwu. Elastyczne włókna wykonane są często z drutu falistego, co powoduje, że podczas wykonywania ruchu obrotowego siły odśrodkowe działające na poszczególne włókna mogą wpływać na zmiany długości włókien, a tym samym na średnicę szczotki. W miarę zwiększania się czasu pracy szczotki następuje zużycie włókien, czego skutkiem jest zmniejszenie średnicy szczotki. Pomiar średnicy typowymi metodami może być nieprecyzyjny (w metodach stykowych), a także trudny do przeprowadzenia (w metodach laserowych). W celu pomiaru „średnicy dynamicznej szczotek”, czyli średnicy szczotki obracającej się wokół własnej osi, opracowano specjalne stanowisko. Sposób określania średnicy dynamicznej szczotek walcowych polega na tym, że szczotkę walcową wprawia się w ruch obrotowy dookoła jej osi z prędkością obrotową  $n$ . Sterując mechanizmami napędowymi, szczotkę wprawia się także w ruch posuwowy w kierunku próbki oporowej. Po przemieszczeniu się szczotki do położenia, w którym odległość osi szczotki walcowej od powierzchni próbki jest równa połowie średnicy dynamicznej szczotki, włókna uderzając w powierzchnię próbki, powodują wystąpienie siły  $F$ , którą mierzy się za pomocą siłomierza. Po osiągnięciu wartości siły  $F$  równej określonej doświadczalnie wartości progowej wyłącza się posuw i mierzy się odległość równą promieniowi średnicy dynamicznej szczotki

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Ustalenie średnicy dynamicznej szczotek walcowych pozwala na powtarzalność efektów uzyskiwanych po obróbce szczotkowaniem po wymianie narzędzia na nowe. Powtarzalność zachowana jest zarówno w przypadku parametrów chropowatości powierzchni jak i stanu krawędzi po procesie usuwania zadziórów

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, przemysł motoryzacyjny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

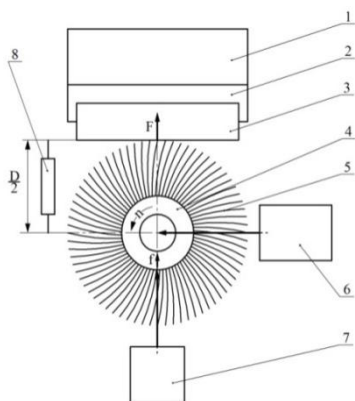
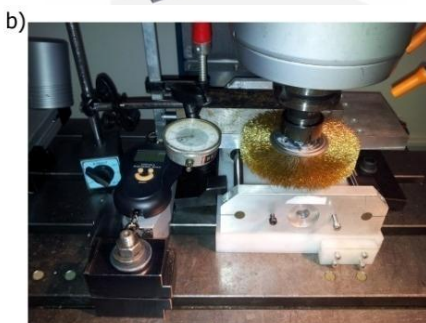
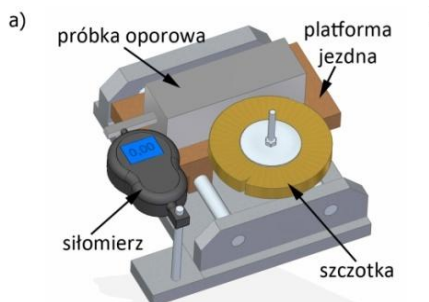
Twórcy

dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, mgr inż. Jakub Matuszak

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji;  
Mgr inż. Jakub Matuszak, e-mail: j.matuszak@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4707

Dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL, e-mail: k.zaleski@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4238



Urządzenie do pomiaru średnicy dynamicznej szczotki: 1. siłomierz, 2. uchwyt, 3. Próbka, 4. szczotka walcowa, 5. włókna szczotki, 6. mechanizm napędowy ruchu obrotowego, 7. mechanizm napędowy ruchu posuwowego, 8. przyrząd do pomiaru długości

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Szczotka czołowa do usuwania zadziorów

TRL 2

Nr zgłoszenia

P.398956

Zwięzły opis  
rozwiązania

We wszystkich procesach obróbki skrawaniem w momencie wyjścia narzędzia ze strefy skrawania powstaje niepożądane zjawisko formowania się zadziorów w postaci odkształconego plastycznie materiału na krawędziach przedmiotów wytwarzanych w czasie obróbki. Obróbka krawędzi wytwarzanych elementów jest konieczna z wielu powodów. Usunięcie zadziorów ułatwia, a często w ogóle umożliwia, prawidłowe wykonanie operacji obróbkowych, montażowych oraz kontrolnych. Dodatkowo, aby zapewnić prawidłowe działanie części w złożeniu, krawędzie powinny charakteryzować się określonym, zdefiniowanym stanem wykonania (zaokrąglona, stępiona, sfazowana). Usuwanie zadziorów, oprócz aspektów związanych z dokładnością i jakością, istotne jest także ze względów bezpieczeństwa użytkownika wyrobów (skaleczenia, zadrapania). Wynalazek dotyczy szczotki czołowej do usuwania zadziorów. Szczotka zbudowana jest z trzpienia, służącego do zamocowania we wrzecionie maszyny technologicznej, korpusu oraz części roboczej w postaci włókien rozmieszczonych na powierzchni czołowej. Konstrukcja narzędzia charakteryzująca się oryginalnym rozwiązaniem zapewnia jednocześnie możliwość usuwania zadziorów oraz wygładzania krawędzi, dzięki zastosowaniu odmiennych włókien, których część uderzając z większą energią, powoduje usunięcie zadziorów, zaś włókna części wygładzającej powodują zmniejszenie mikronierówności ukształtowanych przez włókna usuwające i wygładzenie powierzchni przedmiotów obrabianych w obszarach przylegających do zadziorów

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Jak wynika z konsultacji z sektorem przemysłu lotniczego, usuwanie zadziorów wiąże się z takimi czynnikami jak: zaangażowanie dodatkowych zasobów ludzkich, czas związany z procesem usuwania zadziorów, wydzielenie gniazda w zakładzie produkcyjnym na dodatkową operację technologiczną, wadliwe egzemplarze, których wymiary nie mieszczą się w przedziale dopuszczalnej tolerancji, a także uszkodzenie finalnych wyrobów. Obróbka krawędzi w większości przypadków jest kosztownym, żmudnym, ręcznym procesem, dlatego opracowanie metody usuwania zadziorów na obrabiarkach sterowanych numerycznie za pomocą wirujących szczotek o ostrzach sprężystych, poprzez planowanie ścieżki narzędzia jest alternatywnym sposobem dla dotychczas stosowanych metod. Zautomatyzowanie procesu usuwania zadziorów, za pomocą szczotki o innowacyjnej konstrukcji pozwoli skrócić czas obróbki krawędzi przedmiotów wytwarzanych poprzez obróbkę skrawaniem. Rozwiązanie to dodatkowo rozszerza też możliwość stosowania jednej szczotki do materiałów charakteryzujących się zupełnie odmiennymi właściwościami

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, przemysł motoryzacyjny



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA

ZB5

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Pełne wykorzystanie wynalazku przy zastosowaniu 5-osiowego centrum frezarskiego

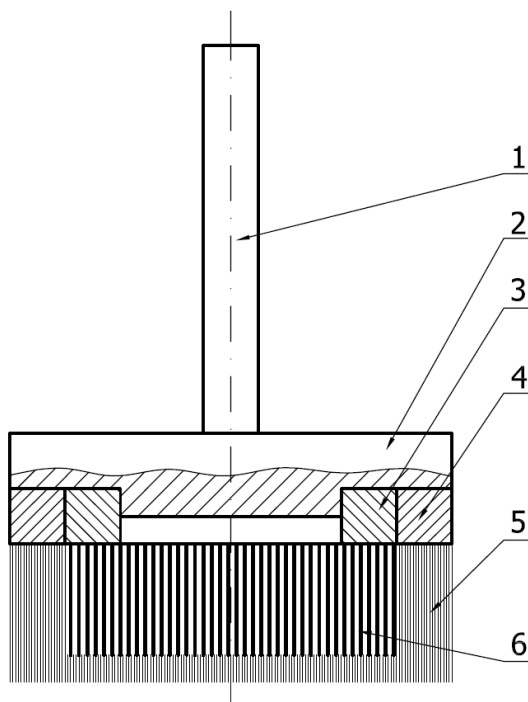
Twórcy

dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, mgr inż. Jakub Matuszak

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji;  
Dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL, e-mail: k.zaleski@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4238

Mgr inż. Jakub Matuszak, e-mail: j.matuszak@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4707



Szczotka czołowa do usuwania zadziorów: 1. trzpień, 2. korpus, 3. pierścień wewnętrzny, 4. pierścień zewnętrzny, 5. sekcja włókien wygładzających, 6. sekcja włókien usuwających

We wszystkich procesach obróbki skrawaniem w momencie wyjścia narzędzia ze strefy skrawania powstaje niepożądane zjawisko formowania się zadziorów w postaci odkształconego plastycznie materiału na krawędziach przedmiotów wytwarzanych w czasie obróbki. Obróbka krawędzi wytwarzanych elementów jest konieczna z wielu powodów. Usunięcie zadziorów ułatwia, a często w ogóle umożliwia prawidłowe wykonanie operacji obróbkowych, montażowych oraz kontrolnych. Dodatkowo, aby zapewnić prawidłowe działanie części w złożeniu, krawędzie powinny charakteryzować się określonym, zdefiniowanym stanem wykonania (zaokrąglona, stępiona, sfazowana). Usuwanie zadziorów, oprócz aspektów związanych z dokładnością i jakością, istotne jest także ze względów bezpieczeństwa użytkownika wyrobów (skaleczenia, zadrapania). Wynalazek dotyczy szczotki walcowej do usuwania zadziorów. Szczotka zbudowana jest z trzpienia, służącego do zamocowania we wrzecionie maszyny technologicznej, korpusu oraz części roboczej w postaci włókien rozmieszczonych na powierzchni walcowej. Konstrukcja narzędzia dzięki oryginalnemu rozwiązaniu zapewnia jednocześnie możliwość usuwania zadziorów oraz wygładzania krawędzi, dzięki zastosowaniu odmiennych włókien, których część, uderzając z większą energią, powoduje usunięcie zadziorów, zaś włókna części wygładzającej powodują zmniejszenie mikronierówności ukształtowanych przez włókna usuwające i wygładzenie powierzchni przedmiotów obrabianych w obszarach przylegających do zadziorów

W literaturze spotkać można wyniki analiz kosztów związanych z występowaniem i usuwaniem zadziorów, na które wpływ mają takie czynniki jak: zaangażowanie dodatkowych zasobów ludzkich, czas związany z procesem usuwania zadziorów, wydzielenie gniazda w zakładzie produkcyjnym na dodatkową operację technologiczną, wadliwe egzemplarze, których wymiary nie mieszczą się w przedziale dopuszczalnej tolerancji, a także uszkodzenie finalnych wyrobów. Łączne koszty, związane z procesem usuwania zadziorów mogą wzrosnąć nawet do 30% kosztów wytwarzania. Większość operacji związanych z usuwaniem zadziorów jest przeprowadzana w sposób ręczny na stanowiskach ślusarskich. Z uwagi na fakt, że ręczne usuwanie zadziorów jest kosztowne i stanowi barierę w automatyzacji procesu wytwarzania, celowe jest zastosowanie obróbki szczotkowaniem w ujęciu maszynowym. Zautomatyzowanie procesu usuwania zadziorów, za pomocą szczotki o innowacyjnej konstrukcji pozwoli skrócić czas obróbki krawędzi przedmiotów wytwarzanych poprzez obróbkę skrawaniem. Rozwiązanie to dodatkowo rozszerza też możliwość stosowania jednej szczotki do materiałów charakteryzujących się zupełnie odmiennymi właściwościami

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA

ZB5

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Pełne wykorzystanie wynalazku przy zastosowaniu 5-osiowego centrum frezarskiego

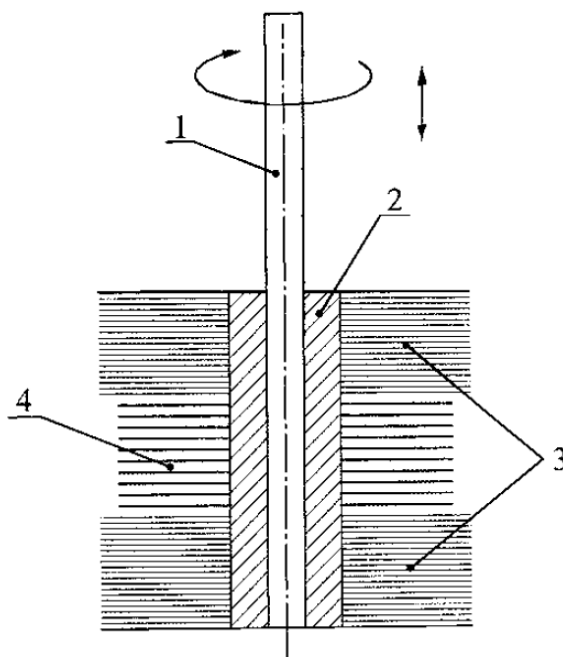
Twórcy

dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, mgr inż. Jakub Matuszak

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji;  
Dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL, e-mail: k.zaleski@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4238

Mgr inż. Jakub Matuszak, e-mail: j.matuszak@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4707



Szczotka walcowa do usuwania zadziorów: 1. trzpień, 2. tuleja, 3. sekcja włókien wygładzających, 4. sekcja włókien usuwających

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego**Technologia usuwania zadziorów  
i kształtowania krawędzi**

TRL 6

**Zwięzły opis  
rozwiązania**

Jednym z niekorzystnych zjawisk związanych z procesem obróbki skrawaniem jest zjawisko formowania się zadziorów na krawędziach przedmiotów. Wysokie koszty związane z występowaniem i usuwaniem zadziorów, zmuszają do poszukiwania nowych metod usuwania zadziorów. Na koszty te wpływ mają takie czynniki jak: zaangażowanie dodatkowych zasobów ludzkich, czas związany z procesem usuwania zadziorów, wydzielenie gniazda w zakładzie produkcyjnym na dodatkową operację technologiczną, wadliwe egzemplarze, których wymiary nie mieszczą się w przedziale dopuszczalnej tolerancji, a także uszkodzenie finalnych wyrobów. Łączne koszty, związane z procesem usuwania zadziorów mogą wzrosnąć nawet do 30% kosztów wytwarzania. Usuwanie zadziorów, oprócz aspektów związanych z dokładnością i jakością, istotne jest także ze względów bezpieczeństwa użytkownika wyrobów (skaleczenia, zadrapania).

Rozwiązanie przedstawia zautomatyzowaną metodę usuwania zadziorów i kształtowania krawędzi poprzez obróbkę szczotkowaniem na typowych obrabiarkach CNC. Może spowodować częściowe wyeliminowanie drogich (metody wibrościernie, strumieniowo-ściernie) oraz szkodliwych dla środowiska (metody chemiczne, elektrochemiczne, termiczne) technologii usuwania zadziorów obecnie stosowanych w przemyśle. Ponadto technologia zawiera pełną analizę właściwości warstwy wierzchniej wybranych stopów aluminium i magnezu stosowanych w przemyśle lotniczym.

Możliwe jest przekazanie zaleceń w formie tabelarycznej związanych z wyborem narzędzi i parametrów w celu uzyskania precyzyjnego stanu krawędzi (usunięcia zadziorów, wymaganego promienia zaokrąglenia krawędzi) po obróbce szczotkowaniem

**Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania**

Zastosowanie elastycznych szczotek walcowych na obrabiarkach sterowanych numerycznie pozwoli w sposób automatyczny przeprowadzić obróbkę usuwania zadziorów z dużych elementów, poprzez planowanie ścieżki narzędzia wzdłuż krawędzi przedmiotów. W odróżnieniu od narzędzi sztywnych z racji elastyczności włókien stosowanych na wypełnienia szczotek uzyskuje się większe bezpieczeństwo obróbki.

Wykorzystanie specjalnych szczotek na centrach obróbkowych skraca czas obróbki krawędzi przedmiotów wytwarzanych poprzez obróbkę skrawaniem. Szczególnie istotne jest to w przypadku dużych elementów stosowanych w przemyśle lotniczym, dla których inne metody usuwania zadziorów są nieekonomiczne lub technicznie nie jest możliwe ich zastosowanie (np. obróbka wibracyjno – ścierna lub obróbka termiczna)

**Obszar  
potencjalnych  
zastosowań**

Przemysł lotniczy, przemysł motoryzacyjny

**Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania**

Pełne wykorzystanie technologii możliwe jest przy wykorzystaniu 5-osiowego centrum obróbkowego

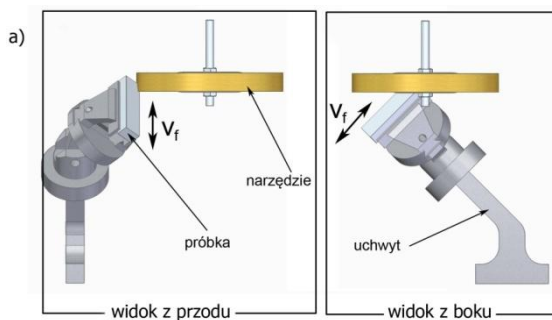
OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA

ZB5

**Twórcy** dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, mgr inż. Jakub Matuszak

**Dane kontaktowe** **Politechnika Lubelska**, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji;  
Dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL, e-mail: k.zaleski@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4238

Mgr inż. Jakub Matuszak, e-mail: j.matuszak@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4707





Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Głowica do nagniatania odśrodkowego

TRL 4

Nr zgłoszenia

P.410010

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedmiotem wynalazku jest głowica do nagniatania odśrodkowego. Nagniatanie odśrodkowe polega na cyklicznym uderzaniu w powierzchnię przedmiotu obrabianego elementami nagniatającymi, najczęściej w postaci kulek, umieszczonymi w gniazdach znajdujących się na obwodzie wirującej tarczy. Uderzenia te powodują miejscowe odkształcenia plastyczne obrabianego materiału, wskutek czego następuje ukształtowanie właściwości warstwy wierzchniej korzystnych ze względu na trwałość eksploatacyjną nagniatanych przedmiotów. Podczas nagniatania odśrodkowego w warstwie wierzchniej obrabianych przedmiotów kształtowane są ściskające naprężenia własne, przy czym wartości tych naprężeń oraz głębokość ich zalegania zależą od średnicy elementów nagniatających. Dotychczas stosowane głowice do nagniatania odśrodkowego zawierały elementy nagniatające o jednakowej średnicy. Zastosowanie elementów nagniatających o różnej średnicy wpływa na ukształtowanie korzystniejszego stanu naprężeń własnych w warstwie wierzchniej obrabianych przedmiotów.

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że pozwala na nagniatanie głowicami zawierającymi kulki o różnej średnicy, co wpływa na poprawę rozkładu naprężeń własnych w warstwie wierzchniej obrabianych przedmiotów oraz powoduje zwiększenie trwałości eksploatacyjnej obrabianych przedmiotów, a także umożliwia szybką i prostą wymianę tarczy górnej i tarczy dolnej.

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, przemysł motoryzacyjny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL. mgr inż. Agnieszka Skoczylas

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji;  
Dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL, e-mail: k.zaleski@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4238

Mgr inż. Agnieszka Skoczylas, e-mail: a.skoczylas@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4707

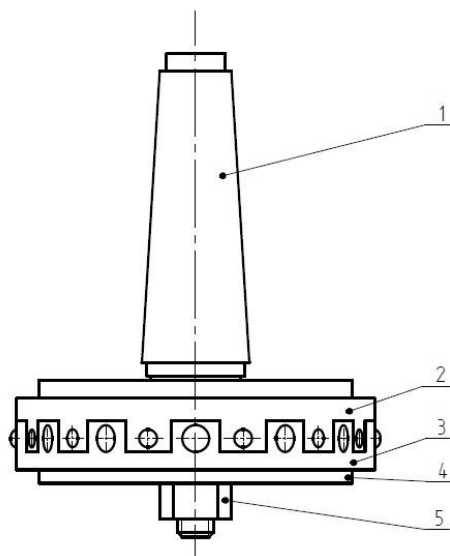


Fig. 1

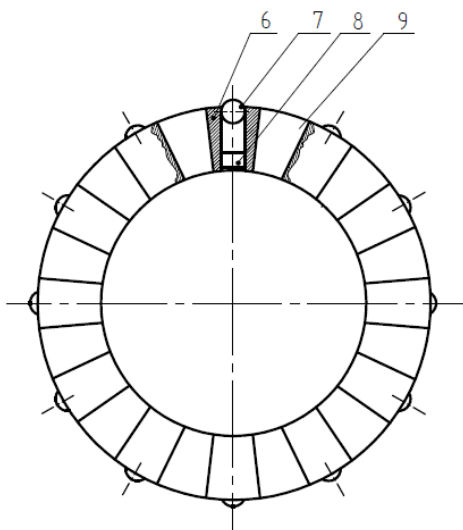


Fig. 2







# ZB6

## Materiały kompozytowe o zwiększonej wytrzymałości i odporności termicznej z wykorzystaniem żywic polimerowych do zastosowań w lotnictwie



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 46

ZB6

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Sposób otrzymywania modyfikatorów ciekłych żywic epoksydowych i uniepalniania nimi tych żywic**

TRL 6

Nr zgłoszenia P.398101, EP.13460001

Nr patentu EP2628766

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedmiotem wynalazku jest sposób otrzymywania modyfikatorów ciekłych żywic epoksydowych i modyfikacji nimi tych żywic prowadzącej do powstania kompozytów o obniżonej palności i dobrych parametrach mechanicznych. Modyfikatory, będące alkilowymi lub aryłowymi pochodnymi fosforanu glinu, wprowadzane są do ciekłej żywicy epoksydowej jako składniki homogenicznego układu utwardzającego (roztwory w alifatycznej poliaminie). Kompozyty otrzymane w wyniku utwardzania posiadają optymalne właściwości, zwiększoną wartość indeksu tlenowego i nadają się do zastosowań konstrukcyjnych

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Obniżenie palności usieciowanej żywicy epoksydowej przy praktycznie niezmiennych parametrach mechanicznych; prostota etapu wprowadzania modyfikatora do ciekłej matrycy polimerowej i łatwość uzyskania jednorodnej dyspersji jego nanometrycznych cząstek w całej objętości usieciowanego materiału; możliwość stosowania ciekłej kompozycji modyfikatora z żywicą do przesycańa włókien węglowych, szklanych lub innych

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Otrzymywanie elementów konstrukcji lotniczych, samochodowych lub kadłubów jednostek pływających

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Standardowe ograniczenia związane ze stosowaniem żywic epoksydowych i ich sieciowaniem za pomocą amin.

Twórcy

prof. dr hab. inż. Henryk Galina, dr hab. inż. Maciej Heneczkowski, prof. PRz, dr inż. Mariusz Oleksy, prof. dr hab. inż. Zbigniew Florjańczyk, dr inż. Maciej Dębowski, dr inż. Krzysztof Łokaj

Dane kontaktowe

**Politechnika Warszawska**, Katedra Chemii i Technologii Polimerów;  
Prof. dr hab. inż. Zbigniew Florjańczyk, e-mail: evala@ch.pw.edu.pl,  
tel. +48 22 234 7303,

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Technologii i Materiałoznawstwa Chemicznego;  
Prof. dr hab. inż. Henryk Galina, e-mail: hgal@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1750  
Dr hab. inż. Maciej Heneczkowski, prof. PRz, e-mail: mhen@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1223  
Dr inż. Mariusz Oleksy, e-mail: molek@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1223

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego**Kompozycja epoksydowa o zmniejszonej  
palności i podwyższonej odporności  
termicznej i sposób jej otrzymywania**

TRL 7

Nr zgłoszenia P.395821

Nr patentu 216081

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedmiotem wynalazku jest kompozycja epoksydowa o zmniejszonej palności, dobrych właściwościach mechanicznych i podwyższonej odporności termicznej oraz sposób jej otrzymywania. Kompozycja epoksydowa o zmniejszonej palności oraz podwyższonej odporności termicznej zawierająca IV-rzędową sól fosfoniową i żywice epoksydową, zgodnie z wynalazkiem charakteryzuje się tym, że jej składnikiem jest glinokrzemian, korzystnie bentonit modyfikowany IV-rzędową solą fosfoniową w ilości 30 do 40% masowych surowego glinokrzemianu z podstawnikami aromatycznymi: fenylowym lub benzylowym oraz alkilowym: etylowym, butylowym lub rodnikiem o dłuższym łańcuchu od C5 do C12, w ilości od 0,1 do 10% masowych pozostałej części kompozycji, którą stanowi żywica epoksydowa, przy czym wielkość ziaren zmodyfikowanego glinokrzemianu powinna wynosić maksimum 0,1 mm. Opisaną kompozycję zgodnie z wynalazkiem otrzymuje się w ten sposób, że proces modyfikacji glinokrzemianu, korzystnie bentonitu prowadzi się w temperaturze 85°C do 95°C z zastosowaniem modyfikatora, który stanowi IV-rzędową sól fosfoniową z podstawnikami aromatycznymi: fenylowym lub benzylowym oraz alkilowymi: etylowym, butylowym lub rodnikiem o dłuższym łańcuchu C5 do C12, przy czym proces prowadzony jest w 6 do 8% zawiesinie wodnej glinokrzemianu podgrzanej wstępnie do temperatury od 75°C do 85°C, do której wprowadzana jest wymieniona IV-rzędowa sól fosfoniowa w postaci 30 do 50% roztworu wodnego w ilości 30 do 40% masowych soli w stosunku do ilości surowego glinokrzemianu. Po wprowadzeniu całej wymienionej ilości soli fosfoniowej mieszaninę reakcyjną podgrzewa się stopniowo do temperatury 90°C do 95°C przy intensywnym mieszaniu przez co najmniej 1 godzinę, po czym schładza się ją do temperatury pokojowej a osad po odsączeniu suszy do osiągnięcia wilgotności korzystnie 0,5% masowych, następnie miele i przesiewa na sicie o średnicy oczka maksimum 0,1 mm. Tak przygotowany modyfikowany glinokrzemian wprowadza się w ilości od 0,1 do 10% masowych do ciekłej żywicy epoksydowej i homogenizuje się go z tą żywicą poprzez kilkustopniowe mieszanie uzyskując gotową kompozycję

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Otrzymanie kompozytów o właściwościach niepalniących

Obszar  
potencjalnych  
zastosowańMożliwość stosowania ciekłej kompozycji modyfikatora z żywicą do przesycania włókien węglowych, szklanych i aramidowych.  
Przemysł lotniczy, maszynowy (np. wagony, tramwaje), jachty

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA

ZB6

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Wymagane jest zdyspergowanie nanonapełniaczy za pomocą szybkoobrotowych homogenizatorów

Twórcy

prof. dr hab. inż. Henryk Galina, dr hab. inż. Maciej Heneczkowski, prof. PRz, dr inż. Mariusz Oleksy, dr inż. Beata Mossety-Leszczak, dr inż. Rafał Oliwa

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Technologii i Materiałoznawstwa Chemicznego;  
Dr hab. inż. Maciej Heneczkowski, prof. PRz, e-mail: mhen@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1223



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Sposób modyfikacji bentonitu oraz sposób aplikacji zmodyfikowanego bentonitu do żywic polimerowych

TRL 5

Nr zgłoszenia

P.407020, EP 14461559.8

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedmiotem wynalazku jest sposób modyfikowania bentonitu znajdującego zastosowanie zwłaszcza jako napełniacz żywic polimerowych oraz sposób aplikacji zmodyfikowanego bentonitu do żywic polimerowych. Sposób modyfikacji bentonitu, polega na tym, że do mieszalnika produktów sypkich, korzystnie mieszalnika bębnowego typu V, wprowadza się w temperaturze 20 – 30 °C, rozdrobniony bentonit o wielkości ziarna poniżej 0,006 mm i od 28 do 35 g rozdrobnionego do wielkości ziarna nie większej niż 0,006 mm modyfikatora na 100g bentonitu, przy czym jako modyfikatory bentonitów zastosowano: IV-rzędowe sole amoniowe z czterema podstawnikami alifatycznymi lub z jednym benzylovym bądź fenylowym i 3 alkilowymi: etylowym, butylowym, bądź rodnikiem o dłuższym łańcuchu i/lub IV-rzędowe sole fosfonowe z 3 podstawnikami aromatycznymi: fenylowym lub benzylovym oraz jednym alkilowym: etylowym, butylowym, bądź rodnikiem o dłuższym łańcuchu, a także pochodnymi POSS: oktakis(tetrametyloamoniowy)-oktasilseskwioksanem lub oktakis(3-(N-(hydroksyetylo)dimetyloamino)propylo)oktasil-seskwioksanem lub aminopropyloizobutylooktasilseskwioksanem i prowadzi się proces mieszania stosując prędkość obrotową od 35 do 45 1/min w czasie 8-14 h

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Dla uproszczenia dotychczas stosowanego sposobu modyfikacji bentonitu w roztworze, opracowano nową metodę modyfikacji bentonitu mieszania z modyfikatorem na sucho w temperaturze pokojowej za pomocą mieszalnika bębnowego typu V

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Produkcja nanonapełniaczy typu 1D stosowanych do napełniania polimerów syntetycznych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Modyfikatory bentonitu muszą być stosowane w fazie stałej

Twórcy

prof. dr hab. inż. Henryk Galina, dr hab. inż. Maciej Heneczkowski, prof. PRz, dr inż. Mariusz Oleksy, dr inż. Rafał Oliwa, mgr inż. Joanna Oliwa, mgr inż. Piotr Szałański

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Technologii i Materiałoznawstwa Chemicznego;  
Dr inż. Mariusz Oleksy, e-mail:molek@prz.edu.pl, tel. +48 17865 1223



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego**Sposób otrzymywania uniepalnionej kompozycji  
małocząsteczkowej żywicy epoksydowej**

TRL 7

Nr zgłoszenia

P.409729

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedmiotem wynalazku jest sposób otrzymywania uniepalnionej kompozycji małocząsteczkowej żywicy epoksydowej przeznaczonej do wytwarzania samogasnących kompozytów epoksydowych zbrojonych włóknem szklanym, węglowym lub innym, odpornych na działanie płomienia.

Sposób otrzymywania uniepalnionej kompozycji dianowej małocząsteczkowej żywicy epoksydowej, zgodnie z którym prowadzi się homogenizację poszczególnych składników po wprowadzeniu do żywicy polegającą na wstępnym mieszanii za pomocą wolnoobrotowego mieszadła mechanicznego z prędkością 250 do 750 obr.min<sup>-1</sup> w temperaturze pokojowej w czasie 15 do 30 minut i z kolei umieszczeniu na 15 do 60 minut wstępnie wymieszanej kompozycji w homogenizatorze ultradźwiękowym podgrzanym do temperatury 40 do 70°C, następnie mieszanii w szybkoobrotowym termostatowym mikserze w temperaturze 40 do 70°C z zastosowaniem mieszadła turbinowego o prędkości obrotowej 4000 do 10000 obr.min<sup>-1</sup>, po czym ucieraniu w mieszalniku typu cylinder w cylindrze zapewniającym szybkość ścierania 800 do 1500 s<sup>-1</sup> zgodnie z wynalazkiem charakteryzuje się tym, że do dianowej żywicy epoksydowej wprowadza się 0,1 do 8% mas. bentonitu modyfikowanego IV-rzędową solą alkoarylofosfoniową i homogenizuje w temperaturze 40 do 70°C. Do tak przygotowanej kompozycji dodaje się 5 do 25% mas. pirofosforanu amonu i homogenizuje z nią, następnie do tej mieszaniny dodaje się 1 do 10% mas. dipentaerytritolu i poddaje homogenizacji podobnie jak dla dodatku pirofosforanu amonu, po czym otrzymaną kompozycję schładza się do temperatury pokojowej i dodaje do niej utwardzacz aminowy – trietylenotetraminę w ilości do 13% mas. W stosunku do żywicy, mieszając całą zawartość

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Kompozyty o klasie palności V0

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Elementy kadłuba samolotów, wagonów i tramwajów

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Wymaga odpowiedniego zdyspersgowania

Twórcy

prof. dr hab. inż. Henryk Galina, dr hab. inż. Maciej Heneczkowski,  
prof. PRz, dr inż. Mariusz Oleksy, dr inż. Rafał Oliwa, mgr inż. Joanna  
Czech-Polak



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA

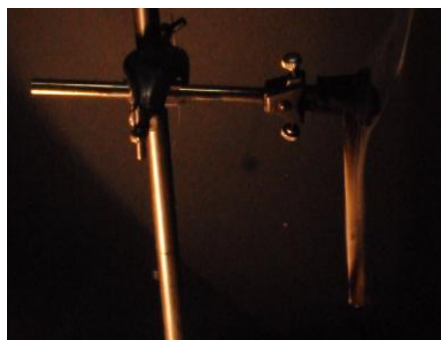
ZB6

Dane kontaktowe

Politechnika Rzeszowska, Katedra Technologii i Materiałoznawstwa  
Chemicznego;  
Mgr inż. Rafał Oliwa, e-mail:oliwa@prz.edu.pl,  
tel. +48 17 865 1223



Wygląd płyta kompozytowego wzmocnionego włóknem węglowym z osnową: K24, K2 po 10 s od momentu usunięcia palnika oraz efekt wydmuchiwania obecny w laminacie z osnową K2



Próbka odlana z handlowej żywicy epoksydowej i próbka odlana z samogasnącej kompozycji epoksydowej



Komora do badania palności UL-94



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Sposób i urządzenie do mieszania zwłaszcza  
żywic epoksydowych

TRL 5

Nr zgłoszenia

P.402463

Zwięzły opis  
rozwiązania

Sposób mieszania, zwłaszcza żywicy epoksydowej polega na tym, że zbiornik z żywicą epoksydową ustawia się na podstawie połączonej z przetwornikiem ultradźwiękowym. Następnie uruchamia się przetwornik ultradźwiękowy o częstotliwości pracy 28 kHz i wprowadza się mieszadło połączone z elektrowrzecionem do zbiornika i uruchamia się elektrowrzeciono z prędkością 10-28 tys. obr/min. Istotą urządzenia i sposobu mieszania jest równoczesne mieszanie ultradźwiękowe i mechaniczne, co wprowadza pewne efekty synergiczne w procesie mieszania. Urządzenie do mieszania, zwłaszcza żywicy epoksydowych składa się z elektrowrzeciona, oraz z obudowy metalowej, do której w dolnej części poziomej zamocowany jest przetwornik ultradźwiękowy za pomocą uchwyty, zaś na przetworniku ultradźwiękowym zamocowana jest podstawa, która połączona jest z uchwytem za pomocą śrub ze sprężynami, korzystnie cztery, przy czym na podstawie umieszczony jest zbiornik mocowany obejmą przymocowaną do obudowy, zaś do górnej części pionowej obudowy zamocowana jest prowadnica, do której zamocowany jest suwliwie zespół składający się z uchwyty do którego zamocowane jest elektrowrzeciono wraz z mieszadłem.

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że uzyskuje się dokładniejsze rozmieszanie składników żywicy przez co uzyskuje się lepsze właściwości. Urządzenie jest proste w konstrukcji i obsłudze oraz tanie w wykonaniu w porównaniu z dotychczas wykorzystywanymi urządzeniami

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Wynalazek umożliwia skuteczne wymieszanie żywicy z dodatkami modyfikującymi, zwłaszcza z napelniaczami o dużym stopniu rozdrobnienia

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

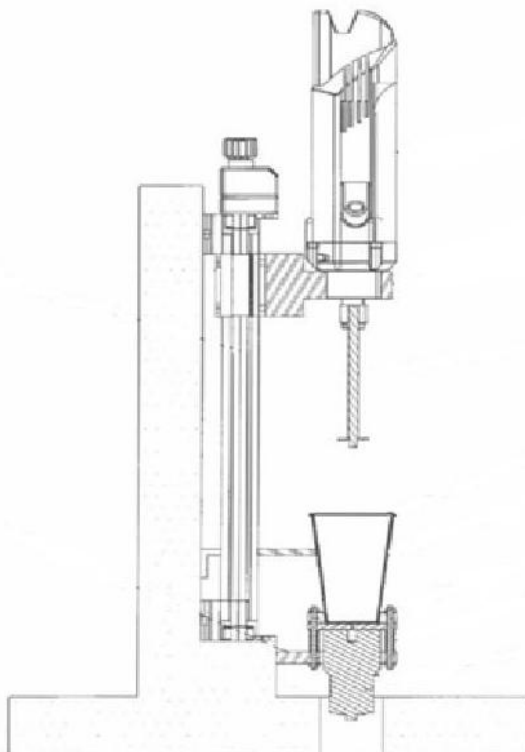
Nie ma ograniczeń

Twórcy

prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski, Piotr Wróblewski

Dane kontaktowe

Politechnika Lubelska, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji;  
Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski, e-mail: j.kuczmaszewski@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4235



Schemat rozwiązania

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Grupa modyfikowanych klejów epoksydowych  
o zwiększonej odporności na obciążenia  
mechaniczne w podwyższonych temperaturach**

TRL 5

Zwięzły opis  
rozwiązania

Rozwiązaniem technologicznym jest skład mieszaniny odpowiednich żywic epoksydowych z napelniaczem, dodatkowym modyfikatorem oraz utwardzaczem. Uzyskane kompozycje klejów na chemicznej podstawie żywic epoksydowych charakteryzują się zwiększoną odpornością na obciążenia w podwyższonych temperaturach, zwłaszcza w przedziale 60-100°C. Uzyskane kompozycje charakteryzują się ok. 50% wzrostem wytrzymałości w podanym przedziale temperatury w stosunku do kompozycji niemodyfikowanych. Ten zakres temperatury jest szczególnie ważny dla eksploatacji statków powietrznych. Niektóre z omawianych klejów mogą być użyte w technologii połączeń zgrzewanych. Uzyskanie odpowiedniej lepkości mieszaniny klejowej oraz właściwego „czasu życia” kleju są kluczowe, gdyż zapewniają wnikanie w szczeliny pomiędzy łączonymi elementami połączenia zgrzewanego lub nitowanego, zapewniając hermetyzację konstrukcji oraz wzrost wytrzymałości połączeń. Takie kleje oferujemy.

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

- Zwiększenie bezpieczeństwa w eksploatacji statków powietrznych,
- Zwiększenie wytrzymałości konstrukcji w podwyższonych temperaturach,
- Możliwość uszczelnienia połączeń zgrzewanych

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Potencjalne obszary zastosowań omawianego rozwiązania dotyczącego grupy klejów o zwiększonej odporności na obciążenia mechaniczne w podwyższonych temperaturach to: klejenie elementów nośnych oraz elementów sterowania statków powietrznych, hermetyzacja statków powietrznych, uszczelnianie połączeń zgrzewanych oraz nitowanych, klejenie konstrukcji eksploatowanych w podwyższonych temperaturach, komory chłodnicze w transporcie i in.

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Powinny być analizowane w konkretnych sytuacjach technologicznych

Twórcy

prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski, dr inż. Katarzyna Biruk-Urban, dr inż. Mariusz Kłonica

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji;  
Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski, e-mail: j.kuczmaszewski@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4235



## ZB7

# Plastyczne kształtowanie stopów magnezu (kucie precyzyjne, tłoczenie, wyciskanie itp.)



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Komputerowa baza danych o przerabianych  
plastycznie stopach magnezu**

TRL 8

Zwięzły opis  
rozwiązania

Baza danych zawiera pełną informację dotyczącą stopów magnezu przeznaczonych do przeróbki plastycznej. Zebrane dane o właściwościach ułatwiają dobór stopów do wymaganych zastosowań. Baza obejmuje charakterystyki plastyczności, opracowane funkcje zmian naprężenia uplastyczniającego. Przedstawiono wpływ parametrów procesu odkształcania na mikrostrukturę i właściwości wybranych stopów. Dane te są niezbędne przy projektowaniu technologii przeróbki plastycznej. Przedstawione są zalecenia dotyczące technologii walcowania, kucia wyciskania oraz tłoczenia elementów konstrukcyjnych ze stopów magnezu. Zebrane są również informacje, o nowych metodach kształtowaniu plastycznego. Baza będzie dostępna w Internecie z różnym poziomem dostępności dla użytkowników

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Informacje zawarte w Bazie Danych ułatwiają użytkownikom dobór stopów dla wymaganych aplikacji oraz wspomagają proces opracowania technologii przeróbki plastycznej elementów konstrukcyjnych ze stopów magnezu

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Zespoły projektujące technologię przeróbki plastycznej metodami walcowania, kucia wyciskania elementów konstrukcyjnych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

prof. dr hab. inż. Eugeniusz Hadasik, dr hab. inż. Andrzej Gontarz,  
dr hab. inż. Dariusz Kuc

Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Instytut Technologii Metali;  
Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Hadasik, e-mail: eugeniusz.hadasik@polsl.pl  
tel. +48 32 603 4459



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Technologia kucia na gorąco elementów konstrukcyjnych ze stopów magnezu z powłoką antykorozyjną

TRL 5

Zwięzły opis  
rozwiązania

Opracowano technologię kucia matrycowego elementów konstrukcyjnych z stopów magnezu typu Mg-Al-Mn-Zn (AZ31, AZ61) oraz Mg-Y-RE-Zr (WE43). W celu opracowania technologii wykonano szerokie badania plastyczności z zastosowaniem symulatorów ciepłno-mechanicznych oraz analizowano wpływ parametrów procesu na mikrostrukturę i właściwości stopów magnezu. Próby przemysłowe poprzedzono komputerową symulacją procesu kucia. W celu zabezpieczenia antykorozyjnego na gotowy element nanoszona jest powłoka antykorozyjna metodą anodowania. Wyroby typu piasta koła i dźwigny są obecnie certyfikowane przez Instytut Lotnictwa

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

- Znaczne zmniejszenie masy wyrobu w stosunku do odkuwek wykonanych ze stali i stopów aluminium;
- Lepsze właściwości mechaniczne odkuwek w porównaniu do wyrobów ze stopów magnezu wykonanych metodą odlewania;
- Eliminacja części operacji obróbki skrawaniem

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Elementy konstrukcyjne samolotów i śmigłowców

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

W przypadku odkuwek pracujących pod obciążeniem maksymalna temperatura pracy dla stopów magnezu typu Mg-Al-Mn-Zn (AZ31, AZ61) wynosi ok. 100°C, zaś stopu typu Mg-Y-RE-Zn (WE43) do ok. 250°C

Twórcy

prof. dr hab. inż. Eugeniusz Hadasik, kuc dr hab. inż. Andrzej Gontarz

Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Instytut Technologii Metali;  
Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Hadasik, e-mail: eugeniusz.hadasik@polsl.pl  
tel. +48 32 603 4459





Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Technologia tłoczenia w podgrzewanych matrycach elementów konstrukcyjnych ze stopów magnezu

TRL 3

Zwięzły opis  
rozwiązania

Opracowano technologię tłoczenia elementów konstrukcyjnych z blach ze stopu magnezu typu Mg-Al-Mn-Zn (AZ31). Ograniczona plastyczność stopów magnezu w temperaturze otoczenia wymaga prowadzenia procesu w podwyższonej temperaturze z zastosowaniem podgrzewanych matryc. W celu opracowania technologii wykonano szerokie badania tłoczności w podwyższonych temperaturach. Próby przemysłowe poprzedzono komputerową symulacją procesu tłoczenia wybranych elementów. W celu zabezpieczenia antykorozyjnego na gotową wyłoczkę nanoszona jest powłoka antykorozyjna. Przykładowy element stanowi pokrywę wirnika samolotu skonstruowanego przez Instytut Lotnictwa

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zmniejszenie masy wyrobu o ok.30% w stosunku do wyłoczek ze stopów aluminium

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Elementy konstrukcyjne samolotów i śmigłowców

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

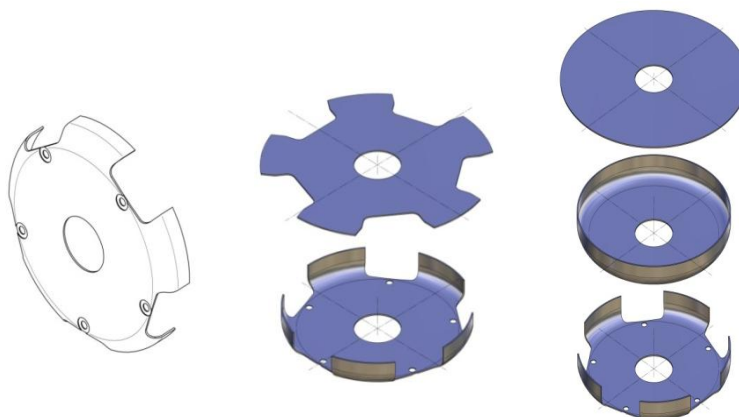
Nie ma ograniczeń

Twórcy

prof. dr hab. inż. Eugeniusz Hadasik, prof. dr hab. inż. Romana Śliwa

Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Instytut Technologii Metali;  
Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Hadasik, e-mail: eugeniusz.hadasik@polsl.pl  
tel. +48 32 603 4459



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Technologia kształtowania plastycznego  
radiatorów**

TRL 2

Nr zgłoszenia

P.404274, P.405922, P.405923, P.405924, P.405925

Nr patentu

PL 219445, PL 219501, PL 219499, PL 219498, PL 219497

Zwięzły opis  
rozwiązania

Proces kucia radiatorów na gorąco w trójsuwakowej prasie kuźniczej polega na spęczaniu półfabrykatu w kształcie płyty za pomocą bocznego stempla, kształtując w ten sposób żebro. Kolejne żebra kształtowane są poprzez dogrzewanie półfabrykatu i umieszczanie specjalnych przekładek. Cykl powtarza się do momentu osiągnięcia założonych wymiarów radiatora

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Znaczące obniżenie zużycia materiału; polepszenie własności użytkowych i wytrzymałościowych gotowych wyrobów; otrzymanie półfabrykatów o zbliżonych kształtach i wymiarach do wyrobów gotowych

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, elektroniczny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

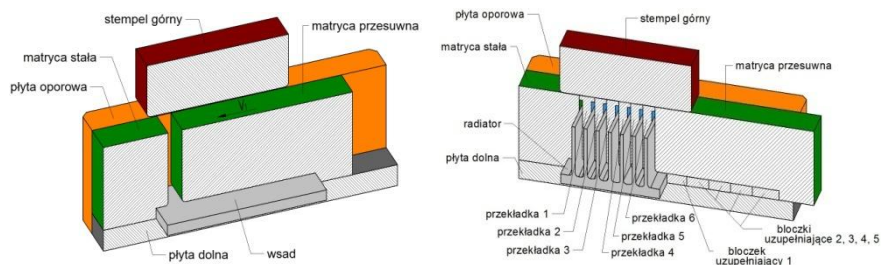
Konieczność budowy trójsuwakowej prasy kuźniczej do kształtowania tego typu wyrobów

Twórcy

dr hab. inż. Andrzej Gontarz, mgr inż. Anna Dziubińska

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Komputerowego Modelowania i Technologii Obróbki Plastycznej;  
Dr hab. inż. Andrzej Gontarz, e-mail: a.gontarz@pollub.pl,  
tel. +48 81 538 4245



Obrazowe przedstawienie początku i końca procesu

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 56

ZB7

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Kształtowanie wyrobów płaskich uźebrowanych  
ze stopów Mg**

TRL 5

Nr zgłoszenia

EP12461512, EP12461517

Nr patentu

PL 214530, PL 214513, PL 214519, PL 214520, PL 395392, PL 395407, PL 395408, PL 395406

Zwięzły opis  
rozwiązania

Proces kształtowania wyrobów płaskich z żebrami w trójsuwakowej prasie kuźniczej polega na spęczaniu półfabrykatu w kształcie płyty za pomocą bocznych narzędzi. W wyniku wzajemnego i przeciwbieżnego, poziomego przemieszczenia się tych narzędzi kształtuje się żebra w środkowej części płyty

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Znaczące obniżenie zużycia materiału do produkcji tego typu części w porównaniu do innych metod wytwarzania; zmniejszenie pracochłonności i energochłonności procesu przy wytwarzaniu; polepszenie własności użytkowych i wytrzymałościowych gotowych wyrobów; otrzymanie półfabrykatów o zbliżonych kształtach i wymiarach do wyrobów gotowych

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy i motoryzacyjny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Konieczność budowy trójsuwakowej prasy kuźniczej do kształtowania tego typu wyrobów

Twórcy

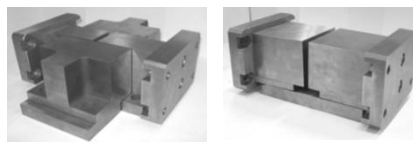
dr hab. inż. Andrzej Gontarz, mgr inż. Anna Dziubińska

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Komputerowego Modelowania i Technologii Obróbki Plastycznej;  
Dr hab. inż. Andrzej Gontarz, e-mail: a.gontarz@pollub.pl,  
tel. +48 81 538 4245



Trójsuwakowa prasa kuźnicza



Przykładowe narzędzia  
do kształtowania i przykładowe  
odkuwki płaskie z żebrami

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Technologia kucia matrycowego odkuwek  
ze stopu magnezu AZ31

TRL 9

Zwięzły opis  
rozwiązania

Technologia polega na kuciu matrycowym stopu magnezu AZ31 na prasach i młotach kuźniczych bez stosowania drogiego oprzyrządowania do nagrzewania narzędzi

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Proces kucia można realizować na typowych maszynach kuźniczych (prasach, młotach),  
Możliwość produkcji odkuwek ze stopu magnezu AZ31 (brak krajowych producentów w tym zakresie)

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Produkcja części o złożonych kształtach, głównie w przemyśle lotniczym i motoryzacyjnym

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

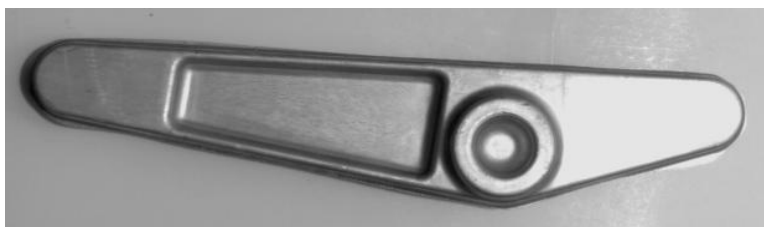
Obecnie opanowano technologię tylko w odniesieniu do stopu AZ31

Twórcy

dr hab. inż. Andrzej Gontarz, mgr inż. Krzysztof Drozdowski

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Komputerowego Modelowania i Technologii Obróbki Plastycznej;  
Dr hab. inż. Andrzej Gontarz, e-mail: a.gontarz@pollub.pl,  
tel. +48 815384245



Przykłady wykonanych odkuwek ze stopu magnezu AZ31

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 58

ZB7

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Kształtowanie wyrobów drążonych o zmiennych  
przekrojach ze stopów Al, Ti i Mg metodą  
obciskania obrotowego**

TRL 8

Nr zgłoszenia

EP 11461502, EP 11461503, EP 11461501; P.392276, P.392275,  
P.392274

Nr patentu

EP2422896; EP2422897; EP2422898; PL216309; PL216310;  
PL216312

Zwięzły opis  
rozwiązania

Obciskanie obrotowe pozwala na plastyczne kształtowanie osiowosymetrycznych odkuwek drążonych, stopniowanych osi i wałów. Proces polega na redukowaniu przekroju poprzecznego półfabrykatu rurowego trzema jednakowymi walcami, które obracają się w tym samym kierunku i jednocześnie przemieszczają się promieniowo w kierunku osi elementu. Kształt walców odpowiada zarysowi obciskanej odkuwki, zaś wsad stanowi odcinek rury lub tulei

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

W stosunku do obecnie stosowanych technik wytwarzania wyrobów drążonych, obciskanie obrotowe charakteryzuje się: mniejszymi wartościami sił kształtowania, mniejszym zużyciem materiałów, polepszeniem własności wytrzymałościowych wyrobu, zwiększeniem wydajności produkcji, mniejszymi kosztami wdrożeniowymi i produkcyjnymi, prostą realizacją procesu, łatwą możliwością automatyzacji procesu

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Technologia może być stosowana do produkcji wielostopniowych wałków drążonych (w tym z wieńcami zębatymi i ślimakami) ze stali oraz stopów Al, Ti, Mg w zakładach produkujących odkuwki dla przemysłu lotniczego, motoryzacyjnego, maszynowego i innych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

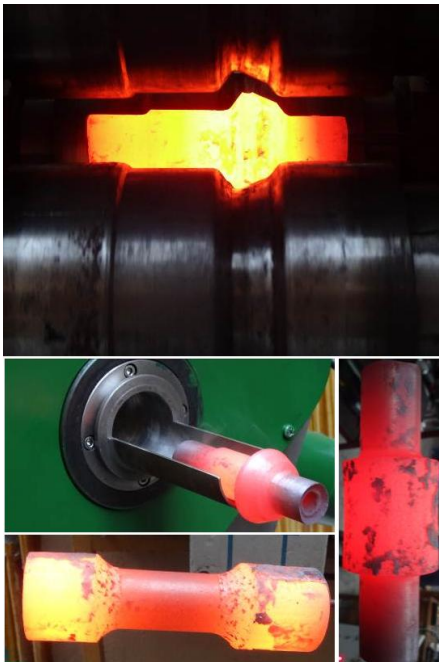
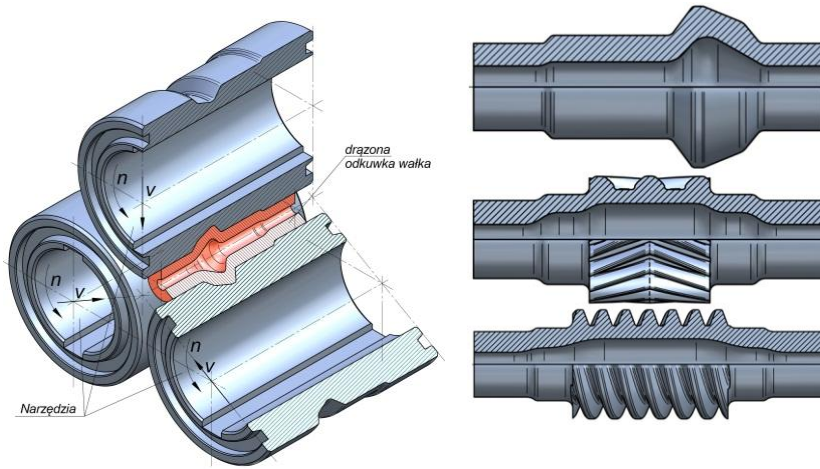
Twórcy

dr inż. Janusz Tomczak, prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Komputerowego Modelowania i  
Technologii Obróbki Plastycznej;  
Prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater, e-mail: z.pater@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4242

Dr inż. Janusz Tomczak, e-mail: j.tomczak@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4244



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Niskotemperaturowa konsolidacja przemysłowych wiórów ze stopów magnezu

TRL 5

Zwięzły opis  
rozwiązania

Rozwiązanie dotyczy recyklingu metalicznych frakcji rozdrobnionych, w szczególności przemysłowych wiórów odpadowych powstających podczas kształtowania wyrobów ze stopów magnezu drogą obróbki skrawaniem. Innowacja polega na konsolidacji wiórów w procesie niskotemperaturowego wyciskania metodą KOBO do postaci pełnowartościowego litego wyrobu. Ze strukturalnego punktu widzenia, cykliczne obustronne skręcanie wyciskanego wsadu, będące istotą metody KOBO, wywołuje wzmożoną lokalizację odkształcenia, „odslania” atomowo aktywne elementy powierzchni sąsiadujących ze sobą wiórów, a wywierane w procesie duże naprężenia ściskające i ścinające, zapewniają silne i trwałe połączenia mechaniczne.

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Eliminacja dotychczas stosowanych metalurgicznych, nieefektywnych metod recyklingu opartych na topieniu wiórów ze stopów magnezu z ogromnymi stratami materiałowymi, bądź wysokotemperaturowym ich wyciskaniu potęgującym utlenienie wsadu i wyrobu. Oferowane nowe innowacyjne rozwiązanie, znajduje zarówno uzasadnienie ekonomiczne jak i ekologiczne i może być stosowane także dla innych stopów metali lekkich.

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł metali nieżelaznych, mechaniczny, motoryzacyjny, lotniczy

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

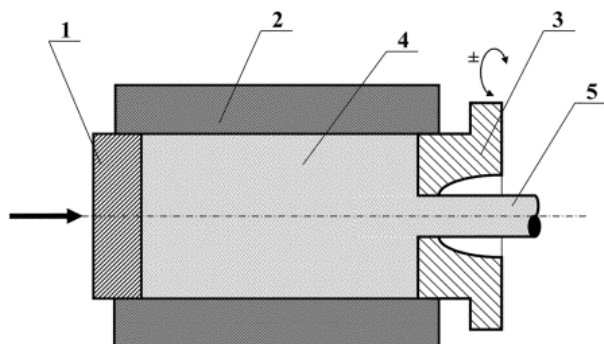
Konieczność selektywnego odbioru i gromadzenia odpadów – wiórów ze stopów magnezu.  
Obniżenie chemicznej czystości wyrobów w przypadku pominięcia wstępnej operacji czyszczenia wiórów z pozostałości emulsji z obróbki skrawaniem

Twórcy

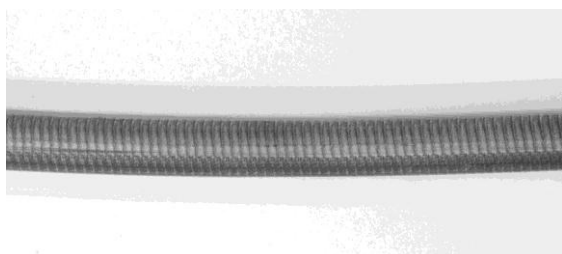
prof. dr hab. inż. Włodzimierz Bochniak, prof. dr hab. inż. Andrzej Korbel, prof. dr hab. inż. Romana Śliwa, dr inż. Paweł Ostachowski, mgr inż. Marek Łagoda, Marian Ziomek

Dane kontaktowe

**Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie**, Katedra Nauki o Materiałach i Inżynierii Metali Nieżelaznych;  
Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Bochniak, e-mail: bow@agh.edu.pl,  
tel. + 48 12 617 26 78



Schemat technologii wyciskania metodą KOBO: 1 – stempel, 2 – pojemnik, 3 – rewersyjnie obracana matryca, 4 – wyciskany materiał, 5 – wyrób



Prasówka po wyciskaniu metodą KOBO



Brykiety ze sprasowanych wiórków ze stopu magnezu AZ61 oraz finalny wyrób wytworzony z prasówki na drodze konwencjonalnego prasowania





## ZB8

# Plastyczne kształtowanie lotniczych stopów Al (w tym Al-Li) oraz Ti



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Przyrząd do utrzymywania stałej temperatury nagrzania półwyrobów do wyciskania profili na prasie

TRL 6

Nr zgłoszenia W.121014

Nr patentu 67439

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przyrząd charakteryzuje się tym, że komorę mieszczącą wlewkę jako półwyrob do wyciskania profili stanowi wymienna tuleja z kołnierzem wykonana z materiału żaroodpornego usytuowana w otworze korpusu z tuleją przyrządu, przy czym jej wewnętrzny wymiar jest dostosowany do wymiaru zewnętrznego wlewka. Wprowadzenie tulei stanowiącej komorę mieszczącą wlewkę jako półwyrob do wyciskania profili powoduje, iż przyrząd do utrzymywania stałej temperatury jego nagrzania staje się uniwersalnym urządzeniem ze względu na pomieszczenie wlewków o różnych średnicach. Jest to wielokrotnie tańsze rozwiązanie od wykonania dla każdej średnicy wlewka całego przyrządu do niej dostosowanego. Ma to szczególne znaczenie przy prowadzeniu prac nad optymalizacją technologii otrzymywania wyciskanych profili biorąc pod uwagę wielkość wlewków z różnych materiałów

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Dzięki zastosowaniu przyrządu objętego zgłoszeniem możliwe jest redukcja kosztów dzięki temu, że można go zastosować do szeregu grup wymiarowych wlewków. Nie ma więc konieczności wykonania nowego przyrządu dopasowanego wymiarowo do posiadanych wlewków

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

W przeróbce plastycznej do wyciskania i do podgrzewania stopów lekkich

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

prof. dr hab. inż. Romana Śliwa, dr inż. Wojciech Bieniasz, mgr Jan Banaś

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Przeróbki Plastycznej;  
Prof. dr hab. inż. Romana Ewa Śliwa; e-mail: rśliwa@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1517, 603-950-818



Prototyp przyrządu do utrzymania stałej  
temperatury nagrzania



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Sposób podgrzewania blach z materiałów trudno  
odkształcalnych poddawanych wyoblaniu

TRL 4

Nr zgłoszenia

P.411427

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedmiotem wynalazku jest sposób podgrzewania blach z materiałów trudno odkształcalnych poddawanych wyoblaniu, zwłaszcza stopów lotniczych. Sposób ten charakteryzuje się tym, że do wirującego krążka blachy przeznaczonego do kształtowania wytłoczki o symetrii osiowej dociskamy przypór, który jest ukształtowany gabarytowo do wielkości strefy podlegającej plastycznemu odkształceniu. Nagrzewanie krążka następuje w wyniku wydzielającego się na skutek tarcia ciepła. Wyoblanie realizowane jest według dotychczas znanych sposobów

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Proponowany sposób podgrzewania powoduje, że nie zachodzi potrzeba zasilania układu podgrzewającego w źródło energii takie jak paliwo, czy też inny czynnik nagrzewający, na przykład gorące powietrze. Sposób jest znacznie prostszy w eksploatacji i tańszy niż ostatnio coraz szerzej stosowane podgrzewanie laserowe,; jest przyjazny dla środowiska i pracowników obsługi obrabiarki

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Kształtowanie wytłoczek metodą wyoblania z trudno odkształcalnych lotniczych stopów aluminium i magnezu

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

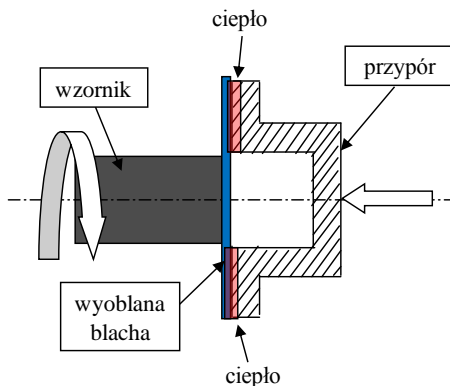
Konieczność zainstalowania na wyoblarce dodatkowego oprzyrządowania w postaci przyporu (przeciwтары).

Twórcy

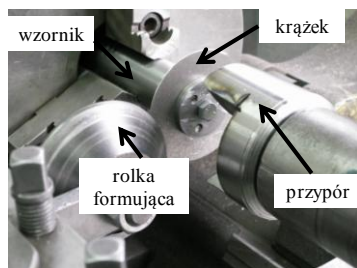
dr hab. inż. Tadeusz Balawender, prof. dr hab. inż. Romana Śliwa,  
mgr Jan Banaś

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Przeróbki Plastycznej;  
Dr hab. inż. Tadeusz Balawender, prof PRz; e-mail: [tbalaw@prz.edu.pl](mailto:tbalaw@prz.edu.pl)  
tel. +48 17 865 1667,



Schemat procesu wyoblania z grzaniem tarciovym



Realizacja wyoblania z grzaniem tarciovym na tokarce



Wytłoczki otrzymane w wyniku wyoblania krążka o średnicy 80 mm (średnica wzornika 42 mm, materiał stop magnezu AZ31)



Wytłoczki otrzymane w wyniku wyoblania krążka o średnicy 80 mm (średnica wzornika 42 mm, materiał stop aluminium 2024)

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego**Technologia tłoczenia na zimno blach  
z materiałów trudnoodkształcalnych  
(np. ze stopu tytanu Ti6Al4V)**

TRL 6

Nr zgłoszenia

P.398250, P.398236, P.405705

Zwięzły opis  
rozwiązania

Współpraca w zakresie kształtowania na zimno blach z materiałów trudno odkształcalnych. Doświadczenie, które posiadamy m.in. w kształtowaniu elementów typu czasza kulista z blachy wykonanej ze stopu tytanu Ti6Al4V. Mimo, iż blachy tego typu charakteryzują się ograniczoną tłocznością (np. w próbie tłoczności metodą Erichsenadla blachyTi6Al4V o grubości 0,8 mm  $IE \approx 3$  mm i jest 4 krotnie mniejsza niż dla blachy z czystego tytanu technicznego Gr 2. Dzięki zastosowanej metodzie, mimo niskiej tłoczności i skłonności do pęknięcia wytłoczono na zimno czasze kuliste jak pokazano na rysunku. Tłoczenie jest realizowane w specjalnie zaprojektowanym narzędziu. Istotną częścią rozwiązania jest komora zamknięta od dołu płytą oporową na której umieszczona jest guma o wysokości warstwy nie mniejszej niż wysokość wytłoczki. Znajdujący się nad nim dociskacz jest zamocowany w komorze suwliwie, natomiast stempel jest nieruchomy

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Eliminacja operacji nagrzewania materiału, brak konieczności stosowania atmosfery ochronnej bądź próżni w celu uniknięcia dyfuzji gazów z otoczenia

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Kształtowanie elementów powłokowych dla przemysłu lotniczego, wojskowego, medycznego

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr hab. inż. Piotr Lacki, dr hab. inż. Janina Adamus, dr inż. Wojciech Więckowski, dr inż. Julita Winowiecka

Dane kontaktowe

**Politechnika Częstochowska**, Wydział Budownictwa;  
Dr hab. inż. Piotr Lacki, prof. PCz; e-mail: piotr@lacki.com.pl  
tel. +48 601-764-957



Wytłoczki tytanowe Grade 5

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 63

ZB8

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Wykrój do tłoczenia czasz kulistych  
z materiału trudnoodkształcalnego  
(np. ze stopu tytanu Ti6Al4V)**

TRL 6

Nr zgłoszenia

P.406104, P.406105, P.406106

Zwięzły opis  
rozwiązania

Posiadamy doświadczenie w kształtowaniu elementów typu czasza kulista z blachy wykonanej ze stopu tytanu Ti6Al4V. Dzięki zastosowaniu specjalnych wykrójów, mimo niskiej tęczności i skłonności do pęknięcia wytłoczono na zimno czasze kuliste jak pokazano na rys. 1. Wycięcia na obwodzie wykroju powodują zmniejszenie odkształceń plastycznych w górnej części czaszy kulistej. W konsekwencji prowadzi to do zwiększenia maksymalnej głębokości tłoczenia i wytworzenia czaszy o większej wysokości

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Eliminacja operacji nagrzewania materiału, brak konieczności stosowania atmosfery ochronnej bądź próżni w celu uniknięcia dyfuzji gazów z otoczenia

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Kształtowanie czasz kulistych dla przemysłu lotniczego, wojskowego, medycznego

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

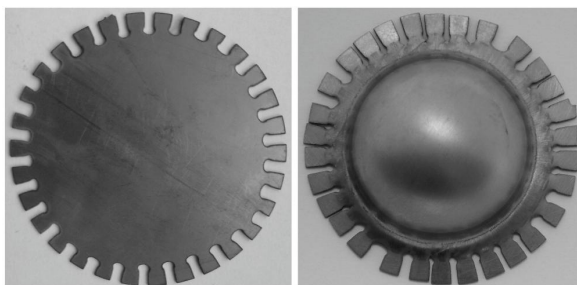
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr hab. inż. Piotr Lacki, dr hab. inż. Janina Adamus, dr inż. Wojciech Więckowski, dr inż. Julita Winowiecka

Dane kontaktowe

**Politechnika Częstochowska**, Wydział Budownictwa;  
Dr hab. inż. Piotr Lacki, prof. PCz; e-mail: piotr@lacki.com.pl  
tel. +48 601-764-957



Wykrój oraz wytłoczonka otrzymana z tytanu Ti-6Al-4V



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Sposób nanoszenia smaru na powierzchnię  
arkusza blachy z materiału trudnoodkształcalnego  
przed operacją tłoczenia na zimno

TRL 6

Nr zgłoszenia

P.409887

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedmiotem rozwiązania innowacyjnego jest sposób nanoszenia smaru, na powierzchnię arkusza blachy z materiału trudno odkształcalnego przed operacją tłoczenia na zimno, zwłaszcza blach ze stopów tytanu i aluminium. Sposób według wynalazku polega na tym, że na powierzchnię arkusza blachy nanosi się jednorodną warstwę oleju rzepakowego o lepkości kinematycznej w temperaturze 20°C 85-95mm<sup>2</sup>/s, a następnie na warstwę oleju rzepakowego napyła się za pomocą dyszy sproszkowany kwas borowy o wielkości ziarna od 75 do 125µm, przy czym warstwa napyłonego kwasu borowego wynosi od 100 do 180 µm

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Redukcja oporów tarcia podczas kształtowania blach, a co za tym idzie zmniejszenie siły kształtowania; ograniczenie nalepiania się odkształcanego materiału na powierzchnię narzędzia pozwala na poprawę jakości powierzchni kształtowanych wytłoczek; obniżenie kosztów operacji kształtowania blach z uwagi na niski koszt wytwarzania smaru; ochrona środowiska, gdyż uzyskany smar jest nietoksyczny i łatwo usuwalny przy użyciu gorącej wody i biodegradowalnego detergentu

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Sposób nanoszenia smaru przeznaczony jest do wykorzystania w tłocznich produkujących wytłoczki z blach trudno odkształcalnych, wykorzystywanych np. w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym, zbrojeniowym oraz medycznym

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr hab. inż. Janina Adamus, mgr inż. Katarzyna Dyja, dr inż. Wojciech Więckowski, Jerzy Podlewski

Dane kontaktowe

**Politechnika Częstochowska**, Wydział Budownictwa;  
Dr hab. inż. Janina Adamus, prof. PCz; e-mail: janina.adamus@gmail.com  
tel. +48 34 325 0908



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Segmentowe kształtowanie plastyczne

TRL 4

Zwięzły opis  
rozwiązania

Proces plastycznego kształtowania segmentowego polega na wykonywaniu wgłębień o dużej powierzchni i głębokości poprzez sumowanie wgłębień pojedynczych segmentów o małej powierzchni nacisku oraz małym pojedynczym wgłębieniu

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

- Możliwość uzyskiwania dużych odkształceń plastycznych na zimno, bez konieczności międzyoperacyjnej obróbki cieplnej,
- Możliwość znaczącego obniżenia sił nacisku narzędzi kształtujących,
- Zmniejszenie nakładu energii niezbędnej dla uzyskania wymaganej wielkości odkształcenia zastępczego,
- Możliwość uzyskania ultradrobnoziarnistej struktury oraz nietypowego zespołu właściwości użytkowych wyrobów gotowych

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Produkcja wyrobów z aluminium i stopów aluminium, produkcja konstrukcji metalowych i ich części, kucie, prasowanie, wytłaczanie i walcowanie metali; metalurgia proszków, produkcja pozostałych gotowych wyrobów metalowych, gdzie indziej niesklasyfikowana; produkcja wojskowych pojazdów bojowych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

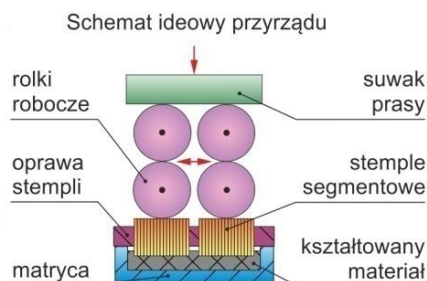
Twórcy

prof. dr hab. inż. Franciszek Grosman, dr inż. Marek Tkocz

Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Instytut Technologii Metali;  
Prof. dr hab. inż. Franciszek Grosman, e-mail: franciszek.grosman@polsl.pl  
tel. +48 32 603 4401

Dr inż. Marek Tkocz, e-mail: marek.tkocz@polsl.pl  
tel. +48 32 603 4416



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Kucie matrycowe wspomagane działaniem dodatkowych, cyklicznych naprężeń stycznych

TRL 4

Zwięzły opis  
rozwiązania

Kucie matrycowe wspomagane działaniem dodatkowych, cyklicznych naprężeń stycznych polega na spęczaniu z równoczesnym wspomagającym cyklicznym poprzecznym ruchem stempla

Korzyści z wdrożenia rozwiązania innowacyjnego/zalety rozwiązania

- Możliwość uzyskiwania dużych odkształceń plastycznych na zimno, bez konieczności międzyoperacyjnej obróbki cieplnej,
- Możliwość znaczącego obniżenia sił nacisku narzędzi kształtujących,
- Zmniejszenie nakładu energii niezbędnej dla uzyskania wymaganej wielkości odkształcenia zastępczego,
- Możliwość uzyskania ultradrobnoziarnistej struktury oraz nietypowego zespołu właściwości użytkowych wyrobów gotowych

Obszar potencjalnych zastosowań

Produkcja wyrobów z aluminium i stopów aluminium, produkcja konstrukcji metalowych i ich części, kucie, prasowanie, wytłaczanie i walcowanie metali; metalurgia proszków, produkcja pozostałych gotowych wyrobów metalowych, gdzie indziej niesklasyfikowana, produkcja wojskowych pojazdów bojowych

Ograniczenia jeśli występują w zastosowaniu rozwiązania

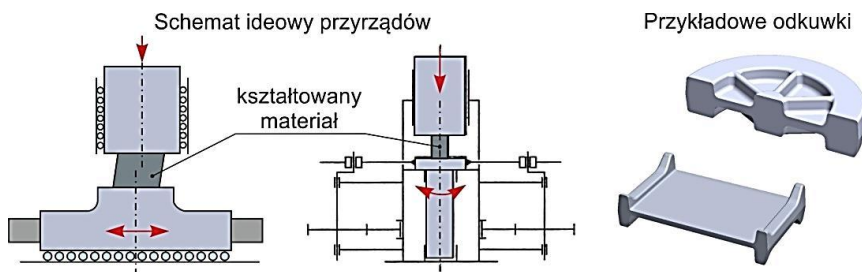
Nie ma ograniczeń

Twórcy

prof. dr hab. inż. Franciszek Grosman, dr inż. Marek Tkocz

Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Instytut Technologii Metali;  
Prof. dr hab. inż. Franciszek Grosman, e-mail: franciszek.grosman@polsl.pl  
tel.: +48 32 603 4401



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 67

ZB8

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Komputerowa baza danych dla przerabianych  
plastycznie stopów tytanu**

TRL 6

Zwięzły opis  
rozwiązania

Baza danych zawiera unikalny zestaw informacji dotyczących wybranych stopów tytanu, przeznaczonych do wytwarzania elementów konstrukcyjnych metodami przeróbki plastycznej. Zebrane dane obejmują przede wszystkim:

- właściwości użytkowe wybranych stopów tytanu,
- charakterystyki technologicznej plastyczności wybranych stopów, m.in. zależności naprężenia uplastyczniającego od warunków kształtowania,
- wpływ parametrów procesu kształtowania na mikrostrukturę i właściwości wybranych stopów tytanu,
- zalecenia dotyczące technologii walcowania, kucia oraz wyciskania elementów konstrukcyjnych ze stopów tytanu,
- informacje o nowych, niekonwencjonalnych metodach kształtowania plastycznego stopów tytanu.

Baza będzie dostępna w Internecie; poziom dostępu zostanie ustalony w stosownej umowie

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Informacje zawarte w bazie danych ułatwią użytkownikowi dobór odpowiedniego stopu na określony element konstrukcyjny oraz wspomogą proces opracowania technologii wytwarzania elementów konstrukcyjnych ze stopów tytanu metodami analitycznymi lub symulacyjnymi

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Projektowanie procesów przeróbki plastycznej (walcowania, kucia, wyciskania) elementów konstrukcyjnych ze stopów tytanu

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

prof. dr hab. inż. Franciszek Grosman, prof. dr hab. inż. Eugeniusz Hadasik, dr hab. inż. Dariusz Kuc, dr inż. Marek Ktocz

Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Instytut Technologii Metali;  
Prof. dr hab. inż. Franciszek Grosman, e-mail: franciszek.grosman@polsl.pl  
tel.: +48 32 603 4401



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Komputerowa baza danych dla przerabianych plastycznie stopów aluminium

TRL 6

Zwięzły opis  
rozwiązania

Baza danych zawiera unikalny zestaw informacji dotyczących wybranych stopów aluminium, przeznaczonych do wytwarzania elementów konstrukcyjnych metodami przeróbki plastycznej. Zebrane dane obejmują przede wszystkim:

- właściwości użytkowe wybranych stopów aluminium,
- charakterystyki technologicznej plastyczności wybranych stopów, m.in. zależności naprężenia uplastyczniającego od warunków kształtowania,
- wpływ parametrów procesu kształtowania na mikrostrukturę i właściwości wybranych stopów aluminium,
- zalecenia dotyczące technologii walcowania, kucia oraz wyciskania elementów konstrukcyjnych ze stopów aluminium,
- informacje o nowych, niekonwencjonalnych metodach kształtowania plastycznego stopów aluminium.

Baza będzie dostępna w Internecie; poziom dostępu zostanie ustalony w stosownej umowie

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Informacje zawarte w bazie danych ułatwią użytkownikowi dobór odpowiedniego stopu na określony element konstrukcyjny oraz wspomogą proces opracowania technologii wytwarzania elementów konstrukcyjnych ze stopów aluminium metodami analitycznymi lub symulacyjnymi

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Projektowanie procesów przeróbki plastycznej (walcowania, kucia, wyciskania) elementów konstrukcyjnych ze stopów aluminium

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

prof. dr hab. inż. Franciszek Grosman, prof. dr hab. inż. Eugeniusz Hadasik, dr hab. inż. Dariusz Kuc, dr inż. Marek Tkocz

Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Instytut Technologii Metali;  
Prof. dr hab. inż. Franciszek Grosman, e-mail: franciszek.grosman@polsl.pl  
tel.: +48 32 603 4401



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Kształtowanie wałków pełnych o zmiennych przekrojach (w tym z wieńcami zębatymi, ślimakami, uzębieniem skośnym) ze stopów Al i Ti metodą walcowania poprzeczno-klinowego**

TRL 4

Nr zgłoszenia

P.394248; P.394249, P.392273

Nr patentu

218582, 218601, 216311

Zwięzły opis  
rozwiązania

Walcowanie poprzeczno - klinowe (WPK) polega na plastycznym kształtowaniu wyrobów typu stopniowane wały i osie (w tym z wieńcami zębatymi, ślimakami, uzębieniem skośnym), w wyniku oddziaływania narzędzi w kształcie klinów. Na rysunkach poniżej przedstawiony został ogólny schemat procesu WPK oraz przykłady wyrobów walcowanych tą metodą

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

W porównaniu do innych metod wytwarzania walcowanie poprzeczno-klinowe odznacza się szeregiem korzystnych cech, z których najważniejsze to: wysoka wydajność wynosząca orientacyjnie 10-30 szt/min. Jest to około 5-20 razy więcej w stosunku do procesów kucia lub obróbki skrawaniem, oszczędność materiałów i energii (straty materiału występujące w procesie WPK nie przekraczają 10%), polepszenie własności wytrzymałościowych, ochrona środowiska, możliwość automatyzacji procesu

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Technologia może być stosowana do produkcji wałków stopniowanych ze stopów Al, Ti w zakładach produkujących odkuwki dla przemysłu lotniczego, motoryzacyjnego, maszynowego i innych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

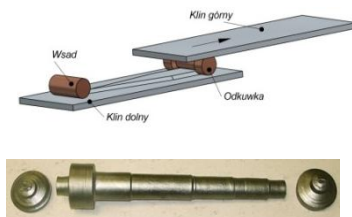
Nie ma ograniczeń

Twórcy

prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater, dr inż. Arkadiusz Tofil, dr inż. Janusz Tomczak

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Komputerowego Modelowania i Technologii Obróbki Plastycznej;  
Prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater, e-mail: z.pater@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4242



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Wywijanie kołnierza w kształcie rozety  
z drążonego wsadu dzielonego

TRL 6

Nr zgłoszenia

P.396593, P.396595, P.396596

Zwięzły opis  
rozwiązania

Zaproponowana metoda wytwarzania kołnierza w kształcie rozety, polega na rozpychaniu swobodnie wystającego końca półfabrykatu. Półfabrykat 3 zaciska się w matrycy dzielonej 4, która spoczywa na podstawie 5. Kształtowanie kołnierza odbywa się poprzez rozpychanie końca wsadu stemplem 2 umieszczonym w płycie górnej 1 (rys. poniżej)

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Technologia kształtowania kołnierzy w kształcie rozety pozwala uzyskać monolityczne wały drążone ze skrajnymi kołnierzami. Zaproponowana metoda w znaczącym stopniu redukuje starty materiału, które wynikają jedynie z nadatków przewidzianych na obróbkę wykańczającą po procesie wywijania

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Technologia może być stosowana do produkcji wałów drążonych ze skrajnymi kołnierzami o wysokich własnościach wytrzymałościowych np. wały przeniesienia napędu

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

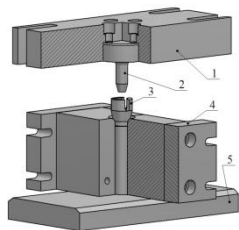
Ograniczenie dotyczące maksymalnej średnicy zewnętrznej kołnierza

Twórcy

prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater, dr hab. inż. Andrzej Gontarz, dr inż. Janusz Tomczak

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Komputerowego Modelowania i Technologii Obróbki Plastycznej;  
Dr hab. inż. Andrzej Gontarz, e-mail: a.gontarz@pollub.pl,  
tel. +48 81 538 4245



Model narzędzi, wały ze stopu 2618A, wały ze stopu Ti6Al4V

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 71

ZB8

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Nowa technologia kształtowania stopniowanych  
wyrobów drążonych**

TRL 4

Nr zgłoszenia

P.404040, P.404041, P.406424, P.406425, P.406426, P.406427,  
P.404611, P.404612, P.404613, P.404614, P.404615, P.404616,  
P.403211, P.397578

Zwięzły opis  
rozwiązania

Zaproponowana technologia służy do wytwarzania zgrubień i kołnierzy zewnętrznych lub wewnętrznych na końcach bądź w środkowych częściach wałów drążonych. Kształtowane kołnierze mogą mieć wysokość/grubość do kilku grubości ścianki półfabrykatu

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Technologia kształtowania kołnierzy w wyrobach drążonych pozwala uzyskać monolityczne wały drążone z kołnierzami. Zaproponowana metoda w znaczącym stopniu redukuje starty materiału, które wynikają jedynie z naddatków przewidzianych na obróbkę wykańczającą po procesie obróbki plastycznej

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Technologia może być stosowana do produkcji monolitycznych wałów drążonych z kołnierzami o wysokich własnościach wytrzymałościowych np. wały przeniesienia napędu

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

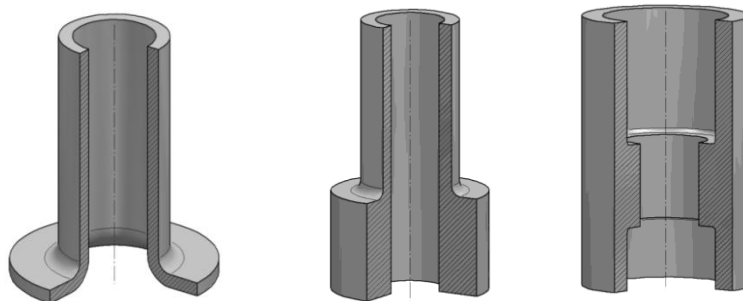
Ograniczenie dotyczące maksymalnej średnicy zewnętrznej, bądź minimalnej średnicy wewnętrznej kołnierza

Twórcy

prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater, dr hab. inż. Andrzej Gontarz, dr inż. Janusz Tomczak, mgr inż. Grzegorz Winiarski

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Komputerowego Modelowania i Technologii Obróbki Plastycznej;  
Dr hab. inż. Andrzej Gontarz, e-mail: a.gontarz@pollub.pl,  
tel. +48 81 538 4245



Stopniowane wyroby drążone







# ZB9

## Metaliczne materiały kompozytowe w aplikacjach lotniczych (w tym materiały typu Glare)



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 72

ZB9

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Wiertło kręte do wykonywania otworów  
w materiałach kompozytowych**

TRL 9

Nr zgłoszenia

P.403436, PCT/PL2014/000034

Zwięzły opis  
rozwiązania

Wiertło charakteryzuje się tym, że ostrze uformowane w części wierzchołkowej wiertła ma dwa stopnie – wstępny i powiercający. Odpowiedni dobór katów wierzchołkowych pierwszego i drugiego stopnia, stosunku średnic i odległości stopni zapewnia wyeliminowanie zjawisk negatywnych

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Ukształtowanie geometrii części skrawającej wiertła krętego w zastosowaniu do wiercenia otworów w materiałach kompozytowych pozwoliło na całkowite wyeliminowanie występującej przy wierceniu materiałów kompozytowych wad, w tym delaminacji w strefie wyjścia narzędzia czy wyrwaniu włókien

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Wynalazek znajduje zastosowanie do wykonywania otworów w tym przelotowych stanowiących otwory montażowe w konstrukcjach z materiałów kompozytowych m.in. w lotnictwie, przemyśle samochodowym, czy w produkcji sprzętu sportowego

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

prof. dr hab. inż. Romana Ewa Śliwa, mgr inż. Piotr Tyczyński

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Przeróbki Plastycznej;  
Prof. dr hab. inż. Romana Ewa Śliwa, e-mail: rsliva@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1517, 603-950-818

Mgr inż. Piotr Tyczyński, e-mail: piotr.tyczynski1@gmail.com  
tel. 607-767-066



Otwór wykonany zwykłym wiertłem i wiertłem do materiałów kompozytowych



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Kompozytowy materiał metalowo-ceramiczny  
oraz sposób jego wytwarzania**

TRL 6

Nr zgłoszenia

P.394548

Nr patentu

216505

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedmiotem wynalazku jest kompozytowy materiał metalowo-ceramiczny, w którym zarówno faza metalowa jak i faza ceramiczna są fazami ciągłymi w trzech kierunkach, otrzymywany przez infiltrację metalu do ceramiki piankowej otrzymanej metodą żelowania spienionej zawiesiny oraz sposób jego otrzymywania. Kompozytowy materiał metalowo-ceramiczny, którego faza ceramiczna jest fazą ciągłą w trzech kierunkach otrzymana metodą żelowania spienionej zawiesiny, posiadający przestrzenną strukturę wzajemnie przenikających się szkieletów fazy ceramicznej i fazy metalowej, zgodnie z wynalazkiem charakteryzuje się tym, że stanowi go faza ceramiczna piankowa o porowatości otwartej 80 do 90% i rozmiarze sferycznych makroporów 200 do 500  $\mu\text{m}$  oraz połączeń między porami o rozmiarze od 50 do 120  $\mu\text{m}$  i faza metalowa, którą stanowi stop aluminium w ilości do 90% objętości kompozytowego materiału. Sposób wytwarzania wyżej wymienionego kompozytowego materiału metalowo-ceramicznego według wynalazku polega na tym, że do porowatej kształtki ceramicznej wytworzonej metodą żelowania spienionej zawiesiny, o porowatości w zakresie 80 do 90% i rozmiarze sferycznych makroporów 200 do 500  $\mu\text{m}$  oraz połączeń między porami o rozmiarze od 50 do 120  $\mu\text{m}$  i wysokości do 50 mm wprowadza się, stosując infiltrację ciśnieniową, stop aluminium o czystości technicznej i temperaturze od 680 °C do 740 °C pod ciśnieniem nie przekraczającym 40 MPa w czasie od 1 do 3 minuty. Tak uzyskany kompozyt chłodzi się utrzymując go pod ciśnieniem od 2 do 4 MPa, z szybkością do 10 °C/min do temperatury 450 °C, po czym prowadzi się dalsze chłodzenie bez obciążenia do temperatury otoczenia

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Otrzymanie kompozytów o większej twardości i wytrzymałości na ściskanie niż w kompozytach wzmacnianych cząstkami

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy i motoryzacyjny – elementy silników tłokowych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Wymagana infiltracja ciśnieniowa stopu aluminium do pianki ceramicznej

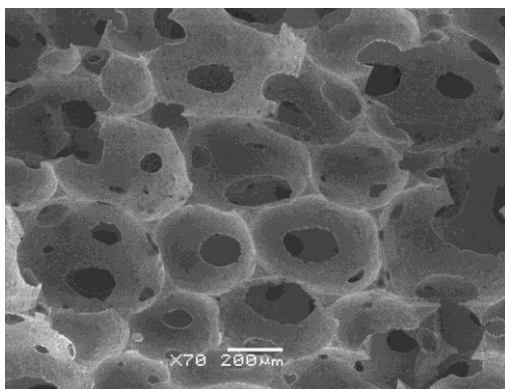
Twórcy

prof. dr hab. inż. Romana Ewa Śliwa, dr hab. inż. Marek Potoczek, prof. PRz, prof. dr hab. inż. Józef Śleziona

**Dane kontaktowe**

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Przeróbki Plastycznej,;  
Prof. dr hab. inż. Romana Ewa Śliwa, e-mail: rśliwa@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1517

Katedra Technologii Materiałoznawstwa Chemicznego  
Dr hab. inż. Marek Potoczek, prof. PRz, e-mail: potoczek@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1749



*Pianki ceramiczne do infiltracji metalem i mikrofotografia pianki ceramicznej*

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego**Sposób wytwarzania wysokoporowatych kształtek ceramicznych metodą żelowania spienionej zawiesiny ceramicznej**Zwięzły opis  
rozwiązania

Sposób wytwarzania wysokoporowatych kształtek ceramicznych o budowie pianki znamienny tym, że do zawiesiny ceramicznej zawierającej 65-85% wag. proszku ceramicznego zwilżalnego przez wodę, upłynniacz w ilości 0,5-0,8% wag. i wodę w ilości 15-35% wag. podgrzanej do 60°C dodaje się wodny roztwór agarozy o stężeniu 2,5-3,5% oraz środek spieniający. Zawiesinę spienia się mechanicznie w temperaturze 60°C, a następnie żeluje w bezporowatych formach chłodzonych przepływającą, zimną wodą wodociągową. Po wysuszeniu porowate kształtki spieka się w przedziale temperatury 1250-1650°C. Sposobem tym otrzymuje się wysokoporowatą ceramikę o porowatości w zakresie 60-90%. Porowate kształtki o budowie pianki składają się z kulistych komórek o średnicy w zakresie kilkuset  $\mu\text{m}$ . Na wspólnych ściankach komórek znajdują się połączenia pomiędzy makroporami tzw. „okna” o średnicy od kilkudziesięciu do stu kilkudziesięciu  $\mu\text{m}$ , co sprawia, że tworzywo jest przepuszczalne dla cieczy i gazów

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Można wytwarzać pianki ceramiczne o regulowanej porowatości w zakresie 60 – 90%, charakteryzujące się średnicami makroporów w zakresie 100 – 600  $\mu\text{m}$  i połączeń między makroporami w zakresie 20 – 100  $\mu\text{m}$ . Zaletą ww. pianek jest kilkakrotnie większa wytrzymałość na ściskanie i zginanie, niż pianek wytwarzanych metodą replikacji spienionego tworzywa sztucznego. Przykłady piankowych materiałów ceramicznych:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

- Bariery akustyczne,
- Bariery cieplne,
- Kształtki do nasączenia ciekłymi metalami lub polimerami – kompozyty ceramiczno-metalowe i ceramiczno-polimerowe

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

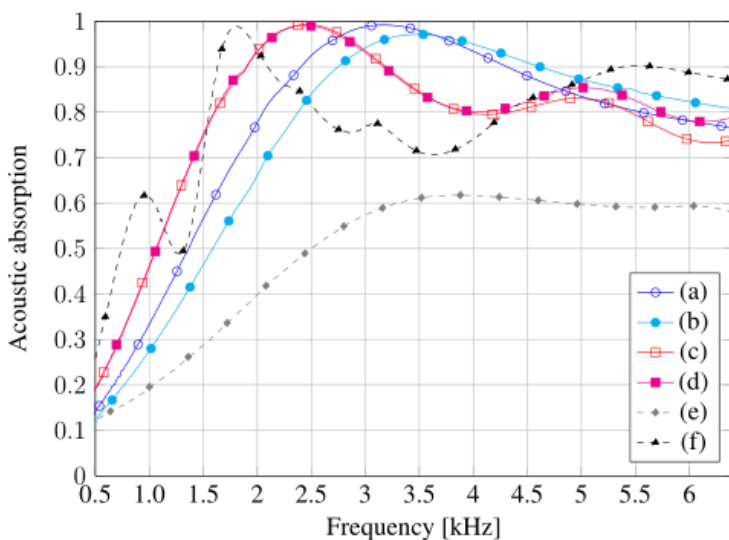
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr hab. inż. Marek Potoczek, prof. Prz

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Technologii Materiałoznawstwa Chemicznego  
Dr hab. inż. Marek Potoczek, prof. PRz, e-mail: potoczek@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1749



Absorpcja akustyczna pianek korundowych i porównanie z piankami poliuretanowymi: (a)  $Al_2O_3$  90%, 18 mm; (b)  $Al_2O_3$  90%, 24 mm; (c)  $Al_2O_3$  88%, 14 mm; (d)  $Al_2O_3$  88%, 16,5 mm; (e) sztywny PU 26mm; (f) miękki PU 26mm

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Projektowalna odlewana struktura szkieletowa

TRL 6

Zwięzły opis  
rozwiązania

Odelewy szkieletowe charakteryzują się 3 osiową symetrią i powtarzalnością cech geometrycznych elementarnych komórek. Odelewy takie można wykonywać w postaci otwartej i zamkniętej z dowolnego stopu lub kompozytu o osnowie metalowej, zależnie od potrzeb. Struktury uzyskiwane w ten sposób można porównać do materiałów porowatych o porach otwartych, lecz istnieje technologiczna możliwość wytwarzania szkieletów o komórkach zamkniętych. Odelewane struktury szkieletowe, przy wymiarach komórek elementarnych w zakresie 5–20 mm i średnicy łączników 3–5 mm charakteryzują się wysoką sztywnością przy obniżonej w stosunku do monolitów gęstością masy, a co za tym idzie obniżoną masą elementu oraz możliwością kształtowania współczynnika sztywności w wytypowanych kierunkach obciążeń, zwiększoną w stosunku do monolitycznego odlewu wytrzymałością zmęczeniową oraz zdolnością do przenoszenia obciążeń dynamicznych i odpornością na uderzenia, zdolnością do tłumienia drgań, którą potencjalnie można zwiększać poprzez stosowanie wyspecjalizowanych wypełnień przestrzeni komórkowych, zdolnością do pochłaniania energii oraz kształtowania sposobu jej pochłaniania i mechanizmu niszczenia elementów szkieletowych poprzez zastosowanie obróbki cieplnej i/lub kompozytów do wytwarzania szkieletów – od kruchej pęknięcia do plastycznego deformowania

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Obniżenie masy elementów, możliwość sterowania sztywnością/podatnością elementów w wybranych kierunkach działania obciążenia, wprowadzenie stref kontrolowanego zgniotu, zwiększenie efektywności odprowadzania ciepła

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Konstrukcyjne elementy nośne, osłony balistyczne z wypełnieniami cermetalowymi i wypełnieniem ceramiką porowatą lub polimerami, usztywnienie elementów izolacji termicznej i ogniowej, jak również izolacji dźwiękowej, radiatory i wymienniki ciepła, strefy kontrolowanego zgniotu lub absorpcji energii, usztywnienie zbiorników ciśnieniowych, jako szkielety nośne łożysk kompozytowych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

## Twórcy

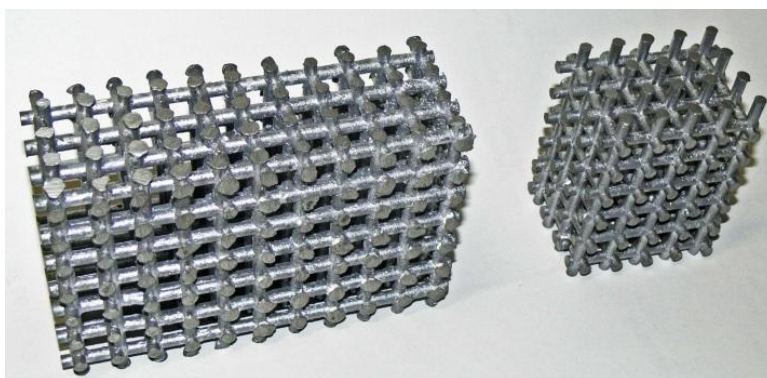
prof. dr hab. inż. Mirosław Cholewa, dr inż. Marcin Kondracki, dr inż. Marcin Stawarz

## Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Katedra Odlewnictwa;  
Prof. dr hab. inż. Mirosław Cholewa, e-mail: miroslaw.cholewa@polsl.pl,  
tel. +48 32 338 5535,

Dr inż. Marcin Kondracki, e-mail: marcin.kondracki@polsl.pl  
tel. 32 338 5532,





*Przykładowe elementy wykonane w oparciu o przedstawioną technologię – odlewy szkieletowe o budowie zamkniętej i otwartej wykonane ze stopów lekkich*



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Kompozyty heterofazowe zawierające  
smary stałe**

TRL 5

Nr zgłoszenia

P.398311

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedstawiony nowy sposób wytwarzania kompozytu hybrydowego, polega na tym, że zawiera on dwa rodzaje fazy zbrojącej, tj. porowate sfery ceramiczne z tlenku glinu i warstewki węgla szklistego pokrywające ścianki wewnętrzne i zewnętrzne szkieletów ceramicznych. Porowata struktura ceramiczna zapewnia podwyższenie wytrzymałości i sztywności oraz powoduje zwiększenie odporności na zużycie, a warstewka węgla szklistego pokrywająca szkielet ceramiczny spełnia rolę środka smarowego. Uzyskany szkielet jest infiltrowany ciekłym metalem osnowy, którym mogą być stopy metali lekkich lub miedzi, stanowiącym osnowę kompozytu. Innowacją tej metody jest to, że bez mieszania uzyskuje się kompozyt o równomiernym rozłożeniu warstewek węgla szklistego (smaru) zapewniającego zmniejszenie współczynnika tarcia i zużycie. Poprzez wstępne ukształtowanie porowatego szkieletu ceramicznego, możliwe jest uzyskanie wyrobu nie wymagającego obróbki wykończeniowej

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zmniejszenie masy elementów, podwyższenie właściwości wytrzymałościowych i zwiększenie dopuszczalnych obciążeń i temperatury w węzle tarcia, możliwość sterowania (projektowania) zużycia i współczynnika tarcia materiałów współpracujących w skojarzeniu ślizgowym, zwiększenie efektywności odprowadzania ciepła, eliminacja procesów smarowania, eliminacja oczyszczania zabrudzeń wynikających ze stosowania smarów

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Konstrukcyjne elementy pracujące w warunkach tarcia, nie wymagające wykorzystania smarów ciekłych lub plastycznych, charakteryzujące się małym zużyciem i małą wartością współczynnika tarcia, elementy węzłów tarcia o podwyższonej sztywności i odporności termicznej, elementy węzłów tarcia układów przeznaczonych dla przemysłu spożywczego i farmaceutycznego wymagające dużej czystości, elementy silników tłokowych i sprzężarek bezolejowych, elementy styczników, styków elektrycznych o dużej odporności na zużycie

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

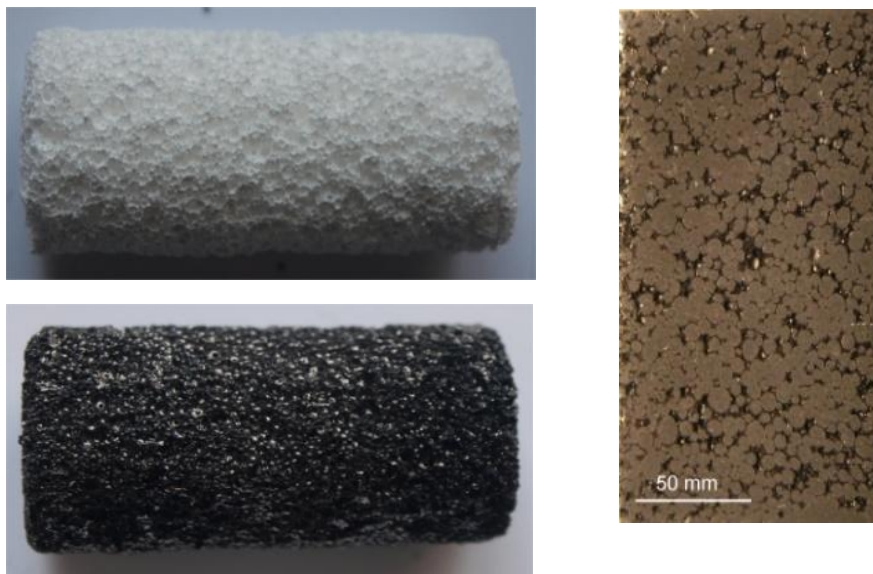
Twórcy

prof. dr hab. Andrzej Posmyk, dr hab. inż. Jerzy Myalski, dr Henryk Wistuba

Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii;  
Dr hab. inż. Jerzy Myalski, e-mail: jerzy.myalski@polsl.pl  
tel. +48 32 6034417,

Prof. dr hab. Andrzej Posmyk, e-mail: andrzej.posmyk@polsl.pl  
tel. +48 32603 4187,



*Przykładowe elementy wykonane w oparciu o przedstawioną technologię – kompozytów hetero fazowych o zbrojeniu szkieletowym wykonane na bazie stopów metali lekkich: a- pianka ceramiczna, b-pianka ceramiczna pokryta węglem szklistym, c- kompozyt*

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Hybrydowe laminaty metalowo-włókniste

TRL 7

Nr zgłoszenia

P.407200, P.407201, P.407202, P.408182

Zwięzły opis  
rozwiązania

Laminat metalowo-włóknisty składa się z cienkich warstw metalowych ułożonych naprzemiennie i połączonych z warstwami kompozytu polimerowego wzmocnianego włóknami. Laminaty tego typu charakteryzują się wysoką wytrzymałością właściwą, odpornością na uderzenia dynamiczne, wysoką trwałością zmęczeniową, oraz odpornością na korozję

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Ze względu na możliwość modyfikacji w zakresie zbrojenia warstw kompozytowych oraz wyboru rodzaju stosowanych warstw metalowych istnieje możliwość kształtowania właściwości laminatów w zależności od potrzeb

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy: poszycie i usterzenie, profile, wysoko obciążone elementy konstrukcyjne oraz elementy usztywniające. Przemysł motoryzacyjny i maszynowy

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

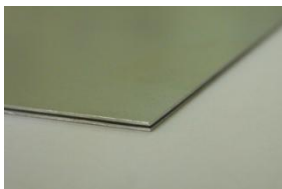
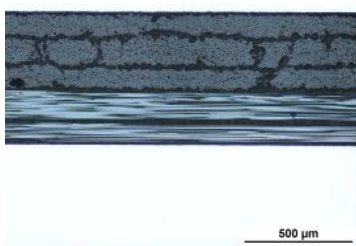
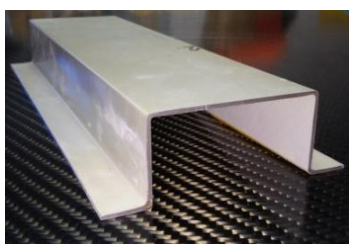
Ograniczenia aparaturowe, materiałowe (dostępność i trwałość), wieloetapowość procesu

Twórcy

prof. dr hab. Barbara Surowska, dr inż. Jarosław Bieniaś, mgr inż. Krzysztof Majerski, mgr inż. Patryk Jakubczak, mgr inż. Andrzej Trzciniński

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Inżynierii Materiałowej;  
Prof. dr hab. Barbara Surowska, e-mail: b.surowska@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4213



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 78

ZB9

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Technologia wytwarzania hybrydowych struktur  
kompozytowych

TRL 7

Nr zgłoszenia

P.405707, P.405708, P.405709, P.407557

Zwięzły opis  
rozwiązania

Technologia oparta na zastosowaniu metody autoklawowej, zapewniająca trwałe i wytrzymałe połączenie klasycznych włóknistych struktur kompozytowych z warstwami metalu. Technologia jest rozbudowana o metody przygotowania powierzchni metali (np. tytanu, stali, aluminium) przez anodowanie, techniki zol-żel, i inne obróbki powierzchniowe

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Stosowanie technologii umożliwiającej wytwarzanie zaawansowanych materiałów o wysokich wymaganiach. Uzyskanie wysokiej jakości i powtarzalności wytwarzanych struktur. Stworzenie unikalnego parku maszynowego. Podniesienie poziomu innowacyjności przedsiębiorstwa, uzyskanie przewagi jakości produktowej wobec konkurencji

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł Lotniczy – elementy poszycia, usterzenia, konstrukcje nośne obiektów latających. Przemysł motoryzacyjny i maszynowy – elementy poszycia i części konstrukcji nośnych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

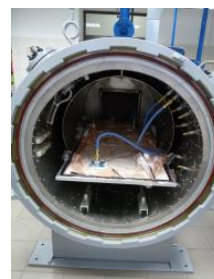
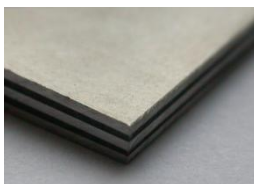
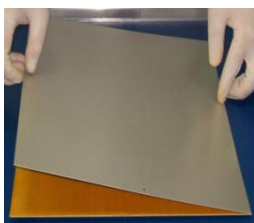
Ograniczenia aparaturowe, materiałowe (dostępność i trwałość), wieloetapowość procesu

Twórcy

prof. dr hab. Barbara Surowska, dr inż. Jarosław Bieniaś, dr inż. Barbara Szaraniec, dr inż. Monika Ostapiuk, mgr inż. Patryk Jakubczak, mgr inż. Krzysztof Majerski, mgr inż. Andrzej Trzciniński, mgr inż. Łukasz Kowalczyk

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Inżynierii Materiałowej;  
Prof. dr hab. Barbara Surowska, e-mail: b.surowska@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4213



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## System optymalnego projektowania dźwiękochłonnych pianek o porowatości otwartej

TRL 3

Zwięzły opis  
rozwiązania

System składa się z algorytmu do generowania reprezentatywnych (realistycznych, losowych) mikrostruktur porowatych (o porach sferycznych) na bazie kilku makroskopowych parametrów (jak całkowita porowatość otwarta, typowe rozmiary porów itp.) oraz z algorytmów numerycznej analizy wielo-skalowej pozwalającej na wyznaczenie istotnych parametrów transportu przez materiał porowaty (np. przepuszczalność lepka i termiczna), a w końcu na określenie pochłaniania dźwięku w szerokim zakresie częstotliwości

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

System pozwala na optymalizację mikrostruktury otwartych pianek o porach sferycznych ze względu na co najmniej dwa charakterystyczne rodzaje ich własności, a mianowicie: przepuszczalność lepka (filtracja) oraz termiczna, pochłanianie fal akustycznych

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

System powinien być wykorzystany w przemyśle chemicznym do optymalnego projektowania pianek o porowatości otwartej w celu zastosowania: jako materiały dźwiękochłonne, jako elementy filtrów itp.

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

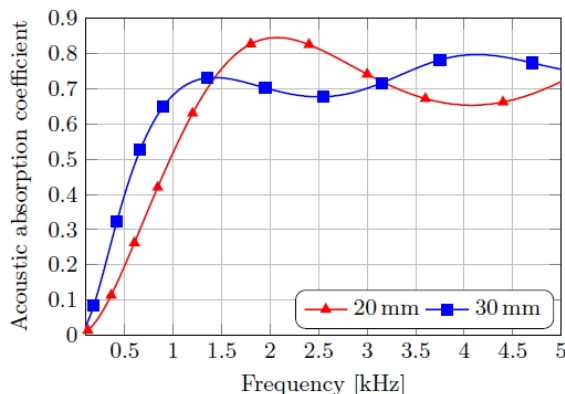
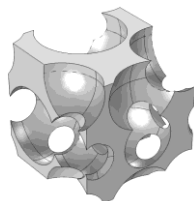
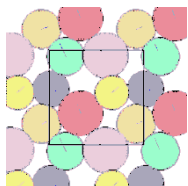
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr inż. Tomasz G. Zieliński

Dane kontaktowe

**Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN**  
Dr inż. Tomasz G. Zieliński, e-mail: [tzielins@iptp.pan.pl](mailto:tzielins@iptp.pan.pl)  
tel. +48 22 826 7361 ext. 241





# ZB10

## Nowoczesne pokrycia barierowe na krytyczne części silnika





Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Technologia wytwarzania dyfuzyjnych warstw aluminidkowych modyfikowanych cyrkonem stosowanych do ochrony powierzchni łopatek turbiny silników lotniczych

TRL 6

Zwięzły opis  
rozwiązania

Aluminiowanie dyfuzyjne stanowi podstawową metodę ochrony powierzchni łopatek turbin silników lotniczych przed oddziaływaniem korozyjnym spalin. Osadzone są najczęściej metodami kontaktowo-gazową oraz gazową (VPA). Ostatnia z nich jest szeroko stosowana w krajowym przemyśle lotniczym. W ramach projektu PK Aero opracowano technologie aluminiowania metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej (CVD, Chemical Vapour Deposition). W trakcie procesu wprowadzany jest dodatkowo Zr zwiększający odporność na utlenianie dyfuzyjnych warstw aluminidkowych. Warstwy te mogą stanowić międzywarstwę (bondcoat) dla powłokowych barier cieplnych (TBC, Thermal Barrier Coatings).

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

- Technologia może zostać wdrożona na urządzeniach CVD stosowanych do aluminiowania czołowych producentów
- Ograniczenie kosztów związanych z platynowaniem tj. surowca, kosztów procesu galwanicznego nakładania Pt – wszystko realizowane jest jednoetapowo

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

- Aluminiowanie łopatek wirujących i kierujących turbin silników lotniczych
- Aluminiowanie łopatek turbin energetycznych
- Wytwarzanie powłokowych barier cieplnych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Elementy o najwyższej wymaganej odporności na utlenianie

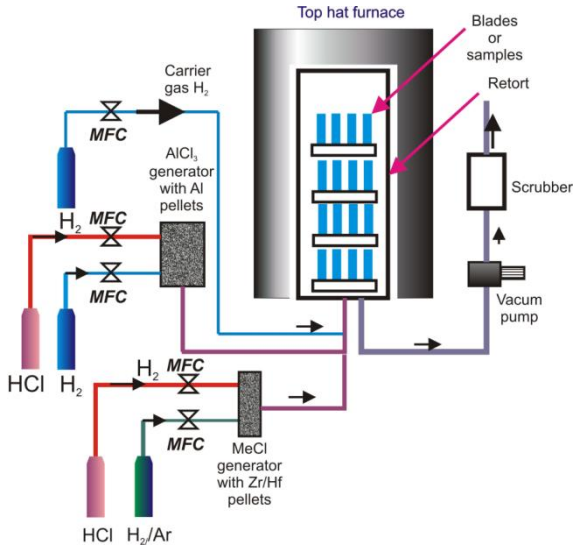
Twórcy

mgr inż. Maciej Pytel, dr inż. Marek Góral, dr hab. inż. Ryszard Filip

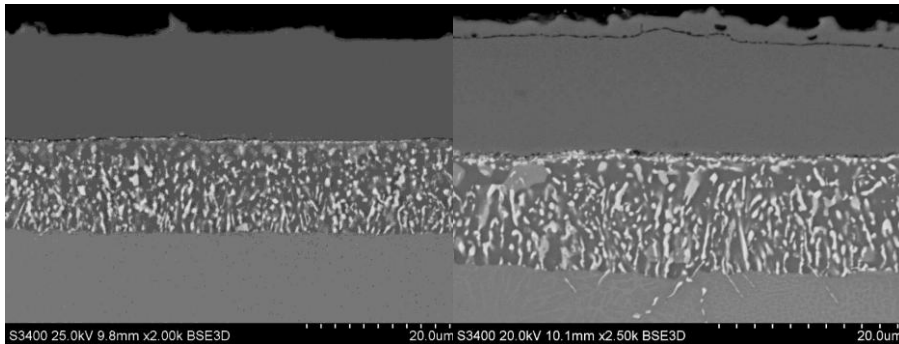
Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Materiałoznawstwa;  
Dr hab. inż. Ryszard Filip, prof. PRz, e-mail: ryfil@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1144

Dr inż. Marek Góral, e-mail: mgoral@prz.edu.pl  
tel. 17 865 3656



Schemat ideowy prowadzenia procesu aluminiowania z dodatkowym wprowadzaniem cyrkonu



Mikrostruktura dyfuzyjnej warstwy aluminikowej modyfikowanej cyrkonem wytworzona na podłożu stopu MAR M200+Hf (po lewej) oraz na łopacie silnika lotniczego PZL-10 wykonanej ze stopu ZS6K

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 81

ZB10

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Podstawy technologii międzywarstw  
pod powłokowe bariery cieplne EB-PVD

TRL 4

Zwięzły opis  
rozwiązania

Rozwiązanie dotyczy opracowania podstaw technologii otrzymywania powłokowych barier cieplnych. Międzywarstwa aluminiokowa modyfikowana jest pierwiastkami szlachetnymi. Cechą rozwiązania są parametry wytwarzania międzywarstwy oraz parametry obróbki cieplnej przed naniesieniem warstwy ceramicznej metodą EB-PVD w celu uzyskania wysokich właściwości eksploatacyjnych silnika lotniczego lub turbiny gazowej

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Znaczące zwiększenie trwałości łopatek turbiny wysokiego ciśnienia, możliwość zwiększenia temperatury i czasu eksploatacji łopatek

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, przemysł turbin gazowych, energetyka

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Wysoki koszt urządzeń

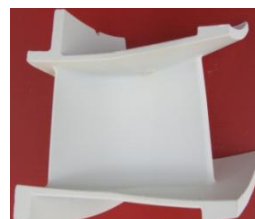
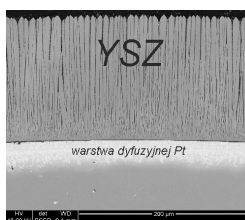
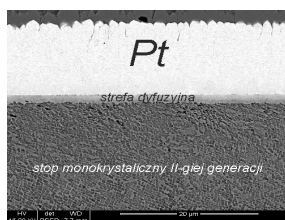
Twórcy

dr hab. inż. Lucjan Swadźba, prof. dr hab. inż. Marek Hetmańczyk, dr hab. inż. Bogusław Mendala, mgr inż. Radosław Swadźba, dr inż. Bartosz Witala, mgr inż. Wacław Supernak

Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii;  
Dr hab. inż. Lucjan Swadźba, prof. PŚ, e-mail: lucjan.swadzba@polsl.pl,  
tel. +48 32 603 4457

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Materiałoznawstwa;  
Dr hab. inż. Ryszard Filip, prof. PRz, e-mail: ryfil@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1144



*Powłokowe bariery cieplne wytwarzane metodą eb-pvd. Międzywarstwa dyfuzyjna modyfikowana pierwiastkami szlachetnymi, powłoka po naniesieniu warstwy ceramicznej, łopátka z powłokową barierą cieplną*



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Sposób zwiększenia trwałości elementów  
silnika lotniczego z wykorzystaniem systemu  
Triplex Pro 200**

TRL 6

Zwięzły opis  
rozwiązania

W ramach wymienionego rozwiązania opracowanie parametrów nanoszenia na powierzchnię elementu turbiny, wykonanego z żarowytrzymałego stopu niklu metodą precyzyjnego odlewania lub kształtowania metodą obróbki plastycznej (łopatki turbiny, komory spalania), powłokowej bariery cieplnej wytworzonej metodą natryskiwania cieplnego (APS) z wykorzystaniem nowoczesnego systemu TriplexPro-200 zapewniającego wysoką powtarzalność parametrów oraz mikrostruktury powłoki w kolejnych procesach natryskiwania. W wyznaczonych obszarach łopatki lub komory spalania wytwarza się otwory metodą drążenia laserowego przez warstwę ceramiczną, międzywarstwę oraz materiał łopatki

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Wysoka powtarzalność parametrów natryskiwania w stosunku do dotychczas stosowanych metod natryskiwania plazmowego, zwiększenie trwałości łopatek kierujących oraz komór spalania w turbinowych silnikach lotniczych, możliwość zwiększenia trwałości wybranych elementów silników samochodów

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, przemysł turbin gazowych, przemysł motoryzacyjny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Koszt inwestycji

Twórcy

dr hab. inż. Lucjan Swadźba, dr inż. Stanisław Dudek, prof. dr hab. inż. Marek Hetmańczyk, dr inż. Paweł Sosnowy, dr hab. inż. Bogusław Mendala, dr inż. Bartosz Witala, dr hab. inż. Grzegorz Moskal, mgr inż. Wacław Supermak

Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii;  
Dr hab. inż. Lucjan Swadźba, prof. PŚ, e-mail: lucjan.swadzba@polsl.pl,  
tel. +48 32 603 4457



Elementy systemu TriplexPro-200 oraz łopatką kierującą z powłokową barierą cieplną i otworami drążonymi laserem. Testy trwałości

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Sposób nieniszczącej oceny grubości oraz degradacji powłok zwłaszcza powłokowych barier ciepłych

TRL 6

Zwięzły opis  
rozwiązania

Rozwiązanie polega na opracowaniu metodyki oceny zmian kształtu i wymiarów elementów z wykorzystaniem metody skanowania optycznego zwłaszcza łopatek turbin oraz komór spalania. Proponowana metoda może być wykorzystana w procesach natryskiwania cieplnego do nieniszczącej oceny grubości powłoki ceramicznej oraz równomierności jej wytworzenia. Metoda może być wykorzystana w ocenie procesu degradacji (zniszczenia) elementów w warunkach eksploatacji. Nadaje się do oceny zmian wymiarów i kształtu elementów w przemyśle lotniczym i motoryzacyjnym

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Obniżenie kosztów oceny grubości powłok. Skrócenie czasu opanowania technologii. Możliwość uniknięcia niszczących badań grubości powłok (metalografia), możliwość oceny grubości powłoki na całej powierzchni elementów, możliwość oceny zmian kształtu i wymiarów elementów konstrukcji

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

przemysł lotniczy, przemysł motoryzacyjny, przemysł maszynowy

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

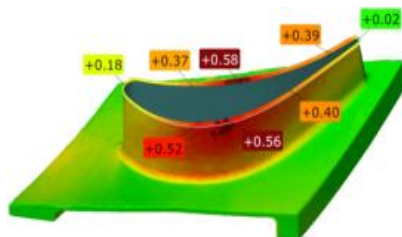
Wysoki koszt aparatury

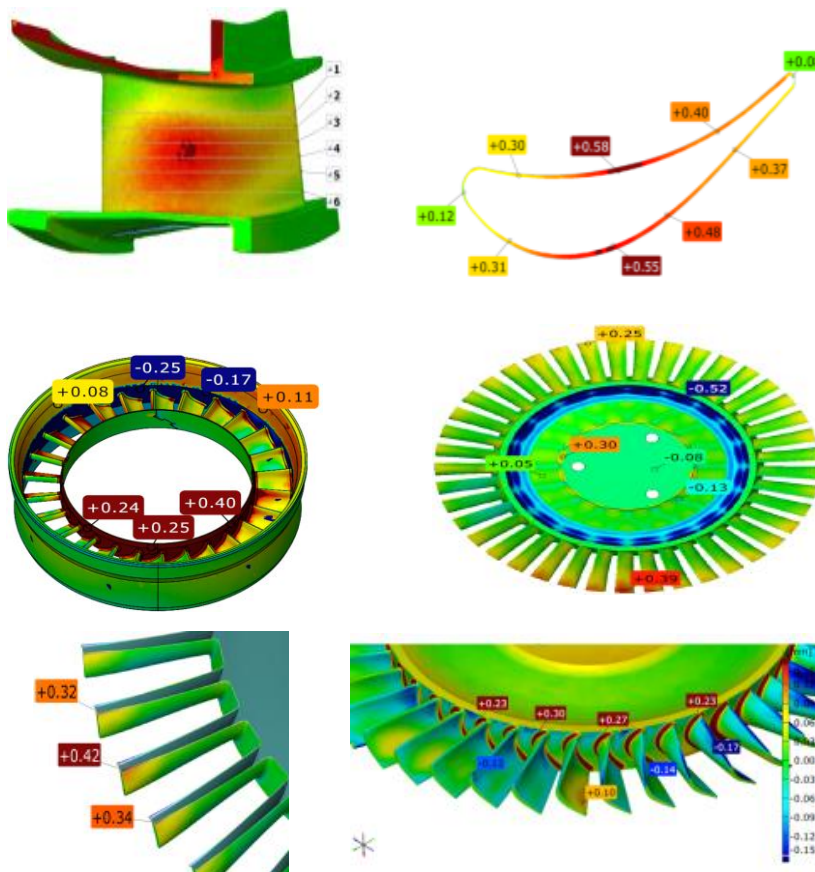
Twórcy

dr hab. inż. Lucjan Swadźba, prof. dr hab. inż. Marek Hetmańczyk, dr hab. inż. Bogusław Mendala, mgr inż. Radosław Swadźba, dr inż. Bartosz Witala, dr inż. Stanisław Dudek

Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii;  
Dr hab. inż. Lucjan Swadźba, prof. PŚ, e-mail: lucjan.swadzba@polsl.pl,  
tel. +48 32 603 4457





Przykłady wykorzystania metody skanowania optycznego w ocenie grubości powłok oraz równomierności powłoki



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Podstawy technologii wytwarzania powłok żaroodpornych na stopach wysokotopliwych zwłaszcza na stopach niobu



Zwięzły opis  
rozwiązania

Stopy metali wysokotopliwych charakteryzują się bardzo wysokimi właściwościami mechanicznymi w wysokiej temperaturze, przewyższającymi pod tym względem stopy niklu. Wadą tych stopów jest mała odporność na utlenianie w wysokiej temperaturze i skłonność do korozji katastrofalnej. Opracowano podstawy technologii oraz oprzyrządowanie do wytwarzania powłok ochronnych na stopach niobu i molibdenu zwiększające w znaczący sposób odporność na oddziaływanie wysokiej temperatury. Technologia bazuje na wytworzeniu na powierzchni elementu, powłoki ochronnej o grubości do 150 mikrometrów a następnie przeprowadzeniu obróbki cieplnej w atmosferze ochronnej. Otrzymana powłoka wytrzymuje kilkaset godzin w temperaturze 1200°C

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Prosta technologia, możliwość wytwarzania elementów ze stopów mogących pracować w temperaturze wyższej niż temperatura stosowania stopów niklu

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, dysze silników

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Wielkość elementów

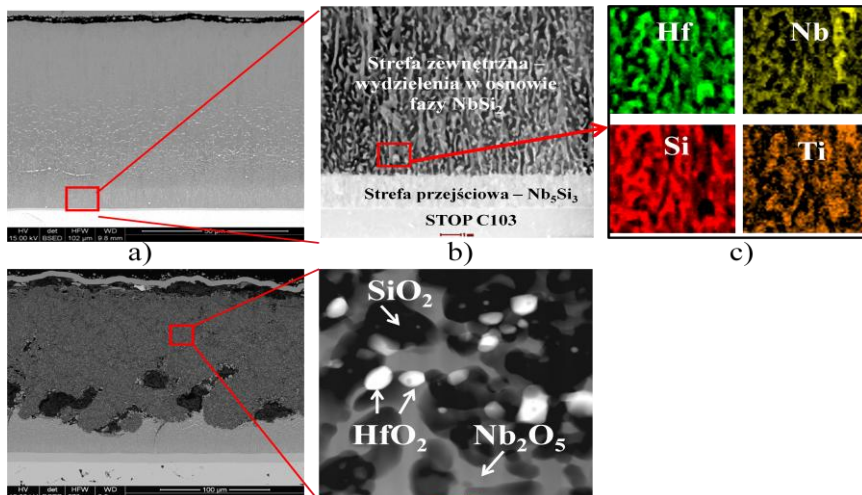
Twórcy

dr hab. inż. Lucjan Swadźba, prof. dr hab. inż. Marek Hetmańczyk, dr hab. inż. Bogusław Mendala, dr inż. Marcin Zawadzki, mgr inż. Radosław Swadźba, dr inż. Bartosz Witala, mgr inż. Wacław Supermak

Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii;  
Dr hab. inż. Lucjan Swadźba, prof. PŚ, e-mail: lucjan.swadzba@polsl.pl,  
tel. +48 32 603 4457





*Technologia powłok żaroodpornych na stopach niobu*

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Uchwyt do rozciągania próbek cylindrycznych  
z powłoką TBC oraz wewnętrznym chłodzeniem**

TRL 5

Nr zgłoszenia

P.405900

Zwięzły opis  
rozwiązania

Uchwyt pozwala na prowadzenie badań jednoosiowego rozciągania próbek cylindrycznych z powłoką TBC, wewnątrz których przepływa powietrze. Dodatkowo obie części uchwytu posiadają chłodzenie w postaci płaszcza wodnego

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Możliwość badania powłok ochronnych TBC w rzeczywistych warunkach tj. wysoka temperatura oraz obciążenia mechaniczne

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Laboratoria wytrzymałości materiałów

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

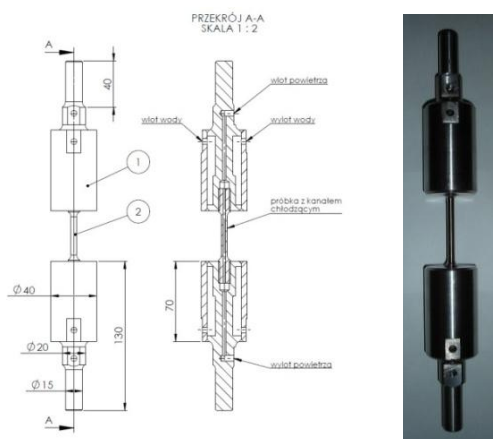
mgr inż. Przemysław Golewski, prof. dr hab. inż. Tomasz Sadowski  
mgr Marcin Kneć

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Mechaniki Ciała Stałego;  
Prof. dr hab. inż. Tomasz Sadowski, e-mail: sadowski.t@gmail.com,  
tel. +48 81 538 4384

Mgr inż. Przemysław Golewski, e-mail: pgolewski@gmail.com,  
tel. +48 81 538 4616

Mgr Marcin Kneć, e-mail: marcin.knec@gmail.com



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Nowoczesne bariery termiczne wytworzone  
na stopie tytanu Timetal 1100 do zastosowań  
w przemyśle lotniczym**

TRL 5

Zwięzły opis  
rozwiązania

Rozwiązanie polega na wytworzeniu barier termicznych (TBC) w dwóch etapach: (a) w pierwszym etapie wytwarza się dyfuzyjną warstwę międzymetaliczną  $TiAl_3+TiAl_2$ . Przeprowadzone badania izotermiczne wykazały, że wytworzona warstwa poprawia odporność na utlenianie stopu tytanu Timetal 1100 w temperaturze  $800^{\circ}C$  w czasie 100h w atmosferze powietrza+1%  $H_2O+1\%SO_2$ . (b) w drugim etapie metodą LPPS (LowPressurePlasmaSpraying) na dyfuzyjnej warstwie  $TiAl_3+TiAl_2$  wytwarza się powłokę ceramiczną  $ZrO_2+8\%Y_2O_3$  o strukturze nanometrycznej zawierającej kolumnową budowę krystalitów.

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Przewiduje się, że wytworzona bariera termiczna typu:  $(ZrO_2+8\%Y_2O_3)+Al_2O_3+ (TiAl_3+TiAl_2)$  na podłożu stopu tytanu Timetal 1100 będzie charakteryzowała się dobrą przyczepnością do podłoża poprzez nanokrystaliczny nieporowaty tlenek aluminium tworzący się w strefie przejściowej (TGO) i umożliwi poprawę odporności na korozję w podwyższonej temperaturze oraz podniesienie temperatury pracy stopu tytanu -Timetal 1100

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Lotnictwo  
- dyski sprężarek wysokiego ciśnienia  
- łopatki turbin niskiego ciśnienia

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

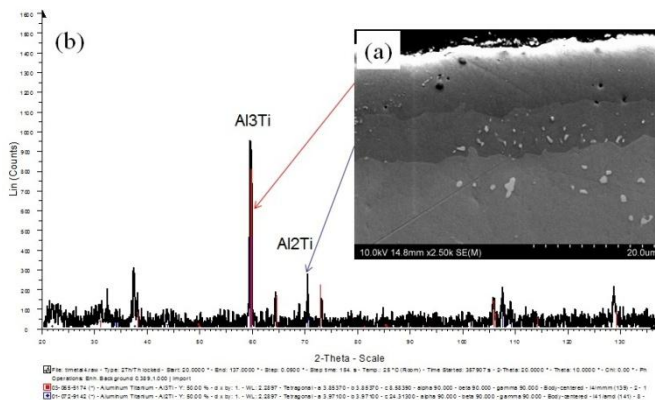
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr inż. Ryszard Sitek, prof. dr hab. inż. Jarosław Mizera

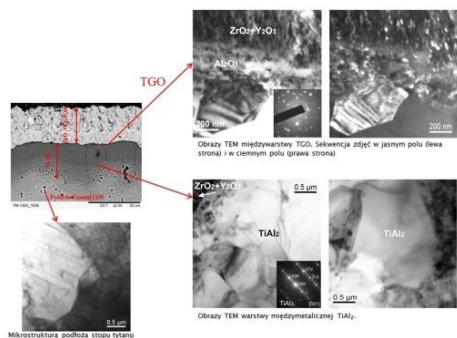
Dane kontaktowe

**Politechnika Warszawska**, Wydział Inżynierii Materiałowej;  
Dr inż. Ryszard Sitek, e-mail: rsitek@inmat.pw.edu.pl,  
tel. +48 22 234 8155,

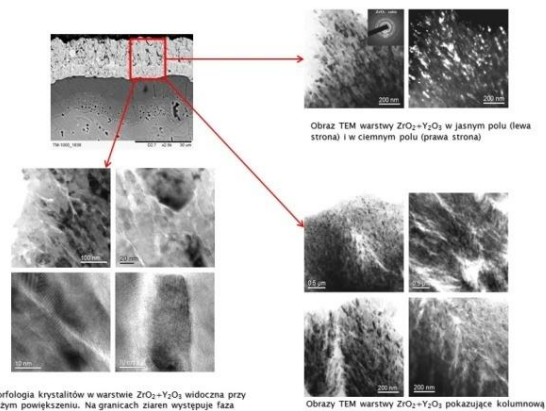


(a) mikrostruktura, (b) skład fazowy warstwy wytworzonej na podłożu stopu tytanu Timetal 1100

**Badania TEM powłoki ceramicznej ( $ZrO_2+8\%Y_2O_3$ )**



**Badania TEM strefy TGO oraz z warstwy międzymetalicznej  $TiAl_3+TiAl_2$**



**Badania izotermiczne stopu tytanu Timetal 1100 w stanie wyjściowym oraz z warstwą  $TiAl_3+TiAl_2$**

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 87

ZB10

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Sposób bezdotykowej kontroli jednorodności  
ochronnych powłok powierzchniowych

TRL 6

Nr zgłoszenia P.403346

Zwięzły opis  
rozwiązania

Sposób bezdotykowej kontroli jednorodności ochronnych powłok powierzchniowych, wykorzystujący pomiar natężenia promieniowania elektromagnetycznego wzbudzonego w badanej warstwie, wynikający wskutek wprowadzenia strumienia energii o kontrolowanych parametrach od zewnątrz, charakteryzuje się tym, że w celu lokalizacji obszarów zawierających niejednorodności, energia wzbudzająca jest wprowadzana za pomocą strumienia gorącego gazu poprzez dyszę nadawczą z odzyskiwaniem gazu odbitego od powierzchni badanej dyszą odsysającą, wskutek czego wprowadzenie energii odbywa się w ograniczonym obszarze o średnicy współmiernej z rozmiarem przekroju poprzecznego niejednorodności poprzez skanowanie powierzchni badanej z jednoczesną analizą sygnału termograficznego od cieplnego śladu na powierzchni badanej

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zaproponowany sposób bezinwazyjnej kontroli defektów z wykorzystaniem termografii i wzbudzenia „zogniskowanym” strumieniem gorącego powietrza pozwoli na ujawnienie ukrytych defektów, np. wad (nieciągłości) w spawie czy defektów w powłoce ochronnej o wymiarze od 0.2 mm i wyżej. Istniejące przemysłowe metody – rentgenograficzna czy penetracyjna – nie są nakierowane na obserwacje tak małych ukrytych defektów, które mogą doprowadzić jednak do dezintegracji części pracującej w ekstremalnych warunkach

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Bezinwazyjna kontrola spawów oraz powłok ochronnych w przemyśle lotniczym

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

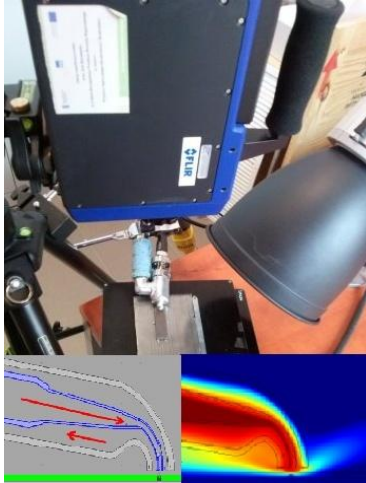
Proponowany sposób bezinwazyjnej kontroli jest efektywnym dla niewielkich obszarów badanego materiału i może okazać się skutecznym w przypadku kombinacji z taką metodą jak impulsowa termografia, gdy wzbudzenie jest wprowadzane za pomocą błysku lampy ksenonowej na stosunkowo dużych powierzchniach. Podejrzane miejsca, później mogą być kontrolowane bardziej precyzyjnym proponowanym wyżej sposobem

Twórcy

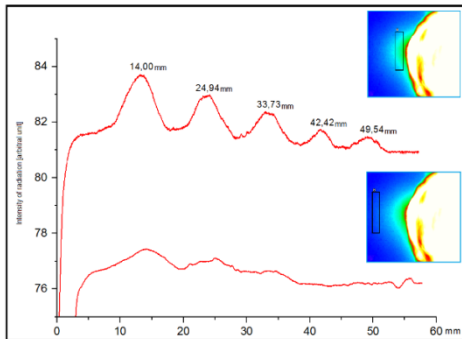
mgr inż. Kinga Maś, mgr Mariusz Woźny, dr hab. inż. Siergiej Prokhorenko, prof. dr hab. Eugeniusz Szeregij, Kataryna Kashpor

Dane kontaktowe

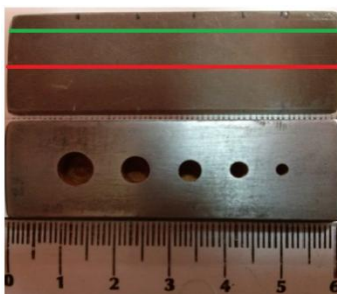
Uniwersytet Rzeszowski, Centrum Mikroelektroniki  
i Nanotechnologii;  
Mgr inż. Kinga Maś, e-mail: kinga04@interia.pl  
tel. +48 17 8518674



*Eksperymentalna instalacja z: kamerą termograficzną, dyszą skanującą badaną powierzchnie (niżej pokazano schemat dyszy i jej obraz termograficzny)*



*Krzywa sygnału termograficznego, rejestrująca miejsca ukrytych defektów – maksymami*



*Badana próbka z ukrytymi defektami – skanowanie wykonano na powierzchni tylnej (wzdłuż linii zielonej i czerwonej), gdzie nie widać otworów*



# ZB11

## Materiały lotnicze o zaawansowanej strukturze (monokryształ, krystalizacja kierunkowa)





Tytuł rozwiązania innowacyjnego

Metoda badania doskonałości struktury monokryształów

TRL 5

Nr zgłoszenia

P.398705

Zwięzły opis rozwiązania

Rozwiązanie polega na opracowaniu konstrukcji urządzenia wykorzystującego promieniowanie rentgenowskie oraz metodyki badań doskonałości krystalicznej odlewów z nadstopów niklu o mikrostrukturze monokrystalicznej. W tym celu został skonstruowany dyfraktometr rentgenowski, który umożliwia wyznaczenie wartości parametrów charakteryzujących doskonałość monokryształów

Korzyści z wdrożenia rozwiązania innowacyjnego/ zalety rozwiązania

Zaletą urządzenia i dedykowanej metodyki wykonywania pomiarów jest nieniszcząca metoda badań (dotychczas stosowane są metody niszczące – wymagane jest przygotowanie próbek metodami cięcia, szlifowania i polerowania). Opracowana metodyka badań umożliwia ocenę doskonałości krystalicznej odlewów z nadstopów niklu bez konieczności przygotowywania próbek do badań oraz skraca czas ich wykonania

Obszar potencjalnych zastosowań

Rozwiązanie może być zastosowane do badań wyrobów o mikrostrukturze monokrystalicznej (np. łopatkę turbin wysokiego ciśnienia silników lotniczych, elementy monokrystaliczne stosowane w przemyśle motoryzacyjnym, itp.)

Ograniczenia jeśli występują w zastosowaniu rozwiązania

Ograniczeniem są wymiary badanych wyrobów (100 x 100 x 20 mm)

Twórcy

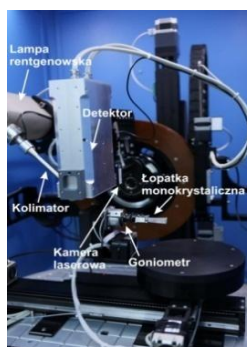
prof. dr hab. inż. Jan Sieniawski, dr hab. inż. Krzysztof Kubiak, dr inż. Arkadiusz Onyszko

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Materiałoznawstwa;  
Mgr inż. Kamil Gancarczyk, e-mail: kamilgancarczyk@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1124  
Dr hab. inż. Krzysztof Kubiak, prof. PRz, e-mail: krkub@prz.edu.pl  
tel. +48 17865 1125



Dyfraktometr rentgenowski firmy EFG do badania orientacji krystalicznej nadstopów niklu



Podstawowe zespoły dyfraktometru EFG do badania orientacji krystalicznej nadstopów niklu

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

### Technologia nanoszenia cienkich warstw dwutlenku cyrkonu na powierzchni rdzeni ceramicznych przeznaczonych na łopatki turbin silników lotniczych



Zwięzły opis  
rozwiązania

Ideą rozwiązania jest nanoszenie cienkiej warstwy ceramicznej na powierzchni rdzeni przeznaczonych do wytwarzania łopatek turbin silników lotniczych przy użyciu metod cienkowarstwowych. Warstwy te mają na celu poprawić gładkość powierzchni rdzeni ceramicznych a co za tym idzie gładkość powierzchni kanałów wewnętrznych łopatek. Do realizacji tego celu jest używany proszek dwutlenku cyrkonu stabilizowany tlenkiem itru (8YSZ). Jest to materiał charakteryzujący się wysoką ogniotrwałością wynoszącą 1800°C. Ponadto materiał ten charakteryzuje się bardzo małą chropowatością w przypadku otrzymywania metodami cienkowarstwowymi  $Ra \leq 1\mu m$ . Przy użyciu tego proszku wytwarzana jest zawieszina z etanolem oraz nośnikiem w skład, którego wchodzi etyloceluloza jako spoiwo i bis(2etylohexylo)ftalan jako plastyfikator. Warstwy przy użyciu tej zawiesziny są nanoszone na powierzchnię rdzeni ceramicznych przy użyciu metod cienkowarstwowych Dip Coating i Ink Jet Printing (IJP).

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Poprawa jakości powierzchni wewnętrznych kanałów łopatek turbin co przełoży się bezpośrednio na zmniejszenie wystąpienia defektów powierzchniowych a to z kolei spowoduje poprawę bezpieczeństwa użytkowania silników lotniczych. Zmniejszenie brakowości wytwarzanych łopatek turbin silników lotniczych co przełoży się na zmniejszenie kosztów jednostkowych produkcji łopatek

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy. Odlewnia precyzyjna łopatek turbin silników lotniczych. Przemysł energetyczny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

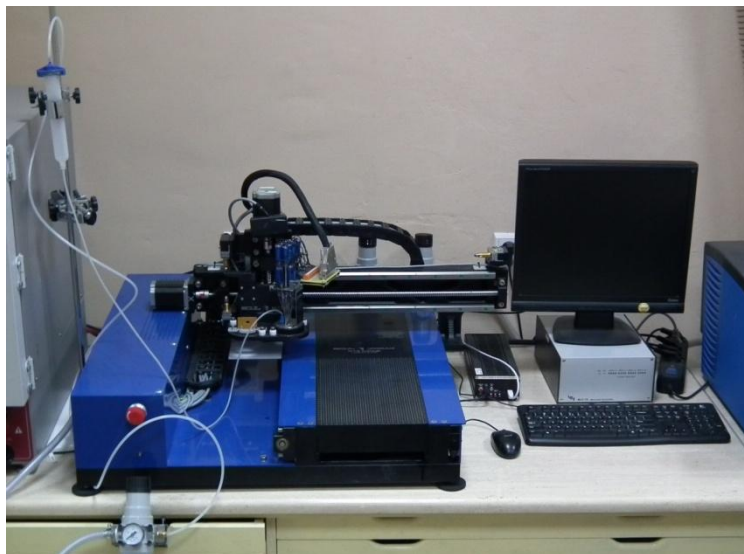
Twórcy

dr inż. Ryszard Kluczowski, Magdalena Gromada, Janusz Świder, Mariusz Krauz

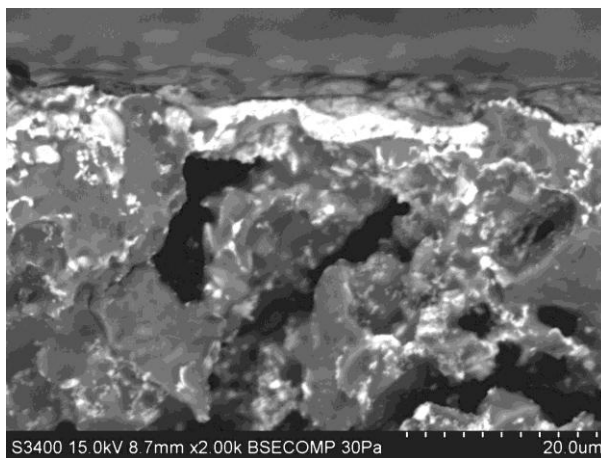
Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Materiałoznawstwa  
Dr hab. inż. Krzysztof Kubiak, prof. PRz, e-mail: krkub@prz.edu.pl  
tel. +48 17865 1125

Dr inż. Ryszard Kluczowski, e-mail: kluczowski@cerel.pl  
Tel. +48 17 87 20 226, +48 698 088 637



Urządzenie do Ink Jet Printingu



Powierzchnia przekroju rdzenia z naniesioną metodą Dip Coating z warstwą YSZ wypalony w temperaturze 1300°C

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Kontrola zanieczyszczeń pierwiastkami z grupy żelaza materiałów stosowanych na rdzenie i formy ceramiczne metodą spektrometrii elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR)

TRL 6

Zwięzły opis  
rozwiązania

Zgodnie z rozwiązaniem opracowano prostą metodykę pomiarów zanieczyszczeń w oparciu o charakterystyczne linie widma EPR

Korzyści z wdrożenia rozwiązania innowacyjnego/ zalety rozwiązania

Możliwość pomiarów zanieczyszczeń na poziomie dotychczas niemożliwym do detekcji w oparciu o standardowe metody pomiarowe. Rozwiązanie umożliwia wykrywanie zanieczyszczeń które posiadają niesparowany spin elektronowy: jony z grupy żelaza, metale przejściowe, wolne rodniki oraz defekty i domieszki np. azot w diamencie o bardzo niewielkiej zawartości. Metoda EPR jest jedną z najczulszych metod. Można badać materiały proszkowe, ciecze lub kryształy. Można wykrywać zmiany wartościowości, uzyskiwać informacje o wiązaniach chemicznych i oddziaływaniach jonu z siecią

Obszar potencjalnych zastosowań

Możliwe zastosowania metody EPR w szerokim zakresie obejmującym sektory: lotniczy, motoryzacyjny, biotechnologiczny, ceramiczny, chemiczny, tworzyw sztucznych, kosmetyczny, spożywczy, farmaceutyczny

Ograniczenia jeśli występują w zastosowaniu rozwiązania

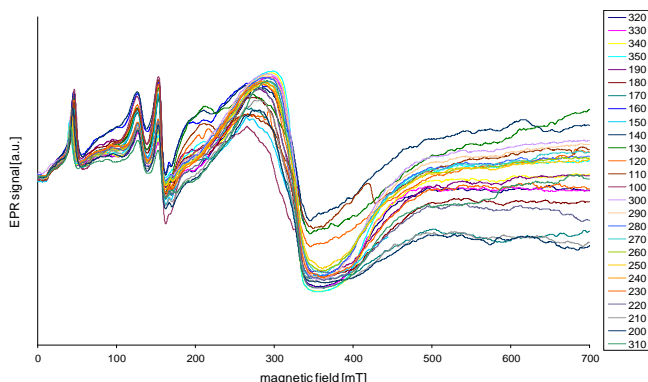
Ograniczeniem jest możliwość badań materiałów, które mają niezerowy wypadkowy spin

Twórcy

dr Ireneusz Stefaniuk, prof. dr hab. Eugeniusz Szeregij, mgr. inż. Iwona Rogalska

Dane kontaktowe

Uniwersytet Rzeszowski, Centrum Mikroelektroniki i Nanotechnologii;  
Dr Ireneusz Stefaniuk, e-mail: [istef@ur.edu.pl](mailto:istef@ur.edu.pl),  
tel. +48 17 851 8672



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Lejna mieszanina formierska do produkcji  
warstw przymodelowych ceramicznych form  
odlewniczych na osnowie tlenku itru oraz  
spoiwa zawierającego nanocząstki tlenku glinu**

TRL 8

Nr zgłoszenia

P.407541

Zwięzły opis  
rozwiązania

Lejna mieszanina formierska do produkcji ceramicznych form odlewniczych na bazie mieszaniny proszków o różnej wielkości cząstek Y2O3 o granulacji (200 oraz 325 mesh) dodawanych w proporcjach 50%-50% wag, albo 35%-65% wag, albo 65%-35% wag, wodnego nanokompozytu zawierającego koloidalny Al2O3 o średniej wielkości cząstek 5 nm - 100 nm i zawartości Al2O3 40% wagowych, jednego spoiwa w ilości 6% ± 15% objętościowo w stosunku do ilości wodnego nanokompozytu zawierającego koloidalny Al2O3 wybranego z grupy: wodorozpuszczalny poli(alkohol winylowy) o stopniu hydrolizy 77 – 88% i ciężarze cząsteczkowym 14000 g/mol – 130000 g/mol albo wodorocieńczalna dyspersja polimerowa poli(akrylowa) albo poli(uretanowa) o temperaturze zeszklenia-60 °C do +50°C i zawartości fazy stałej w dyspersji 16 – 50% wagowych, środka antypieniennego w ilości 0,010-0,075 % objętościowo w stosunku do ilości dwóch spoiw, środka zwilżającego w ilości 0,010-0,075% objętościowo w stosunku do ilości dwóch spoiw, przy czym udział fazy stałej wynosi 70-85% wagowych a udział mieszaniny proszków o różnej wielkości cząstek Y2O3 o granulacji (200 oraz 325 mesh) dodawanych w proporcjach 50%-50% wag, albo 35%-65% wag, albo 65%-35% wagowych

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Możliwość wytwarzania form ceramicznych, które w kontakcie z reakcyjnymi stopami niklu i tytanu nie powodują reakcji chemicznej, co zmniejsza wady w odlewie oraz koszty obróbki końcowej produktu

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Odlewanie precyzyjne części silników i maszyn, lotnictwo

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Produkcja tylko jednej warstwy tzw. przymodelowej (pierwszej), która ma bezpośredni kontakt z odlewającym stopem z powodu większej ceny w porównaniu ze stosowanymi obecnie proszkami ceramicznymi

Twórcy

mgr inż. Marcin Małek, dr inż. Paweł Wiśniewski, dr inż. Hubert Matysiak, prof. dr hab. inż. Krzysztof J. Kurzydłowski

Dane kontaktowe

**Politechnika Warszawska**, Wydział Inżynierii Materiałowej;  
Dr inż. Paweł Wiśniewski, e-mail: p.wisniewski@inmat.pw.edu.pl,  
tel. +48 22 234 81 58

Mgr inż. Marcin Małek, e-mail: marcin.malek@inmat.pw.edu.pl,  
tel. +48 22 234 8156





## ZB12

# Odlewanie precyzyjne stopów Ni na krytyczne części silników lotniczych





Tytuł rozwiązania innowacyjnego

Met-Ilo – uniwersalne narzędzie do ilościowej oceny struktury tworzyw

TRL 8

Zwięzły opis rozwiązania

Met-Ilo pozwala na ilościowy opis struktury materiałów zapisanych cyfrowo w formatach bmp, tiff, jpeg, psref, grey, czy o maksymalnym rozmiarze 2048\*1600 pikseli. Detekcja obiektów realizowana jest manualnie lub automatycznie. Pomiar prowadzony jest metodą liniową i/lub powierzchniową. Standardowo wyznaczane są 24 parametry. Dodatkowe specjalistyczne moduły pomiarowe pozwalają na ilościową ocenę porowatości, detekcję wydzieleni fazy  $\gamma'$  w nadstopach niklu, ujawnianie ramion pierwotnych dendrytów i wyznaczania odległości między nimi, kolorowania obiektów w oparciu o wyniki ilościowej oceny struktury

Korzyści z wdrożenia rozwiązania innowacyjnego/zalety rozwiązania

Przyspieszenie i obiektywizacja pomiaru cech struktury. Możliwość dostosowania warunków pomiaru do obowiązujących norm oraz wymagań użytkownika

Obszar potencjalnych zastosowań

Pełna ilościowa ocena struktury dowolnych tworzyw metodą powierzchniową i liniową

Ograniczenia jeśli występują w zastosowaniu rozwiązania

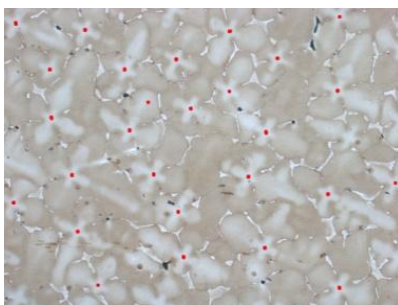
Charakteryzowane obiekty powinny wyraźnie różnić się od tła kolorem lub poziomem szarości

Twórcy

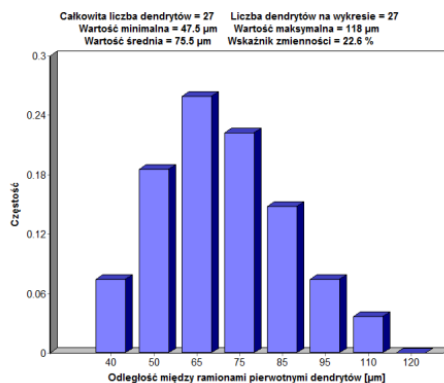
prof. dr hab. inż. Janusz Szala

Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Instytut Nauki o Materiałach;  
Prof. dr hab. inż. Janusz Szala, e-mail: Janusz.Szala@polsl.pl  
tel. +48 32 603 4239



Ocena odległości między ramionami pierwotnymi dendrytów



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Lejna mieszanina formierska do produkcji  
ceramicznych form odlewniczych

TRL 8

Nr zgłoszenia

P.406518

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedmiotem wynalazku jest mieszanina formierska na bazie proszku SiC, wodnego nanokompozytu zawierającego nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pełniącego rolę spoiwa konstrukcyjnego oraz spoiw dodatkowych: wodorozpuszczalnych i wodorozcieńczalnych tj. poli(alkohol winylowy), glikol polietylenowy, spoiw poli(akrylowych) i poliuretanowych; sporządzona w celu wytworzenia ceramicznej formy odlewniczej stosowanej w metalurgii i odlewnictwie precyzyjnym maszyn oraz części lotniczych

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Możliwość wytwarzania form ceramicznych, które charakteryzują się wysokim przewodnictwem cieplnym, co znacznie skróci czas krzepnięcia odlewu, a co za tym idzie może spowodować wzrost jego wł. fizyko-chemicznych

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Odlewanie precyzyjne części silników i maszyn, lotnictwo

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

mgr inż. Marcin Małek, dr inż. Paweł Wiśniewski, dr inż. Hubert Matysiak, prof. dr hab. inż. Krzysztof J. Kurzydłowski

Dane kontaktowe

**Politechnika Warszawska**, Wydział Inżynierii Materiałowej;  
Dr inż. Paweł Wiśniewski, e-mail: p.wisniewski@inmat.pw.edu.pl,  
tel. +48 22 234 81 58

Mgr inż. Marcin Małek, e-mail: marcin.malek@inmat.pw.edu.pl,  
tel. +48 22 234 8156



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 94

ZB12

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Lejna mieszanina formierska do produkcji  
warstw ceramicznych form odlewniczych**

TRL 8

Nr zgłoszenia

P.411911

Zwięzły opis  
rozwiązania

Lejna mieszanina formierska do produkcji warstw ceramicznych form odlewniczych składa się z osnowy w postaci proszku  $ZrSiO_4$  o różnej wielkości cząstek  $ZrSiO_4$   $5 \mu m \pm 70 \mu m$ , spoiwa głównego w postaci wodnego nanokompozytu zawierającego koloidalny  $Al_2O_3$  o średniej wielkości cząstek 5 nm - 100 nm i zawartości  $Al_2O_3$  40% wagowych, jednego spoiwa dodatkowego wybranego z grupy: wodorozpuszczalny poli(alkohol winylowy) albo glikol poli(etylenowy) albo metyloceluloza o lepkości 20 – 5000 mPa·s albo karboksymetyloceluloza o lepkości 20 – 3000 mPa·s albo dekstryna o lepkości 20-4000 mPa·s albo wodorocieńczalna dyspersja polimerowa poli(akrylowa) albo dyspersja polimerowa poli(winyłowa) albo dyspersja poli(uretanowa) w ilości 6% - 15% objętościowo w stosunku do ilości spoiwa głównego, środka antypiennego w ilości 0,010-0,075 % objętościowo w stosunku do ilości dwóch spoiw, środka zwilżającego w ilości 0,010-0,075% objętościowo w stosunku do ilości dwóch spoiw, przy czym udział fazy stałej wynosi 50-75% wagowych a udział proszku  $ZrSiO_4$  o różnej wielkości cząstek  $ZrSiO_4$  w zakresie  $5 \mu m \pm 70 \mu m$

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

W porównaniu z dotychczas stosowanymi ceramicznymi masami odlewniczymi, gęstwy na bazie nowo opracowanych spoiw i proszku  $ZrSiO_4$  o różnej wielkości cząstek  $ZrSiO_4$  charakteryzują się dłuższym czasem stabilności mieszaniny. Formy uzyskane z opracowanych mieszanek mają: wyższą gęstość, mniejszą porowatość i istotnie mniejszą średnią wielkość porów. Dzięki opracowaniu mieszaniny formierskiej zgodnie z wynalazkiem uzyskano możliwość odlewania detali nadstopów Ni z podwyższoną zawartością pierwiastków reagujących z materiałem formy. Ponadto formy ceramiczne otrzymane z zaproponowanych składów mają wytrzymałość mechaniczną o 25% większą, niż analogiczne formy odlewnicze w których jako spoiwo zastosowano krzemionkę koloidalną

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Lotnictwo, odlewnictwo nadstopów niklu, staliwa i żeliwa; odlewanie precyzyjne części silników i maszyn

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr inż. Paweł Wiśniewski, mgr inż. Marcin Małek, dr Jadwiga Szymańska,  
dr hab. inż. Jarosław Mizera, prof. dr hab. inż. Krzysztof J. Kurzydłowski

Dane kontaktowe

**Politechnika Warszawska**, Wydział Inżynierii Materiałowej;  
Dr inż. Paweł Wiśniewski, e-mail: p.wisniewski@inmat.pw.edu.pl,  
tel. +48 22 234 81 58  
  
Mgr inż. Marcin Małek, e-mail: marcin.malek@inmat.pw.edu.pl,  
tel. +48 22 234 8156



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Lejna mieszanina formierska do produkcji  
warstw ceramicznych form odlewniczych

TRL 8

Nr zgłoszenia

P.411912

Zwięzły opis  
rozwiązania

Lejna mieszanina formierska do produkcji warstw ceramicznych form odlewniczych składająca się z osnowy w postaci proszków o różnych wielkościach cząstek, znanymi tym, że składa się z osnowy w postaci proszków  $ZrO_2$  o dwóch wielkościach cząstek: 100mesh i 200mesh albo 100mesh i 325mesh albo 200mesh i 325mesh dodawanych w proporcjach odpowiednio 50%-50% wagowych albo 35%-65% wagowych albo 65%-35% wagowych, spoiwa głównego w postaci wodnego nanokompozytu zawierającego koloidalny  $Al_2O_3$  o średniej wielkości cząstek 5 nm - 100 nm i zawartości  $Al_2O_3$  40% wagowych, jednego spoiwa dodatkowego wybranego z grupy: wodorozpuszczalny poli(alkohol winylowy) o stopniu hydrolyzy 77 – 88% i ciężarze cząsteczkowym 14000 g/mol – 130000 g/mol albo glikol poli(etylenowy) o ciężarze cząsteczkowym 10000 – 20000 g/mol albo metyloceluloza o lepkości 20 – 5000 mPa-s albo karboksymetyloceluloza o lepkości 20 – 3000 mPa-s albo dekstryna o lepkości 20-4000 mPa-s albo wodorozcieńczalna dyspersja polimerowa poli(akrylowa) o temperaturze zeszklenia -55°C do +50°C i zawartości fazy stałej w dyspersji 16 – 50% wagowych albo dyspersja polimerowa poli(winylowa) o temperaturze zeszklenia -40°C do +40°C i zawartości fazy stałej w dyspersji 18 – 55% wagowych albo dyspersja poli(uretanowa) o temperaturze zeszklenia -60°C do +50°C i zawartości fazy stałej w dyspersji 16 – 50% wagowych albo dodawanego w ilości 6% - 15% objętościowo w stosunku do ilości spoiwa głównego, środka antypiennego znanego w dziedzinie techniki w ilości 0,010-0,075 % objętościowo w stosunku do ilości dwóch spoiw, środka zwilżającego znanego w dziedzinie techniki w ilości 0,010-0,075% objętościowo w stosunku do ilości dwóch spoiw, przy czym udział fazy stałej wynosi 60-85% wagowych

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Gęstwy na bazie nowo opracowanych spoiw i mieszaniny proszków o różnej wielkości cząstek  $ZrO_2$  charakteryzują się dłuższym czasem stabilności mieszaniny – kilka tygodni. Formy mają wyższą gęstość, niższą porowatość i istotnie mniejszą średnią wielkość porów. Dzięki opracowaniu mieszaniny formierskiej według wynalazku uzyskano możliwość odlewania detali nadstopów Ni z podwyższoną zawartością pierwiastków reagujących z materiałem formy. Ponadto formy ceramiczne otrzymane z zaproponowanych składów mają wytrzymałość mechaniczną o 20% większą, niż analogiczne formy odlewnicze w których jako spoiwo zastosowano krzemionkę koloidalną. Istotnym czynnikiem jest ekologia. W zaproponowanym rozwiązaniu wszystkie mieszanki są układami wodnymi i nie występują w nich rozpuszczalniki organiczne. Formy odlewnicze otrzymane na bazie opracowanych składów oprócz odlewania nadstopów Ni znajdują również zastosowanie do odlewania innych metali tj. żeliwa

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Lotnictwo, odlewnictwo nadstopów niklu, staliwa i żeliwa; odlewanie precyzyjne części silników i maszyn

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA

ZB12

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr inż. Paweł Wiśniewski, mgr inż. Marcin Małek, dr hab. inż. Jarosław Mizera, prof. dr hab. inż. Krzysztof J. Kurzydłowski

Dane kontaktowe

**Politechnika Warszawska**, Wydział Inżynierii Materiałowej;  
Dr inż. Paweł Wiśniewski, e-mail: p.wisniewski@inmat.pw.edu.pl,  
tel. +48 22 234 81 58

Mgr inż. Marcin Małek, e-mail: marcin.malek@inmat.pw.edu.pl,  
tel. +48 22 234 8156



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Lejna mieszanina formierska do produkcji  
warstw ceramicznych form odlewniczych

TRL 8

Nr zgłoszenia

P.411174

Zwięzły opis  
rozwiązania

Lejna mieszanina formierska do produkcji ceramicznych form odlewniczych na bazie mieszaniny proszków o różnej wielkości cząstek  $Al_2O_3$  o granulacji (030 oraz 200; 030 oraz 325 mesh; 200 oraz 325 mesh) dodawanych w proporcjach 50%-50% wag, albo 35%-65% wag, albo 65%-35% wag, wodnego nanokompozytu zawierającego koloidalny  $Al_2O_3$  o średniej wielkości cząstek 5 nm - 100 nm i zawartości  $Al_2O_3$  40% wagowych, jednego spoiwa w ilości 6%  $\pm$  15% objętościowo w stosunku do ilości wodnego nanokompozytu zawierającego koloidalny  $Al_2O_3$  wybranego z grupy: wodorozpuszczalny poli(alkohol winylowy) o stopniu hydrolizy 77 – 88% i ciężarze cząsteczkowym 14000 g/mol – 130000 g/mol albo glikol poli(etylenowy) o ciężarze cząsteczkowym 10000 – 20000 g/mol, metylceluloza roztwór 2% o lepkości 20 – 5000 mPa·s, karboksymetyloceluloza o lepkości 20 – 3000 mPa·s albo dekstryna o lepkości 20-4000 mPa·s albo wodorocieńczalna dyspersja polimerowa poli(akrylowa) o temperaturze zeszklenia -55°C do +50°C i zawartości fazy stałej w dyspersji 16 – 50% wagowych albo dyspersja polimerowa poli(winylowa) o temperaturze zeszklenia -40°C do +40°C i zawartości fazy stałej w dyspersji 18 – 55% wagowych albo poli(uretanowa) o temperaturze zeszklenia -60°C do +50°C i zawartości fazy stałej w dyspersji 16 – 50% wagowych, środka antypiennego w ilości 0,010-0,075% objętościowo w stosunku do ilości dwóch spoiw, środka zwilżającego w ilości 0,010-0,075% objętościowo w stosunku do ilości dwóch spoiw, przy czym udział fazy stałej wynosi 60-80% wagowych a udział mieszaniny proszków o różnej wielkości cząstek  $Al_2O_3$  o granulacji (030 oraz 200; 030 oraz 325 mesh; 200 oraz 325 mesh) dodawanych w proporcjach 50%-50% wag, albo 35%-65% wag, albo 65%-35%. przy czym do obliczeń zakłada się udział % mieszaniny proszków o różnej wielkości cząstek  $Al_2O_3$  oraz masę wodnego nanokompozytu zawierającego koloidalny  $Al_2O_3$ .

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

W porównaniu z powszechnie stosowanymi masami odlewniczymi zawierającymi nanokrzemionkę, gęstwy na bazie nowo opracowanych spoiw i mieszaniny proszków o różnej wielkości cząstek  $Al_2O_3$  charakteryzują się większym czasem stabilności mieszaniny. Formy mają wyższą gęstość, niższą porowatość i istotnie mniejszą średnią wielkość porów. Ilości stosowanych proszków i spoiw są porównywalne zarówno w skali laboratoryjnej jak i przemysłowej. Dzięki opracowaniu mieszaniny formierskiej według wynalazku uzyskano możliwość odlewania detali nadstopów Ni z podwyższoną zawartością pierwiastków reagujących z materiałem formy. Ponadto formy ceramiczne otrzymane z zaproponowanych składów mają wytrzymałość mechaniczną o 20% większą, niż analogiczne formy odlewnicze w których jako spoiwo zastosowano krzemionkę koloidalną. Istotnym czynnikiem jest cena, która jest ok. 10-15% mniejsza od ceny mieszanek i form stosowanych powszechnie. Ponadto w zaproponowanym rozwiązaniu wszystkie mieszanki są układami wodnymi i nie występują w nich rozpuszczalniki organiczne. Formy odlewnicze otrzymane na bazie opracowanych składów oprócz odlewania nadstopów Ni znajdują również zastosowanie do odlewania innych metali np. żeliwa.

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA

ZB12

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Lotnictwo, odlewnictwo nadstopów niklu, staliwa i żeliwa; odlewanie precyzyjne części silników i maszyn

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

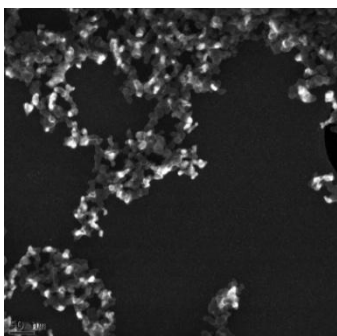
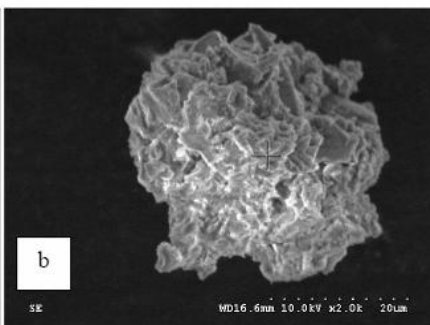
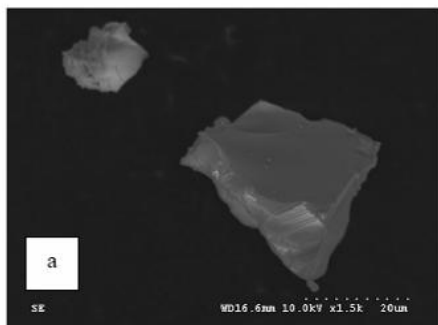
Twórcy

dr inż. Paweł Wiśniewski, mgr inż. Marcin Małek, dr hab. inż. Jarosław Mizera, prof. dr hab. inż. Krzysztof J. Kurzydłowski

Dane kontaktowe

**Politechnika Warszawska**, Wydział Inżynierii Materiałowej;  
Dr inż. Paweł Wiśniewski, e-mail: p.wisniewski@inmat.pw.edu.pl,  
tel. +48 22 234 81 58

Mgr inż. Marcin Małek, e-mail: marcin.malek@inmat.pw.edu.pl,  
tel. +48 22 234 8156







# ZB13

## Opracowanie technologii przetapiania stopów niklu z zastosowaniem modyfikowania nanocząstkami proszków



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 97

ZB13

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Technologia topienia stopów niklu  
z częściowym lub całkowitym wykorzystaniem  
odpadów poprodukcyjnych (wadliwe odlewy,  
elementy układów wlewowych)**

TRL 7

Nr zgłoszenia P.392782

Nr patentu 218437

Zwięzły opis  
rozwiązania

Wykazano, że ponowne topienie odpadów nie ma istotnego wpływu na zmiany w składzie chemicznym, zwłaszcza takich składników jak: Cr, Al., Ti, Nb i Hf. Skład chemiczny zachowany jest w granicach ustalonych normą, nawet po trzecim przetopie. Potwierdzeniem tego są wyniki badań makro i mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych, a zwłaszcza odporności na wysokotemperaturowe pelzanie. Technologia przewiduje ponadto kompleksową modyfikację odlewów, poprzez połączenie modyfikowania powierzchniowego i objętościowego. Modyfikacja objętościowa realizowana jest poprzez umieszczenie w zbiorniku wlewowym dodatkowego filtra modyfikującego, wykonanego według patentu. Innym, pozytywnym efektem zastosowania filtra modyfikującego jest podwójna (dodatkowa) filtracja stopu

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Możliwość kontrolowania makrostruktury odlewu

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Dla odlewów ze stopów niklu i kobaltu, z możliwością sterowania wielkością ziarna oraz dodatkowa filtracją ciekłego stopu

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

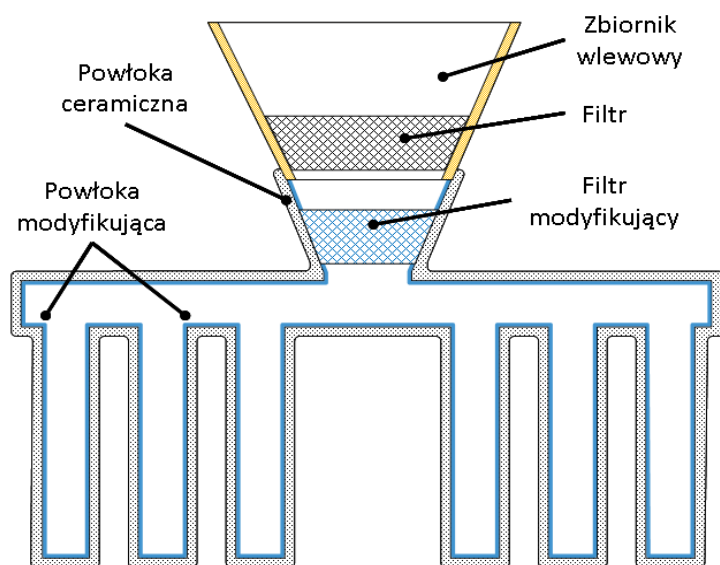
Efekt modyfikacji objętościowej zmniejsza się ze zwiększeniem sumarycznej masy odlewów, co wynika z ograniczonej powierzchni czynnej filtra

Twórcy

prof. dr hab. inż. Franciszek Binczyk, dr inż. Aleksander Smoliński,  
mgr inż. Paweł Gradoń, Eugeniusz Gadzik

Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Instytut Technologii Metali;  
Prof. dr hab. inż. Franciszek Binczyk, e-mail: Franciszek.Binczyk@polsl.pl  
tel. +48 32 603 4456



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Ocena jakości metalurgicznej wlewków wsadowych („master heat), metodą termicznej analizy ATD

TRL 9

Zwięzły opis  
rozwiązania

Problemem w procesie topienia i odlewania stopów niklu jest zachowanie dobrej jakości metalurgicznej wlewków wsadowych. Jakość metalurgiczna tych wlewków jest często zła (pokryte tlenkami rzadzinny i jamy skurczowe), co znacznie obniża jakość odlewów. Dotyczy to również innych stopów metali, w tym stopów żelaza i aluminium. W celu określenia „czystości” wlewków wsadowych zaproponowano i opracowano procedurę tej oceny poprzez rejestrację wykresów krzepnięcia próbek pobranych z określonych obszarów wlewków (od dostawcy). W przypadku innych stopów pobiera się próbę bezpośrednio z tygla pieca i odlewa do specjalnego próbnika. Wykazano pełną przydatność metody ATD do wstępnej oceny jakości wlewków

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Poprawa jakości odlewów z nadstopów niklu i kobaltu oraz odlewów z innych stopów metali.

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Ocena jakości metalurgicznej ciekłych stopów metali, w szczególności wlewków wsadowych ze stopów niklu, stopów żelaza (żeliwo, staliwo) oraz metali nieżelaznych. Odlewnie stopów żelaza i metali nieżelaznych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

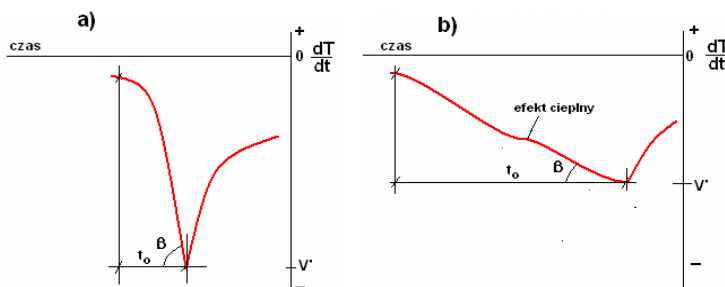
W przypadku stopów niklu pomiar procesu krzepnięcia powinien być prowadzony w warunkach próżni – wytop w indukcyjnym piecu próżniowym. Ocenę jakości stopów żelaza i metali nieżelaznych można prowadzić bezpośrednio na stanowisku topienia

Twórcy

prof. dr hab. inż. Franciszek Binczyk, prof. dr hab. inż. Jan Cwajna,  
mgr inż. Paweł Gradoń

Dane kontaktowe

**Politechnika Śląska**, Instytut Technologii Metali;  
Prof. dr hab. inż. Franciszek Binczyk, e-mail: Franciszek.Binczyk@polsl.pl  
tel. +48 32 603 4456



Przebieg pochodnej  $dT/dt$  w ostatnim etapie krzepnięcia: a) stop dobrej jakości, b) stop o złej jakości





# ZB14

## Materiały inteligentne oraz bazujące na nich systemy zespolone (ang. smart embedded systems) do zastosowania w lotnictwie





Tytuł rozwiązania innowacyjnego

Zawór wysokiej wydajności do poduszki gazowej (HPV)

TRL 4

Zwięzły opis rozwiązania

Na podstawie zgłoszenia o numerze P.385086, EP2113430 została opracowana dokumentacja zaworu HPV (High Performance Valve) przeznaczony do sterowania wypływem gazu z poduszki gazowej podczas procesu dynamicznej absorpcji energii zderzenia

Korzyści z wdrożenia rozwiązania innowacyjnego/zalety rozwiązania

Użycie jednorazowe poprawiające efektywność poduszki gazowej i zmniejszającej odbicie realizujące przebieg zamknięty-otwarty-zamknięty, sterowany z sterownika elektronicznego, niska masa, niewielki rozmiar, wysoki wydatek masowy, duża prędkość działania i niezawodność, skalowalność

Obszar potencjalnych zastosowań

Może być wykorzystywany w rozwiązaniach zawierających poduszki gazowe w lotnictwie lub innych środkach transportu

Ograniczenia jeśli występują w zastosowaniu rozwiązania

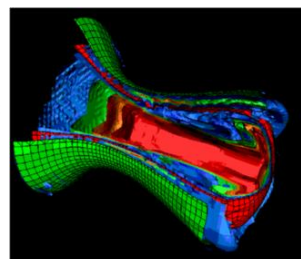
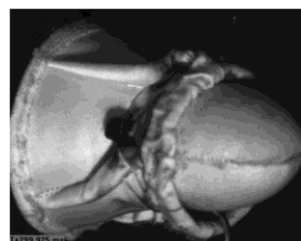
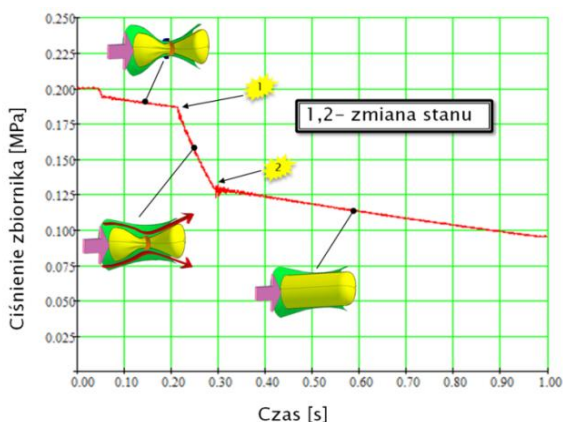
Nie ma ograniczeń

Twórcy

mgr inż. Marian Ostrowski, dr inż. Cezary Graczykowski, dr inż. Piotr Pawłowski

Dane kontaktowe

**Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN**  
Mgr inż. Marian Ostrowski e-mail: marian.ostrowski@invento.pl  
tel. +48 22 826 12 81 ext. 428



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Absorber energii uderzenia HPA oraz zastosowany w nim gazowy zawór piezoelektryczny

TRL 4

Zwięzły opis  
rozwiązania

Na podstawie zgłoszenia o numerach P.387534,P.392368 została opracowana dokumentacja absorbera energii uderzenia służącej do kontrolowanego przyjmowania energii kinetycznej obiektów

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Własności absorbera: konstrukcja o małej masie, nie wykorzystująca cieczy, możliwość sterowania wartością siły reakcji z rozdzielczością czasową do 1 ms, możliwość pracy w pętli sprzężenia zwrotnego z adaptacją odpowiedzi mechanicznej do aktualnych warunków wymuszenia, brak silnej relacji pomiędzy prędkością reakcji a siłą reakcji. Gazowy zawór piezoelektryczny o krótkim czasie otwierania/zamykania (<1ms), masowe natężenie przepływu gazu: 30g/s@10MPa, lekka, kompaktowa obudowa. Możliwość amortyzacji uderzeń mechanicznych bez wykorzystania układów hydraulicznych – rozwiązanie klasy 'fluid-less', precyzyjne w czasie i natężeniu sterowanie przepływem gazu

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Amortyzacja uderzeń technologicznych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

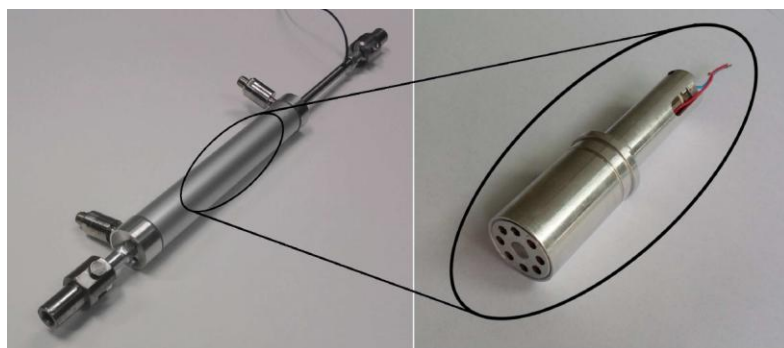
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr inż. Grzegorz Mikułowski, inż. Wiesław Rogoziński, mgr inż. Rafał Wiszowaty

Dane kontaktowe

**Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN;**  
Dr inż. Grzegorz Mikułowski, e-mail: gmikulow@iptt.pan.pl  
tel. +48 22 826 1281 ext.428



Gazowy zawór piezoelektryczny

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Adaptacyjna poduszka gazowa (ADBAG)

TRL 4

Zwięzły opis  
rozwiązania

Adaptacyjna poduszka gazowa może być wykorzystana w zadaniach związanych z zabezpieczeniami redukującymi negatywne skutki zderzeń w środkach transportu. Jednym z proponowanych zastosowań jest poduszka awaryjnego lądowania do lekkiego śmigłowca

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zastosowanie poduszki wyposażonej w sterowany system napełniania oraz wypuszczania gazu pozwala na znaczącą poprawę skuteczności w stosunku do układu niesterowanego.  
Zalety rozwiązania: minimalizacja obciążeń pionowych działających na załogę, zwiększenie granicznej prędkości przyziemienia, zmniejszenie odbicia, możliwe zapewnienie chwilowej pływalności

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Rozwiązanie może wspomagać system podwozia i zginiatanych części konstrukcji kadłuba przy lądowaniu ze zbyt dużą prędkością pionową

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

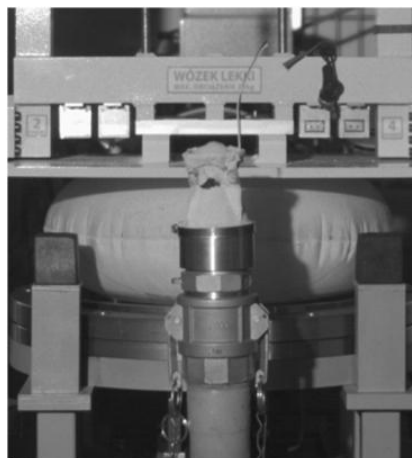
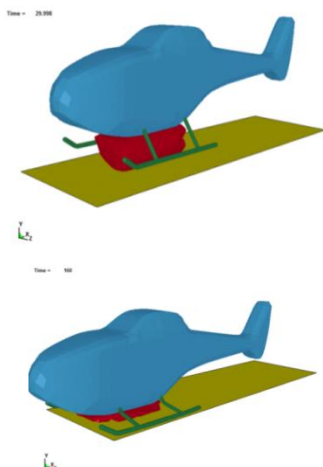
Nie ma ograniczeń

Twórcy

mgr inż. Marian Ostrowski, mgr inż. Grzegorz Suwała

Dane kontaktowe

**Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN**  
mgr inż. Marian Ostrowski e-mail: marian.ostrowski@invenco.pl  
tel. +48 22 826 12 81 ext. 428



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Adaptacyjny system redukcji transmisji wibroakustycznej kompozytów lotniczych

TRL 4

Zwięzły opis  
rozwiązania

Adaptacyjny system redukcji transmisji wibroakustycznej jest przeznaczony do kontroli drgań elementów powierzchniowych wykonanych z kompozytów lotniczych, w celu ograniczenia promieniowania akustycznego przede wszystkim w zakresie niskich częstotliwości.

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

System ma zwartą formę i nie zawiera żadnych czujników zewnętrznych. Cała informacja dotycząca promieniowania akustycznego struktur kompozytowych gromadzona jest wyłącznie na bazie analizy sygnałów elektrycznych zebranych ze zintegrowanych sensorów piezoelektrycznych. System pozwala na ograniczenie transmisji hałasu w niskich częstotliwościach, z czym nie radzą sobie metody pasywne (ze względu na ograniczoną grubość powłok poszycia)

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

System powinien być wykorzystywany w rozwiązaniach mających na celu ograniczenie hałasu wewnątrz kabin pojazdów lotniczych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

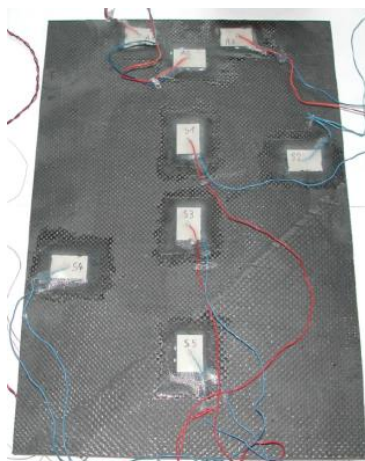
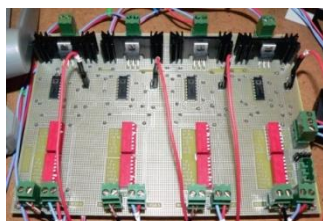
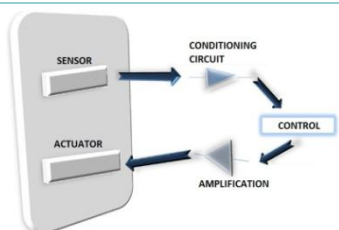
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr inż. Tomasz Zieliński

Dane kontaktowe

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN;  
dr inż. Łukasz Nowak e-mail: lnowak@ippt.pan.pl,  
tel. +48 22 826 12 81 ext. 432



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## System APF (Adaptive Pneumatic Fender)

TRL 4

Zwięzły opis  
rozwiązania

Mała prędkość obiektu uderzającego stwarza dogodne warunki do zastosowania technik adaptacyjnego rozpraszania energii związanych ze sterowaniem w czasie rzeczywistym własnościami shock-absorberów, tak aby maksymalnie łagodzić niepożądane skutki kolizji. System APF rys. 1 dla małych prędkości uderzenia powstał w oparciu o już istniejące, pasywne, pneumatyczne odbojnice typu Yokohama rys.2, które są obecnie stosowane w zabezpieczeniu antykolizyjnego na nabrzeżach portowych. Zastosowanie modułowej konstrukcji, w której parametry podstawowych komponentów (odbojnicy, sterowalny zawór upustowy) mogą być dobierane w szerokim zakresie, sprawia że System APF może być dostosowany do indywidualnych potrzeb

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

- Monitorowanie sił działających na System APF,
- Zwiększona energochłonność w stosunku do pasywnego rozwiązania,
- Sterowanie Systemem APF w czasie rzeczywistym,
- Regulowany poziom siły ściskającej,
- Możliwość dostosowania parametrów do indywidualnych potrzeb,
- Rozbudowa o dodatkową funkcjonalność min. przesył bezprzewodowy

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Transport wodny lub w innych środkach transportu, ochrona obiektów narażonych na uderzenia.

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

mgr inż. Grzegorz Suwała, prof. dr hab. inż. Jan Holnicki-Szulc, dr hab. inż. Przemysław Kołakowski

Dane kontaktowe

**Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN**  
Mgr inż. Grzegorz Suwała, email: [gswala@ippt.pan.pl](mailto:gswala@ippt.pan.pl)  
tel. +48 22 826 12 81 ext. 417



Demonstrator systemu APF i Pasywna odbojnica pneumatyczna

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Sterowalny zawór wykorzystujący przeskok  
bistabilny**

TRL 4

Nr zgłoszenia

P.407160

Zwięzły opis  
rozwiązania

Zawór wykorzystuje zjawisko szybkiego, kontrolowanego przeskoku elementu powłokowego do sterowania przepływem gazu. Przeznaczony jest do zastosowania w poduszkach gazowych w celu realizacji procesu adaptacyjnego rozpraszania energii uderzenia.

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zastosowanie zaworu w poduszce gazowej umożliwia precyzyjne kontrolowanie zmian ciśnienia gazu podczas uderzenia. Tym samym poprawia efektywność działania poduszki gazowej i zwiększa stopień ochrony zderzających się obiektów. Podstawowe cechy rozwiązania: duża prędkość działania, pełna sterowalność, duży wydatek masowy przepływu

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Zawór może być wykorzystywany w różnorodnych systemach rozpraszania energii uderzeń zawierających poduszki gazowe, w szczególności w lotnictwie, transporcie drogowym, kolejowym oraz morskim

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

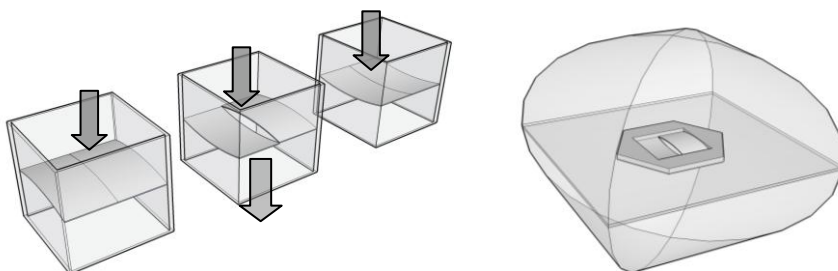
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr inż. Cezary Graczykowski, dr inż. Piotr Pawłowski, prof. dr hab. inż. Jan Holnicki-Szulc

Dane kontaktowe

**Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN**  
Dr inż. Piotr Pawłowski, e-mail: ppawl@ippt.pan.pl  
tel. +48 22 826 1281 ext. 197



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 105

ZB14

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Sposób generowania wstępnie zaprojektowanego  
udarowego obciążenia konstrukcji oraz  
urządzenie do generowania wstępnie  
zaprojektowanego udarowego obciążenia konstrukcji

TRL 3

Nr zgłoszenia

P.397312

Zwięzły opis  
rozwiązania

Wynalazek jakim jest pneumatyczne, sterowalne urządzenie (Impaktor) przeznaczone jest do generowania pojedynczych, impulsowych obciążeń konstrukcji, o zadanym czasie trwania i amplitudzie. Na początku ustala się przebieg udarowego obciążenia konstrukcji, następnie na podstawie obliczeń bilansu energetycznego określa się prędkość i masę zespołu uderzającego. Złożoną prędkość zespołowi uderzającemu nadaje się w momencie pierwszego kontaktu z badaną konstrukcją.

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Możliwość wygenerowania powtarzalnego, wstępnie zaprojektowanego obciążenia z przeznaczeniem do badań nieniszczących konstrukcji

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Analiza drgań konstrukcji, w szczególności do przeprowadzania identyfikacji uszkodzeń w układach mechanicznych, np. w inżynierii lotniczej, w przemyśle lotniczym

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

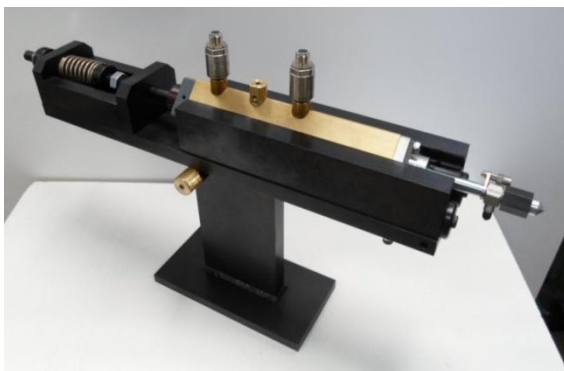
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr inż. Andrzej Świercz, dr inż. Grzegorz Mikułowski, dr inż. Cezary Graczykowski, mgr inż. Rafał Wiszowaty, prof. dr hab. inż. Jan Holnicki-Szulc, dr hab. inż. Przemysław Kołakowski

Dane kontaktowe

**Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN**  
Dr inż. Andrzej Świercz [andrzej.swiercz@ippt.pan.pl](mailto:andrzej.swiercz@ippt.pan.pl)  
tel. +48 22 826 1281 ext. 103



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Sposób zabezpieczenia mechanizmów turbiny  
wiatrowej przed skutkami nagłych, nadmiernych  
obciążeń i układ do zabezpieczenia łopaty turbiny**

TRL 3

Nr zgłoszenia

P.398448

Zwięzły opis  
rozwiązania

Sposób zabezpieczenia turbiny wiatrowej polega na szybkim przestawieniu kąta obrotu łopaty w przypadku przekroczenia dopuszczalnych naprężeń w nasadzie łopaty pod wpływem gwałtownego podmuchu, przy pomocy sterowalnego sprzęgła magnetoreologicznego.

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

- Szybsza, niż w przypadku istniejących mechanizmów nastawiania kąta łopaty reakcja na narastający podmuch wiatru,
- Rozwiązanie pół-aktywne – pozwala na złagodzenie obciążeń korzystając z niewielkiego poboru mocy,
- Możliwe jest również złagodzenie obciążeń aerodynamicznych łopaty w sytuacji awarii zasilania turbiny wiatrowej,

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Turbiny wiatrowe o poziomej osi obrotu

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

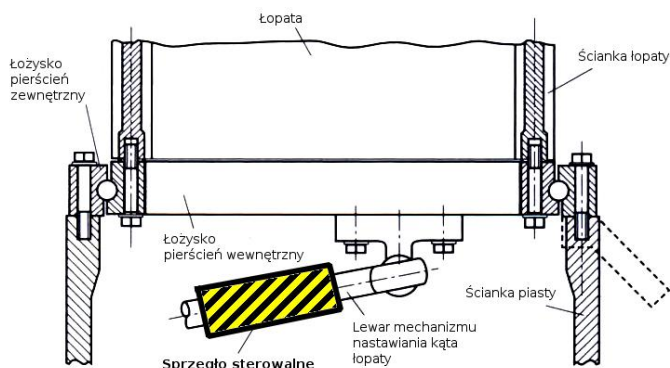
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr inż. Arkadiusz Mróz, prof. dr hab. inż. Jan Holnicki-Szulc, prof. dr hab. inż. Janusz Grzędziński

Dane kontaktowe

**Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN**  
Dr inż. Arkadiusz Mróz, e-mail: amroz@ippt.pan.pl  
tel. +48 22 826 1281





Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Półaktywny węzeł zwłaszcza do tłumienia drgań

TRL 3

Nr zgłoszenia

P.407763, EP14200262

Zwięzły opis  
rozwiązania

Półaktywny węzeł zwłaszcza do tłumienia drgań obejmuje dwie warstwy nośne elementu konstrukcji oraz sterowalne sprzęgło. Wynalazek umożliwiający kontrolowane łączenie i rozłączanie warstw konstrukcyjnych. Zakumulowana w trakcie drgań energia odkształcenia jest wykorzystywana do przeciwdziałania ruchowi w trakcie drgań konstrukcji.

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

- Bardzo wysoka efektywność w tłumieniu drgań mechanicznych,
- Rozwiązanie pół-aktywne - nie wymaga dostarczenia do układu znaczącej energii z zewnątrz,
- Wykorzystanie energii wewnętrznej układu do wytłumienia jego drgań,

Zanik zasilania w układzie kontrolnym nie powoduje upadnienia węzła

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Tłumienie drgań swobodnych elementów konstrukcji

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

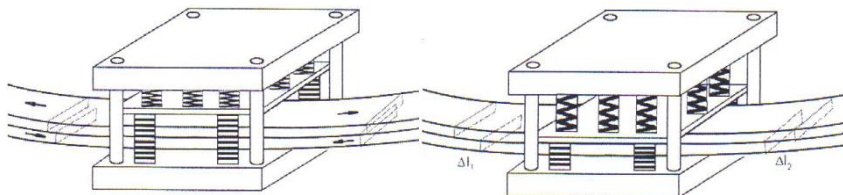
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr inż. Arkadiusz Mróz, prof. dr hab. inż. Jan Holnicki-Szulc, mgr inż. Jan Biczuk

Dane kontaktowe

**Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN**  
Dr inż. Arkadiusz Mróz, e-mail: amroz@ippt.pan.pl  
tel. +48 22 826 1281





Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Sposób wytwarzania poliuretanowej pianki  
auksetycznej, w tym gradialnej, na poduszki  
siedzisk**

TRL 4

Nr zgłoszenia

P.398953, P.404102

Zwięzły opis  
rozwiązania

Blok pianki poliuretanowej o wyjściowym kształcie regularnym albo nieregularnym poddaje się wielostopniowej mechanicznej kompresji objętościowej. Odczynnik chemiczny, którego działaniu poddana jest pianka wewnątrz formy, zmiękcza materiał pianki a zestaw form o kształtach odpowiednio regularnych lub nieregularnych dla bloku wyjściowego o kształcie regularnym albo regularnych z dodatkowym rozprężaniem kompresuje piankę do wymaganego wymiaru. Następnie piankę poddaje się oddziaływaniu temperatury poniżej temperatury mięknięcia dla ustabilizowania struktury jej materiału. W efekcie uzyskuje się materiał o ujemnym podobnym albo różnym współczynniku Poisson'a na przeciwległych ścianach i dla tego przypadku współczynniku zmieniającym się w płynny sposób wewnątrz struktury

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Wytwarzanie poduszek siedzisk umożliwiających redukcję obciążeń wywieranych na ciało pilota i/lub pasażera w trakcie twardych lądowań lub zderzeń

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Rozwiązania znajdują główne zastosowanie przy wytwarzaniu materiału poduszek siedzisk w statkach powietrznych i pojazdach. Mogą być także stosowane przy wytwarzaniu zamienników poliuretanowych struktur wielowarstwowych o różnej gęstości pianki w każdej warstwie jednego bloku. W przypadku, gdy wymagana jest zmiana gęstości materiału na jednym wymiarze struktury możliwe jest uzyskanie płynnej zmiany gęstości i właściwości auksetycznych w kierunku naprężeń ściskających, wynikających z warunków eksploatacji

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Wielostopniowa kompresja objętościowa - współczynnik kompresji poniżej 8, rozprężanie - do współczynnika kompresji objętościowej powyżej 2/3

Twórcy

dr inż. Janusz Lisiecki, dr inż. Krzysztof Dragan, dr hab. inż. Sylwester Kłysz, mgr inż. Teresa Błażejewicz

Dane kontaktowe

**Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych w Warszawie**  
Dr inż. Janusz Lisiecki, e-mail: janusz.lisiecki@itwl.pl  
tel. +48 22 685 1131

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Komputerowe narzędzia do projektowania pianek auksetycznych o zadanych właściwościach

TRL 4

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedmiotem oferty jest sposób zastosowania szeregu włókniakomórkowych pianek poliuretanowych o różnych gęstościach wraz z komputerowymi narzędziami w postaci własnych algorytmów, procedur i programów do projektowania pianek auksetycznych o określonych właściwościach mechanicznych i funkcjonalnych. Z tomogramów - cyfrowych obrazów tomografii komputerowej określa się topologię i geometrię szkieletu badanych pianek, otrzymując bibliotekę danych typoszeregu struktur auksetycznych. Następnie, zakładając pożądane elektromechaniczne lub termomechaniczne właściwości szkieletu definiuje się mechaniczne lub funkcjonalne cechy nowego materiału. Towarzyszą temu zaawansowane symulacje numeryczne rozważanych procesów. Cyfrowy obraz finalnej struktury wirtualnego materiału stanowi dane wejściowe do jej wytwarzania, np. dla drukarki 3D

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zastosowanie komputerowych narzędzi pozwala wykonywać wielokrotne symulacje dla materiału wirtualnego, dzięki czemu unika się kosztownych badań doświadczalnych opartych na metodzie prób i błędów. Wykorzystanie pianek poliuretanowych dla tomogramów jest także atrakcyjne ze względu na koszty

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, elektromechaniczny – np. elementy tłumiące, filtry lub piezoelektryczne pianki auksetyczne jako elementy aktuatorów nowego typu

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

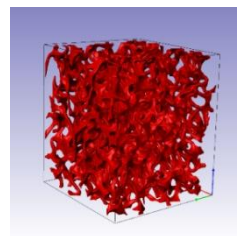
Nie ma ograniczeń

Twórcy

prof. dr hab. inż. Ryszard B. Pęcherski, dr hab. inż. Zdzisław Nowak, dr inż. Marcin Nowak, dr inż. Piotr Pawłowski, dr inż. Marek Skłodowski

Dane kontaktowe

**Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN**  
Prof. dr hab. inż. Ryszard B. Pęcherski, rpecher@ippt.pan.pl,  
tel. +48 606 159 778



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego**Sposób projektowania metalicznych pianek  
auksetycznych o szkielecie nieregularnym**

TRL 4

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedmiotem oferty jest sposób zastosowania dostępnych na rynku wypukłokomórkowych pianek poliuretanowych o różnej gęstości i nieregularnym szkielecie wraz z własnymi algorytmami, procedurami i programami doprojektowania pianek auksetycznych. Z tomogramów - cyfrowych obrazów tomografii komputerowej określa się topologię i geometrię szkieletu badanych pianek, otrzymując bibliotekę danych typoszeregu struktur wypukłokomórkowych. Następnie dokonuje się dyskretyzacji elementów szkieletu dla metody elementów skończonych, zakładając pożądane właściwości sprężysto-plastyczne szkieletu, np. dla Cu, Al lub innych metali i stopów. Przeprowadza się symulacje numeryczne sprężysto-plastycznej deformacji wszechstronnego ściskania elementu objętościowego materiału, uzyskując w końcowym efekcie strukturę wklęsłokomórkową. Przeprowadzone obliczenia sekwencji procesów deformacji materiału wirtualnego pozwalają określić warunki procesu wytwarzania rzeczywistej struktury materiału auksetycznego z dostępnych na rynku wypukłokomórkowych pianek metalicznych o wybranej strukturze i porowatości w celu uzyskania pożądanych właściwości mechanicznych i funkcjonalnych

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zastosowanie komputerowych narzędzi pozwala wykonywać wielokrotne symulacje dla *materiału wirtualnego*, dzięki czemu unika się kosztownych badań doświadczalnych metodą prób i błędów. Wykorzystanie pianek poliuretanowych dla tomogramów jest także atrakcyjne ze względu na koszty ich wytwarzania

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, samochodowy, elektromechaniczny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

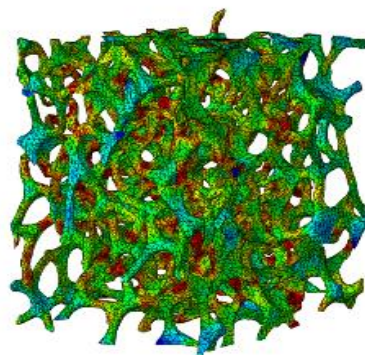
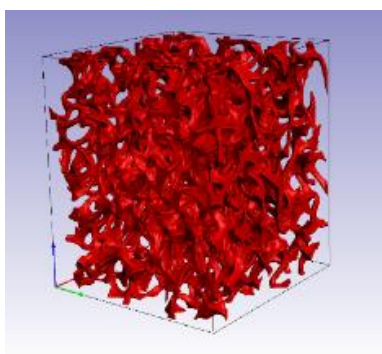
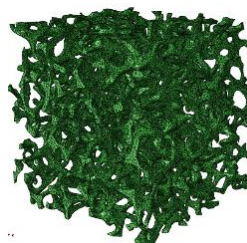
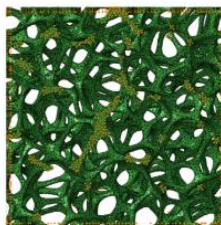
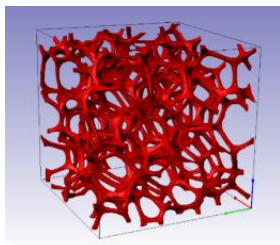
Nie ma ograniczeń

Twórcy

prof. dr hab. inż. Ryszard B. Pęcherski, dr hab. inż. Zdzisław Nowak,  
dr inż. Marcin Nowak

Dane kontaktowe

**Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN**  
Prof. dr hab. inż. Ryszard B. Pęcherski, rpecher@ippt.pan.pl,  
tel. +48 606 159 778





Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Sposób projektowania pianek  
wypukłokomórkowych o szkielecie regularnym

TRL 4

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedmiotem oferty jest sposób zastosowania wypukłokomórkowych struktur o szkielecie regularnym wraz z własnymi algorytmami, procedurami i programami do określania topologii i geometrii szkieletu badanych pianek, otrzymując bibliotekę danych dla powtarzalnych struktur wypukłokomórkowych. Następnie, zakładając pożądane elektromechaniczne lub termomechaniczne właściwości szkieletu definiuje się mechaniczne lub funkcjonalne cechy nowego materiału. Towarzyszą temu zaawansowane symulacje numeryczne rozważanych procesów. Cyfrowy obraz finalnej struktury wirtualnego materiału stanowi dane wejściowe do jej wytwarzania, np. dla drukarki 3D

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zastosowanie komputerowych narzędzi pozwala wykonywać wielokrotne symulacje dla *materiału wirtualnego*, dzięki czemu unika się kosztownych badań doświadczalnych opartych na metodzie prób i błędów

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, samochodowy, elektromechaniczny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

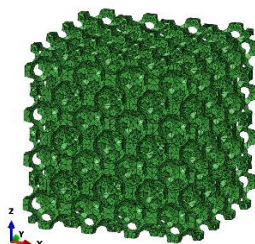
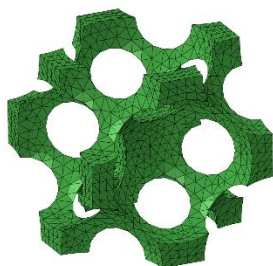
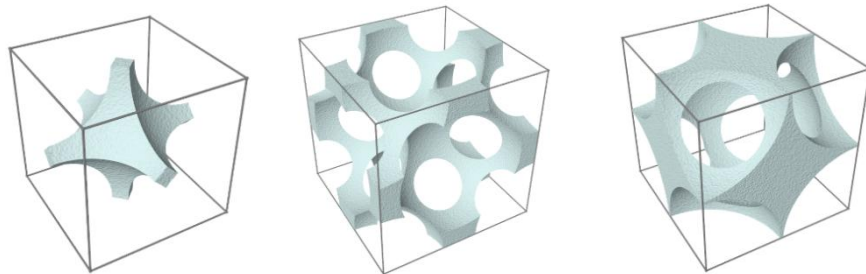
Nie ma ograniczeń

Twórcy

Prof. dr hab. inż. Ryszard B. Pęcherski, dr hab. inż. Zdzisław Nowak,  
dr inż. Marcin Nowak

Dane kontaktowe

**Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN**  
Prof. dr hab. inż. Ryszard B. Pęcherski, rpecher@ippt.pan.pl,  
tel. +48 606 159 778



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Sposób wyznaczania temperatury mięknienia  
elastycznych pianek poliuretanowych  
jako temperatury trwałego odkształcenia**

TRL 8

Nr zgłoszenia

P.408637

Zwięzły opis  
rozwiązania

Próbki pianki poliuretanowej umieszcza się w formie o jednym wymiarze mniejszym od pozostałych poddając w ten sposób piankę jednokierunkowemu odkształceniu. Do środka pianki każdej próbki wprowadza się sondę temperatury i pojedynczo próbki podgrzewa się do coraz wyższej temperatury w środku pianki powyżej 70°C, w czasie potrzebnym aby temperatura w środku próbki pianki i na zewnątrz była taka sama. Następnie próbki chłodzi do osiągnięcia temperatury w środku poniżej 25°C po czym próbkę pianki wyjmuje się z formy i mierzy jej grubość nie powodując ściskania, po czasie 30 minut. Finalnym etapem jest wyznaczenie odkształcenia grubości próbki w odniesieniu do wewnętrznej wysokości formy od temperatury

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Metoda rozwiązuje zagadnienie wyznaczania umownej temperatury mięknienia elastycznych pianek poliuretanowych jako temperatury trwałego odkształcenia będącą umowną miarą odporności cieplnej tych pianek

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Laboratoria zakładowe producentów pianki poliuretanowej Laboratoria uczelni wyższych o kierunku chemicznym. Laboratoria instytutów chemii przemysłowej

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

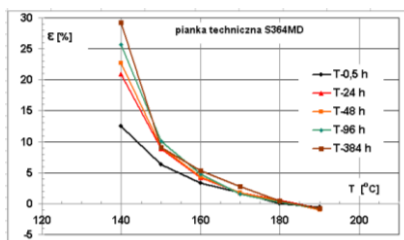
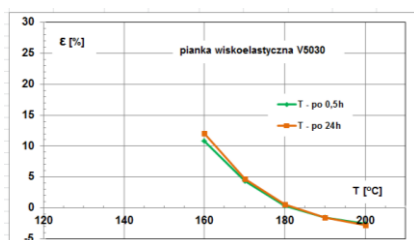
Badania przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych

Twórcy

dr inż. Janusz Lisiecki

Dane kontaktowe

**Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych w Warszawie**  
Dr inż. Janusz Lisiecki, e-mail: janusz.lisiecki@itwl.pl  
tel. +48 22 685 1131



Zależność odkształcenia od temperatury i czasu próbek pianki poliuretanowej po wygrzewaniu i wyjęciu z formy



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 113

ZB14

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Sposób wyznaczania współczynnika Poissona  
pianki auksetycznej, zwłaszcza gradialnej

TRL 8

Nr zgłoszenia

P.407062

Zwięzły opis  
rozwiązania

Współczynnik Poissona pianki auksetycznej, zwłaszcza gradialnej, wyznacza się na kształtce pianki auksetycznej gradialnej w kształcie prostopadłościanu z gradientem współczynnika Poissona pomiędzy dwiema ścianami z umocowanymi czterema znacznikami na każdej z tych ścian, ułożonymi pod kątem 90 stopni wzdłuż linii środkowych kształtki tak, że jedna para jest umocowana w kierunku podłużnym a druga w kierunku poprzecznym. Kształtkę układa się na gładkiej poziomej płycie pokrytej środkiem poślizgowym, opierając ją jednym bokiem o gładką płytę pionową i naciska się przeciwległy bok za pomocą ruchomej drugiej gładkiej pionowej płyty z ustaloną prędkością, mierząc odległości jednocześnie pomiędzy parami znaczników za pomocą wideoekstensometru do uzyskania wartości ekstremalnej współczynnika Poissona po czym ruchomą płytę przesuwa się do położenia początkowego i pozostawia kształtkę na czas powrotu do wymiarów początkowych. Następnie kształtkę obraca się o 90 stopni w płaszczyźnie pomiaru tak, że pary znaczników zamieniają się miejscami i ponownie ściska z ustaloną prędkością do uzyskania wartości ekstremalnej współczynnika Poissona a następnie przesuwa się ruchomą płytę do położenia początkowego i pozostawia kształtkę na czas powrotu do wymiarów początkowych. Pomiar ten powtarza się na przeciwległej ścianie z umocowanymi czterema znacznikami. Współczynnik Poissona wyznacza się jako średnią z dwóch wyznaczonych ekstremalnych wartości na ścianie kształtki.

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Sposób rozwiązuje zagadnienie wyznaczania współczynnika Poissona pianki auksetycznej, zwłaszcza gradialnej na przeciwległych ścianach kształtki, pomiędzy którymi wprowadzono w procesie kompresji gradient współczynnika Poissona

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Laboratoria zakładowe producentów pianki poliuretanowej; laboratoria uczelni wyższych i instytutów chemii przemysłowej

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Badania w warunkach laboratoryjnych unormowanych dla pianek poliuretanowych

Twórcy

dr inż. Janusz Lisiecki

Dane kontaktowe

**Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych w Warszawie**  
Dr inż. Janusz Lisiecki, e-mail: janusz.lisiecki@itwl.pl  
tel. +48 22 685 1131

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Metodologia testów uderowych dla wyznaczania  
własności dynamicznych próbek/struktur/  
wkładów siedzisk z pianki poliuretanowej  
w tym auksetycznej**

TRL 6

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedmiotem rozwiązania jest sposób badania dynamicznego (zrutowego) próbek i struktur warstwowych o wymiarach 150x150x50÷125±2 mm oraz wkładów siedzisk do fotela pilota śmigłowca o maksymalnych wymiarach 500x500x140±4 mm oparty na dwóch kryteriach tzn.: kryterium przyspieszenia do 20g i kryterium dopuszczalnego obciążenia części lędźwiowej kręgosłupa pilota śmigłowca cywilnego (6674,6 N - FAR Part 27.562) i wojskowego (9189 N) co oznacza przeprowadzenie badania w odpowiednim zakresie maksymalnych sił kontaktowych podczas wyhamowania bijaka w zależności od jego masy. Podstawową krzywą wyznaczaną w metodzie jest zależność maksymalnej siły od maksymalnej prędkości jakie powstają podczas próby swobodnego zrzutu bijaka z określonej wysokości na próbkę/strukturę warstwową lub wkład siedziska

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Badanie próbek pianki polegające na zrzucie płaskiego bijaka umożliwi wytypowanie materiału o najlepszych właściwościach tłumiących na wkład siedziska. Próby zrzutowe wkładu siedziska wykonuje się poprzez zrzut bijaka symulującego ludzkie pośladki (wgłębniaka RCLI) na siedzisko lub zrzut siedziska sprzężonego z tym wgłębniakiem

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Laboratoria zakładów przemysłowych produkujących pianki poliuretanowe do zastosowania w transporcie przede wszystkim lotniczym

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

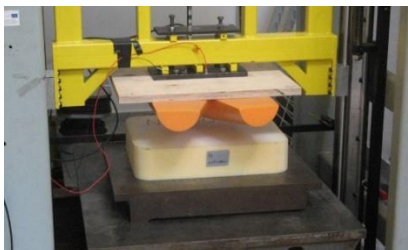
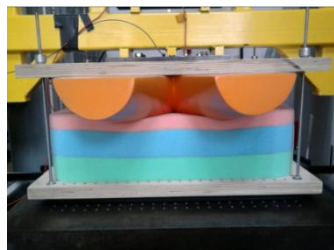
Unikatowa aparatura umożliwiająca wykonanie testów zrzutowych. Badania w warunkach laboratoryjnych unormowanych dla pianek poliuretanowych

Twórcy

dr hab. inż. Sylwester Kłysz, dr inż. Janusz Lisiecki, mgr inż. Teresa Błażejwicz

Dane kontaktowe

**Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych w Warszawie**  
Dr inż. Janusz Lisiecki, e-mail: janusz.lisiecki@itwl.pl  
tel. +48 22 685 1131



Wybrane warianty badań zrzutowych

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Sposób wykrywania i lokalizowania  
uszkodzenia w elementach konstrukcyjnych

TRL 4

Nr zgłoszenia

P.407766

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przedmiotem rozwiązania jest sposób wykrywania i lokalizowania uszkodzenia w elementach konstrukcyjnych oparty na analizie odpowiedzi dynamicznej układu z defektem pod wpływem wymuszenia mechanicznego zmiennego w czasie i porównaniu tejże odpowiedzi z zachowaniem układu nieuszkodzonego poprzez analizę map Poincarégo i obliczanie tzw. dynamicznego wskaźnika uszkodzenia

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zastosowanie wynalazku pozwala na dokonywanie nieniszczącej metody kontroli w dowolnym miejscu na powierzchni głównie monokrystalicznych łopatek turbinowych silników lotniczych

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Wykrywanie wad elementów konstrukcyjnych wykonanych z kompozytów i innych materiałów stosowanych w przemyśle motoryzacyjnym, lotniczym, w budownictwie itp.

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Konieczne jest wymuszenie mechaniczne badanej struktury (elementu)

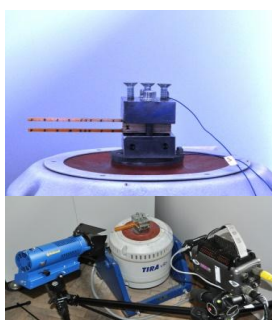
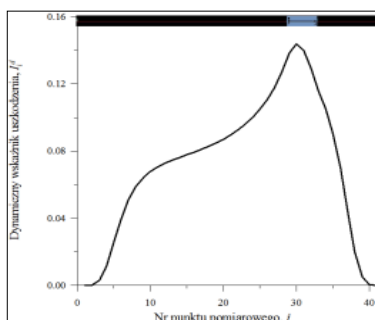
Twórcy

dr inż. Sylwester Samborski, prof. dr hab. inż. Jerzy Warmiński, prof. dr hab. inż. Emil Manoach, dr inż. Andrzej Mitura

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Mechaniki Stosowanej;  
Dr inż. Sylwester Samborski, e-mail: s.samborski@pollub.pl  
tel. +48 81 538 4571

Prof. dr hab. inż. Jerzy Warmiński, e-mail: j.warmiński@pollub.pl,  
tel. +48 81 538 4197



*Idea dynamicznego wskaźnika uszkodzenia oraz jej implementacja doświadczalna w przypadku kompozytów włóknistych*

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Przetwornik piezoelektryczny o spiralnym  
układzie elektrod

TRL 5

Nr zgłoszenia

P.409809

Zwięzły opis  
rozwiązania

Opracowany patent opisuje proces produkcji przetwornika piezoelektrycznego o spiralnym układzie elektrod. Spiralne elektrody mają na celu zwiększenie wydajności procesu "odbierania" generowanych ładunków elektrycznych z piezoelementu do elektrod zbiorczych (grzebieniowych)

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Takie rozwiązanie pozwala na stosowanie włókien piezoelektrycznych o przekroju kołowym, gdzie kontakt elektrod zbiorczych (grzebieniowych) z materiałem piezoelektrycznym jest zwiększony przez dodatkowe obwodowe elektrody. Elektrody o równoległym układzie zostały opatentowane wcześniej i zaproponowany sposób ich wykonywania, jako odcinków linii śrubowej pozwala na produkcję przetworników bez naruszania obecnie istniejących praw patentowych, jak również pozwala na obniżenie kosztów produkcji całego przetwornika

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przetworniki piezoelektryczne mogą być stosowane jako czujniki i jako siłowniki. Docelowym rozwiązaniem może być np. aktywny tłumik drgań, gdzie w określonych odstępach czasu przetworniki pracują jako na zmianę jako tensometry i jako aktuatory. Inne zastosowanie to np. adaptacyjny siłownik do zmiany kształtu profilu skrzydła samolotu

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

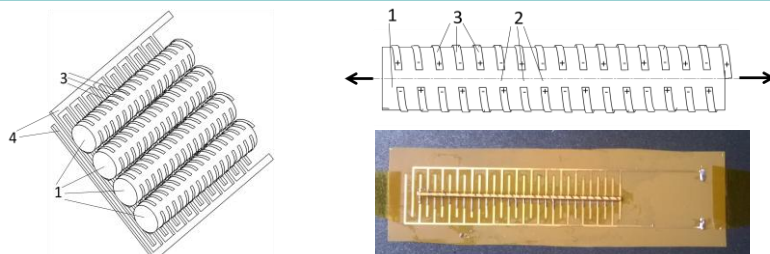
Na etapie badawczym istnieją ograniczenia w jakości uzyskiwanej powłoki metalicznej na przetworniku, jak również samej dokładności wykonania całego układu (powtarzalność), z uwagi na małoseryjną produkcję ręczną

Twórcy

dr hab inż. Paweł Pyrzanowski, mgr inż. Witold Rządkowski, mgr inż. Karol Suprynowicz

Dane kontaktowe

**Politechnika Warszawska**, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Zakład Podstaw Konstrukcji  
Mgr inż. Witold Rządkowski, e-mail: wrzadkowski@meil.pw.edu.pl  
tel. 22 234 7512  
Prof. dr hab. inż. Paweł Pyrzanowski e-mail: pyrzan@meil.pw.edu.pl



Ideowy szkic przetwornika oraz rzeczywisty model jednowłóknowego przetwornika



# ZB15

## Niekonwencjonalne technologie łączenia elementów konstrukcji lotniczych



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 117

ZB15

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Element konstrukcyjny wykonany z użyciem  
technologii FSSW

TRL 6

Nr zgłoszenia

W.122595

Zwięzły opis  
rozwiązania

Istotną cechą elementu konstrukcyjnego według wzoru użytkowego polega na tym, że łączone są proste cienkościennie elementy blaszane w złożone profile. Łączenia stanowią jednakowe zgrzeiny punktowe rozmieszczone parami wzdłuż linii prostopadłych do osi środka przebiegających w środku odległości pomiędzy sąsiednimi otworami przy czym zgrzeiny punktowe umieszczone są w środku oraz w pasach

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Konstrukcja elementu według wzoru użytkowego pozwala na obniżenie masy całego elementu w porównaniu do stosowanych konstrukcji z połączeniami w postaci nitów, ponadto koszt i czas wykonania elementu jest niższy niż przy łączeniu za pomocą nitowania

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, motoryzacyjny, budownictwo

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

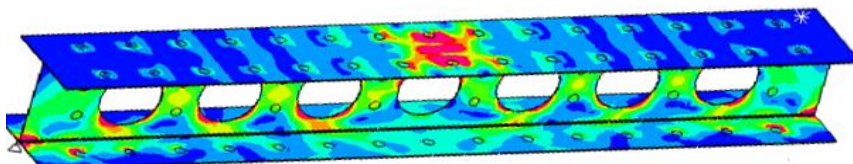
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr hab. inż. Piotr Lacki, mgr inż. Anna Derlatka

Dane kontaktowe

Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa;  
Dr hab. inż. Piotr Lacki, prof. PCz; e-mail: piotr@lacki.com.pl  
tel. +48 601-764-957



Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Rura ekranowa wymiennika ciepła

TRL 5

Nr zgłoszenia

W.121319

Zwięzły opis  
rozwiązania

Znane są kotły zaopatrzone w powierzchnie grzewcze wykonane z pionowo usytuowanych rur, których powierzchnia zewnętrzna jest gładka, a każda z nich połączona jest z oddzielnymi żebrami. Istota rury ekranowej wymiennika ciepła według wzoru użytkowego polega na tym, że na zewnętrznej stronie ma dwa jednakowe, wzdłużne występy o profilu prostokątnym, umieszczone naprzeciwko siebie, w płaszczyźnie przechodzącej przez oś rury. Występy te łagodnie, na dużym promieniu przechodzą w zewnętrzną tworzącą walcową rury

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Rura ekranowa według wzoru użytkowego umożliwi czterokrotne zmniejszenie liczby spoin wzajemnie łączonych ze sobą rur ekranowych, dzięki czemu uzyskiwany ekran posiada mniejszą masę oraz większą plastyczność i trwałość eksploatacyjną

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Wszędzie tam, gdzie występuje intensywne wymiana ciepła, np. w energetycznych kotłach wodnych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

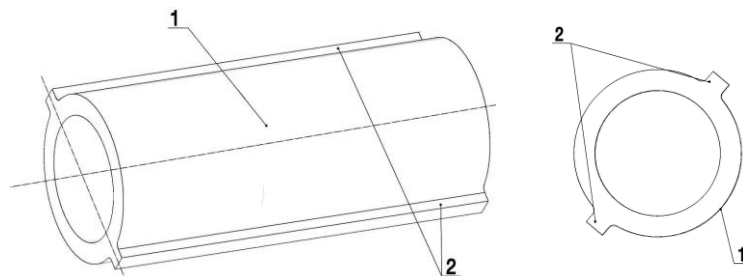
W przypadku konieczności wykonania rury o złożonym przekroju

Twórcy

dr. inż. Kwiryn Wojsyk, dr inż. Krzysztof Kudła

Dane kontaktowe

**Politechnika Częstochowska**, Samodzielny Zakład Spawalnictwa;  
Dr. inż. Kwiryn Wojsyk; email: kwiryn@gmail.com  
tel. 722-082-908



Rura ekranowa wymiennika ciepła: (1) rura, (2) wzdłużne występy



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 119

ZB15

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Narzędzie do badania wytrzymałości  
połączenia klejonego

TRL 6

Nr zgłoszenia

P.400706

Zwięzły opis  
rozwiązania

Zastosowane stanowisko badawcze zapewniło przeprowadzenie prób wytrzymałości na ścinanie połączenia klejonego w warunkach zbliżonych do warunków eksploatacji szczęki hamulcowej z okładziną cierną

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Opracowane stanowisko oraz metodyka badań uwzględniły możliwie szeroki zakres eksperymentu poprzez zastosowanie różnych klejów, prowadzenie badań w różnych temperaturach i warunkach środowiskowych itp.

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, motoryzacyjny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr hab. inż. Piotr Lacki, dr hab. inż. Janina Adamus, dr inż. Jacek Nabiałek

Dane kontaktowe

**Politechnika Częstochowska**, Wydział Budownictwa;  
Dr hab. inż. Piotr Lacki, prof. PCz; e-mail: piotr@lacki.com.pl  
tel. +48 601-764-957



Stanowisko badawcze zamontowane na maszynie wytrzymałościowej

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Przeciwpółka narzędzia do badania  
wytrzymałości połączenia klejonego

TRL 6

Nr zgłoszenia

W.121317

Zwięzły opis  
rozwiązania

Przeciwpółka odwzorowuje fragment bębna hamulcowego z dodatkowym elementem blokującym przemieszczanie się próbki. Przygotowanie próbek do badań będzie polegało na wycięciu reprezentatywnych fragmentów okładziny czarnej o długości ok. 10 mm oraz fragmentów szczęk hamulcowych przeznaczonych do osadzenia (przyklejenia) na nich próbek okładziny czarnej. Próbką może być badana w zakresie od 50 °C do 300 °C

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Przeciwpółka jest elementem stanowiska badawczego zapewniającego przeprowadzenie prób wytrzymałości na ścinanie połączenia klejonego w warunkach zbliżonych do warunków eksploatacji szczęki hamulcowej z okładziną czarną. Opracowana metoda zapewnia szeroki zakres eksperymentu

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, motoryzacyjny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

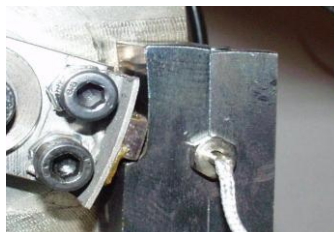
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr hab. inż. Piotr Lacki, dr hab. inż. Janina Adamus, dr inż. Jacek Nabiałek

Dane kontaktowe

**Politechnika Częstochowska**, Wydział Budownictwa;  
Dr hab. inż. Piotr Lacki, prof. PCz; e-mail: piotr@lacki.com.pl  
tel. +48 601-764-957



Przeciwpółka w trakcie badania

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

**Szkolenie z zakresu modelowania procesu  
numerycznego zgrzewania tarcowego  
z przemieszaniem FSW**

TRL 6

Zwięzły opis  
rozwiązania

Szkolenie dotyczy budowy modelu numerycznego procesu zgrzewania FSW. Model numeryczny jest oparty o Metodę Elementów Skończonych. Uwzględniono aspekty termiczne i mechaniczne procesu zgrzewania. Szkolenie obejmuje budowę siatki MES, modelowanie mocowania, modelowanie i kalibrację źródła ciepła w oparciu o eksperymentalne pomiary temperatury (przedstawiono na rysunku), modelowanie materiału, wykonanie obliczeń, analizę i prezentację wyników

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Umożliwia ocenę wpływu obciążenia termicznego wywołanego zgrzewaniem FSW na deformacje i naprężenia łączonych elementów

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Projektowanie procesu zgrzewania FSW

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

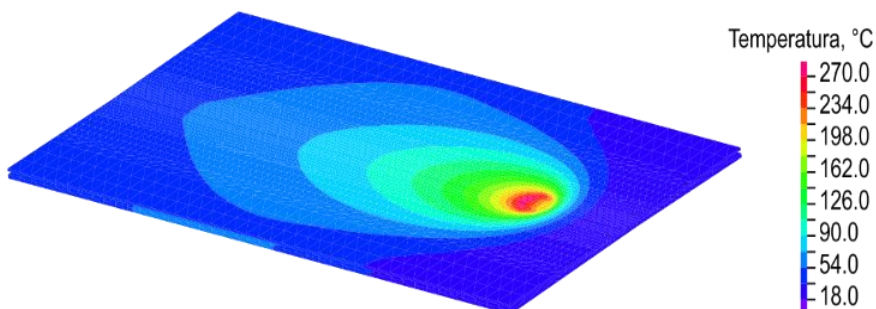
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr hab. inż. Piotr Lacki, dr hab. inż. Janina Adamus

Dane kontaktowe

**Politechnika Częstochowska**, Wydział Budownictwa;  
Dr hab. inż. Piotr Lacki, prof. PCz; e-mail: piotr@lacki.com.pl  
tel. +48 601-764-957



Rozkład temperatury w trakcie zgrzewania FSW

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Szkolenie z zakresu modelowania procesu  
numerycznego spawania wiązką elektronów  
EBW

TRL 6

Zwięzły opis  
rozwiązania

Szkolenie dotyczy budowy modelu numerycznego procesu spawania wiązką elektronów EBW. Model numeryczny jest oparty o Metodę Elementów Skończonych. Szkolenie obejmuje budowę siatki MES, modelowanie mocowania, modelowanie i kalibrację źródła ciepła w oparciu o eksperymentalne pomiary temperatury, modelowanie materiału, wykonanie obliczeń, analizę i prezentację wyników

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Umożliwia ocenę wpływu obciążenia termicznego wywołanego spawaniem EBW na deformacje i naprężenia łączonych elementów

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Projektowanie procesu spawania EBW

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

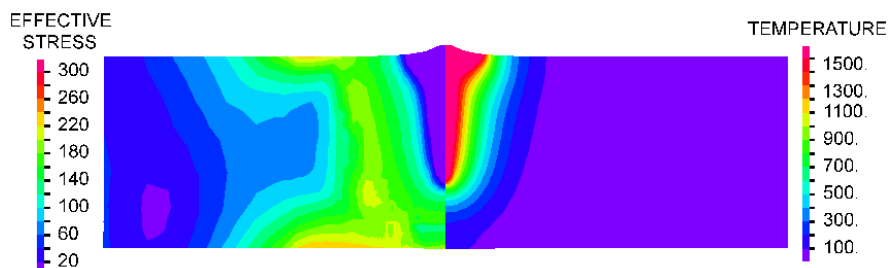
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr hab. inż. Piotr Lacki, dr hab. inż. Janina Adamus

Dane kontaktowe

**Politechnika Częstochowska**, Wydział Budownictwa;  
Dr hab. inż. Piotr Lacki, prof. PCz; e-mail: piotr@lacki.com.pl  
tel. +48 601-764-957



Rozkład naprężeń zredukowanych (lewa strona) oraz temperatury (prawa strona)  
w przekroju płyty w czasie przejścia źródła ciepła przez przekrój

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Szkolenie z zakresu modelowania procesu  
numerycznego punktowego zgrzewania  
tarcowego z przemieszaniem FSSW

TRL 5

Zwięzły opis  
rozwiązania

Szkolenie dotyczy budowy modelu numerycznego procesu zgrzewania punktowego FSSW. Model numeryczny jest oparty o Metodę Elementów Skończonych. Uwzględniono aspekty termiczne i mechaniczne procesu spawania. Szkolenie obejmuje budowę siatki MES, modelowanie mocowania, modelowanie i kalibrację źródła ciepła w oparciu o eksperymentalne pomiary temperatury (rys. 1), modelowanie materiału, wykonanie obliczeń, analizę i prezentację wyników

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Umożliwia ocenę wpływu obciążenia termicznego wywołanego zgrzewaniem punktowym FSSW na deformacje i naprężenia łączonych elementów

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Projektowanie procesu zgrzewania punktowego FSSW

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

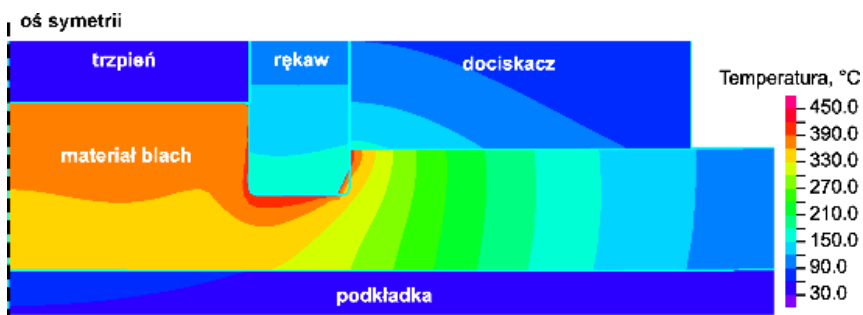
Nie ma ograniczeń

Twórcy

dr hab. inż. Piotr Lacki, dr hab. inż. Janina Adamus

Dane kontaktowe

**Politechnika Częstochowska**, Wydział Budownictwa;  
Dr hab. inż. Piotr Lacki, prof. PCz; e-mail: piotr@lacki.com.pl  
tel. +48 601-764-957



Rozkład temperatury w trakcie zgrzewania FSSW

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Uchwyt do mocowania próbek do symetrycznego dwuosiowego rozciągania na maszynach jednoosiowych

TRL 5

Nr zgłoszenia

P.405903

Zwięzły opis  
rozwiązania

Uchwyt służy do symetrycznego rozciągania próbek w dwóch kierunkach stosując maszyny jednoosiowe

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Poszerza możliwości badań w złożonych stanach naprężeń bez konieczności stosowania maszyn wieloosiowych. Do wykorzystania w obszarze doświadczalnym.

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Badania próbek dwuosiowych

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

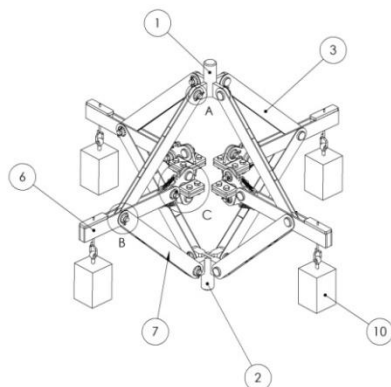
prof. dr hab. inż. Tomasz Sadowski, mgr inż. Przemysław Golewski,  
mgr Marcin Kneć

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Mechaniki Ciała Stałego;  
Prof. dr hab. inż. Tomasz Sadowski, e-mail: sadowski.t@gmail.com,  
tel. +48 81 538 4384

Mgr inż. Przemysław Golewski, e-mail: pgolewski@gmail.com,  
tel. +48 81 538 4616

Mgr Marcin Kneć, e-mail: marcin.knec@gmail.com



OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 125

ZB15

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Opracowanie metody aplikacji kleju Epidian 100  
i określenie parametrów wytrzymałościowych  
do połączeń zgrzewano-klejowych

TRL 4

Zwięzły opis  
rozwiązania

Rozwiązanie opiera się na opracowaniu technologii aplikacji kleju Epidian 100 pomiędzy kątownik i zgrzaną blachę, a także wykonaniu badań statycznych w temperaturach  $-40^{\circ}\text{C}$ ,  $+23^{\circ}\text{C}$  i  $+80^{\circ}\text{C}$ , oraz zmęczeniaowych

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Wyraźne skrócenie czasu wykonania gotowego złącza. Obecnie do pełnego utwardzenia potrzebne jest ok 30h. Czas zostanie skrócony do kilku godzin

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Nie ma ograniczeń

Twórcy

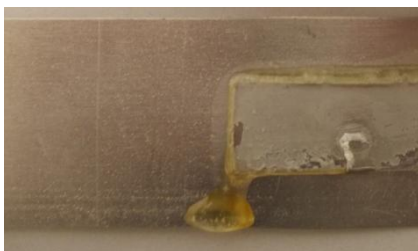
prof. dr hab. inż. Tomasz Sadowski, mgr Marcin Kneć, mgr inż. Przemysław Golewski, mgr inż. Błażej Pankowski

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Mechaniki Ciała Stałego;  
Prof. dr hab. inż. Tomasz Sadowski, e-mail: sadowski.t@gmail.com,  
tel. +48 81 538 4384

Mgr inż. Przemysław Golewski, e-mail: pgolewski@gmail.com,  
tel. +48 81 538 4616

Mgr Marcin Kneć, e-mail: marcin.knec@gmail.com



Próbka z klejem Epidian 100 oraz postać zniszczenia próbki z klejem Epidian 100

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Nit z wewnętrznym zasobnikiem kleju

TRL 2

Zwięzły opis  
rozwiązania

W prezentowanym rozwiązaniu, trzpień - tłok jest tak ukształtowany, że stworzona jest wolna przestrzeń do wypełnienia klejem. Na obwodzie nitu, znajduje się łącznie 8 otworów umieszczonych na dwóch wysokościach. W miarę postępu zamykania połączenia, klej jest wyciskany za pomocą elementu trzpień - tłok. Klej jest chroniony przed wypłynięciem w czasie magazynowania poprzez osłonkę termokurczliwą

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Eliminacja nieszczelności pomiędzy nitem a materiałem blach łączonych, poprawa własności wytrzymałościowych

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Konstrukcje lotnicze, budowa maszyn

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Mniejsza nośność niż w przypadku tradycyjnego rozwiązania

Twórcy

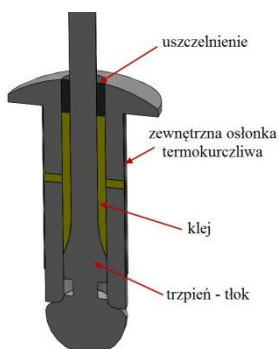
prof. dr hab. inż. Tomasz Sadowski, mgr Marcin Kneć, mgr inż. Przemysław Golewski,

Dane kontaktowe

**Politechnika Lubelska**, Katedra Mechaniki Ciała Stałego;  
Prof. dr hab. inż. Tomasz Sadowski, e-mail: sadowski.t@gmail.com,  
tel. +48 81 538 4384

Mgr inż. Przemysław Golewski, e-mail: pgolewski@gmail.com,  
tel. +48 81 538 4616

Mgr Marcin Kneć, e-mail: marcin.knec@gmail.com





Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Technologii zgrzewania tarcowego z przemieszaniem (FSW) cienkich blach ze stopów aluminium oraz stopów magnezu

TRL 3

Zwięzły opis  
rozwiązania

Zgrzewanie tarcowe z przemieszaniem (FSW) jest jedną ze stosunkowo niedawno opracowanych metod łączenia metali, stanowi innowacyjną metodę łączenia elementów konstrukcji metalowych. Należy do grupy metod łączenia metali i ich stopów w stanie stałym, w temperaturach niższych od temperatury topnienia łączonego materiału. W procesie zgrzewania tarcowego z przemieszaniem specjalnie zaprojektowane cylindryczne narzędzie, z częścią roboczą składającą się z profilowanego trzpienia (część penetrująca) i wieńca opory, wprowadzane jest w ruch obrotowy i wgłębiane w obszar złącza między dwoma elementami. Wysokość trzpienia jest mniejsza od grubości łączonych elementów, zatem podczas „zanurzania” narzędzia w zgrzewany materiał, także wieńiec opory wchodzi w kontakt z jego powierzchnią. W czasie procesu, wskutek tarcia narzędzia o materiał elementów oraz plastycznego odkształcenia materiału, generowane jest ciepło. Następuje uplastycznienie materiału łączonych elementów. Uplastyczniony i stale mieszany materiał jest transportowany w kierunku przeciwnym do ruchu narzędzia wzdłuż linii styku łączonych elementów. Stygnąc, przemieszany materiał tworzy między spajanymi elementami złącze

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Możliwość łączenia różnorodnych materiałów metalowych w tym również trudno lub niespawalnych stopów aluminium stosowanych szeroko w lotnictwie (stopy aluminium z rodziny 2xxx i 7xxx). Możliwość zastąpienia metod łączenia konwencjonalnych tj. spawanie, zgrzewanie oporowego oraz łączenia za pomocą szerokiego spektrum elementów złącznych (nity, śruby, Lock-bolt, Hi-Lok itp.). Możliwość automatyzacji nawet przy użyciu obrabiarek CNC o co najmniej 3 osiach sterowanych, a tym samym eliminacja błędów spowodowanych czynnikiem ludzkim w procesie wykonywania połączeń. Możliwość wykonywania połączeń/zgrzein liniowych FSW oraz punktowych FSW

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł lotniczy, motoryzacyjny

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

- Wymagane „mocne” mocowania elementów łączonych w celu uniknięcia przesunięć oraz pęknięć
- Pozostający na końcu złącza otwór pozostawiony przez wycofujący się trzpień narzędzia w przypadku zgrzeiny liniowej

Twórcy

prof. dr hab. inż. Romana Ewa Śliwa, dr hab. inż. Tadeusz Baławender, Piotr Myśliwiec, mgr inż. Tomasz Gałaczyński, mgr Jan Banaś

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Przeróbki Plastycznej;  
Prof. dr hab. inż. Romana Ewa Śliwa, e-mail: rsliva@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1517, 603-950-818



Stanowisko badawcze procesu FSW



Zgrzeina liniowa - próbka połączenia doczołowego FSW blachy cienkiej z stopu AL2024T3



Magnez AZ31 grubości 1,6 mm zgrzany metodą FSW

OFERTA NAUKOWO-TECHNOLOGICZNA NR 128

ZB15

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Nit dwustronny

TRL 3

Nr zgłoszenia P.387468

Nr patentu 215908

Zwięzły opis  
rozwiązania

Nit składa się z dwóch części. Każda część posiada łeb i trzon, ale jeden trzon jest w postaci trzpienia, a drugi w postaci tulei. Zewnętrzna powierzchnia boczna trzonu tulejowego jest wklęsłym cylindrem. Zamykanie nitu polega na złączeniu tych dwóch części. Połączenie jest wynikiem odkształceń plastycznych (spęczenia) trzonu trzpienia w tulei. Podczas tego procesu nie są kształtowane łby nitu, a zatem może on być dokładnie kontrolowany przemieszczeniem narzędzi, nie następuje również utworzenie rąbka wokół krawędzi otworów nitowych, a przez to minimalizowane są niekorzystne naprężenia własne

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Zamykanie nitów tego typu polega tylko na spęczeniu trzonów, bez odkształceń plastycznych łbów, co powoduje równomierne wypełnienie otworu nitowego oraz minimalizację naprężeń własnych wokół otworu nitowego. Proces zakuwania można w znacznym stopniu kontrolować dobierając optymalne długości trzonów nitów składowych i zakrzywienie zewnętrznej powierzchni trzonu tulejowego

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Ten sposób nitowania może być szczególnie przydatny podczas łączenia kruchego laminatu na osnowie polimerowej z ciągliwym metalem. Kształt łba i rodzaj materiału nitu po stronie laminatu może być inny niż nitu po stronie metalu

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

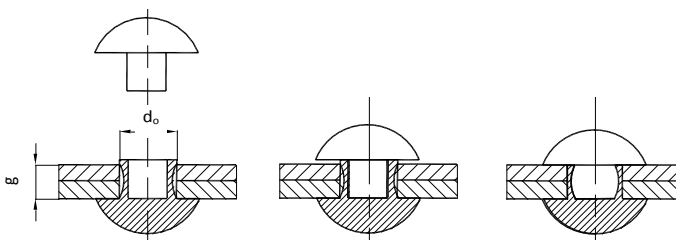
Konieczność dostępu do dwóch stron złącza w procesie zamykania

Twórcy

dr hab. inż. Tadeusz Balawender,

Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Przeróbki Plastycznej;  
Dr hab. inż. Tadeusz Balawender, prof. PRz, e-mail: tbalaw@prz.edu.pl  
tel. +48 17 865 1667



Etapy zamykania nitu dwuczęściowego (zewnętrzna wklęsłość trzonu tulejowego)

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

## Hybrydowe połączenia klinczowo-klejowe

TRL 4

Zwięzły opis  
rozwiązania

Klinczowanie jako technologia łączenia blach znane jest od wielu lat. Ekonomiczność oraz przyjazny dla środowiska charakter powodują wzrost zastosowań tej metody w przemyśle wytwórczym, tj. w motoryzacji, w przemyśle maszynowym, gospodarstwa domowego i w budownictwie. Brak dodatkowego łącznika i możliwość łączenia różnorodnych materiałów, o różnych właściwościach fizycznych i chemicznych skłaniają do poszerzenia obszaru zastosowań tej metody o aplikacje w lotnictwie. Zmniejszenie masy wyrobu skłania do stosowania coraz cieńszych i bardziej wytrzymałych materiałów, których łączenie klinczowaniem wydaje się być najbardziej korzystnym sposobem. Wadą połączeń jest stosunkowo niska wytrzymałość złączy. Jednym ze sposobów zwiększenia wytrzymałości złączy klinczowych jest połączenie klinczowania z klejeniem, czyli wprowadzenie w obszar zakładki kleju o odpowiednich właściwościach. Wzrost wytrzymałości złączy klinczowych spowodowany wprowadzeniem kleju w obszar zakładki jest bardzo duży. W przeprowadzonych badaniach otrzymano wzrost wytrzymałości na ścinanie ok. 40% dla złącza blach stalowych, 76% dla złącza stal – miedź i aż 83% dla złącza miedź - stal

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Połączenie klinczowania z klejeniem (hybrydyzacja złącza) powoduje synergiczny efekt wzrostu wytrzymałości złącza na ścinanie. Wytrzymałość złączy hybrydowych klinczowo – klejowych jest większa od wytrzymałości złączy składowych: klinczowego i klejowego. Złącza hybrydowe przejmują korzystne cechy złączy składowych: dużą sztywność złącza klejowego i długą drogę niszczenia (wysoką absorpcję energii) złącza klinczowego

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Połączenia klinczowe umożliwiają zmniejszenie wagi konstrukcji (brak łącznika), pozwalają na łączenie cienkich blach, z różnych materiałów i są ekonomicznie uzasadnione, co sprawia, że mogą być atrakcyjne dla zastosowań w konstrukcjach lotniczych. Potencjalny obszar zastosowań w konstrukcjach lotniczych to elementy wyposażenia wnętrza samolotu

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

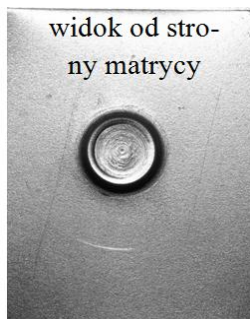
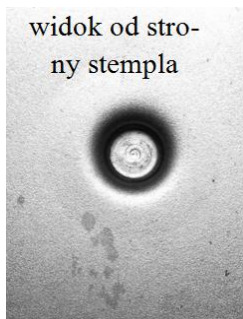
- Konieczność dostępu do dwóch stron złącza,
- Ograniczona odległość punktu przetłoczeniowego od krawędzi łączonych elementów ze względu na ramową konstrukcję urządzeń klinczujących

## Twórcy

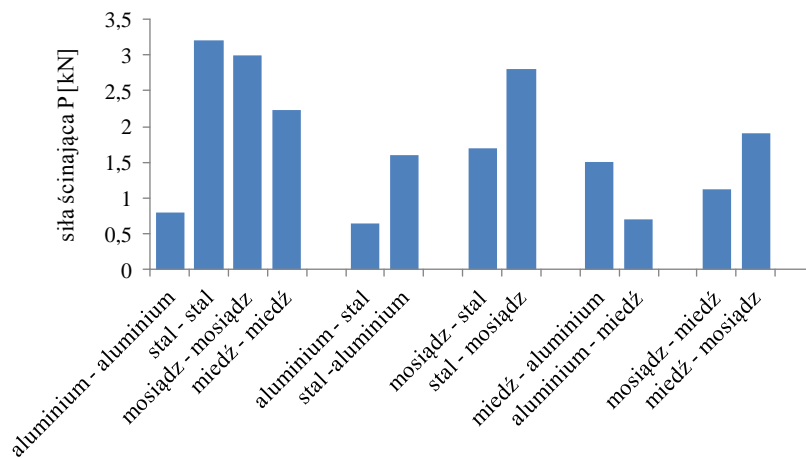
dr hab. inż. Tadeusz Balawender, prof. dr hab. inż. Tomasz Sadowski

## Dane kontaktowe

**Politechnika Rzeszowska**, Katedra Przeróbki Plastycznej;  
Dr hab. inż. Tadeusz Balawender, prof. PRz, e-mail: [tbalaw@prz.edu.pl](mailto:tbalaw@prz.edu.pl)  
tel. +48 17 865 1667



Widok złącza klinczowego dwóch blach stalowych



Zależność maksymalnej siły ścinającej złącze klinczowe od rodzaju łączonych materiałów



Przekrój wzdłużny złącza klinczowego

Tytuł rozwiązania  
innowacyjnego

Fast Curing System - FCS

TRL 6

Nr zgłoszenia

P.409065

Zwięzły opis  
rozwiązania

Opracowywane rozwiązanie umożliwia szybsze, tańsze i łatwiejsze w wykonaniu połączeń ze spoiw termoutwardzalnych. Głównym problemem klejów opartych na żywicach epoksydowych jest konieczność wygrzania połączenia aby uzyskać pełną wytrzymałość mechaniczną oraz chemiczną. FCS umożliwia wykonanie złącza w próżni wraz z wygrzewaniem ale w ściśle określonym miejscu i pełną rejestracją procesu. Urządzenie zostało tak zaprojektowane aby było proste w obsłudze oraz serwisowaniu z zachowaniem dużej mobilności i odporności na warunki atmosferyczne - IP66. Podczas testów praktycznych systemu udało się skrócić czas wykonania połączenia na bazie filmu żywicznego dwukrotnie bez konieczności grzania całego elementu - testy na stateczniku żyrokoptera

Korzyści  
z wdrożenia  
rozwiązania  
innowacyjnego/  
zalety rozwiązania

Technologia wraz z urządzeniem umożliwia lokalne wygrzewanie połączeń z kontrolą oraz pełną rejestracją temperatur. Kilukrotnie skrócenie czasu wykonania połączeń w technologii FCS znacznie redukuje koszty oraz przyspiesza cały proces budowy

Obszar  
potencjalnych  
zastosowań

Przemysł stosujący kleje, spoiwa wymagające wygrzewania

Ograniczenia  
jeśli występują  
w zastosowaniu  
rozwiązania

Aktualnymi ograniczeniami dla zaprojektowanego urządzenia i technologii są rozmiary wygrzewanych połączeń, zalecany maksymalny rozmiar pola roboczego to 40cm<sup>2</sup>

Twórcy

prof. dr hab. inż. Piotr Doerffer, mgr inż. Bartosz Puchowski

Dane kontaktowe

**Instytut Maszyn Przepływowych**

mgr inż. Bartosz Puchowski, e-mail: bartosz@creeyacht.pl  
Tel. +48 600-412-902





