

XXXI Sympozjon

PKM

Szklarska Poręba



XXXI Sympozjon Podstaw Konstrukcji Maszyn

Streszczenia referatów

Szklarska Poręba, 18 – 20 września 2023



Druk i oprawa: Sekcja Poligrafii Politechniki Opolskiej

ORGANIZATORZY



Polskie Towarzystwo Mechaniki
Teoretycznej i Stosowanej

PATRONAT NAD KONFERENCJĄ



Komitet Budowy Maszyn PAN



Łukasiewicz
Instytut Technologii Eksploatacji

Sieć Badawcza Łukasiewicz -
Instytut Technologii Eksploatacji



Park Naukowo-Technologiczny
w Opolu Sp. z o.o.
im. prof. Marka Tukiendorfa

Park Naukowo-Technologiczny
w Opolu Sp. z o.o.

oraz

honorowy patronat JM Rektora Politechniki Opolskiej
dr hab. inż. Marcina Lorencza

INSTYTUCJE WSPIERAJĄCE



KOMES[®]
moc obliczeń



POLITECHNIKA OPOLSKA

KOMITET HONOROWY

Bogdan BRANOWSKI, Jan BURCAN, Zbigniew DĄBROWSKI, Marian DUDZIAK,
Leonid KURMAZ, Antoni NEYMAN, Olgierd OLSZEWSKI, Ryszard ROHATYŃSKI,
Antoni SKOĆ, Józef SZALA, Wojciech TARNOWSKI, Andrzej WILK,
Józef WOJNAROWSKI

KOMITET NAUKOWY

Jerzy BAJKOWSKI, Marcin BAJKOWSKI, Marek BARSKI, Zdzisław BOGDANOWICZ,
Dariusz BOROŃSKI, Grzegorz BUDZIK, Andrzej CICHON, Grzegorz DOMEK,
Jacek DZIURDŹ, Piotr FOLEGA, Jarosław GAŁKIEWICZ, Katarzyna GAWDZIŃSKA,
Iwona GRABAREK, Rafał GRZEJDA, Krzysztof GRZELAK, Michał HAĆ,
Wojciech HOMIK, Krzysztof JÓŻWIK, Józef JONAK, Roman KACZYŃSKI,
Aleksander KAROLCZUK, Grzegorz KLEKOT, Krzysztof KLUGER, Jarosław KORZEB,
Lothar KROLL, Grzegorz KRÓLCZYK, Jolanta KRÓLCZYK, Marta KUREK,
Włodzimierz KURNIK, Bogdan LIGAJ, Tadeusz ŁAGODA, Bogusław ŁAZARZ,
Tomasz MACHNIEWICZ, Joanna MAŁECKA, Tadeusz MARKOWSKI,
Marek MATYJEWSKI, Aleksander MAZURKOW, Wojciech MOCZULSKI,
Adam NIEŚLONY, Piotr NIEŚLONY, Mariusz OLEKSY, Henryk PAUL,
Zbigniew PAWELSKI, Roland PAWLICZEK, Bogdan POSIADAŁA,
Mariusz PRAŻMOWSKI, Paweł PYRZANOWSKI, Stanisław RADKOWSKI,
Grzegorz ROBAK, Dariusz ROZUMEK, Sylwester SAMBORSKI, Janusz SEMPRUCH,
Tadeusz SMOLNICKI, Dariusz SZPICA, Lucjan ŚNIEŻEK, Krzysztof TALAŚKA,
Wiesław TAREŁKO, Anna TIMOFIEJCZUK, Andrzej TOMPOROWSKI,
Michał WASILCZUK, Wojciech WIELEBA, Grzegorz WOJNAR, Marek WYLEŻOŁ,
Wojciech ŻUROWSKI

KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący - prof. dr hab. inż. Tadeusz ŁAGODA
Zastępcy: dr hab. inż. Marta KUREK, profesor uczelni,
dr hab. inż. Joanna MAŁECKA, dr hab. Mariusz PRAŻMOWSKI
Sekretarz ds. organizacyjnych: dr inż. Marta BOGDAN-CHUDY
Sekretarz ds. informatycznych: dr inż. Roman CHUDY
Członkowie: mgr inż. Anna KULESA, dr inż. Karolina GŁOWACKA,
dr inż. Piotr LÖSCHNER

Przygotowano na podstawie materiałów dostarczonych przez autorów

**Projekt dofinansowany ze środków budżetu państwa,
przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu
„Doskonała nauka II”**

Ministerstwo
Edukacji i Nauki



Ramowy program

XXXI Sympozjonu Podstaw Konstrukcji Maszyn

18-20 września 2023 Szklarska Poręba

I dzień konferencji - 18.09.2023 (poniedziałek)

- 13:00 – 15:00 Rejestracja Uczestników
- 13:00 – 15:00 Obiad
- 15:00 – 15:30 Uroczyste otwarcie
- 15:30 – 16:30 Sesja plenarna przedstawicieli przemysłu
- 16:30 – 16:45 Przerwa kawowa
- 16:45 – 18:30 Obrady w sesjach tematycznych IA i IB
- 19:00 Uroczysta kolacja w chacie

II dzień konferencji - 19.09.2023 (wtorek)

- 7:30 – 9:00 Śniadanie
- 9:00 – 10:00 Sesja plenarna przedstawicieli instytutów badawczych
- 10:00 – 10:15 Przerwa kawowa
- 10:15 – 11:15 Obrady w sesjach tematycznych IIA i IIB
- 11:15 – 11:30 Przerwa kawowa
- 11:30 – 13:00 Obrady w sesjach tematycznych IIIA i IIIB
- 13:00 – 14:30 Obiad
- 14:30 – 15:00 Sesja plenarna - prezentacja oprogramowania
- 15:00 – 16:00 Obrady w sesjach tematycznych IVA i IVB
- 16:00 – 16:15 Przerwa kawowa
- 16:15 – 17:00 Sesja plakatowa I
- 17:15 – 18:00 Sesja plakatowa II
- 18:00 – 19:00 Zabranie Komitetu Naukowego
- 19:00 Kolacja

III dzień konferencji - 20.09.2023 (środa)

- 7:30 – 9:00 Śniadanie
- 9:00 – 10:30 Obrady w sesjach tematycznych VA i VB
- 10:30 – 10:45 Zamknięcie konferencji
- 10:45 – 11:00 Wyjazd Uczestników

Program

XXXI Sympozjonu Podstaw Konstrukcji Maszyn

18-20 września 2023 Szklarska Poręba

18.09.2023 (poniedziałek)					
13:00 – 15:00	Rejestracja Uczestników (doba hotelowa zaczyna się od godz. 15:00) Obiad				
15:00 – 15:30	Rozpoczęcie XXXI Sympozjonu Podstaw Konstrukcji Maszyn Wystąpienia: Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego - prof. dr hab. inż. Tadeusz ŁAGODA Rektor Politechniki Opolskiej - dr hab. inż. Marcin LORENC Przedstawiciel Komitetu Budowy Maszyn PAN Dziekan Wydziału Mechanicznego PO – dr hab. inż. Grzegorz ROBAK				
15:30 – 16:30	Sesja plenarna przedstawicieli przemysłu Przewodniczący obrad: Marcin LORENC Grzegorz ROBAK Paweł KRYSIŃSKI - BODE RAWAG w Rawiczu Innowacyjne rozwiązania implementowane przez Grupę BODE w przemyśle kolejowym Rafał MANIARA, Damian KARDAS - EthosEnergy Poland S.A. w Lublińcu Zmiany systemu elektroenergetycznego - nie zapominajmy o generatorze				
16:30 – 16:45	Przerwa kawowa				
	Obrady w sesji tematycznej I (dwie sesje równoległe)				
	<table border="1"><thead><tr><th>Sesja IA</th><th>Sesja IB</th></tr></thead><tbody><tr><td>Przewodniczący obrad: Paweł KRYSIŃSKI Krzysztof MOLSKI</td><td>Przewodniczący obrad: Damian KARDAS Henryk PAUL</td></tr></tbody></table>	Sesja IA	Sesja IB	Przewodniczący obrad: Paweł KRYSIŃSKI Krzysztof MOLSKI	Przewodniczący obrad: Damian KARDAS Henryk PAUL
Sesja IA	Sesja IB				
Przewodniczący obrad: Paweł KRYSIŃSKI Krzysztof MOLSKI	Przewodniczący obrad: Damian KARDAS Henryk PAUL				
16:45 – 17:00	<table border="1"><tbody><tr><td>WASILCZUK M., ŁUBIŃSKI J., ZASIŃSKA K.: Peek peek-owi nierówny – case study na temat związku właściwości tribologicznych kompozytów peek różnych dostawców a ich strukturą i właściwościami fizycznymi</td><td>WIECZOREK Ł., KOZIARSKA J., ŻOK F.: Zastosowanie połączeń rozłącznych w wymiennikach ciepła – analiza wariantów oraz wytrzymałości</td></tr></tbody></table>	WASILCZUK M., ŁUBIŃSKI J., ZASIŃSKA K.: Peek peek-owi nierówny – case study na temat związku właściwości tribologicznych kompozytów peek różnych dostawców a ich strukturą i właściwościami fizycznymi	WIECZOREK Ł., KOZIARSKA J., ŻOK F.: Zastosowanie połączeń rozłącznych w wymiennikach ciepła – analiza wariantów oraz wytrzymałości		
WASILCZUK M., ŁUBIŃSKI J., ZASIŃSKA K.: Peek peek-owi nierówny – case study na temat związku właściwości tribologicznych kompozytów peek różnych dostawców a ich strukturą i właściwościami fizycznymi	WIECZOREK Ł., KOZIARSKA J., ŻOK F.: Zastosowanie połączeń rozłącznych w wymiennikach ciepła – analiza wariantów oraz wytrzymałości				

17:00 – 17:15	LIPSKI A., MROZIŃSKI S., PIOTROWSKI M.: Znaczenie badań doświadczalnych w procesie projektowo-konstrukcyjnym	KUREK A.: Wielowarstwowe układy z międzywarstwą funkcjonalną platerowane stopami metali reaktywnych (cyrkon i tytan) z opcjonalnym stosowaniem międzywarstwy technologicznej
17:15 – 17:30	JANUSZKA M.: Technologia elastycznego formowania elementów stalowych w naczepach	KWIATKOWSKI G.: Wielowarstwowe układy platerowania stali niobem i tantalum z międzywarstwą technologiczno-funkcjonalną niezbędną do odprowadzania ciepła w procesie doczołowego spawania
17:30 – 17:45	BANASIAK M., KWIECIEŃ M., HORNIAK A., MUSZKA K.: Wpływ parametrów walcowania na rozwój mikrostruktury i własności prętów ze stali niskowęglowej	WŁODARCZYK D.: Technologia spawania materiałów platerowanych trójwarstwowych z warstwami funkcjonalnymi oraz reaktywnych materiałów nakładanych
17:45 – 18:00	KULCZYK B., ŻAK K.: Opracowanie innowacyjnej technologii produkcji drzwi w firmie Turenwerke	ŻUŻAŁEK M.: Zastosowanie materiałów warstwowych wytwarzanych metodą platerowania wybuchowego w grzaniu indukcyjnym
18:00 – 18:15	KROLL L., SCHRAMM N., NAUMANN M., ROTH-PANKE I., CZECH A.: Neutralna pod względem emisji CO ₂ produkcja lekkich konstrukcji przy użyciu innowacyjnych maszyn	ŻUŻAŁEK M.: Stanowisko do automatycznego pomiaru płaskości blach wielkoformatowych
18:15 – 18:30	MAMALA J., PRAŻNOWSKI K., WORWAĞ P.: Wykorzystanie sygnałów wibracyjnych do oceny stanu podrozdźdnicy kolejowej	KWIECIEŃ M., MOJŻESZKO M., LISIECKI Ł., LISIECKA-GRACA P., PERZYŃSKI K., MUSZKA K., MADEJ Ł., MAJTA J.: Analiza eksperymentalna i numeryczna możliwości tłoczenia blach wielowarstwowych łączonych wybuchowo
19:00	Uroczysta kolacja w chacie	

19.09.2023 (wtorek)		
7:30 – 9:00	Śniadanie	
9:00 – 10:00	<p>Sesja plenarna przedstawicieli instytutów badawczych</p> <p>Przewodniczący obrad: Mariusz PRAŻMOWSKI Michał WASILCZUK</p> <p>Marzena WALASIK – Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu Potrojna komercjalizacja - case study: wdrażanie przez organizację badawczą funkcjonującą w formule sieci zaawansowanych technologii przemysłu 4.0 do MSP</p> <p>Henryk PAUL - Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN w Krakowie Sandra PUCHLERSKA, Paweł PETRZAK, Robert CHULIST, Magdalena M. MISZCZYK, Marcin KWIECIEŃ, Mariusz PRAŻMOWSKI Kształtowanie struktury i własności wielowarstwowych kompozytów metalicznych wytwarzanych z wykorzystaniem energii wybuchu</p>	
	10:00 – 10:15	Przerwa kawowa
	<p>Obrady w sesji tematycznej II (dwie sesje równoległe)</p> <p>Sesja IIA Przewodniczący obrad: Marzena WALASIK Krystian CZERNEK</p>	<p>Sesja IIB Przewodniczący obrad: Roland PAWLICZEK Iwona ADAMIEC-WÓJCİK</p>
	10:15 – 10:30	<p>PIELOCH A.: Przemysł 4.0 i transformacja cyfrowa – implikacje dla społeczności akademickiej</p> <p>ADAMCZAK S., GAJUR M., KUŹMICKI K.: Ewolucja rozwiązań konstrukcyjnych węzłów łożyskowych kół pojazdów samochodowych</p>
10:30 – 10:45	<p>SORDON N.: Odpowiedzialność prawna producentów maszyn</p> <p>STRZELECKI S.: Algorytm numeryczny wyznaczania charakterystyk statycznych i dynamicznych łożysk ślizgowych</p>	
10:45 – 11:00	<p>KRÓL A., TIMOFIEJCZUK A., ŁUKASIK T.: Możliwości i problemy wynikające z transformacji przykładowej jednostki badawczo-rozwojowej sektora samochodowego na skutek wdrożenia Przemysłu 4.0</p> <p>STRZELECKI S.: Charakterystyki statyczne ślizgowego łożyska 6-powierzchniowego z przesuniętymi segmentami</p>	
11:00 – 11:15	<p>LATOŚ R., HOŚCIŁO B., MOLSKI K., MROZEK P.: Opracowanie aplikacji graficznej pozwalającej na</p> <p>SMOLNICKI T.: Kształtowanie podzespołów wsporczych łożysk wielkogabarytowych</p>	

	odwzorowanie w świecie cyfrowym techniki malarstwa laserunkowego z wykorzystaniem palety barw	
11:15 – 11:30	Przerwa kawowa	
	Obrady w sesji tematycznej III (dwie sesje równoległe)	
	Sesja IIIA Przewodniczący obrad: Tadeusz SMOLNICKI Piotr KRAWIEC	Sesja IIIB Przewodniczący obrad: Jerzy CZMOCHOWSKI Tomasz MACHNIEWICZ
11:30 – 11:45	WILCZYŃSKI D., TALAŚKA K., WAŁĘSA K., WOJTKOWIAK D.: Badania i modelowanie parametrów procesów	WÓJCIK A., ŚNIEŻEK L., SZACHOGŁUCHOWICZ I.: Badania właściwości wytrzymałościowych połączeń FSW stopu 2024 T3
11:45 – 12:00	ADAMIEC-WÓJCIK I., BRZOZOWSKA L.: Efektywność numeryczna metod: sztywnych elementów skończonych i mas skupionych w modelowaniu układów wiotkich stosowanych w technice morskiej	PEJKOWSKI Ł., KOTYK M., SEYDA J.: Badania zmęczeniowe stopu aluminium 2519
12:00 – 12:15	LADRA P., POSIADAŁA B., ŚPIEWAK S.: Weryfikacja eksperymentalna numerycznych modeli węzłów konstrukcyjnych wielozadaniowej przyczepy samochodowej	PEJKOWSKI, Ł. PAPUGA J., SKIBICKI D.: Badania wieloosiowej trwałości zmęczeniowej próbek ze stali 42CrMo4+QT o różnej chropowatości
12:15 – 12:30	NOZDRZYKOWSKI K.: Wyznaczanie odchylek geometrycznych wielkogabarytowych wałów korbowych w zależności od przyjętych warunków ich ustalenia i podparcia	FRANIASZ J., MACHNIEWICZ T.: Konstrukcja oraz badania trwałości przekładni ślimakowej w systemach wspomagania układu kierowniczego
12:30 – 12:45	JASZAK P.: Modelowanie szczelności połączenia kołnierzo-śrubowego w oparciu o dwuwymiarową teorię fraktali	ŁUSZCZEK J., ŚNIEŻEK J., GRZELAK K.: Badania właściwości użytkowych kół zębatach ze stali 21NiCrMo2 wytwarzanych przy użyciu technik: przyrostowej i konwencjonalnej

12:45 – 13:00	DOMEK G., TALAŚKA K.: Projekt systemu zamykania tunelu zjazdu skoczni narciarskiej	KURPISZ D., OBST M., JAKUBOWSKI M.: Eksperymentalne i analityczne badania wybranych właściwości dynamicznych absorberów wykonanych z LDPE
13:00 – 14:30	Obiad	
14:30 – 15:00	Sesja plenarna – prezentacja oprogramowania	
	Przewodniczący obrad: Dariusz SKIBICKI Jarosław MAMALA	
	HARNATKIEWICZ P.: Midas NFX - Integrated Mechanical FEA Analysis Solution For Optimum Design (Prezentacja oprogramowania inżynierskiego FEA)	
	HARNATKIEWICZ P.: Accurate analysis without the need to create meshes using IBM(Implicit boundary method) algorithm (Prezentacja oprogramowania inżynierskiego, pozwalającego na wykonywanie analiz numerycznych bez tzw. metodą bezsiatkową)	
	HARNATKIEWICZ P.: CAE.Limit - static and fatigue strength assessments using standards. (Prezentacja oprogramowania inżynierskiego, wykorzystywanego do normowej analizy wytrzymałości spoin w oparciu o wyniki symulacji z oprogramowań FEM)	
	Obrady w sesji tematycznej IV (dwie sesje równoległe)	
	Sesja IVA Przewodniczący obrad: Krzysztof TALAŚKA Krzysztof KLUGER	Sesja IVB Przewodniczący obrad: Lucjan ŚNIEŻEK Adam LIPSKI
15:00 – 15:15	KANIA H., MAREK A., SATERNUS M.: Cynkowanie zanurzeniowe prętów zbrojeniowych ze stali B500SP.	MICHONSKI A., CZMOCHOWSKI J.: Wpływ kierunku obciążenia na wytrzymałość laserowej spoiny zakładkowej
15:15 – 15:30	HOŚCIŁO B., MOLSKI K.: Wyznaczanie naprężeń powierzchniowych w stali X20Cr13 za pomocą wgłębnika Vickersa	SKROBACZ S., KRYSIŃSKI P., MAŁYS S., SZEFER H., CIEŚLAK H., ŁAGODA T.: Automatyzacja wykonania złączy spawanych stopów aluminium przeznaczonych do produkcji ram drzwiowych

15:30 – 15:45	MOLSKI K., TARASIUŁ P.: Wpływ kształtu lica spoiny na koncentrację naprężeń w krzyżowych złączach spawanych	GRZELAK K., TORZEWSKI J., KLUCZYŃSKI J., ŁUSZCZEK J., MARGAS W.: Badania właściwości mechanicznych laserowych połączeń spawanych elementów hybrydowych
15:45 – 16:00	TARASIUŁ P., MOLSKI K.: Koncentracja naprężeń w krzyżowych złączach spawanych z niesymetrycznym położeniem żeber	KANIA H., MAREK A., SATERNUS M.: Wpływ parametrów procesu cynkowania na właściwości prętów zbrojeniowych
16:00 – 16:15	Przerwa kawowa	
16:15 – 17:00	Sesja plakatowa I	
	Przewodniczący obrad: Joanna MAŁECKA Bogusław ŁAZARZ Bogdan POSIADAŁA	
	<p>KRÓLCZYK J.B., KRÓLCZYK G.M., NIEŚŁONY P., BOGDAN-CHUDY M., WIECZOROWSKI M., BARTKOWIAK T., MIETLIŃSKI P., GROCHALSKI K., GAPIŃSKI B., BUDZIK G., PAWLUS P., PRZESZŁOWSKI Ł., KOCHMAŃSKI Ł., TRYCH-WILDNER A., WOJCIECHOWSKA N.: Ocena jakości powierzchni odwzorowanej elektromagnetycznie próbek polimerów uzyskanych metodą addytywną</p> <p>STACHOWIAK R., ZIÓŁKOWSKI W., BOROŃSKI D., ŚNIEZEK L., KOSTUREK R.: Metoda precyzyjnego ustawiania parametru offset w procesie zgrzewania tarcowego z przemieszaniem materiałów różnoimiennych</p> <p>PABICH B., MAJTA J., KWIECIEŃ M.: Wybrane efekty niejednorodności odkształcenia plastycznego w układach heterostrukuralnych</p> <p>SPYCHAŁA M.: Potencjalne kierunki wdrożenia nowego materiału kompozytowego z recyklatów HDPE i LPS</p> <p>KIEŁBICKI M., BUDZIK G., KOCHMAŃSKI Ł.: Zastosowanie technologii przyrostowych do wytwarzania uchwytów spawalniczych</p> <p>KOCHMAŃSKI Ł., BUDZIK G., KIEŁBICKI M.: Możliwości wytwarzanie przyrostowego szczęk chwytaków z wykorzystaniem optymalizacji topologicznej</p> <p>OSADA P., WOJNAROWSKA-NOWAK R., KOT M., DYBEŁ A.: Metoda określania zmian materiałowych strefy tarcia powłok DLC oraz możliwość diagnozowania stanu eksploatacyjnego węzła tarcia</p>	

	<p>CICHOCKI K., HENSCHEL S., LUTZ K., KOZIEŁ T., BAŁA P., MUSZKA K.: Wpływ obciążenia dynamicznego w warunkach kriogenicznych na własności mechaniczne stopu wysokoentropowego $(\text{CoNiFeMn})_{1-x}\text{Mo}_x$</p> <p>BALCER K., BORÓŃSKI D.: Analiza właściwości mechanicznych kompozytów włóknistych z matrycą termoplastyczną wykonanych techniką prasowania</p> <p>GATNAR K.: Własności tribologiczne materiału komórkowego</p> <p>HEBDA A. ŁAGODA T., MAŁECKA J.: Wykorzystanie mikroskopii skaningowej do analizy fraktograficznej przelomów brązu RG7</p> <p>WIECZOREK Ł., NIEŚLONY P., MOJ K.: Wpływ parametrów obróbczych procesu wiercenia blach pakietowych ze stali kwasoodpornej na jakość kształtowanych otworów oraz zużycie narzędzia</p> <p>WILCZYŃSKA W.: Zastosowanie metod diagnostycznych stosowanych do oceny połączeń spawanych w naprawach technologicznych nadwozi samochodowych</p> <p>BOGDAN-CHUDY M.: Ocena właściwości tribologicznych stopu Ti6Al4V w skojarzeniu z węglikiem spiekany z powłoką TiN-TiCN-Al₂O₃</p> <p>CHUDY R.: Stan technologicznej warstwy wierzchniej po nagniataniu tocznym</p> <p>KRAWIEC P., DOMEK G.: Współczesne pasy klinowe</p> <p>PUCHLERSKA S., PAUL H., CHULIST R., PETRAK P., MISZCZYK M.: Transformacje fazowe w obszarach reakcji dwuwarstwowych kompozytów Al-Ti oraz Al-Mg wytwarzanych metodą zgrzewania wybuchowego</p> <p>GÓRSKA-WŁODARCZYK W., BOGDANOWICZ Z.: Wpływ wodnej zawiesiny tlenku grafenu na zawodniony olej napędowy</p> <p>PRANOTO K., PETRA I., KRÓLCZYK G., BARTOSZUK M., CAESARENDRA W.: Sharp and burrs edge detection of metal using convolutional neural network for intelligent manufacturing application</p> <p>WAŁĘSA K., GÓRECKI J.: Modelowanie przetłaczania skryształizowanego dwutlenku węgla przez matrycę wielokanałową z wykorzystaniem metody elementów skończonych</p>
--	---

17:15 – 18:00	Sesja plakatowa II
	Przewodniczący obrad: Marta KUREK Danuta MIEDZIŃSKA Grzegorz WOJNAR
	<p>SKOTNICZNY M.: Analiza zachowania egzoszkieletu kończyn dolnych w symulowanym środowisku testowym</p> <p>BASTIAN B., WASILCZUK M.: Analiza różnic pomiędzy częstotliwościami drgań własnych wyznaczonych za pomocą analizy modalnej a wynikami pomiarów drgań membrany wzbudnika lewitacji akustycznej</p> <p>KUZIEMSKI M., CZYŻEWICZ J., WASILCZUK M.: System wczesnego wykrywania awarii układu napędowego tramwaju</p> <p>JUZEK M., WOJNAR G.: Analiza drgań przekładni wyposażonej w dzielone koło zębate</p> <p>CIEMIERKIEWICZ R., MACHNIEWICZ R.: Zastosowanie MES do modelowania rozwoju pęknięć zmęczeniowych w środowisku ANSYS Workbench</p> <p>SWACHA P., LIPSKI A., PIOTROWSKI M.: Wpływ metody badań i częstotliwości obciążenia na trwałość zmęczeniową stali 42CrMo4+QT</p> <p>SZCZĘCH M., KOGUT K.: Zastosowanie układu płynnego pierścienia z cieczą magnetyczną dla sterowalnych zaworów</p> <p>ŚWIĄŁA A., LIPSKI A.: Zastosowanie struktury elastycznej w konstrukcji zmiennej geometrii skrzydeł</p> <p>GAŁKIEWICZ J., JANUSZ-BIELECKI M.: Ocena trwałości zmęczeniowej urządzeń ciśnieniowych na podstawie norm krajowych i zagranicznych.</p> <p>PŁACZEK D., MAĆKOWIAK P., BOROŃSKI D.: Badania zmęczeniowe połączeń spawanych różnoimiennych materiałów z wykorzystaniem zgrzewanego wybuchowo łącznika stal-aluminium</p> <p>BALCERZAK J.: Badanie innowacyjnej przekładni zębatej z samoczynną regulacją luzu w zazębieniu</p> <p>MICHALCZYK K., WARZECHA M., BARAN R.: Wpływ strefy przejściowej pomiędzy zwojami biernymi i aktywnymi sprężyny śrubowej naciskowej na jej sztywność osiową</p> <p>SKÓRA C.: Ocena kumulacji uszkodzeń zmęczeniowych dla obciążeń blokowych próbek ze stali S355J0</p>

	<p>HEBDA A.: Diagnostyka silnika BLDC na ramie drona w oparciu o pomiar i interpretację drgań</p> <p>MAMALA J., MAZUREK B.: Analiza wpływu obciążenia na dynamiczną charakterystykę urządzenia transportowego</p> <p>ZELWOWIEC S., KUŚKA I.: Pomiar niewyważania statycznego wagonu osobowego</p> <p>PAWLICZEK R., SKÓRA C.: Weryfikacja metod oceny stopnia uszkodzeń zmęczeniowych przy obciążeniach blokowych z wartością średnią obciążenia</p> <p>CZERNEK K., SKOTNICKA E., WITCZAK S.: Kształtowania geometrii dysz ssących dla podciśnieniowego transportu pneumatycznego</p> <p>TALAŚKA K., DOMEK G., WOJTKOWIAK D., WILCZYŃSKI D.: Projektowanie zabudowy bębna prasy taśmowej wykorzystującej pasy stalowe</p> <p>MOJ K., ROBAK G., OWSIŃSKI R.: Kształtowanie właściwości wytrzymałościowych w strukturach komórkowych wytwarzanych metodą przyrostową SLM</p> <p>MAŁYS S., KRYSIŃSKI P., SZEFER H., SKROBACZ S., CIEŚLAK T., ŁAGODA T.: Rozwój wyposażenia pojazdów szynowych pod względem wymogów izolacji termicznej</p>
18:00 – 19:00	Zabranie Komitetu Naukowego
19:00	Kolacja

20.09.2023 (środa)		
7:30 – 9:00	Śniadanie	
	Obrady w sesji tematycznej V (dwie sesje równoległe)	
	Sesja VA Przewodniczący obrad: Marek CIEŚLA Marian BARTOSZUK	Sesja VB Przewodniczący obrad: Łukasz PEJKOWSKI Piotr NIEŚLONY
9:00 – 9:15	GARUS S.: Transmission and propagation of mechanical waves in dynamic phononic structures	JASKOT A., POSIADAŁA B.: Walidacja modelu ruchu czterokołowej platformy mobilnej w warunkach poślizgu kół
9:15 – 9:30	MICHAJŁYSZYN A., HOMIK W., MAZURKOW A.: Diagnostyczne charakterystyki tłumików drgań skrętnych	BARSZCZ A.: Absorbory energii dla pojazdów kategorii L7e oraz N1 o DMC do 3,5 t

9:30 – 9:45	HOMIK W., MAZURKOW A., CHMIELOWIEC A., WOŚ W., MICHAŁYSZYŃ A.: Wpływ sił bezwładności na drgania skrętne generowane na wale korbowym oraz naprężenia występujące w korbowodzie	KAROLCZUK A., KUREK A., BÖHM M., DERDA S., PRAŻMOWSKI M., KLUGER K., ŻAK K., PEJKOWSKI Ł, SEYDA J.: Wpływ temperatury starzenia na właściwości mechaniczne cienkościennej próbki wytworzonej metodą laserowego stapania łoża proszkowego ze stali maraging 18Ni300
9:45 – 10:00	CZARNUCH A., NAPIERAŁA R., NYCZ P.: Metodyka walidacji rozwiązania konstrukcyjnego modułu przedniego ramy naczepy z formowaną płytą podsiodłową	GÓRECKI J.: Metodyka pomiaru efektywności procesu wytłaczania suchego lodu wraz z wynikami badań demonstracyjnych
10:00 – 10:15	CHĄDZYŃSKI T., JANUSZKA M.: Zwiększenie wydajności linii produkcyjnej z prasą do elastycznego formowania blach dla potrzeb produkcji wielkoseryjnej	ŁAZARZ B., WITTEK A.M.: Projektowanie suwnic – systemy klasyfikacji suwnic
10:15 – 10:30	JANUSZKA M., KOCYBIK S., BROŻYNA K., CARLSSON B.: Projekt pakietu aerodynamicznego dla naczepy kurtynowej	OBST M., KURPISZ D., RZEPczyk S.: Statyczne i dynamiczne właściwości mechaniczne taśm samochodowych pasów bezpieczeństwa w kontekście energochłonności i urazowości powypadkowej
10:30 – 10:45	Zamknięcie konferencji	
10:45 – 11:00	Wyjazd Uczestników	

STRESZCZENIA ARTYKUŁÓW

Spis treści

IWONA ADAMIEC-WÓJCİK, LUCYNA BRZOZOWSKA – Efektywność numeryczna metod: sztywnych elementów skończonych i mas skupionych w modelowaniu układów wiotkich stosowanych w technice morskiej	25
ŁUKASZ WIECZOREK, JUSTYNA KOZIARSKA, FABIAN ŻOK – Zastosowanie połączeń rozłącznych w wymiennikach ciepła – analiza wariantów oraz wytrzymałości	27
ŁUKASZ WIECZOREK, PIOTR NIEŚLONY, KEVIN MOJ – Wpływ parametrów obróbczych procesu wiercenia blach pakietowych ze stali kwasoodpornej na jakość kształtowanych otworów oraz zużycie narzędzia	28
HENRYK PAUL, SANDRA PUCHLERSKA, PAWEŁ PETRZAK, ROBERT CHULIST, MAGDALENA M. MISZCZYK ¹ , MARCIN KWIECIEŃ, MARIUSZ PRAŻMOWSKI – Kształtowanie struktury i własności wielowarstwowych kompozytów metalicznych wytwarzanych z wykorzystaniem energii wybuchu ...	29
WIOLETTA GÓRSKA-WŁODARCZYK, ZDZISŁAW BOGDANOWICZ – Wpływ wodnej zawiesiny tlenu grafenu na zawodniony olej napędowy	30
SANDRA PUCHLERSKA, HENRYK PAUL, ROBERT CHULIST, PAWEŁ PETRZAK, MAGDALENA MISZCZYK – Transformacje fazowe w obszarach reakcji dwuwarstwowych kompozytów Al-Ti oraz Al-Mg wytwarzanych metodą zgrzewania wybuchowego	31
MARCIN SKOTNICZY – Analiza zachowania egzoszkieletu kończyn dolnych w symulowanym środowisku testowym	32
DOMINIKA PŁACZEK, PAWEŁ MAĆKOWIAK, DARIUSZ BOROŃSK – Badania zmęczeniowe połączeń spawanych różnoimiennych materiałów z wykorzystaniem zgrzewanego wybuchowo łącznika stal-aluminium	33
JAKUB BALCERZAK – Badanie innowacyjnej przekładni zębatej z samoczynną regulacją luzu w zazębieniu	34
KATARZYNA BALCER, DARIUSZ BOROŃSKI – Analiza właściwości mechanicznych kompozytów włóknistych z matrycą termoplastyczną wykonanych techniką prasowania	35
ARTUR KRÓL, ANNA TIMOFIEJCZUK, TOMASZ ŁUKASIK – Możliwości i problemy wynikające z transformacji przykładowej jednostki badawczo-rozwojowej sektora samochodowego na skutek wdrożenia przemysłu 4.0	36
STANISŁAW STRZELECKI – Algorytm numeryczny wyznaczania charakterystyk statycznych i dynamicznych łożysk ślizgowych	37
STANISŁAW STRZELECKI – Charakterystyki statyczne ślizgowego łożyska 6-powierzchniowego z przesuniętymi segmentami	38

PIOTR KRAWIEC, GRZEGORZ DOMEK – Współczesne pasy klinowe	39
JAKUB FRANIASZ, TOMASZ MACHNIEWICZ – Konstrukcja oraz badania trwałości przekładni ślimakowej w systemach wspomagania układu kierowniczego	40
ADRIAN MICHONIŃSKI, JERZY CZMOCHOWSKI – Wpływ kierunku obciążenia na wytrzymałość laserowej spoiny zakładkowej.....	41
GRZEGORZ DOMEK, KRZYSZTOF TALAŚKA – Projekt systemu zamykania tunelu zjazdu skoczni narciarskiej	42
JAN GÓRECKI – Metodyka pomiaru efektywności procesu wytłaczania suchego lodu wraz z wynikami badań demonstracyjnych	42
ADAM LIPSKI, STANISŁAW MROZIŃSKI, MICHAŁ PIOTROWSKI – Znaczenie badań doświadczalnych w procesie projektowo–konstrukcyjnym.....	43
MARCIN JANUSZKA – Technologia elastycznego formowania elementów stalowych w naczepach.....	44
TADEUSZ SMOLNICKI – Kształtowanie podzespołów wsporczych łożysk wielkogabarytowych	45
MARZENA WALASIK – Potrójna komercjalizacja - CASE STUDY: wdrażanie przez organizację badawczą funkcjonującą w formule sieci zaawansowanych technologii przemysłu 4.0 do MSP	45
SEBASTIAN SKROBACZ, TADEUSZ ŁAGODA, PAWEŁ KRYSIŃSKI, SŁAWOMIR MAŁYS, HUBERT SZEFER, TOMASZ CIEŚLAK – Automatyzacja wykonania złączy spawanych stopów aluminium przeznaczonych do produkcji ram drzwiowych.....	46
ADAM WÓJCIK, LUCJAN ŚNIEŻEK, IRENEUSZ SZACHOĞŁUCHOWICZ – Badania właściwości wytrzymałościowych połączeń FSW stopu aluminium 2024T3	47
PRZEMYSŁAW JASZAK – Modelowanie szczelności połączenia kołnierzo-śrubowego w oparciu o dwuwymiarową teorię fraktali	48
DANUTA MIEDZIŃSKA, MACIEJ SPYCHAŁA – Przegląd technologii odzysku włókien szklanych z kompozytów EGC	49
ŁUKASZ PEJKOWSKI, MACIEJ KOTYK, JAN SEYDA – Badania zmęczeniowe stopu aluminium 2519	50
ŁUKASZ PEJKOWSKI, JAN PAPUGA, DARIUSZ SKIBICKI – Badania wieloosiowej trwałości zmęczeniowej próbek ze stali 42CrMo4+QT o różnej chropowatości	51
SEBASTIAN GARUS – Transmission and propagation of mechanical waves in dynamic phononic structures.....	52

ARKADIUSZ CZARNUCH, RAFAŁ NAPIERAŁA, PAWEŁ NYCZ – Metodyka walidacji rozwiązania konstrukcyjnego modułu przedniego ramy naczepy z formowaną płytą podsiodłową.....	53
KEVIN MOJ, GRZEGORZ ROBAK, ROBERT OWSIŃSKI – Kształtowanie właściwości wytrzymałościowych w strukturach komórkowych wytwarzanych metodą przyrostową SLM	54
ROLAND PAWLICZEK, CYPRIAN SKÓRA – Weryfikacja metod oceny stopnia uszkodzeń zmęczeniowych przy obciążeniach blokowych z wartością średnią obciążenia.....	55
KRYSTIAN CZERNEK, EWA SKOTNICKA, STANISŁAW WITCZAK – Kształtowania geometrii dysz ssących dla podciśnieniowego transportu pneumatycznego.....	56
MARCIN KWIECIEŃ, MATEUSZ MOJŻESZKO, ŁUKASZ LISIECKI, PAULINA LISIECKA–GRACA, KONRAD PERZYŃSKI, KRZYSZTOF MUSZKA, ŁUKASZ MADEJ, JANUSZ MAJTA – Analiza eksperymentalna i numeryczna możliwości tłoczenia blach wielowarstwowych łączonych wybuchowo	57
TOMASZ CHADZYŃSKI, MARCIN JANUSZKA – Zwiększenie wydajności linii produkcyjnej z prasą do elastycznego formowania blach dla potrzeb produkcji wielkoseryjnej.....	58
KRZYSZTOF TALAŚKA, GRZEGORZ DOMEK, DOMINIK WOJTKOWIAK, DOMINIK WILCZYŃSKI – Projektowanie zabudowy bębna prasy taśmowej wykorzystującej pasy stalowe	59
KRZYSZTOF GRZELAK, JANUSZ TORZEWSKI, JANUSZ KLUCZYŃSKI, JAKUB ŁUSZCZEK, WIKTOR MARGAS – Badania właściwości mechanicznych laserowych połączeń spawanych elementów hybrydowych	60
MONIKA BANASIAK, MARCIN KWIECIEŃ, ANDRZEJ HORNIK, KRZYSZTOF MUSZKA – Wpływ parametrów walcowania na rozwój mikrostruktury i własności prętów ze stali niskowęglowej.....	61
KAMIL GATNAR – Własności tribologiczne materiału komórkowego	62
RADOSŁAW CIEMIERKIEWICZ, TOMASZ MACHNIEWICZ – Zastosowanie MES do modelowania rozwoju pęknięć zmęczeniowych w środowisku ANSYS Workbench.....	63
ALEKSANDER KAROLCZUK, ANDRZEJ KUREK, MICHAŁ BÖHM, SZYMON DERDA, MARIUSZ PRAŻMOWSKI, KRZYSZTOF KLUGER, KRZYSZTOF ŻAK, ŁUKASZ PEJKOWSKI, JAN SEYDA – Wpływ temperatury starzenia na właściwości mechaniczne cienkościennej próbki wytworzonej metodą laserowego stapiania łoża proszkowego ze stali maraging 18Ni300	64
CYPRIAN SKÓRA – Ocena kumulacji uszkodzeń zmęczeniowych dla obciążeń blokowych próbek ze stali S355J0	65

ANNA JASKOT, BOGDAN POSIADAŁA – Walidacja modelu ruchu czterokołowej platformy mobilnej w warunkach poślizgu kół	66
JAROSŁAW MAMALA, KRZYSZTOF PRAŻNOWSKI, PRZEMYSŁAW WORWAĞ – Wykorzystanie sygnałów wibracyjnych do oceny stanu podrozdniczki kolejowej	67
ALEKSANDER HEBDA – Diagnostyka silnika BLDC na ramie drona w oparciu o pomiar i interpretację drgań.....	68
ALEKSANDER HEBDA – Wykorzystanie mikroskopii skaningowej do analizy fraktograficznej przelomów brązu RG7	69
SŁAWOMIR ZELWOWIEC, IGOR KUŚKA – Pomiar niewyważania statycznego wagonu osobowego	69
STANISŁAW ADAMCZAK, MAREK GAJUR, KRZYSZTOF KUŹMICKI – Ewolucja rozwiązań konstrukcyjnych węzłów łożyskowych kół pojazdów samochodowych	70
JAKUB ŁUSZCZEK, LUCJAN ŚNIEŻEK, KRZYSZTOF GRZELAK – Badania właściwości użytkowych kół zębatach ze stali 21NiCrMo2 wytwarzanych przy użyciu technik: przyrostowej i konwencjonalnej	71
MACIEJ SPYCHAŁA – Potencjalne kierunki wdrożenia nowego materiału kompozytowego z recyklatów HDPE i LPS	72
MICHAŁ KUZIEMSKI, JACEK CZYŻEWICZ, MICHAŁ WASILCZUK – System wczesnego wykrywania awarii układu napędowego tramwaju.....	73
JAROSŁAW MAMALA, BARTOSZ MAZUREK – Analiza wpływu obciążenia na dynamiczną charakterystykę urządzenia transportowego.....	74
MACIEJ OBST, DARIUSZ KURPISZ, SZYMON RZEPczyk – Statyczne i dynamiczne właściwości mechaniczne taśm samochodowych pasów bezpieczeństwa w kontekście energochłonności i urazowości powypadkowej.....	75
DARIUSZ KURPISZ, MACIEJ OBST, JAKUBOWSKI MATEUSZ - Eksperymentalne i analityczne badania wybranych właściwości dynamicznych absorberów wykonanych z LDPE.....	76
PIOTR TARASIUK, KRZYSZTOF MOLSKI – Koncentracja naprężeń w krzyżowych złączach spawanych z niesymetrycznym położeniem żeber	77
KRZYSZTOF MOLSKI, PIOTR TARASIUK – Wpływ kształtu lica spoiny na koncentrację naprężeń w krzyżowych złączach spawanych	78
KRZYSZTOF NOZDRZYKOWSKI – Wyznaczanie odchyłek geometrycznych wielkogabarytowych wałów korbowych w zależności od przyjętych warunków ich ustalenia i podparcia	79
BOGUSŁAW HOŚCIŁO, KRZYSZTOF MOLSKI – Wyznaczanie naprężeń powierzchniowych w stali X20Cr13 za pomocą wglębniaka Vickersa.....	80

KRZYSZTOF WAŁĘSA, JAN GÓRECKI – Modelowanie przetłaczania skryształizowanego dwutlenku węgla przez matrycę wielokanałową z wykorzystaniem metody elementów skończonych.....	81
ADAM MICHAJŁYSZYN, WOJCIECH HOMIK, ALEKSANDER MAZURKOW – Diagnostyczne charakterystyki tłumików drgań skrętnych.....	82
DOMINIK WILCZYŃSKI, KRZYSZTOF TALAŚKA, KRZYSZTOF WAŁĘSA, DOMINIK WOJTKOWIAK – Badania i modelowanie parametrów procesów	83
RAFAŁ MANIARA, DAMIAN KARDAS – Zmiany systemu elektroenergetycznego – nie zapominajmy o generatorze.....	84
WOJCIECH HOMIK, ALEKSANDER MAZURKOW, ANDRZEJ CHMIELOWIEC, WERONIKA WOŚ, ADAM MICHAJŁYSZYN – Wpływ sił bezwładności na drgania skrętne generowane na wale korbowym oraz naprężenia występujące w korbowodzie.....	85
PIOTR LADRA, BOGDAN POSIADAŁA, SZCZEPAN ŚPIEWAK – Weryfikacja eksperymentalna numerycznych modeli węzłów konstrukcyjnych wielozadaniowej przyczepy samochodowej.....	86
PIOTR SWACHA, ADAM LIPSKI, MICHAŁ PIOTROWSKI – Wpływ metody badań i częstotliwości obciążenia na trwałość zmęczeniową stali 42CrMo4+QT.....	87
ANDRZEJ ŚWITAŁA, ADAM LIPSKI – Zastosowanie struktury elastycznej w konstrukcji zmiennej GEOMETRII SKRZYDEŁ.....	88
KAMIL CICHOCKI, SEBASTIAN HENSCHEL, LUTZ KRUGER, TOMASZ KOZIEŁ, PIOTR BAŁA, KRZYSZTOF MUSZKA – Wpływ obciążenia dynamicznego w warunkach kriogenicznych na własności mechaniczne stopu wysokoentropowego (CONIFEMN) _{1-x} MO _x	89
BARTOSZ BASTIAN, MICHAŁ WASILCZUK – Analiza różnic pomiędzy częstotliwościami drgań własnych wyznaczonych za pomocą analizy modalnej a wynikami pomiarów drgań membrany wzbudnika lewitacji akustycznej.....	90
RADOSŁAW STACHOWIAK, WOJCIECH ZIÓŁKOWSKI, DARIUSZ BOROŃSKI, LUCJAN ŚNIEŻEK, ROBERT KOSTUREK – Metoda precyzyjnego ustawiania parametru offset w procesie zgrzewania tarcowego z przemieszaniem materiałów różnoimiennych.....	91
BARTŁOMIEJ PABICH, JANUSZ MAJTA, MARCIN KWIECIEŃ – Wybrane efekty niejednorodności odkształcenia plastycznego w układach heterostrukuralnych.....	92
MICHAŁ JUZEK, GRZEGORZ WOJNAR – Analiza drgań przekładni wyposażonej w dzielone koło zębate.....	93
KRZYSZTOF MICHALCZYK, MARIUSZ WARZECHA, ROBERT BARAN – Wpływ strefy przejściowej pomiędzy zwojami biernymi i aktywnymi sprężyny śrubowej naciskowej na jej sztywność osiową.....	94

WIKTORIA WILCZYŃSKA – Zastosowanie metod diagnostycznych stosowanych do oceny połączeń spawanych w naprawach technologicznych nadwozi samochodowych.....	95
JAROSŁAW GAŁKIEWICZ, MARIUSZ JANUSZ–BIELECKI – Ocena trwałości zmęczeniowej urządzeń ciśnieniowych na podstawie norm krajowych i zagranicznych	96
ŁUKASZ KOCHMAŃSKI, GRZEGORZ BUDZIK, MATEUSZ KIEŁBICKI – Możliwości wytwarzanie przyrostowego szczęk chwytaków z wykorzystaniem optymalizacji topologicznej.....	97
MATEUSZ KIEŁBICKI, GRZEGORZ BUDZIK, ŁUKASZ KOCHMAŃSKI – Zastosowanie technologii przyrostowych do wytwarzania uchwytów spawalniczych	98
MARCIN SZCZĘCH, KRZYSZTOF KOGUT – Zastosowanie układu płynnego pierścienia z cieczą magnetyczną dla sterowalnych zaworów.....	99
PIOTR OSADA, RENATA WOJNAROWSKA–NOWAK, MARCIN KOT, ALEKSANDRA DYBEŁ – Metoda określania zmian materiałowych strefy tarcia powłok DLC oraz możliwość diagnozowania stanu eksploatacyjnego węzła tarcia	100
DAWID WŁODARCZYK – Technologia spawania materiałów platerowanych trójwarstwowych z warstwami funkcjonalnymi oraz reaktywnych materiałów nakładanych	101
AMADEUSZ KUREK – Wielowarstwowe układy z międzywarstwą funkcjonalną platerowane stopami metali reaktywnych (cyrkon i tytan) z opcjonalnym stosowaniem międzywarstwy technologicznej	102
GRZEGORZ KWIATKOWSKI – Wielowarstwowe układy platerowania stali niobem i tantalum z międzywarstwą technologiczno – funkcjonalną niezbędną do odprowadzania ciepła w procesie doczołowego spawania	103
MICHAŁ ŻUŻAŁEK – Zastosowanie materiałów warstwowych wytwarzanych metodą platerowania wybuchowego w grzaniu indukcyjnym	104
MICHAŁ ŻUŻAŁEK – Stanowisko do automatycznego pomiaru płaskości blach wielkoformatowych	105
ANDRZEJ BARSZCZ, JANUSZ KOBIAŁKA – Absorbory energii dla pojazdów kategorii L7E oraz N1 O DMC DO 3,5 T	105
LOTHAR KROLL, NORBERT SCHRAMM, MARIO NAUMANN, ISABELLE ROTH–PANKE, ADAM CZECH – Neutralna pod względem emisji CO ₂ produkcja lekkich konstrukcji przy użyciu innowacyjnych maszyn.....	106
SŁAWOMIR MAŁYS, PAWEŁ KRYSIŃSKI, HUBERT SZEFER, SEBASTIAN SKROBACZ, TOMASZ CIEŚLAK, TADEUSZ ŁAGODA – Rozwój wyposażenia pojazdów szynowych pod względem wymogów izolacji termicznej	107

MARTA BOGDAN–CHUDY – Ocena właściwości tribologicznych stopu Ti6Al4V w skojarzeniu z węglikiem spiekany z powłoką TiN–TiCN–AL ₂ O ₃	108
ROMAN CHUDY – Stan technologicznej warstwy wierzchniej po nagniataniu tocznym.....	109
MICHAŁ WASILCZUK, JACEK ŁUBIŃSKI, KATARZYNA ZASIŃSKA – PEEK PEEK–owi nierówny – CASE STUDY na temat związku właściwości tribologicznych kompozytów PEEK różnych dostawców a ich strukturą i właściwościami fizycznymi	110
JOLANTA B. KRÓLCZYK, GRZEGORZ M. KRÓLCZYK, PIOTR NIEŚLONY, MARTA BOGDAN–CHUDY, MICHAŁ WIECZOROWSKI, TOMASZ BARTKOWIAK, PATRYK MIETLIŃSKI, KAROL GROCHALSKI, BARTOSZ GAPIŃSKI, GRZEGORZ BUDZIK, PAWEŁ PAWLUS, ŁUKASZ PRZESZŁOWSKI,, ŁUKASZ KOCHMAŃSKI, ANNA TRYCH–WILDNER, NATALIA WOJCIECHOWSKA – Ocena jakości powierzchni odwzorowanej elektromagnetycznie próbek polimerów uzyskanych metodą addytywną.....	111
BOGUSŁAW ŁAZARZ, A. M. WITTEK – Projektowanie suwnic – systemy klasyfikacji suwnic.....	112
ANNA PIELOCH – Przemysł 4.0 i transformacja cyfrowa – implikacje dla społeczności akademickiej.....	113
NATALIA SORDON – Odpowiedzialność prawna producentów maszyn	114
MARCIN JANUSZKA, SEBASTIAN KOCYBIK, KAMIL BROŻYNA, BJÖRN CARLSSON – Projekt pakietu aerodynamicznego dla naczepy kurtynowej.....	115
KIRANA ASTARI PRANOTO, ISKANDAR PETRA, GRZEGORZ KRÓLCZYK, MARIAN BARTOSZUK, WAHYU CAESARENDRA – Sharp and burrs edge detection of metal using convolutional neural network for intelligent manufacturing application.....	116
HENRYK KANIA, ANŻELINA MAREK, MARIOLA SATERNUS – Cynkowanie zanurzeniowe prętów zbrojeniowych ze stali B500SP.....	117
BARTŁOMIEJ KULCZYK, KRZYSZTOF ŻAK –Opracowanie innowacyjnej technologii produkcji drzwi w firmie Turenwerke	118

**IWONA ADAMIEC–WÓJCIK
LUCYNA BRZOZOWSKA**

Akademia Techniczno–Humanistyczna w Bielsku–Białej

**EFEKTYWNOŚĆ NUMERYCZNA METOD:
SZTYWNYCH ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH
I MAS SKUPIONYCH W MODELOWANIU
UKŁADÓW WIOTKICH STOSOWANYCH W
TECHNICE MORSKIEJ**

Risery, liny, kable są przykładami układów wiotkich wykorzystywanych w technice offshorowej. Ich cechą charakterystyczną jest relatywnie duża długość przy równoczesnym małym przekroju poprzecznym. Modelowanie takich układów wymaga uwzględnienia dużych odkształceń oraz wpływu warunków zewnętrznych takich jak środowisko wodne w tym prądy morskie, ruchy bazy (statku) wywołane falowaniem, a także przepływów medium we wnętrzu w przypadku riserów. Do modelowania i analizy dynamiki układów autorzy od wielu lat stosują metodę sztywnych elementów skończonych w różnych modyfikacjach oraz autorskie sformułowanie metody mas skupionych.

Metody modelowania układów wiotkich, szczególnie w zagadnieniach optymalizacji, w których wymagane jest wielokrotne całkowanie równań ruchu powinny charakteryzować się dużą efektywnością numeryczną. Równania ruchu riserów uwzględniające ich duże ugięcia i oddziaływanie środowiska morskiego są nieliniowe i muszą być całkowane numerycznie. Duży wpływ na efektywność numeryczną ich rozwiązywania ma zastosowana metoda dyskretyzacji. Najczęściej stosowaną metodą dyskretyzacji riserów jest metoda elementów skończonych, co znajduje odzwierciedlenie w jej implementacji w pakietach komercyjnych takich jak RIFLEX (Jensen et al. 2010; Yin et al. 2019). Dużą popularnością cieszy się również pakiet OcrFlex (Orcina 2015) bazujący na metodzie mas skupionych.

W niniejszej pracy porównane będą pod względem efektywności numerycznej dwie metody: sztywnych elementów skończonych i mas skupionych zastosowane do modelowania dynamiki riserów uwzględniające ich podatność giętą i wzdłużną. Metoda sztywnych elementów skończonych (Wittbrodt et al. 2006, 2013) w zastosowaniach do modelowania układów wiotkich umożliwia uwzględnienie dużych ugięć spowodowanych podatnością giętą oraz wzdłużną. Równania ruchu wyprowadza się dokonując dyskretyzacji

członu poprzez podział na równe segmenty (elementy sztywne). Pomiędzy elementami sztywnymi umieszczono elementy sprężysto-tłumiące sdb_i odwzorowujące podatność giętą o współczynnikach sprężystości c_{bi} oraz tłumienia b_{bi} , natomiast w środku elementów sztywnych umieszczono elementy sprężysto-tłumiące odpowiadające podatności wzdłużnej o współczynnikach sztywności i tłumienia c_{li} oraz b_{li} odpowiednio. Sztywne elementy skończone odzwierciedlają cechy masowe i bezwładnościowe analizowanego układu.

Metoda mas skupionych jest jedną z prostszych metod dyskretyzacyjnych, nadal jednak często wykorzystywanych szczególnie w modelowaniu układów wiotkich – lin cumowniczych lub riserów. Sformułowanie zastosowane w niniejszej pracy różni się od klasycznych sformułowań sposobem dyskretyzacji i obliczania współczynników sztywności zginania i wydłużenia oraz definiowania oddziaływania sił zewnętrznych. Pierwotny etap dyskretyzacji polega na podziale członu na n równych segmentów, a następnie podobnie jak w metodzie sztywnych elementów skończonych, w środku każdego z segmentów umieszcza się element sprężysto-tłumiący odzwierciedlający jego podatność giętą. Punkty te stają się węzłami, do których przypisuje się masy skupione (po połowie z obu segmentów znajdujących się po obu stronach węzła). Następnie w środku odcinków łączących tak powstałe węzły umieszcza się elementy sprężyste odzwierciedlające ich podatność wzdłużną. Sposób dyskretyzacji przedstawiono szczegółowo w artykule (Adamiec–Wójcik et al. 2023). Efektywność numeryczna obu metod analizowana jest w rozwiązaniu zadań dynamiki riserów, zatem uwzględniono oddziaływanie sił wyporu i oporu hydrodynamicznego poprzez siły uogólnione. Równania ruchu wyprowadza się z równań Lagrange’a drugiego rodzaju stąd konieczność obliczenia energii kinetycznej oraz potencjalnej układu. Równania ruchu przyjmują postać:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}} = \mathbf{f} = -\frac{\partial V_g}{\partial \mathbf{q}} - \frac{\partial V_\varphi}{\partial \mathbf{q}} - \frac{\partial V_L}{\partial \mathbf{q}} + \mathbf{Q}^b + \mathbf{Q}^H + \mathbf{Q}^z \quad (1)$$

gdzie \mathbf{q} jest wektorem współrzędnych uogólnionych, \mathbf{M} jest macierzą mas (w przypadku metody mas skupionych jest to macierz diagonalna), V_g jest energią potencjalną sił ciężkości, V_φ, V_L oznaczają energię potencjalną sprężystości odkształceń giętych i wzdłużnych odpowiednio, wektory $\mathbf{Q}^b, \mathbf{Q}^H$ i \mathbf{Q}^z są siłami uogólnionymi odzwierciedlającymi siły wyporu, oporu hydrodynamicznego oraz siły zewnętrzne.

Obie metody zostały zweryfikowane poprzez sprawdzenie wpływu liczby elementów dyskretyzacji na dokładność wyników obliczeń. Walidacji dokonano porównując wyniki otrzymane z własnego programu z wynikami prezentowanymi w literaturze (Kaewunruen et

al. 2008; Wang et al. 2016). Porównano częstości drgań własnych a także przemieszczenia risera w zadaniu dynamiki.

ŁUKASZ WIECZOREK^{1,2}
JUSTYNA KOZIARSKA^{1,2}
FABIAN ŻOK²

¹ Politechnika Opolska

² Kelvion Sp. z o.o.

ZASTOSOWANIE POŁĄCZEŃ ROZŁĄCZNYCH W WYMIENNIKACH CIEPŁA – ANALIZA WARIANTÓW ORAZ WYTRZYMAŁOŚCI

Wysokowydajne wymienniki ciepła charakteryzuje konieczność powiązania z innymi elementami instalacji przemysłowych. Jedne z najbardziej popularnych połączeń to połączenia skręcane, które służą do łączenia wymienników w baterie a także do łączenia ich z innymi urządzeniami bądź instalacjami przesyłowymi. Za pomocą tego rodzaju połączeń, montuje się do nich także osprzęt jak np. wentylatory. Z uwagi na konieczność zapewnienia najlepszej jakości połączeń, wymagany jest prawidłowy ich dobór oraz jakość wykonania.

W pracy przedstawiono metodykę przygotowania połączeń skręcanych w trzech technologiach oraz analizę wytrzymałości połączeń. Pierwszym opisanym procesem jest wiercenie termiczne z gwintowaniem, w którym narzędzie wierzące za pomocą siły nacisku powoduje zwiększenie temperatury materiału umożliwiając plastyczne ukształtowanie otworu. W otworze tym następnie tworzy się gwint metodą kształtowania plastycznego. Drugim sposobem jest montaż za pomocą spawania nakrętek spawalnych. Trzecią metodą jest wykonanie nitonakrętek, które wymagają wykonania wstępного otworu a następnie montażu w nim nitonakrętki oraz zaciśnięcia jej za pomocą nitownicy. Do badań użyto materiałów ze stali węglowej oraz kwasoodpornej

ŁUKASZ WIECZOREK^{1,2}
PIOTR NIEŚLONY¹
KEVIN MOJ¹

¹ Politechnika Opolska

² Kelvion Sp. z o.o.

**WPLYW PARAMETRÓW OBRÓBCZYCH PROCESU
WIERCENIA BLACH PAKIETOWYCH ZE STALI
KWASOODPORNEJ NA JAKOŚĆ
KSZTAŁTOWANYCH OTWORÓW ORAZ ZUŻYCIE
NARZĘDZIA**

W przypadku produkcji wysokowydajnych wymienników ciepła wiercenie den sitowych jest jednym z podstawowych procesów produkcyjnych. Stworzone one są z różnego rodzaju materiałów, takich jak stale węglowe, kwasoodporne, tytan czy nawet tworzywa sztuczne. Dna sitowe w rurowych wymiennikach ciepła posiadają najczęściej od kilkudziesięciu do kilku tysięcy otworów, a ich grubości sięgają w zależności od wielkości i ciśnienia od kilku do kilkuset milimetrów.

Niezależnie od grubości den sitowych, wykonywane w nich otwory muszą charakteryzować się znakomitą powtarzalnością, walcowością i osiowością. Nie bez znaczenia pozostaje także odpowiednia chropowatość wewnętrzna a także łagodne krawędzie zewnętrzne otworu.

W celu obniżenia kosztów produkcji dna sitowe wiercone są w pakietach, co znacznie zmniejsza czas ich wytworzenia, natomiast powoduje powstawanie problemów technologicznych.

W pracy przedstawiono wyniki badań w zakresie wiercenia blach w pakietach. Do ich przeprowadzenia wybrano cztery rodzaje popularnych typów narzędzi węglkowych, z których każde testowano w 4 konfiguracjach parametrycznych, przy różnych prędkościach skrawania oraz zmiennych prędkościach posuwu narzędzia. W celu wykazania problemów technologicznych wiercenia blach pakietowych, wykonano testy porównawcze dla blachy monolitycznej, prowadząc proces przy identycznych parametrach i warunkach jak w przypadku pakietu blach. Praca przedstawia wpływ prędkości skrawania oraz posuwu narzędzia na kształt otworu a także weryfikuje zużycie narzędzia w zależności od ww. czynników oraz wpływu czynnika chłodzącego. Z uwagi na przemysłowy charakter pracy przedstawiono także metody pomiarów narzędzi umożliwiające wykrycie oraz ocenę zużycia narzędzi skrawających.

HENRYK PAUL¹
SANDRA PUCHLERSKA²
PAWEŁ PETRZAK¹
ROBERT CHULIST¹
MAGDALENA M. MISZCZYK¹
MARCIN KWIECIEN²
MARIUSZ PRAŻMOWSKI³

¹ Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Polskiej Akademii
Nauk

² Akademia Górniczo-Hutnicza

³ Politechnika Opolska

KSZTAŁTOWANIE STRUKTURY I WŁASNOŚCI WIELOWARSTWOWYCH KOMPOZYTÓW METALICZNYCH WYTWARZANYCH Z WYKORZYSTANIEM ENERGII WYBUCHU

Mikrostruktura obszarów w strefach połączenia w kompozytach spajanych z wykorzystaniem energii wybuchu jest silnie uzależniona od rodzaju łączonych metali. W niniejszym programie badawczym analizowano morfologię i skład fazowy obszarów zakrzepłej cieczy, tworzących się pomiędzy blachami Cu i Ta lub Nb oraz pomiędzy blachami Al a Ti lub Mg w wielowarstwowych kompozytach metalicznych wytworzonych z wykorzystaniem technologii spajania wybuchowego i procesu walcowania w tym walcowania akumulacyjnego. Wyniki analiz mikrostrukturalnych oraz pomiary zmian składu chemicznego skorelowano z pomiarami mikrotwardości. Analiza mikrostruktury za pomocą mikroskopu optycznego potwierdziła wysoką jakość wytworzonych kompozytów; nie zaobserwowano formowania się rozwarstwień. Analizy z wykorzystaniem SEM oraz TEM wykazały, że warstwy w pobliżu granic międzyfazowych pomiędzy spojonymi metalami charakteryzują się złożoną i hierarchiczną mikrostrukturą. Obszary przetopień w pobliżu granic międzyfazowych w układach Ta/Cu oraz Nb/Cu charakteryzują się silnie zróżnicowaną morfologią, lecz zawsze składały się z mieszaniny czystych pierwiastków Cu i Ta lub Nb. Pomimo, że nie obserwowano formowania się faz międzymetalicznych mikrotwardość obszarów zakrzepłej cieczy była 2–3 razy wyższa aniżeli mikrotwardość zmierzona w obszarze blach macierzystych. Natomiast obszary w strefach połączenia w układach na bazie Al i Ti lub Mg zdominowane są obecnością obszarów reakcji zawierających

nierównowagowe fazy międzymetaliczne, które są znacznie twardsze niż sąsiednie obszary umocnione przez zgniot. Proces wygrzewania nie zmienia znacząco mikrostruktury i właściwości kompozytów Ta/Cu i Nb/Cu w obszarach strefy połączenia z uwagi na całkowity brak wzajemnej rozpuszczalności składników w stanie stałym. Natomiast w kompozytach na bazie Al/Ti i Al/Mg zaobserwowano, że proces wygrzewania prowadzi w strefach reakcji do przemiany faz nierównowagowych w fazy równowagowe, poprzez reakcję analogiczną do rozpadu spinodalnego.

**WIOLETTA GÓRSKA–WŁODARCZYK
ZDZISŁAW BOGDANOWICZ**

Wojskowa Akademia Techniczna

**WPLYW WODNEJ ZAWIESINY TLENKU GRAFENU
NA ZAWODNIONY OLEJ NAPĘDOWY**

W niniejszej pracy zbadano właściwości wodnych zawiesin tlenku grafenu o stężeniu 50 mg/l, 100 mg/l, 150 mg/l oraz 4g/l do zastosowania w procesie odwadniania oleju napędowego. Badania wykonano z użyciem próbek symulacyjnych paliwa o różnej zawartości wody, uzyskanych podczas nasycania handlowych gatunków oleju napędowego wodą oraz próbek rzeczywistych pochodzących ze zbiorników magazynowych. Wodne zawiesiny tlenku grafenu wykazywały wysoką skuteczność odwadniania, nawet powyżej 90 % w zależności od wyjściowej zawartości wody w badanych próbkach oleju napędowego. Najwyższą skuteczność zaobserwowano dla wodnej zawiesiny o stężeniu 4 g/l, dla której proces oddawania przebiegał najszybciej i uzyskiwano najniższe zawartości wody w oleju. Zawiesiny po użyciu, po około 7 dniach przechowywania układów badawczych, wykazywały rozwarstwienie z sedymentacją materiału grafenowego na dno próbek, co wpływało na wzrost zawartości wody w fazach paliwowych, z którymi woda miała bezpośredni kontakt. W pracy zbadano również wpływ materiałów grafenowych na stabilność oksydacyjną paliwa jako parametru wrażliwego na oddziaływanie tlenku grafenu oraz zaprezentowano możliwość jego poprawy.

**SANDRA PUCHLERSKA¹,
HENRYK PAUL²
ROBERT CHULIST²
PAWEŁ PETRZAK²
MAGDALENA MISZCZYK²**

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza

² Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Polskiej Akademii
Nauk

TRANSFORMACJE FAZOWE W OBSZARACH REAKCJI DWUWARSTWOWYCH KOMPOZYTÓW Al-Ti ORAZ Al-Mg WYTWARZANYCH METODĄ ZGRZEWAŃ WYBUCHOWEGO

W prowadzonych pracach wytworzono metodą spajania wybuchowego dwuwarstwowe płyty kompozytowe w układach Al-Ti oraz Al-Mg. W pierwszym etapie badań dokonano obserwacji strukturalnych w skali makro za pomocą mikroskopu optycznego. Zarówno w przypadku układu Al-Ti, jak i Al-Mg stwierdzono występowanie interfejsów o charakterystycznym, falistym charakterze. W wytworzonych kompozytach, w stanie 'po spojeniu' nie zaobserwowano defektów typu rozwarstwienia. Analiza zmian składu chemicznego przeprowadzona w pobliżu interfejsów z wykorzystaniem skaningowego (SEM/EDS) oraz transmisyjnego (TEM/EDS) mikroskopu elektronowego uwidoczniła występowanie obszarów lokalnych przetopień usytuowanych głównie w zawięciach oraz na grzbietach fal. W stanie po spojeniu, w tych obszarach reakcji, zarówno w układzie Al-Ti, jak i Al-Mg, zaobserwowano dominację faz nierównowagowych, tj. nieobserwowanych na układach równowagi fazowej, o silnie zróżnicowanym składzie chemicznym oraz morfologii. Fazy równowagowe, obserwowane były jedynie sporadycznie. W przypadku układu Al-Mg stwierdzono występowanie dwóch faz równowagowych, tj. γ -Mg₁₇Al₁₂ i β -Mg₂Al₃, podczas gdy w układzie Al-Ti jednej fazy – Al₃Ti. Po procesie wygrzewania dwuwarstwowych kompozytów Al-Ti oraz Al-Mg w obszarach reakcji stwierdzono przemianę faz nierównowagowych w fazy równowagowe na drodze przemiany analogicznej do rozpadu spinoidalnego oraz wzrost faz równowagowych wzdłuż całej powierzchni interfejsu. W trakcie procesu wyżarzania kompozytu Al-Mg, obserwowano intensywny wzrost dwóch faz równowagowych, tj. γ -Mg₁₇Al₁₂ i β -Mg₂Al₃, natomiast fazy uformowane w procesie spajania w obszarach

pierwotnych stref przetopień ulegały przekształceniu w fazę β - Mg_2Al_3 . Jest to faza silnie uprzywilejowana do zarodkowania makro-/mikro pęknięć, osłabiających własności wytrzymałościowe kompozytu. Wyżarzanie kompozytu Al-Ti doprowadziło do zarodkowania i wzrostu ciągłej warstwy fazy Al_3Ti o silnie zróżnicowanej morfologii i o dużej porowatości. Stwierdzono, że zastosowanie ciśnienia podczas obróbki cieplnej kompozytów pełni kluczową funkcję w zapobieganiu rozwarstwiania kompozytów.

MARCIN SKOTNICZY

Politechnika Częstochowska

ANALIZA ZACHOWANIA EGZOSZKIELETU KOŃCZYN DOLNYCH W SYMULOWANYM ŚRODOWISKU TESTOWYM

Człowiek przemieszcza się intuicyjnie nie myśląc, gdzie jest jego środek ciężkości ani o jaki kąt zgiąć dany staw. Jednocześnie potrafi wprowadzić korekty chodu w zależności od obciążenia lub innych czynników (np. różnego obuwia, urazów, warunków atmosferycznych, itp.). Nie jest w stanie jednak dokonać takiej korekty podczas korzystania z egzoszkieletu. W takim przypadku, to właśnie system sterowania tym urządzeniem, a nie człowiek, odpowiada za cały mechanizm chodu. Ważne jest więc, aby korzystanie z egzoszkieletu było jak najbardziej intuicyjne, a użytkownik nie musiał obawiać się nieprzewidzianego zachowania urządzenia. W tym celu należy odpowiednio zaimplementować algorytm sterowania, a także przetestować go pod kątem stabilności. Pierwszym krokiem w tego typu testach są badania z wykorzystaniem wirtualnego środowiska pracy. W niniejszej pracy zaimplementowano w pakiecie Matlab/Simulink (który umożliwia budowę złożonych modeli symulacyjnych maszyn bez skomplikowanych wyprowadzeń matematycznych) model geometryczny CAD egzoszkieletu kończyn dolnych opracowany w programie SolidWorks. Pozwoliło to na przygotowanie wirtualnego systemu sterowania bazującego na algorytmach, które mają za zadanie umożliwić przemieszczanie się w egzoszkielecie, a także wykrywać utratę równowagi i odpowiednio reagować na nieprzewidziane sytuacje. Działanie algorytmów przeanalizowano podczas symulacji na przygotowanym torze próbnym. Opracowany i przetestowany system sterowania zostanie użyty w przyszłości w celu autonomicznego przemieszczania budowanego

obiekty rzeczywiste. Pozwoli to jednocześnie na weryfikację i walidację niniejszego modelu wirtualnego.

**DOMINIKA PŁACZEK
PAWEŁ MAĆKOWIAK
DARIUSZ BOROŃSKI**

Politechnika Bydgoska

**BADANIA ZMĘCZENIOWE POŁĄCZEŃ
SPAWANYCH RÓŻNOIMIENNYCH MATERIAŁÓW
Z WYKORZYSTANIEM ZGRZEWANEGO
WYBUCHOWO ŁĄCZNIKA STAL–ALUMINIUM**

Spawanie stali ze stopem aluminium poprzez zastosowanie łącznika zgrzewanego wybuchowo (ŁZW) stanowi jedną z metod łączenia różnoimiennych materiałów. Istotny wpływ na skutki spawania mają wymiary ŁZW, głównie jego grubość. W przypadku zastosowania ŁZW o zredukowanych wymiarach zmniejsza się objętość materiału pozwalająca uwolnić skumulowane w wyniku spawania ciepło. W konsekwencji może to prowadzić do degradacji ich właściwości mechanicznych.

Dotychczasowe badania wytrzymałościowe odniesione do wytycznych Towarzystw Kwalifikacyjnych potwierdzają możliwość stosowania cienkościennych ŁZW w połączeniach spawanych stal–aluminium. W pracy wykonano badania zmęczeniowe tego typu połączeń stanowiące weryfikację możliwości ich zastosowania w budowie struktur lekkich.

Celem pracy jest porównanie wyników badań zmęczeniowych połączeń spawanych S355J2+N/AA5083 H321 z wykorzystaniem cienkościennego łącznika zgrzewanego wybuchowo z materiałem bazowym AA5083 H321. Uzyskane wyniki odniesiono do miejsc w których nastąpiło uszkodzenie próbek w połączeniu Al/Fe.

JAKUB BALCERZAK

Politechnika Koszalińska

**BADANIE INNOWACYJNEJ PRZEKŁADNI ZĘBATEJ
Z SAMOCZYNNĄ REGULACJĄ LUZU W
ZAZĘBIENIU**

Przewidywania Grand View Research wskazują, że globalny rynek precyzyjnych przekładni zębatach będzie się rozrastał w najbliższym czasie. Wskazuje się, że będzie to przyrost na poziomie ponad 7% rocznie, osiągając w 2025 roku wartość blisko 3 mld dolarów. Czynniki głównymi kształtującymi taki stan rzeczy są: rozwój automatyzacji oraz rosnące wymagania dotyczące dokładności kinematycznej w warunkach znacznej obciążalności mechanizmów w urządzeniach technologicznych i maszynach roboczych. Największy wzrost zapotrzebowania prognozuje się dla przekładni równoległych. Taki stan rzeczy wynika z łatwości montażu i powszechne zastosowanie tego typu przekładni w robotyce oraz w systemach transportu wewnętrznego.

Głównym parametrem przekładni walcowych wymagającym poprawy jest luz w zazębieniu. Zmniejszanie luzu ma bezpośredni wpływ na łańcuch kinematyczny przekładni poprawia płynność pracy, umożliwia przenoszenie większych mocy a także zmniejsza głośność przekładni podczas pracy.

Motywacją do podjęcia badań było określenie adaptacyjnej regulacji luzu w przekładni o specjalnej konstrukcji oraz zwiększenie dokładności kinematycznej urządzenia. Postawiono hipotezę badawczą, która brzmi „W przekładni z regulowaną podwójną strefą zazębienia można uzyskać znaczące zmniejszenie luzu w zazębieniu oraz niższą głośność przekładni”. Określono także problemy naukowe dotyczące sposobu modelowania wpływu na niedokładność kinematyczną przekładni za pomocą minimalizacji luzu w przekładniach zębatach, określenie parametrów oceny jakości przekładni zębatach oraz opracowanie innowacyjnego sposobu konstrukcyjnego służącego do minimalizacji luzu w przekładni zębatej.

Część badawczą pracy rozpoczęto od analiz za pomocą skryptów w programie MatLab, które wskazały teoretycznie, że za pomocą regulacji, luz może zostać zmniejszony czterokrotnie. Następnie stworzono projekt przekładni. Tuleja hiperboloidalna służąca do minimalizacji luzu została poddana analizie Mes w programie Ansys. Zabieg ten miał na celu dobranie tulei o możliwie

najlepszym i charakterystyce Kolejną fazą było zaprojektowanie stanowiska do badania regulacji luzu.

Po wykonaniu stanowiska przystąpiono do badań dotyczących luzu w zazębieniu. Badania to szereg cykli polegających na wprawieniu w ruch kół zębatych przekładni a następnie wymuszenie zatrzymania lub spowolnienia. W czasie pracy bez obciążenia jak i spowalniania oraz bezpośrednio po nim rejestrowany jest luz. Badania realizowano w bez oraz z regulacją luzu na tych samych parach zębów, aby uwydatnić efekt zmniejszenia luzu.

Przeprowadzone badania pozwoliły na wysunięcie następujących wniosków: zastosowanie regulacji luzu w przekładni ma znaczący wpływ na jej pracę, dla kół wykonanych z małą dokładnością efekt minimalizacji pozwala na uzyskanie parametrów pracy jak dla kół o wyższej klasie dokładności. Natomiast koła wykonane precyzyjnie podczas badań pracowały w stanie bezluzowym.

KATARZYNA BALCER
DARIUSZ BOROŃSKI

Politechnika Bydgoska

**ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH
KOMPOZYTÓW WŁÓKNISTYCH Z MATRYCĄ
TERMOPLASTYCZNĄ WYKONANYCH TECHNIKĄ
PRASOWANIA**

Jednym z rozwiązań umożliwiających redukcję masy środków technicznych jest stosowanie zbrojonych włóknami polimerowymi kompozytów termoplastycznych. Ta innowacyjna technologia pozwala osiągnąć wysoką wytrzymałość przy zachowaniu niskiej masy, co jest niezwykle istotne w dziedzinach wymagających lekkich, ale jednocześnie wytrzymałych materiałów takich jak motoryzacja czy lotnictwo. Do tej pory dobrze poznanymi i szeroko stosowanymi kompozytami są zbrojone włóknami tworzywa chemoutwardzalne. Innowacyjnością jest stosowanie tworzyw termoplastycznych, które w stosunku do polimerów chemoutwardzalnych odznaczają się szybszym tempem produkcji oraz możliwością recyklingu.

Głównym celem pracy było opracowanie metody wytwarzania kompozytów o osnowie termoplastycznej wzmocnionych tkaniną

węglową z użyciem prasy hydraulicznej oraz analiza właściwości mechanicznych materiałów otrzymanych metodą prasowania.

ARTUR KRÓL
ANNA TIMOFIEJCZUK
TOMASZ ŁUKASIK

Politechnika Śląska

**MOŻLIWOŚCI I PROBLEMY WYNIKAJĄCE
Z TRANSFORMACJI PRZYKŁADOWEJ JEDNOSTKI
BADAWCZO–ROZWOJOWEJ SEKTORA
SAMOCHODOWEGO NA WSKUTEK WDROŻENIE
PRZEMYSŁU 4.0**

Referat przybliży tematykę transformacji jednostek badawczo–rozwojowych w dobie coraz szerszego wdrażania elementów Przemysłu 4.0, który z powodzeniem znalazł zastosowanie w procesach produkcyjnych, sprzedażowych czy usługowych. Przemysł 4.0 wprowadza nowoczesne technologie, za pomocą których nie tylko następuje efektywność procesów, ale nawet umożliwia transformacje biznesową, zmieniając formę działania przedsiębiorstwa lub otwierając nowe możliwości i rynki zbytu. Artykuły naukowe oraz informacje komercyjne przedstawiają wiele przykładów zastosowań w warunkach produkcyjnych czy usługowych, lecz brakuje przykładów zastosowania elementów Przemysłu 4.0 w rozwoju i badaniach. Referat omawia kluczowe technologie stosowane w Przemysle 4.0 a następnie odnosi je do procesów typowych dla jednostek badawczo–rozwojowych. Wyszczególniono w referacie odniesienie Przemysłu 4.0 do procesu rozwoju i projektowania produktu, procesu budowy prototypów oraz procesów kontroli jakości i testów funkcjonalnych.

Wdrożenie Przemysłu 4.0 do jednostek badawczo–rozwojowych powinno skutkować zsynchronizowaniem działań z działami produkcyjnymi i dostawcami. Transformacja jednostek badawczo–rozwojowych może być jednak podyktowana przez klienta, celem uzyskania cyfrowego połączenia procesów projektowych klienta i dostawcy. Dodatkowym efektem może być poszerzenie działalności przedsiębiorstwa dzięki cyfryzacji procesów, lub nawet oferowanie niektórych usług na zewnątrz firmy.

STANISŁAW STRZELECKI**ALGORYTM NUMERYCZNY WYZNACZANIA
CHARAKTERYSTYK STATYCZNYCH I
DYNAMICZNYCH ŁOŻYSK ŚLIZGOWYCH**

Rozwój maszyn wirnikowych w kierunku uzyskiwania coraz większych prędkości obrotowych i mocy oraz większej niezawodności i trwałości powoduje zwiększenie wymagań dotyczących charakterystyk statycznych i dynamicznych łożysk. Charakterystyki statyczne obejmują: rozkład ciśnienia, temperatury i lepkości w warstwie smarowej, nośność hydrodynamiczną, kąty równowagi statycznej, maksymalne wartości ciśnienia i temperatury, minimalną grubość filmu smarowego, straty mocy oraz przepływ środka smarowego. Charakterystykę dynamiczną wyznaczają zlinearyzowane współczynniki sztywności i tłumienia filmu smarowego. Pełne charakterystyki łożyska ślizgowego wyznaczone są algorytmem numerycznym w procesie iteracyjnym dla określonego położenia czopu na krzywej położenia równowagi statycznej. Opracowano algorytm numeryczny pozwalający na obliczenia łożysk ślizgowych poprzecznych (cylindrycznych, wielowierzchniowych klasycznych z segmentami o różnej geometrii DLG i segmentami wahliwymi oraz wzdłużnych (z płytkami stałymi i wahliwymi).

Algorytm uwzględnia m.in. geometrię łożyska, izotermiczny lub nieizotermiczny film smarowy (zmienna lepkość i temperatura), bezwładność środka smarowego i turbulentny film smarowy, ciśnieniowe doprowadzenie środka smarowego, niewspółosiowość osi czopa i łożyska, chropowatość powierzchni ślizgowej, zróżnicowaną geometrię segmentów (DLG – different lobe geometry). Artykuł dotyczy algorytmu numerycznego stosowanego w obliczeniach łożysk ślizgowych poprzecznych (promieniowych): cylindrycznych (zarys kołowy), klasycznych wielopowierzchniowych, wielopowierzchniowych DLG, z segmentami wahliwymi oraz wzdłużnych z płytkami wahliwymi.

STANISŁAW STRZELECKI

**CHARAKTERYSTYKI STATYCZNE ŚLIZGOWEGO
ŁOŻYSKA 6-POWIERZCHNIOWEGO
Z PRZESUNIĘTYMI SEGMENTAMI**

W maszynach wirnikowych, takich jak turbiny parowe, turbosprężarki, pompy, turbopompy, turbinowe przekładnie przyspieszające, wrzecienniki szlifierek, stosowane są wielopowierzchniowe, poprzeczne łożyska ślizgowe. Podstawą ich stosowania są korzystne warunki temperaturowe oraz właściwości statyczne i dynamiczne. Maksymalna temperatura filmu smarowego jest jednym z najważniejszych czynników w procesie projektowaniu łożysk poprzecznych. Łożyska z 6 segmentami i klasyczną geometrią wieloowierzchniową są stosowane w układzie łożyskowym wrzeciona szlifierskiego, ale brak jest informacji dotyczących charakterystyk łożysk z sześcioma przesuniętymi powierzchniami ślizgowymi. Artykuł zawiera wyniki obliczeń charakterystyk statycznych (rozkład ciśnienia, temperatury i lepkości w filmie smarowym, nośność hydrodynamiczna, statyczne kąty położenia równowagi, maksymalne wartości ciśnienia i temperatury, minimalna grubość filmu smarowego, opory ruchu czopa oraz przepływ środka smarowego) poprzecznego łożyska 6 powierzchniowego z przesuniętymi segmentami. Przyjęto określoną względną długość łożyska, luz względny łożyska i segmentu. Równania, Reynoldsa, energii i lepkości rozwiązano metodą iteracyjną. Założono adiabatyczny film smarowy, przepływ laminarny w szczelinie łożyska oraz współosiowe położenie osi czopa i panewki. Opracowany kod obliczeń charakterystyk statycznych i dynamicznych łożysk poprzecznych wielopowierzchniowych daje podstawy do oceny stanu cieplnego łożysk poprzecznych łożysk wielopowierzchniowych w tym 6-powierzchniowych. Parametry geometrii łożyska, takie jak luz względny łożyska, luz względny segmentu, powodują zmiany maksymalnej temperatury filmu smarowego; w zakresie mniejszych liczb Sommerfelda temperatury te są mniejsze dla łożyska 6-powierzchniowego z przesuniętymi segmentami w stosunku do klasycznego o identycznej liczbie segmentów.

PIOTR KRAWIEC¹
GRZEGORZ DOMEK²

¹ Politechnika Poznańska

² Uniwersytet Kazimierza Wielkiego

WSPÓŁCZESNE PASY KLINOWE

Historia zastosowania cięgien w maszynach i mechanizmach sięga epoki brązu. Jednym z pierwszych opisanych zastosowań pierwowzorów współczesnych pasów była maszyna uniwersalna. Na jej podstawie w państwie egipskim zbudowano np. pierwsze konstrukcje tokarek. Leonardo da Vinci zaproponował wykorzystanie lin (pasów) do przekazywania obciążenia pomiędzy wałami czynnym i biernym. Przyjmuje się, że stosowanie pasów klinowych zapoczątkowano w roku 1917, kiedy to John Gates po raz pierwszy wykorzystał to rozwiązanie w napędzie samochodu. Od wielu lat w polskim piśmiennictwie nie pojawiło się szerokie opracowanie zawierające opis bieżących tendencji rozwojowych w zakresie przekładni cięgnowych. Tematyce tej były poświęcane tylko pojedyncze rozdziały, oparte na wcześniejszych opracowaniach. Drukowane katalogi producentów, w których można było znaleźć rozproszoną wiedzę o doborze przekładni pasowych, znikają z rynku i są zastępowane programami służącymi do wyboru pasa bez znajomości jego cech. W ostatnich latach pojawiło się kilka publikacji literaturowych w językach niemieckim i angielskim, co wzmocniło potrzebę opracowania bieżącego stanu wiedzy w języku polskim. Zgodnie nowym podziałem zawartym w tej pracy pacy, pasy klinowe dzielą się na pojedyncze i zespolone. Z kolei pasy klinowe pojedyncze dzielą się na: wąskoprofilowe, wąskoprofilowe uzębione, standardowe, szerokoprofilowe, specjalne. Wśród pasów zespolonych wyróżnia się pasy: wąskoprofilowe, standardowe, wieloklinowe typu Poly-V oraz dwustronne. W artykule przedstawiona zostanie aktualna systematyka oraz charakterystyka wybranych rodzajów pasów klinowych z uwzględnieniem ich cech użytkowych i geometrycznych oraz zastosowań. Podany zostanie klasyczny algorytm doboru przekładni cięgnowych z pasami klinowymi oraz z zastosowaniem systemów CAD/CAE.

JAKUB FRANIASZ¹
TOMASZ MACHNIEWICZ²

¹ Nexteer Automotive Poland Sp. z o.o.

² Akademia Górniczo-Hutnicza

KONSTRUKCJA ORAZ BADANIA TRWAŁOŚCI PRZEKŁADNI ŚLIMAKOWEJ W SYSTEMACH WSPOMAGANIA UKŁADU KIEROWNICZEGO

Systemy wspomaganie układu kierowniczego należą we współcześnie produkowanych samochodach do obowiązkowego standardu. Przekładnia ślimakowa będąca newralgicznym elementem takiego systemu, składająca się najczęściej z metalowego ślimaka oraz ślimacznicy wykonanej z poliamidu, stanowi pod względem trwałości jedno z kluczowych ogniw całego układu kierowniczego. Wynika stąd potrzeba zapewniania w sposób precyzyjny rezerwy rozważanej przekładni, co można uzyskać dzięki możliwości precyzyjnego prognozowania jej trwałości dla różnych założonych wielkości obciążeń. Wymaga to realizacji odpowiednio szerokiego programu badań eksperymentalnych, a następnie opracowania na podstawie uzyskanych wyników odpowiedniego modelu obliczeniowego, zwykle o charakterze półempirycznym. W niniejszym referacie przedstawiona zostanie ogólna konstrukcja rozważanych przekładni kierowniczych, a następnie metodyka oraz wyniki badań zużycia przekładni ślimakowych układu wspomaganie. Zaprezentowane zostanie stanowisko testowe umożliwiające zadawanie parze kinematycznej ślimak-ślimacznica założonych spektrów obciążenia, definiowanych poprzez prędkość obrotową ślimaka oraz obciążenia w funkcji kąta obrotu ślimacznicy, w sposób odzwierciedlający warunki pracy w układzie kierowniczym samochodu.

Uzyskane wyniki trwałości, odpowiadające danym profilom obciążeń, zilustrowane zostaną morfologią obserwowanych uszkodzeń. Przedstawiona zostanie półempiryczna koncepcja zastosowana do prognozowania obserwowanych trwałości, w której miarą zużycia będzie skumulowana praca sił tarcia przypadająca na najbardziej obciążony wycinek ślimacznicy.

ADRIAN MICHONSKI¹
JERZY CZMOCHOWSKI²

¹ Brose Sitech Sp. z o.o.

² Politechnika Wrocławska

WPLYW KIERUNKU OBCIĄŻENIA NA WYTRZYMAŁOŚĆ LASEROWEJ SPOINY ZAKŁADKOWEJ

Spawanie laserowe jest procesem szeroko używanym w przemyśle do łączenia blach stalowych uzyskując spoiny doczołowe, pachwinowe, a także zakładkowe. W badaniach skupiono się na wpływie, jaki ma kierunek obciążenia prostej spoiny laserowej na jej wytrzymałość pod wpływem obciążeń rozciągających, ścinających oraz złożonych. Badania przeprowadzone zostały za pomocą metody elementów skończonych, w której przygotowane zostały modele numeryczne U-kształtnych próbek połączonych liniową spoiną laserową, które za pomocą uchwytu Arcana były poddawane obciążeniom rozciągającym, ścinającym oraz złożonym. Spoiny laserowe pomiędzy próbkami były zorientowane pod kątami 0°, 22,5°, 45°, 67,5°, 90° względem kierunku działania siły, co pozwoliło sprawdzić w jaki sposób zmienia się wytrzymałość spoiny zależnie od usytuowania jej w stosunku do kierunku obciążenia. Wyniki tych badań pozwalają na poznanie zależności wytrzymałości, pomiędzy kierunkiem położenia spoiny w stosunku do kierunku obciążenia, dzięki czemu możliwe jest dostosowanie konstrukcji do obciążeń jakim będzie poddana.

GRZEGORZ DOMEK¹
KRZYSZTOF TALAŚKA²

¹ Uniwersytet Kazimierza Wielkiego

² Politechnika Poznańska

PROJEKT SYSTEMU ZAMYKANIA TUNELU ZJAZDU SKOCZNI NARCIARSKIEJ

Autorzy uczestniczą w nowym projekcie zabudowy tunelem szklanym zjazdu w skoczni narciarskiej w Zakopanem. W pracy zostanie zaprezentowany projekt napędu systemu zamykania i otwierania tunelu zjazdu skoczni. System jest nowy i innowacyjny, ma zapewnić bezawaryjną pracę w różnych warunkach atmosferycznych. Podjęta zostanie próba zwiększenia funkcjonalności pasów płaskich stosowanych w systemie.

JAN GÓRECKI

Politechnika Poznańska

METODYKA POMIARU EFEKTYWNOŚCI PROCESU WYTŁACZANIA SUCHEGO LODU WRAZ Z WYNIKAMI BADAŃ DEMONSTRACYJNYCH

W maszynach procesowych coraz ważniejszym czynnikiem ich oceny staje efektywność energetyczna. Rozumiana ona jest jako wielkość zużycia energii na potrzeby wyprodukowania np. 1 kg produktu. W przypadku procesów związanych z przetwarzaniem materiałów odpadowych, jak np. dwutlenek węgla, ma to podwójne znaczenie z punktu widzenia emisji gazów cieplarnianych. Dlatego w celu poprawy efektywności procesu paletyzacji suchego lodu opracowano metodą projektowania matryc jednokanałowych, wykorzystującą algorytm ewolucyjny. Wykonane badania demonstracyjne z użyciem komercyjnego peletyzera PE80 firmy Cold-Jet, pozwoliły na zweryfikowanie uzyskanych rezultatów badań numerycznych. Prezentowana analiz wyników badań wskazuje na redukcję zużycia energii elektrycznej na poziomie ok. 17%, a surowca w postaci ciekłego dwutlenku węgla do 5%.

**ADAM LIPSKI
STANISŁAW MROZIŃSKI
MICHAŁ PIOTROWSKI**

Politechnika Bydgoska

ZNACZENIE BADAŃ DOŚWIADCZALNYCH W PROCESIE PROJEKTOWO–KONSTRUKCYJNYM

Proces projektowo–konstrukcyjny stanowi złożoną sekwencję działań obejmujących różnego rodzaju analizy, obliczenia i symulacje zmierzające do doboru optymalnych cech konstrukcyjnych, wykonanie prototypów oraz badania stanowiskowe i eksploatacyjne, realizowanych z wykorzystaniem sprzężenia zwrotnego umożliwiającego uzyskanie określonego celu. Zaawansowanie procesu projektowo–konstrukcyjnego zmierzającego do aplikacji przemysłowej i komercjalizacji zaawansowanych produktów i technologii ocenia się np. na podstawie opracowanej przez NASA w latach 70. XX wieku metodyki dotyczącej Poziomu Gotowości Technologicznej (ang. Technology Readiness Levels – TRL) lub zaproponowanej w Instytucie Technologii Eksploatacji (Sieć Badawcza Łukasiewicz) w Radomiu metodzie oceny Stopnia Dojrzałości Wdrożeniowej (SDW). Przeprowadzenie tego typu oceny jest obecnie powszechną praktyką wyróżniającą gospodarki innowacyjne i stanowi często wymóg przy występowaniu o środki w takich instytucjach jak np. Agencja Rozwoju Przemysłu S.A., Narodowe Centrum Badań i Rozwoju lub w przypadku wniosków, których celem jest uzyskanie finansowania ze środków Unii Europejskiej. Poziom Gotowości Technologicznej już od Poziomu 3 (w 9–stopniowej skali, gdzie Poziom 1 dotyczy fazy koncepcyjnej danego rozwiązania, a Poziom 9 pełnej gotowości technologicznej umożliwiającej zastosowanie technologii w warunkach rzeczywistych) jest ściśle powiązany z badaniami B+R najpierw komponentów i prototypów w skali laboratoryjnej, później w środowisku symulującym rzeczywiste warunki, następnie w warunkach zbliżonych do rzeczywistych i ostatecznie w warunkach operacyjnych.

W niniejszej pracy znaczenie badań doświadczalnych w procesie projektowo–konstrukcyjnym zostanie omówione na przykładach prac zrealizowanych w akredytowanym przez Polskie Centrum Akredytacji (akredytacja PCA nr AB 372) Laboratorium Badań Materiałów i Konstrukcji Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich.

MARCIN JANUSZKA

Wielton S.A.
Politechnika Śląska

TECHNOLOGIA ELASTYCZNEGO FORMOWANIA ELEMENTÓW STALOWYCH W NACZEPACH

Technologia plastycznego formowania elementów metalowych jest jedną z najistotniejszych technologii w branży motoryzacyjnej. W produkcji samochodów osobowych za pomocą technik tłoczenia na prasa hydraulicznych lub mechanicznych formuje się liczne elementy poszycia, ale też inne elementy struktur nośnych. Koszty tego typu maszyn, a także skomplikowanych narzędzi są bardzo wysokie, a inwestycja w nie zwraca się dopiero przy bardzo dużych seriach produkcyjnych. Przy mniejszej liczbie pojazdów produkowanych rocznie (jak w przypadku produkcji pojazdów ciężkich, np. naczep) konieczne jest poszukiwanie innych technologii. W referacie przedstawiona zostanie technologia elastycznego formowania blach (ang. flexforming) opracowana dla potrzeb produkcji elementów naczep i przyczep ciężarowych w firmie Wielton S.A. Flexforming pozwala na produkcję elementów o złożonych kształtach, które trudno jest wykonać przy użyciu tradycyjnych metod. Metoda ta polega na użyciu elastycznego narzędzia górnego, które wywiera duży nacisk na blachę tym sposobem włączając ją do narzędzia dolnego (matrycy). W ten sposób można obniżyć koszty narzędzi, a wciąż uzyskać złożoną postać konstrukcyjną, która pozwala zaspokajać potrzeby pod względem lepszej estetyki, większej wytrzymałości, czy mniejszej masy. W połączeniu z redukcją kosztów, przy określonym poziomie produkcji technologia ta wydaje się jedynym racjonalnym wyborem. W referacie omówione zostaną różne aspekty technologii elastycznego formowania, w tym jej zalety, wady oraz zastosowanie w produkcji naczep i przyczep. Przedstawione zostaną kolejne etapy w procesie opracowania przykładowych elementów dla wytwarzania w tej technologii. Przykłady dotyczyć będą elementów z blach stalowych o wysokiej wytrzymałości tj. S700MC i grubości nawet 6mm oraz innych bardziej typowych do formowania (np. DC04, 260LA o grubościach poniżej 2mm). Wnioski z prowadzonych badań wskazują na to, że elastyczne formowanie może być doskonałym rozwiązaniem także dla ciężkiego przemysłu motoryzacyjnego, szczególnie w przypadku produkcji elementów o skomplikowanych kształtach, jakie są stosowane w naczepach i przyczepach ciężarowych.

TADEUSZ SMOLNICKI

Politechnika Wrocławska

KSZTAŁTOWANIE PODZESPOŁÓW WSPORCZYCH ŁOŻYSK WIELKOGABARYTOWYCH

Duże łożyska wielkogabarytowe są wrażliwe na nierównomierną sztywność podzespołów wsporczych. Sztywność ta, jej dystrybucja zależy od globalnej postaci konstrukcyjnej takiej jak wyprowadzenie podpór i innych elementów nośnych, od geometrii ramy pierścieniowej oraz od elementów usztywniających podzespół wsporczy lokalnie. Nierównomierność dystrybucji sztywności powoduje nierównomierne obciążenie elementów tocznych, co zasadniczo wpływa na trwałość łożyska. Przez dobór geometrii, sztywności postaci konstrukcyjnej można uzyskać znaczne obniżenie maksymalnych obciążeń elementów tocznych. Dodatkową możliwością jest zastosowanie korekcji profilu bieżni w taki sposób by odciążyć elementy toczne znajdujące się nad miejscami o dużej sztywności. Zaprezentowane zostaną przykłady modeli numerycznych oraz przykłady wdrożeń na maszynach roboczych.

MARZENA WALASIK

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technologii Eksploatacji

POTRÓJNA KOMERCJALIZACJA - CASE STUDY: WDRAŻANIE PRZEZ ORGANIZACJĘ BADAWCZĄ FUNKCJONUJĄCĄ W FORMULE SIECI ZAAWANSOWANYCH TECHNOLOGII PRZEMYSŁU 4.0 DO MSP

Celem opracowania jest przedstawienie modelu potrójnej komercjalizacji, która jest możliwa do zastosowania dla wyników prowadzonych prac B+R, niezależnie od rodzaju wyników prac B+R, charakteru rozwiązania czy odbiorcy końcowego. Omówiono zasady funkcjonowania modelu. Następnie przedstawiono przykłady wykorzystania modelu w procesie wdrażania wyników B+R do przemysłu w Łukasiewicz – Instytucie Technologii Eksploatacji.

SEBASTIAN SKROBACZ^{1,2}
TADEUSZ ŁAGODA²
PAWEŁ KRYSIŃSKI¹
SŁAWOMIR MAŁYS^{1,2}
HUBERT SZEFER¹
TOMASZ CIEŚLAK¹

¹ RFWW "RAWAG" sp. z o. o.

² Politechnika Opolska

**AUTOMATYZACJA WYKONANIA ZŁĄCZY
SPAWANYCH STOPÓW ALUMINIUM
PRZEZNACZONYCH DO PRODUKCJI RAM
DRZWIOWYCH**

W pracy przedstawiono proces automatyzacji spawania konstrukcji ramy drzwiowej przeznaczonej do użytku w pojazdach szynowych transportu publicznego. Omówiono budowę stacji zrobotyzowanej wraz z aspektami technicznymi. Przedstawiono metodologię doboru spoin w nawiązaniu do norm branżowych a następnie ich walidację. W publikacji możemy zapoznać się ze zglądami makrograficznymi, w sposób obrazowy przedstawiono wady, które wystąpiły w procesie spawania oraz kroki jakie podjęto w celu optymalizacji parametrów spawania. Całość podsumowana raportem dopuszczającym nową technologię spawania do produkcji seryjnej. Autor przedstawił też kolejne kroki w celu zbadania zmęczeniuowo węzłów spawalniczych występujących w omawianej konstrukcji.

**ADAM WÓJCIK
LUCJAN ŚNIEŻEK
IRENEUSZ SZACHOGLUCHOWICZ**

Wojskowa Akademia Techniczna

**BADANIA WŁAŚCIWOŚCI
WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH POŁĄCZEŃ FSW
STOPU ALUMINIUM 2024T3**

W pracy przedstawiono wyniki badań wybranych właściwości wytrzymałościowych połączeń doczołowych stopu AA2024-T3 wytworzonych metodą FSW (Friction Stir Welding). Połączenia zrealizowano z zastosowaniem 3 grup parametrów dobranych dla blachy o grubości 3 mm zmieniając prędkość obrotową i posuw narzędzia. Wytworzone próbki poddano obserwacjom mikrostruktury, pomiarom mikrotwardości oraz badaniom wytrzymałościowym w postaci statycznej próby rozciągania i niskocyklowego zmęczenia. W celu wskazania lokalizacji źródeł pęknięć i ustalenia przebiegu zmęczeniowego pęknięcia dokonano analizy mikrofraktograficznej powierzchni uzyskanych przełomów zmęczeniowych. Wstępne wyniki badań wykazały istotne zróżnicowanie zarówno lokalizacji źródeł pęknięcia jak i charakteru jego propagacji, spowodowanych w głównej mierze niejednorodnym rozkładem temperatury w strefie wykonanego złącza. Wyniki przeprowadzonej analizy literaturowej dowodzą, że w celu ujednoczenia rozkładu temperatury w strefie złącza zasadnym jest zastosowanie metody spajania podwodnego UFSW (Underwater Friction Stir Welding). Dobrano parametry takiego spajania i wykonano połączenia na opracowanym stanowisku. Badania podstawowych właściwości wytrzymałościowych i niskocyklowych wskazały na wpływ wybranych parametrów zastosowanego procesu spawania na właściwości użytkowe uzyskanych połączeń. Wnioski z otrzymanych wyników badań powinny pomóc w racjonalnym projektowaniu i wytwarzaniu newralgicznych węzłów konstrukcyjnych spajanych, występujących w szczególności w technice lotniczej i kosmicznej.

PRZEMYSŁAW JASZAK

Politechnika Wrocławska

**MODELOWANIE SZCZELNOŚCI POŁĄCZENIA
KOŁNIERZOWO-ŚRUBOWEGO W OPARCIU
O DWUWYMIAROWĄ TEORIĘ FRAKTALI**

W referacie przedstawiono sposób modelowania szczelności na styku metalowych powierzchni, jakie tworzy typowe połączenie kołnierzowo śrubowe z metalowym uszczelnieniem. W pierwszej części pracy, skupiono się na odzwierciedleniu profilu chropowatości powierzchni metalowej w oparciu o dwuwymiarową teorię fraktali. Zaproponowana funkcja opisu profilu chropowatości pozwoliła na wyznaczenie zasadniczych parametrów wpływających na poziom przecieku (tj. przepuszczalność, porowatość). W dalszej części pracy zamodelowano wyciek z porowatej warstwy styku, wykorzystując dwuwymiarowy (osiowosymetryczny) model bazujący na równaniu Darcy'ego. Uzupełnieniem modelu analitycznego była analiza numeryczna wykorzystująca metodę elementów skończonych. Matematyczny model przecieku został zweryfikowany eksperymentalnie, odzwierciedlając warunki pracy połączenia kołnierzowo śrubowego z uszczelnieniem, pracującego w typowych instalacjach rurociągów przemysłowych średniego i wysokiego ciśnienia. W końcowej części pracy przedstawiono ważniejsze wnioski i spostrzeżenia.

**DANUTA MIEDZIŃSKA
MACIEJ SPYCHAŁA**

Wojskowa Akademia Techniczna

**PRZEGLĄD TECHNOLOGII ODZYSKU WŁÓKIEN
SZKLANYCH Z KOMPOZYTÓW EGC**

Obecnie najtańszym i najczęściej praktykowanym sposobem utylizacji kompozytów wzmacnianych włóknem szklanym jest ich składowanie. Powstało wiele metod, których celem był ich recykling, m.in. recykling termiczny (mimo dużej wartości opałowej żywicy minusem jest pozostający po włóknach szklanych popiół – do niedawna takie działanie było praktykowane przez czeskie cementownie), recykling chemiczny (odzysk włókien przez stosowanie rozpuszczalników, minusem jest zużywanie związków szkodliwych dla środowiska oraz relatywnie niski koszt produkcji włókien szklanych – szeroko opisywane w publikacjach naukowych), dodawanie do fabrykatów (mielone laminaty LPS są dodawane np. do betonu – przodownikiem takich prac są niemieckie spółki). W procesach recyklingu bierze się pod uwagę ilość energii niezbędnej do zmiany odpadu w produkt. W artykule opisane będą szczegółowo metody recyklingu kompozytów wzmacnianych włóknem szklanym wraz z ich analizą zarówno ekonomiczną, jak i z uwzględnieniem cech produktów końcowych.

**ŁUKASZ PEJKOWSKI
MACIEJ KOTYK
JAN SEYDA**

Politechnika Bydgoska

BADANIA ZMĘCZENIOWE STOPU ALUMINIUM 2519

Stop aluminium 2519 należy do serii stopów 2xxx, zawierających miedź jako główny dodatek stopowy. Charakteryzują się one wysoką wytrzymałością, lecz do pewnego stopnia mniejszą odpornością korozyjną niż większość pozostałych stopów aluminium. Stop 2519 używany jest głównie w przemyśle lotniczym (płatowce, podwozie, zbiorniki i powłoki kriogeniczne), motoryzacyjnym (elementy zawieszenia, kolektory wydechowe, turbosprężarki) oraz wojskowym (elementy opancerzenia). Materiał ten znalazł również zastosowanie w produkcji materiału warstwowego, zgrzewanego wybuchowo ze stopem tytanu Ti6Al4V jako kompozytu o wysokich właściwościach balistycznych. Ze względu na połączenie dwóch stopów o różnych właściwościach oraz dynamikę zgrzewania wybuchowego, modelowanie właściwości materiału warstwowego jest trudne. Jednym z kierunków badań nad rozpoznaniem i modelowaniem właściwości plateru 2519–Ti6Al4V jest wyznaczenie właściwości materiałów bazowych. Stop tytanu Ti6Al4V oraz jego właściwości mechaniczne są dość dobrze opisane w literaturze. Jednak na temat badań stopu aluminium 2519 opublikowano niewiele wyników.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki jednoosiowych badań zmęczeniowych przeprowadzonych na stopie aluminium 2519. Próbkę do badań wyciętą została bezpośrednio z płyty stosowanej w zgrzewaniu wybuchowym, w stanie dostawy.

Badania przeprowadzono w próbach sterowanych odkształceniem o przebiegu wahadłowym. Wyznaczono krzywą zmęczeniową w zakresie nisko- i wysoko cyklowym, a także krzywą umocnienia cyklicznego.

ŁUKASZ PEJKOWSKI¹
JAN PAPUGA²
DARIUSZ SKIBICKI¹

¹ Politechnika Bydgoska

² Czech Technical University in Prague

BADANIA WIELOOSIOWEJ TRWAŁOŚCI ZMĘCZENIOWEJ PRÓBEK ZE STALI 42CRM04+QT O RÓŻNEJ CHROPOWATOŚCI

Celem niniejszej pracy było wykonanie badań zmęczeniowych dla szerokiego spektrum rodzajów obciążeń, a mianowicie rozciągania, skręcania, rozciągania ze skręcaniem zgodnymi w fazie oraz rozciągania ze skręcaniem z przesunięciem fazowym 90°. Badania realizowano na dwuosiowej maszynie wytrzymałościowej Instron 8874. Badania przeprowadzono na cienkościennych próbkach cylindrycznych o średnicy zewnętrznej 8.1 mm i wewnętrznej 7 mm. Próbki wykonane zostały ze stali stopowej specjalnej do ulepszenia cieplnego o wysokiej wytrzymałości 42CrMo4+QT, poddanej hartowaniu i odpuszczaniu. Zbadano dwa rodzaje próbek różniących się parametrami skrawania. Próbki oznaczone jako A35 zostały wykonane za pomocą noża o promieniu zaokrąglenia 0.8 mm, a próbki o znaczone symbolem A37 zostały wykonane nożem o promieniu 0.4 mm. Efektem różnic w technologii skrawania były różne chropowatości powierzchni próbek, odpowiednio $Ra = 1.507 \mu\text{m}$ i $Ra = 1.074 \mu\text{m}$. Dla każdego typu obciążenia przebadano od 9 do 12 próbek. Biorąc pod uwagę oba typy próbek i cztery typy obciążenia w sumie program badań obejmował testy na 89 próbkach. Uzyskane trwałości zmęczeniowe przeanalizowano przyjmując za zmęczeniowy parametr uszkodzenia ekwiwalentną wartość naprężenia wg hipotezy Hubera–Misesa. W tym układzie odniesienia wykresy zmęczeniowe dla rozciągania oraz dla skręcania są do siebie w równoległe, ale nie pokrywają się ze sobą – wykres skręcania jest położony nad wykresem rozciągania. Świadczy to o innym niż założonym w hipotezie Hubera–Misesa parametrze materiałowym decydującym o udziale naprężenia stycznego. Krzywą obciążenia proporcjonalnego dla próbek A37 cechuje inne pochylenie, co sugeruje zależny od poziomu obciążenia mechanizm uszkodzenia. Można przewidywać, że dla zakresu niskocyklowego mechanizm ten jest zbliżony do mechanizmu rozciągania, zaś dla zakresu wysokocyklowego jest to mechanizm uszkodzenia towarzyszący skręcaniu. Co ciekawe, w przypadku próbek A35 krzywa dla

rozciągania ze skręcaniem jest równoległa do obciążeń jednoosiowych. Dla obciążenia nieproporcjonalnego nie zauważono zmniejszenia trwałości zmęczeniowej w stosunku do obciążenia proporcjonalnego, zazwyczaj towarzyszącemu temu rodzajowi obciążenia. Wyniki trwałości w przypadku obciążenia nieproporcjonalnego charakteryzują się większym rozrzutem w stosunku do pozostałych typów obciążenia. Nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu chropowatości próbek na trwałość zmęczeniową. Krzywe zmęczeniowe dla obu rodzajów próbek A35 i A37, w każdym z czterech przypadków obciążenia, wskazywały na procentowo podobne wartości.

SEBASTIAN GARUS

Politechnika Częstochowska

**TRANSMISSION AND PROPAGATION OF
MECHANICAL WAVES IN DYNAMIC PHONONIC
STRUCTURES**

In phononic structures, as a result of diffraction and destructive interference, the phenomenon of band gap occurs, which means that certain frequency ranges of mechanical waves do not propagate in the structure. The width and location of the bandgap is closely related to the geometry of the structure, i.e., the shape of the metaatoms, their arrangement and the values of the lattice constants. Mechanical wave propagation in quasi one- and two-dimensional environments is modeled, among others, with the use of the finite difference algorithm in the time domain (FDTD). This algorithm also allows modeling of composites with time-varying properties. Modern types of materials, from the family of intelligent materials, allow to change material properties through magnetic interaction, changes in the magnetic field or ambient pressure. Examples of such materials include alternating electrodes, dielectric elastomers, magnetostrictive composites with epoxy, electroactive polymers (EAP) or ferromagnetic alloys with shape memory. In this work, the influence of the type of change in the acoustic impedance of the material from which the metaatoms were made over time on the propagation of the mechanical wave and the occurrence of the band gap phenomenon in the structure was analyzed.

**ARKADIUSZ CZARNUCH
RAFAŁ NAPIERAŁA
PAWEŁ NYCZ**

Wielton S.A

**METODYKA WALIDACJI ROZWIĄZANIA
KONSTRUKCYJNEGO MODUŁU PRZEDNIEGO
RAMY NACZEPY Z FORMOWANĄ PŁYTĄ
PODSIODŁOWĄ**

Szybki rozwój obliczeniowych technik komputerowych umożliwia sprawdzenie konstrukcji jeszcze na etapie modelowania przy ograniczonym nakładzie kosztów. W kolejnym etapie niezwykle cenna jest możliwość weryfikacji rzeczywistego prototypu i potwierdzenie założeń konstrukcyjnych. W artykule przedstawiono proces weryfikacji wytrzymałości zmęczeniowej konstrukcji na przykładzie modułu przedniego ramy naczepy. Praca ma charakter teoretyczny i doświadczalny. W pierwszej części artykułu opisano obliczenia MES, które posłużyły do weryfikacji koncepcji stanowiska badawczego i dobraniu odpowiednich warunków testu. Obliczenia teoretyczne miały również wykazać wstępnie najsłabsze miejsca w konstrukcji. W drugiej części przedstawiono stanowisko badawcze oraz samą metodykę badania. Przeprowadzone zostały badania porównawcze dwóch konstrukcji modułów przednich ramy naczepy. Układem referencyjnym była dotychczasowa konstrukcja z płaską płytą, natomiast układem docelowym była płyta hydroformowana. W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano potwierdzenie poprawności nowego rozwiązania konstrukcyjnego płyty podsiodłowej wykonanej w technologii hydroformowania.

**KEVIN MOJ
GRZEGORZ ROBAK
ROBERT OWSIŃSKI**

Politechnika Opolska

KSZTAŁTOWANIE WŁAŚCIWOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH W STRUKTURACH KOMÓRKOWYCH WYTWARZANYCH METODĄ PRZYROSTOWĄ SLM

Przedmiotem niniejszej pracy jest analiza problemów związanych z kształtowaniem właściwości wytrzymałościowych struktur komórkowych, produkowanych za pomocą addytywnej metody SLM (Selective Laser Melting). Kluczowe dla tej problematyki są procesy addytywne, które stanowią podstawę produkcji tych skomplikowanych geometrycznie struktur. Terminy określające struktury komórkowe są liczne w literaturze naukowej, wśród nich wyróżniają się metamateriały mechaniczne, struktury komórkowe, czy materiały komórkowe. Struktury komórkowe oferują unikalną możliwość integracji dodatkowych funkcji z komponentem, takich jak wymiana ciepła, absorpcja energii, izolacja termiczna i akustyczna itp. Wykorzystanie tych struktur umożliwi uzyskanie wysokiego stosunku sztywności do masy. Dodatkowo, redukcja masy przekłada się na obniżenie kosztów produkcji w procesach addytywnych.

Koncentrując się na właściwościach wytrzymałościowych struktur komórkowych, przeprowadzono eksperymenty polegające na statycznej próbie rozciągania oraz ściskania. Biorąc pod uwagę liczbę zmiennych parametrów struktury komórkowej podczas jej projektowania, można uzyskać szeroki zakres właściwości wytrzymałościowych w makroskali. Z tego względu, w niniejszej pracy został określony wpływ poszczególnych parametrów na kształtowanie się właściwości mechanicznych struktur komórkowych.

Przeprowadzono statyczną próbę rozciągania oraz ściskania w celu wyznaczenia charakterystyk mechanicznych. Właściwości mechaniczne determinowane są poprzez geometrię pojedynczej komórki. Statyczna próba ściskania przeprowadzono dla struktury komórkowej składającej się z komórki gyroidalnej oraz Kelvina. Gęstość względna wynosiła 25% (stosunek objętości struktury do litego materiału). Rozmiar pojedynczej komórki wynosił 4 mm.

**ROLAND PAWLICZEK
CYPRIAN SKÓRA**

Politechnika Opolska

**WERYFIKACJA METOD OCENY STOPNIA
USZKODZEŃ ZMĘCZENIOWYCH PRZY
OBCIĄŻENIACH BLOKOWYCH Z WARTOŚCIĄ
ŚREDNIĄ OBCIĄŻENIA**

Powszechnie znany jest wpływ kolejności obciążenia na trwałość zmęczeniową. Gdy w historii obciążenia materiału pojawiają się bloki o różnych amplitudach i liczbach cykli roboczych zauważa się znaczące różnice w trwałościach zmęczeniowych elementów konstrukcyjnych. Wskazuje się również, że najbardziej istotnym elementem jest różnica poziomów obciążenia w kolejnych blokach. Odpowiedź materiału na takie obciążenia nie pozwala stosować modeli obliczeniowych przy obciążeniach stało amplitudowych, gdyż niezależnie od sekwencji obciążenia w tych przypadkach uzyskuje się te same wartości stopnia uszkodzeń zmęczeniowych.

W pracy przedstawiono wybrane modele szacowania stopnia uszkodzeń zmęczeniowych dla obciążeń z sekwencją Lo-Hi i Hi-Lo. Szczególną uwagę poświęcono modelom uwzględniającym wartość średnią obciążenia. Obliczenia zweryfikowano wynikami badań zmęczeniowych próbek ze stali S355J0 w warunkach obciążeń zginających. Materiał poddano obciążeniom blokowym przy dwóch różnych wartościach amplitudy momentu zginającego. Zbadano wpływ wartości średniej dla tak zdefiniowanego obciążenia w odniesieniu do stopnia kumulacji uszkodzeń zmęczeniowych.

KRYSTIAN CZERNEK¹
EWA SKOTNICKA²
STANISŁAW WITCZAK¹

¹ Politechnika Opolska

² WAKRO Krępna

KSZTAŁTOWANIA GEOMETRII DYSZ SSĄCYCH DLA PODCIŚNIENIOWEGO TRANSPORTU PNEUMATYCZNEGO

Podciśnieniowy transport pneumatyczny z wykorzystaniem dysz ssących stosowany jest w wielu gałęziach gospodarki m.in. w przemyśle materiałów sypkich, rolnictwie i energetyce. Ze względu na swoje liczne zalety takie jak: hermetyczność transportu, możliwość prowadzenia rurociągów w pionie i w poziomie oraz małe gabaryty, wykorzystywany jest w procesach dozowania materiałów sypkich, transporcie surowca na krótkich odcinakach, w rozładunku zbiorników oraz do pobierania materiału z otwartych pryzm. Typowa instalacja podciśnieniowego transportu pneumatycznego składa się z dyszy ssącej, rurociągu transportującego materiał, urządzenia odbiorczego pełniącego również rolę separatora ciała stałego od gazu oraz urządzenia wytwarzającego podciśnienie w rurociągu. Dysze ssące jako pierwszy element takiej instalacji, mają niewątpliwie bezpośredni wpływ na warunki transportu pneumatycznego a w szczególności na jego stabilność oraz energochłonność procesu. Uwzględniając niniejsze w pracy przetestowano pięć bezobsługowych dysz ssących o kształcie piramidy ściętej, które różniły się wysokością i kątem otwarcia stożka 25–120 stopni, przy zachowaniu stałego stosunku powierzchni wlotu do wylotu wynoszącej 8,5. Czynnikiemami roboczymi w badaniach było powietrze oraz dziesięć rodzajów materiałów sypkich powszechnie stosowanych w przemyśle o zmiennej średnicy zastępczej cząstek 0,2–2,4 mm i gęstości właściwej 495–6730 kg/m³. Opisano aerodynamikę przepływu dwufazowego gaz–ciało stałe w tego typu dyszach oraz zaproponowano zależności do ich optymalnego kształtowania dla różnych warunków transportu pneumatycznego.

**MARCIN KWIECIEŃ
MATEUSZ MOJŻESZKO
ŁUKASZ. LISIECKI
PAULINA LISIECKA–GRACA
KONRAD PERZYŃSKI
KRZYSZTOF MUSZKA
ŁUKASZ MADEJ
JANUSZ MAJTA**

Akademia Górniczo–Hutnicza

**ANALIZA EKSPERYMENTALNA I NUMERYCZNA
MOŻLIWOŚCI TŁOCZENIA BLACH
WIELOWARSTWOWYCH ŁĄCZONYCH
WYBUCHOWO**

Postęp w technologii platerowania wybuchowego zapewnia możliwości łączenia praktycznie dowolnych metali i ich stopów. Lekkie materiały wielowarstwowe na osnowie stopów metali znajdują coraz szersze zastosowanie w krytycznych gałęziach przemysłu (energetyka, przemysł lotniczy czy kosmiczny). Wynika to z faktu, że poprzez odpowiednią konfigurację warstw można uzyskać nowe unikatowe kombinacje własności użytkowych (mechanicznych w podwyższonej i obniżonej temperaturze, antykorozyjnych, szczelności elektromagnetycznej etc.). W rezultacie pojawiają się również nowe możliwości zastosowania tego typu wielowarstwowych wyrobów konstrukcyjnych co jednak wymaga opracowania dedykowanych technologii formowania plastycznego tych materiałów. W prezentacji przedstawione zostaną wyniki prac nad materiałami wielowarstwowymi na osnowie m.in. żelaza, aluminium i tytanu w różnych konfiguracjach układów wielowarstwowych. Przedstawiony zostanie także model numeryczny procesu platerowania wybuchowego, który zapewnia możliwość optymalizacji parametrów procesu. Następnie omówione zostaną wyniki prac nad badaniem formowalności analizowanych układów wielowarstwowych, z uwzględnieniem ich lokalnych niejednorodności w obszarze strefy połączenia oraz wyniki modelowania numerycznego procesu formowania materiałów wielowarstwowych jak również laboratoryjne próby formowania tych materiałów na drodze tłoczenia w podwyższonej temperaturze.

TOMASZ CHĄDZYŃSKI¹
MARCIN JANUSZKA^{1,2}

¹ Wielton S.A.

² Politechnika Śląska

ZWIĘKSZENIE WYDAJNOŚCI LINII PRODUKCYJNEJ Z PRASĄ DO ELASTYCZNEGO FORMOWANIA BLACH DLA POTRZEB PRODUKCJI WIELKOSERYJNEJ

W firmie Wielton w następstwie realizacji prac R&D, dotyczących wytwarzania elementów naczep z zastosowaniem technologii elastycznego formowania blach (ang. flexforming), opracowano projekt nowej linii produkcyjnej. Technologia elastycznego formowania blach realizowana jest na specjalistycznej prasie jako głównej maszynie linii produkcyjnej. Dotychczas technologia ta stosowana była na świecie głównie w produkcji małoseryjnej ze względu na stosunkowo długie czasy taktów linii. Wyzwaniem dla firmy Wielton, we współpracy z dostawcą technologii, było zatem takie dostosowanie procesów, aby możliwa była produkcja wielkoseryjna. Zmiana procesu produkcyjnego z małoseryjnego na wielkoseryjny wiąże się z szeregiem wyzwań i możliwości. W artykule przedstawiono różne aspekty tej zmiany, w tym wpływ na infrastrukturę, technologie, koszty i efektywność operacyjną. Przejście z małoseryjnej na wielkoseryjną produkcję jest często wynikiem zmieniających się wymagań rynkowych, wzrostu popytu na produkt oraz dążenia do zwiększenia rentowności. Wprowadzenie zmiany tego rodzaju wymaga strategicznego podejścia i odpowiedniego planowania. Ważnym aspektem zmiany procesu jest dostosowanie infrastruktury produkcyjnej. Linia technologiczna musi być skalowana, aby sprostać większym wolumenom produkcji. Konieczna może być zmiana układu linii produkcyjnej w celu zoptymalizowania przepływu materiałów i produktów. Technologie odgrywają kluczową rolę w procesie zmiany. Automatyzacja i robotyzacja mogą być wykorzystane do zwiększenia wydajności i efektywności produkcji. Wprowadzenie nowoczesnych maszyn i systemów sterowania może przyspieszyć proces produkcyjny, zmniejszyć ryzyko błędów ludzkich oraz zapewnić większą precyzję i powtarzalność procesu. Efektywność operacyjna jest kluczowym aspektem w przypadku zmiany procesu produkcyjnego z małoseryjnego na wielkoseryjny. Optymalizacja procesów, eliminacja marnotrawstwa, standaryzacja i doskonalenie ciągłe są niezbędne, aby zapewnić wydajność i jakość przy wysokich

wolumenach produkcji. Narzędzia Lean Manufacturing, takie jak Kaizen, analiza przepływu wartości (Value Stream Mapping) czy SMED, mogą być wykorzystane do identyfikacji obszarów wymagających usprawnień i wprowadzenia zmian mających na celu zwiększenie efektywności operacyjnej poprzez redukcję czasu cyklu. Wnioskiem jest to, że zmiana procesu produkcyjnego z niskowolumenowego na wysokowolumenowy to proces złożony, który wymaga strategicznego planowania, inwestycji w infrastrukturę i technologie, analizy kosztów i skuteczności oraz doskonalenia operacyjnego. Przejście to może przynieść wiele korzyści, takich jak zwiększona skala produkcji, obniżenie kosztów jednostkowych, poprawa rentowności i zdolność do obsłużenia większego popytu na produkty. Jednak sukces wymaga starannego opracowania planu i ciągłego monitorowania i dostosowywania procesu, aby osiągnąć oczekiwane rezultaty.

KRZYSZTOF TALAŚKA¹
GRZEGORZ DOMEK²
DOMINIK WOJTKOWIAK¹
DOMINIK WILCZYŃSKI¹

¹ Politechnika Poznańska

² Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

PROJEKTOWANIE ZABUDOWY BĘBNA PRASY TAŚMOWEJ WYKORZYSTUJĄCEJ PASY STALOWE

W artykule przedstawiono problematykę projektowania zabudowy bębna prasy taśmowej wykorzystującej pasy stalowe. Projektowana prasa taśmowa ma służyć do zagęszczania niewykorzystanych piekarniczych produktów spożywczych. Konstrukcja taka umożliwi przeprowadzenie procesu zagęszczania w trybie ciągłym. Założone możliwości generowania sił zagęszczających wymagają stosowania pasów stalowych odpowiednich grubościach, to natomiast wymaga odpowiedniej konstrukcji bębnow. W artykule przedstawiono studium przypadku projektowania zabudowy takiego bębna z uwzględnieniem łóżyskowania oraz określenia sztywności tego węzła konstrukcyjnego.

**KRZYSZTOF GRZELAK
JANUSZ TORZEWSKI
JANUSZ KLUCZYŃSKI
JAKUB ŁUSZCZEK
WIKTOR MARGAS**

Wojskowa Akademia Techniczna

**BADANIA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH
LASEROWYCH POŁĄCZEŃ SPAWANYCH
ELEMENTÓW HYBRYDOWYCH**

Wciąż rozwijająca się technologia addytywnego wytwarzania elementów konstrukcyjnych poszerza zakres rozwiązań aplikacyjnych, nie tylko w skali jednostkowej, ale również w skali produkcji przemysłowej. Generuje to nowe możliwości w zakresie realizowanych prac badawczo rozwojowych mających na celu implementację technologii przyrostowych do nowotworzonych rozwiązań konstrukcyjnych. Hybrydowe zestawienie części wytwarzanych przyrostowo z częściami wytwarzanymi konwencjonalnie ma na celu uzyskanie synergii w zakresie możliwości konstruowania, wydajności i opłacalności wytwarzanych elementów konstrukcyjnych. Takie zestawienie pozwala np. ograniczyć koszty produkcji poprzez wytworzenie tylko fragmentu docelowego elementu, który wymaga zastosowania technologii przyrostowej, a pozostała część geometrii może być wykonana przy użyciu relatywnie tańszych konwencjonalnych technik wytwarzania. Innym przykładem zastosowania może być naprawa uszkodzonego, wyeksploatowanego elementu konstrukcyjnego poprzez odtworzenie jego nominalnej geometrii w postaci „implantu” wytworzonego addytywnie. Tego typu rozwiązania wymagają opracowania technologii łączenia części składowych wytworzonych różnymi technikami, które mogą być łączone np. poprzez spawanie. W pracy przedstawiono wyniki badań właściwości mechanicznych laserowo spawanych elementów, których jedna z części łączonych była wytworzona z zastosowaniem technologii przyrostowych (technika SLM) a druga jako konwencjonalnie wytworzony półprodukt w postaci arkusza blachy. Uzyskane w ten sposób złącza hybrydowego zestawienia części składowych poddano badaniom właściwości mechanicznych w zakresie wytrzymałościowym, pomiarów mikrotwardości i analizy strukturalnej.

MONIKA BANASIAK¹
MARCIN KWIECIEN²
ANDRZEJ HORNIK¹
KRZYSZTOF MUSZKA²

¹ Cognor S.A. Oddział HSJ

² Akademia Górniczo-Hutnicza

WPLYW PARAMETRÓW WALCOWANIA NA ROZWÓJ MIKROSTRUKTURY I WŁASNOŚCI PRĘTÓW ZE STALI NISKOWĘGLOWEJ

W pracy przedstawione zostaną wybrane wyniki dotyczące analizy wpływu parametrów procesu na rozwój mikrostruktury i własności prętów ze stali niskowęglowych, walcowanych termomechanicznie. Pręty okrągłe o średnicach z zakresu ϕ 55–120 mm przeznaczone do dalszego przerobu plastycznego – głównie na drodze kucia – znajdują zastosowanie jako wyroby końcowe w różnych gałęziach przemysłu (maszynowy, motoryzacyjny itp.). Głównym wymogiem stawianym tego typu półwyrobom są: wysoka czystość metalurgiczna, odpowiednie własności mechaniczne a jednocześnie twardość nieprzekraczająca 240HB. Aby zapewnić odpowiednią kombinację własności należy w trakcie procesu produkcyjnego (nagrzewanie wsadu, walcowanie, studzenie prętów na chłodni) ściśle kontrolować parametry procesu (temperatura i czas nagrzewania wsadu, temperatura początku i końca walcowania, wielkości odkształcenia i prędkości odkształcenia na poszczególnych klatkach walcowniczych oraz czasy pomiędzy odkształceniami i szybkość chłodzenia). Czynniki te wpływają na zjawiska mikrostrukturalne zachodzące w materiale (rekrytalizacja dynamiczna, metadynamiczna, statyczna, procesy wydzieleniowe i przemiany fazowe). W referacie omówione zostaną zależności pomiędzy parametrami procesu a wspomnianymi zjawiskami mikrostrukturalnymi pod kątem uzyskania rozdrobnionej struktury austenitycznej na etapie walcowania oraz, w efekcie, uzyskania końcowej rozdrobnionej struktury ferrytyczno-perlitycznej w prętach po studzeniu na chłodni. Zależności pomiędzy stanem mikrostruktury austenitu (umocniona, zrekrystalizowana) a końcową mikrostrukturą po chłodzeniu prętów do temperatury pokojowej poddano analizie na drodze badań eksperymentalnych (symulacje fizyczne na symulatorze termomechanicznym, analiza mikrostrukturalna z wykorzystaniem elektronowego mikroskopu skaningowego) oraz modelowania komputerowego (modele rozwoju

mikrostruktury). Wykazano, że uzyskanie w procesie walcowania rozdrobnionej struktury umocnionego austenitu (poprzez walcowanie wstępne z wykorzystaniem rekrytalizacji dynamicznej oraz walcowanie w klatkach wykańczających w zakresie poniżej temperatury rekrytalizacji) a następnie kontrolowane chłodzenie prowadzi do uzyskania najlepszej kombinacji własności mechanicznych w prętach gotowych.

KAMIL GATNAR

Politechnika Opolska

WŁASNOŚCI TRIBOLOGICZNE MATERIAŁU KOMÓRKOWEGO

Praca skupia się na badaniach tribologicznych materiału o budowie komórkowej typu Fluorite o rozmiarze pojedynczej komórki 3 mm oraz wypełnieniu 40%, wytwarzanego za pomocą technologii SLM z zastosowaniem materiału MS1. Badania przeprowadzono na tribometrze typu pin-on-disc, sprawdzając zachowanie tych struktur w kontekście tarcia i zużycia w parze z przeciwnpróbką – kulką ceramiczną wykonaną z tlenku cyrkonu (ZrO_2). W badaniach uwzględniono różne prędkości poślizgu przy stałej sile docisku. Wyniki pomiarów pozwoliły na wyznaczenie współczynnika tarcia oraz ocenę stopnia zużycia próbki. Otrzymane wyniki mogą przyczynić się do lepszego zrozumienia wpływu komórkowej budowy materiałów na własności tribologiczne. Możliwe jest również znalezienie potencjalnego zastosowania w dziedzinie projektowania i optymalizacji materiałów o podobnych właściwościach.

**RADOSŁAW CIEMIERKIEWICZ
TOMASZ MACHNIEWICZ**

Akademia Górniczo – Hutnicza

**ZASTOSOWANIE MES DO MODELOWANIA
ROZWOJU PĘKNIĘĆ ZMĘCZENIOWYCH
W ŚRODOWISKU ANSYS WORKBENCH**

W przypadku działania obciążeń zmęczeniowych szczególnie istotną, wymagającą oszacowania cechą każdej konstrukcji jest jej trwałość zmęczeniowa. Obejmuje ona nie tylko fazę inicjacji, ale także okres propagacji pęknięć zmęczeniowych, co w głównej mierze determinuje harmonogram przeglądów eksploatacyjnych. Prognozowanie prędkości procesu zmęczeniowego pęknięcia może być realizowane przy użyciu różnych typów modeli obliczeniowych. Wśród nich bardzo często obecnie rozważanym jest podejście numeryczne, oparte na metodzie elementów skończonych (MES), gdyż staje się ona coraz bardziej wszechstronnym narzędziem różnorodnych analiz inżynierskich. W związku z tym w referacie przedstawiona zostanie autorska metoda prowadzenia symulacji rozwoju pęknięć zmęczeniowych przy użyciu komercyjnego oprogramowania ANSYS Workbench. Proponowana metoda oraz uzyskane z jej użyciem wyniki, przedstawione zostaną na przykładzie symulacji dotyczących obciążanej osiowo płyty ze stali konstrukcyjnej z centralnym pęknięciem. Zastosowany model kinematycznego umocnienia materiału, przy uwzględnieniu zjawiska zamykania się pęknięcia zmęczeniowego wywołanego plastycznością, stwarza możliwość symulacji efektów interakcji obciążeń jakie obserwuje się przy zmiennoamplitudowych sekwencjach zmęczeniowych. Uwzględnienie cyklicznej ewolucji właściwości materiału, pozwoli dodatkowo w proponowanym podejściu na symulowanie prędkości pęknięcia pod działaniem specyficznych kombinacji obciążeń, których wpływu na wzrost pęknięć zmęczeniowych, nie udało się dotąd jednoznacznie wyjaśnić ani skutecznie odzwierciedlić, nawet w sensie jakościowym, przy użyciu jakiegokolwiek modelu deterministycznego.

ALEKSANDER KAROLCZUK¹
ANDRZEJ KUREK¹
MICHAŁ BÖHM¹
SZYMON DERDA¹
MARIUSZ PRAŻMOWSKI¹
KRZYSZTOF KLUGER¹
KRZYSZTOF ŻAK¹
ŁUKASZ PEJKOWSKI²
JAN SEYDA²

¹ Politechnika Opolska

² Politechnika Bydgoska

**WPLYW TEMPERATURY STARZENIA NA
WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE CIENKOŚCIENNEJ
PRÓBKII WYTWORZONEJ METODĄ LASEROWEGO
STAPIANIA ŁOŻA PROSZKOWEGO ZE STALI
MARAGING 18Ni300**

W ostatnich latach metoda laserowego stapiania łoża stała się powszechnie stosowaną technologią w przemyśle metalowym, umożliwiając precyzyjne i złożone kształtowanie elementów o skomplikowanych geometriach. Wytworzone za pomocą tej metody próbki charakteryzują się unikalnymi właściwościami mechanicznymi, które mogą być poddane dalszym procesom obróbki termicznej w celu poprawy ich wytrzymałości i wytrzymałości na zmęczenie. Jednym z takich procesów jest starzenie, który może mieć istotny wpływ na właściwości mechaniczne materiałów metalowych. W pracy skupiono się na ocenie wpływu temperatury starzenia na wytrzymałość zmęczeniową. Próbki zostały poddane starzeniu w różnych temperaturach, a następnie przeprowadzono testy zmęczeniowe w celu oceny zmian w właściwościach materiałowych. Dodatkowo, przeprowadzono analizę mikrostruktury próbki przed i po procesie starzenia za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego. Celem niniejszej publikacji jest zbadanie wpływu temperatury starzenia na właściwości mechaniczne cienkościennej próbki wytworzonej metodą laserowego spajania łoża z stali maraging 18Ni300. Stal maraging 18Ni300 jest znana ze swojej dobrej wytrzymałości, co czyni ją atrakcyjnym materiałem do zastosowań w przemyśle lotniczym,

kosmicznym i medycznym. Wyniki tych badań mogą mieć istotne znaczenie dla dalszego rozwoju technologii w przemyśle oraz pomóc w optymalizacji procesów obróbki termicznej dla osiągnięcia pożądaných właściwości mechanicznych w wytworzonych elementach.

Praca finansowana z Narodowego Centrum Nauki (projekt nr 2021/41/B/ST8/00 257)

CYPRIAN SKÓRA

Politechnika Opolska

**OCENA KUMULACJI USZKODZEŃ
ZMĘCZENIOWYCH DLA OBCIĄŻEŃ BLOKOWYCH
PRÓBEK ZE STALI S355J0**

Artykuł przedstawia wyniki badań zmęczeniowych próbek ze stali S355J0 poddanych dwustopniowym zginającym obciążeniom blokowym typu Hi-Lo i Lo-Hi. Zbadano wpływ udziału poszczególnych bloków obciążenia na kumulowane w materiale uszkodzenia zmęczeniowe. Przebadano udział obciążeń w pierwszym bloku dla wartości 25%, 50% i 75 % przewidywanej trwałości zmęczeniowej materiału określonej na podstawie bazowych charakterystyk zmęczeniowych. W drugim bloku obciążenia badania prowadzono do momentu zniszczenia próbki. Jako kryterium zniszczenia przyjęto wzrost odkształcenia próbki o 40% w stosunku do stanu początkowego. Stwierdzono, że dla sekwencji obciążenia Lo-Hi uzyskano większe trwałości w porównaniu do sekwencji Hi-Lo dla udziału przewidywanej trwałości zmęczeniowej w pierwszym bloku wynoszącej 25% i 50% i różnice te wynoszą odpowiednio 30% i 20%. Kumulację uszkodzeń zmęczeniowych dla tak zdefiniowanych sekwencji obciążenia Lo-Hi oraz Hi-Lo zweryfikowano również uwzględniając efekt dodatkowego obciążenia średniego.

**ANNA JASKOT
BOGDAN POSIADAŁA**

Politechnika Częstochowska

**WALIDACJA MODELU RUCHU CZTEROKOŁOWEJ
PLATFORMY MOBILNEJ W WARUNKACH
POŚLIZGU KÓŁ**

W pracy przedstawiono wyniki badań ruchu czterokołowej platformy mobilnej z uwzględnieniem poślizgu kół. Na bazie przyjętego modelu dynamiki, opisanego we wcześniejszych pracach autorów przeprowadzono badania symulacyjne. Zaprezentowane zapisy badań wybranych konfiguracji ruchu umożliwiły wyznaczenie parametrów ruchu modelu symulacyjnego oraz weryfikację tego modelu w odniesieniu do szerszej grupy możliwych konfiguracji ruchu platformy. Model teoretyczny został opisany we wcześniejszych pracach autorów [1, 2]. Wyniki badań symulacyjnych zostały porównane z wynikami badań eksperymentalnych w pracach [2, 3]. W niniejszej pracy opisano wyniki walidacji modelu symulacyjnego poprzez analizę parametrów ruchu na bazie wyników badań eksperymentalnych przejazdów testowych robota LEO Rover. W zakres badań doświadczalnych wchodziły przejazdy testowe, podczas których zaobserwowano poślizg w postaci odchylenia trajektorii od prostoliniowego toru ruchu. Porównanie wyników badań symulacyjnych, zapisów wymuszeń oraz rzeczywistego przejazdu robota sprowadzało się do porównania parametrów ruchu w postaci torów ruchu oraz prędkości i przyspieszeń. Wyniki analizy zostały przedstawione w postaci graficznej. Wnioski z badania zostały zawarte w podsumowaniu pracy.

1. A. Jaskot, B. Posiadała, S. Śpiewak, Dynamics Modelling of the Four-Wheeled Mobile Platform, *Mechanics Research Communications*, 83, Elsevier, 58–64 (2017).
2. A. Jaskot, Modelowanie i analiza ruchu platform mobilnych z uwzględnieniem poślizgu, Praca doktorska, Politechnika Częstochowska, Częstochowa (2021).
3. A. Jaskot, B. Posiadała, Experimental studies and modeling of four-wheeled mobile robot motion taking into account wheel slippage, *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences*, 69 (6), 1–7 (2021).

**JAROSŁAW MAMAŁA
KRZYSZTOF PRAŻNOWSKI
PRZEMYSŁAW WORWAĞ**

Politechnika Opolska

WYKORZYSTANIE SYGNAŁÓW WIBRACYJNYCH DO OCENY STANU PODROZJAZDNICY KOLEJOWEJ

Rozwój infrastruktury linii kolejowych przyczynia się do zwiększenia prędkości ruchu poruszających się składów. To z kolei wymaga od zarządców infrastruktury kolejowej zwiększenia wydatków na diagnostykę i utrzymanie linii kolejowych w celu zapewnienia bezpieczeństwa w trakcie eksploatacji całej infrastruktury. Jednym z elementów tej infrastruktury jest rozjazd, będący skrzyżowaniem torów linii kolejowych. W wyniku analiz zagrożeń wynikających ze wzrostu prędkości ruchu kolejowego, kluczowym elementem systemu jest jakość techniczna i potrzeba ciągłego monitorowania stanu zużycia rozjazdów kolejowych. Wykorzystując drgania mechaniczne wywołane oddziaływaniami na styku koło–szyna podczas przejazdu pociągu przez rozjazd kolejowy można przeprowadzić wstępną diagnostykę oraz określić występowanie niesprawności w obrębie podrozjazdnicy kolejowej. Przedstawiona metodologia identyfikacji zużycia elementów podrozjazdnicy oparta jest na rejestracji drgań w wybranych punktach konstrukcyjnych. Układ do rejestracji drgań składa się z trzech trójosiowych czujników przyspieszenia wykonanych w technologii MEMS połączonych z autorską aplikacją opracowaną w programie LabView. Zarejestrowane dane poddane są analizie w dziedzinie czasu oraz częstotliwości w oparciu o własny skrypt obliczeniowy opracowany w środowisku MatLab. Analiza w dziedzinie czasu umożliwiła wstępną ocenę występujących drgań pod względem wartości szczytowych oraz kształtu przebiegu drgań. Do analizy w dziedzinie częstotliwości wykorzystano krótkookresową transformatę Fouriera STFT (ang. Short–time Fourier Transform). Na podstawie badań przeprowadzonych w warunkach normalnej eksploatacji rozjazdu kolejowego wykazano, że dla obszaru zamknięcia nastawczego amplituda drgań w kierunkach wzdłużnym i poprzecznym jest ok. 8÷10 razy wyższa niż punktach pomiarowych znajdujących się przed oraz za obszarem nastawczym. Wartość amplitudy drgań w kierunku pionowym wykazuje większą wartość niż w kierunku poprzecznym, co wynika z ugięcia elementów konstrukcyjnych rozjazdu. Wzrost wartości zależy od stanu zużycie elementów

ruchomych, których powierzchnia zużywa się w wyniku normalnej eksploatacji. Autorzy opracowania zauważyli, że najintensywniejsze drgania występują dla częstotliwości w zakresie niskich częstotliwości do 5Hz. Dla pozostałych punktów pomiarowych wartości szczytowe amplitudy występowały w paśmie częstotliwością powyżej 150 Hz. Wskazuje to, że w obszarze zamknięcia nastawczego dochodzi do pionowych uderzeń podrozjazdnicy. Świadczy to o zużyciu elementów współpracujących oraz nieprawidłowym wykonaniu podbicia. Przeprowadzona analiza danych wykazała również zależność pomiędzy prędkością pojazdu szynowego, a amplitudą występujących drgań. Zestawiając ze sobą wartości szczytowe amplitud drgań przebiegów spektralnych w paśmie do 10Hz zauważono, że wzrost prędkości pojazdu z 55km/h do 87km/h powoduje ponad dwukrotny wzrost wielkości amplitud. Wyznaczony współczynnik determinacji $R^2=0,98$ świadczy o liniowej zależności wartości amplitudy od prędkości przejeżdżającego składu.

ALEKSANDER HEBDA

Politechnika Opolska

DIAGNOSTYKA SILNIKA BLDC NA RAMIE DRONA W OPARCIU O POMIAR I INTERPRETACJE DRGAŃ

Bezpieczeństwo w lotnictwie jest priorytetem, stąd dalszy rozwój systemów bezpieczeństwa i ostrzegania jest konieczny. Nie inaczej jest z bezzałogowymi statkami powietrznymi na przykład dronami. Układ silnika i śmigła generuje nie tylko ciąg, który jest konieczny do latania, natomiast generuje też drgania, których pomiar i interpretacja może posłużyć jako dodatkowy element bezpieczeństwa. Stąd przedstawiono wyniki badań bezszczotkowego silnika BLDC w oparciu o pomiar i analizę drgań. Pomiary wykonano w całym zakresie prędkości obrotowej silnika, zwiększając prędkość obrotową silnika z każdym kolejnym pomiarem. Systemem rejestracji drgań był akcelerometr, natomiast sposobem komunikacji magistrala I2C i UART. Zmierzone drgania poddano obróbce i analizie sygnałów. Przetwarzanie i analiza sygnału polegała na wykorzystaniu FFT (Fast Fourier Transform), a następnie wykreśleniu charakterystyk amplitudowo–czasowych i amplitudowo–fazowych. Dzięki temu uzyskane wyniki z przeprowadzonych testów jasno obrazują charakterystykę wyjściową badanego silnika.

ALEKSANDER HEBDA

Politechnika Opolska

**WYKORZYSTANIE MIKROSKOPII SKANINGOWEJ
DO ANALIZY FRAKTOGRAFICZNEJ PRZEŁOMÓW
BRĄZU RG7**

W pracy na podstawie obserwacji mikroskopowych dokonano analizy fraktograficznej przełomów zmęczeniowych brązu RG7. Badania miały na celu określenie charakteru uszkodzeń i próbę ich usystematyzowania.

Decydującą rolę w propagacji pęknięć zmęczeniowych odgrywają różne kombinacje obciążeń oraz mikrostruktura materiałów, dlatego w pracy przedstawiono mikrostrukturę analizowanego materiału, oznaczenie składu chemicznego i jego zgodność z odpowiednimi normami materiałowymi oraz zdjęcia mikroskopowe powierzchni przełomów wraz z analizą pęknięć zmęczeniowych oraz określeniem udziału występowania strefy zmęczeniowej i strefy reszkowej.

**SŁAWOMIR ZELWOWIEC
IGOR KUŚKA**

Politechnika Opolska

**POMIAR NIEWYWAŻANIA STATYCZNEGO
WAGONU OSOBOWEGO**

W artykule przedstawiono metodologie pomiaru oraz redukcji niewyważania statycznego wagonu osobowego wyposażonego w wózki toczne typu 4ANc. Przedstawiono stanowisko pomiarowe do wstępnego przygotowania wózków oraz końcowe na którym badany jest cały wagon. Scharakteryzowano budowę wózka tocznego typu 4ANc. Wyjaśniono, dlaczego niewyważenie statyczne jest zjawiskiem niepożądanym oraz jak wpływa na koszty eksploatacji.

STANISŁAW ADAMCZAK¹
MAREK GAJUR²
KRZYSZTOF KUŹMICKI²

¹ Politechnika Świętokrzyska

² Fabryka Łożysk Tocznych Kraśnik S.A.

EWOLUCJA ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH WĘZŁÓW ŁOŻYSKOWYCH KÓŁ POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

W artykule poruszono tematykę ewolucyjnych zmian, jakie nastąpiły w systemach łożyskowania kół pojazdów samochodowych. Opisano zmiany polegające na zastąpieniu konstrukcji klasycznego sposobu łożyskowania piast kół, z użyciem łożysk kulkowych lub stożkowych, na rzecz produktów łączących łożyska toczne z elementami obudowy. Na przykładzie trzech generacji rozwiązań konstrukcyjnych, pokazano wpływ optymalizacji konstrukcji na eliminację błędów montażowych, przy jednoczesnej poprawie cech użytkowych. Piasty samochodowe konstruowane są obecnie jako wyroby zespolone, zorientowane na montaż automatyczny, i nie wymagające obsługi eksploatacyjnej. Dzięki temu wyeliminowano szereg błędów montażowych, takich jak: użycie niewłaściwego lub zanieczyszczonego smaru, nieodpowiedniej jego ilości, niedotrzymanego wymogu napięcia wstępnego łożysk, możliwość zamontowania łożysk do zdeformowanej obudowy. Do minimum została ograniczona też ilość narzędzi potrzebnych przy montażu i demontażu piast łożyskowych. Zmiany te wpłynęły, również na cechy użytkowe produktu. Zmniejszona została masa nieresorowana w pojeździe oraz wielkość zabudowy, zwiększyła się sztywność układu oraz wbudowany został czujnik ABS. Wszystkie te cechy wpłynęły na rosnące zapotrzebowanie na tego typu produkty, dzięki którym zwiększa się jakość i szybkość napraw oraz wydłuża się dystans przejechanych kilometrów, pomiędzy koniecznymi do wykonania przeglądami eksploatacyjnymi.

**JAKUB ŁUSZCZEK
LUCJAN ŚNIEŻEK
KRZYSZTOF GRZELAK**

Wojskowa Akademia Techniczna

**BADANIA WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH KÓŁ
ZĘBATYCH ZE STALI 21NiCrMo2
WYTWARZANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIK:
PRZYROSTOWEJ I KONWENCJONALNEJ**

Wytwarzanie przyrostowe (ang. Additive Manufacturing – AM) części maszyn ze stali niskostopowych staje się w wielu przypadkach alternatywą dla technik konwencjonalnych, szczególnie w przypadku produkcji jednostkowej lub niskoseryjnej. Dla zapewnienia odpowiedniej jakości części wytwarzanych z użyciem procesów technologicznych opartych o AM, konieczne jest przeprowadzenie dokładnych badań porównawczych z zakresu ich właściwości użytkowych z elementami wytwarzanymi konwencjonalnie. Praca zawiera wyniki badań właściwości mechanicznych oraz mikrostrukturalnych z uwzględnieniem obróbki cieplno–chemicznej, elementów modelowych wytwarzanych ze stali 21NiCrMo2 z wykorzystaniem techniki konwencjonalnie i selektywnego stapiania laserowego (ang. Selective Laser Melting – SLM.) Główną część pracy skupiono wokół badań właściwości użytkowych kół zębatach, wytworzonych ze stali 21NiCrMo2 z wykorzystaniem techniki SLM. Rezultaty te odniesiono do właściwości kół zębatach wytwarzanych konwencjonalnie. Analiza wyników wykazała, iż materiał wytwarzany przyrostowo w stanie po obróbce cieplno–chemicznej posiada wyższą twardość warstwy nawęglonej w stosunku do materiału konwencjonalnego. Wysoka chropowatość powierzchni oraz niska klasa dokładności wykonania kół w stanie po wydruku wprowadza konieczność przeprowadzenia dodatkowej obróbki wykańczającej. Ponadto, wyniki badań budowy strukturalnej kół wskazują na występowanie ubytków materiału w postaci porów otwartych na powierzchniach bocznych zębów, a ich powstanie związane jest z otwarciem defektów przypowierzchniowych w wyniku szlifowania wieńca zębatego.

MACIEJ SPYCHAŁA

Wojskowa Akademia Techniczna

**POTENCJALNE KIERUNKI WDROŻENIA NOWEGO
MATERIAŁU KOMPOZYTOWEGO
Z RECYKLATÓW HDPE I LPS**

Zagospodarowanie odpadów z laminatów poliestrowo-szkłanych stanowi duże wyzwanie dla globalnej gospodarki. W Wojskowej Akademii Technicznej prowadzone są badania nad ponownym wykorzystaniem recyklatu LPS w formie wzmocnienia kompozytów polimerowych. Wyniki wstępnych badań pokazują, że możliwe jest opracowanie kompozycji polimerowej o osnowie z polietylenu wysokiej gęstości i wzmocnieniu z przemiału laminatu poliestrowo-szkłanego. Wartości niektórych parametrów wytrzymałościowych kompozytu są wyższe niż dla samej osnowy. Stanowi to podstawę do dalszych badań i nakreślenia potencjalnych kierunków wdrożenia. Dobrze, aby były one zdeterminowane ilością laminatów LPS wycofanych z użytku, stąd poszukuje się obszaru o możliwościach produkcji masowej. Wyróżnić można kilka gałęzi, w których obecnie wykorzystuje się HDPE lub rHDPE, a mogłoby zostać zastąpione przez nowy kompozyt, np. rury wodociągowe, rury do nawadniania, deski tarasowe, rury osłonowe do rur preizolowanych, rury osłonowe do przewodów elektrycznych.

MICHAŁ KUZIEMSKI^{1,2}
JACEK CZYŻEWICZ^{1,2}
MICHAŁ WASILCZUK¹

¹ Politechnika Gdańska

² CC Veex

SYSTEM WCZESNEGO WYKRYWANIA AWARII UKŁADU NAPĘDOWEGO TRAMWAJU

Na tramwaju Düwag N8C, będącego częścią floty transportu miejskiego, zamontowany został układ pomiarowy będący częścią systemu predyktywnego utrzymania ruchu. Dzięki połączeniu danych zebranych przez sensory wraz z danymi dostępnymi na sieci CAN maszyny przesyłanymi stale do chmury, opracowane zostało rozwiązanie pozwalające na ciągłą kontrolę stanu podzespołów, z informacją o ich warunkach pracy przy zastosowaniu czujników produkowanych seryjnie. Kluczową rolą w systemie pełnią algorytmy diagnozujące i prognozujące stany konkretnych podzespołów. Zastosowanie znalazły zarówno proste rozwiązania bazujące na logice rozmytej, statystyki poprawności odczytów oparte o inne dane kontekstowe jak i modele predykcyjne, tworzące przewidywany przebieg dla danego parametru, na podstawie innych wartości innych mierzonych na maszynie parametrów. Prototyp systemu zamontowany na tramwaju pozwolił na dwukrotne wykrycie nadchodzącej awarii przekładni w trakcie eksploatacji maszyny. W pierwszym przypadku powodem ostrzeżenia przez algorytmy był brak oleju w przekładni, natomiast w drugim zużycie podzespołu. Poprzez wykrycie temperatury przekraczającej przewidywania modelu predykcyjnego i powiadomienie o tym serwisu tramwaju możliwe było uniknięcie postojów w trasie i kosztownych napraw przekładni.

**JAROSŁAW MAMAŁA
BARTOSZ MAZUREK**

Park Naukowo–Technologiczny w Opolu sp. z o.o.
Politechnika Opolska

**ANALIZA WPŁYWU OBCIĄŻENIA NA
DYNAMICZNĄ CHARAKTERYSTYKĘ
URZĄDZENIA TRANSPORTOWEGO**

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących wpływu zmiany obciążenia na dynamiczną charakterystykę urządzenia transportowego. Przeprowadzono analizę numeryczną, wykorzystując metodę elementów skończonych (MES), oraz eksperymentalną, w oparciu o pomiary drgań za pomocą akcelerometrów. Badania obejmowały zmiany obciążenia urządzenia poprzez różne masy pojazdów transportowanych. Otrzymane wyniki wskazują istotny wpływ obciążenia na dynamiczną charakterystykę urządzenia. Zaobserwowano zmianę częstotliwości drgań, amplitudy oraz reakcji dynamicznych w odpowiedzi na różne poziomy obciążenia. Analiza numeryczna pozwoliła na identyfikację zmian w rozkładzie naprężeń i przemieszczeń w strukturze urządzenia w zależności od obciążenia. W wyniku eksperymentów zaobserwowano korelację między wartościami drgań mierzonych i symulowanych. Wyniki te wskazują na istotność uwzględnienia wpływu obciążenia na analizy dynamiczne i projektowanie urządzeń transportowych.

MACIEJ OBST¹
DARIUSZ KURPISZ¹
SZYMON RZEPczyk²

¹ Politechnika Poznańska

² Uniwersytet Medyczny w Poznaniu

**STATYCZNE I DYNAMICZNE WŁAŚCIWOŚCI
MECHANICZNE TAŚM SAMOCHODOWYCH
PASÓW BEZPIECZEŃSTWA W KONTEKŚCIE
ENERGOCHŁONNOŚCI I URAZOWOŚCI
POWYPADKOWEJ**

Trójpunktowe pasy bezpieczeństwa stanowią obecnie standard wyposażenia pojazdów samochodowych, stanowiąc jedno z podstawowych zabezpieczeń biernej ochrony pasażerów przed skutkami wypadku drogowego. Istnieje obowiązek prawny stosowania pasów bezpieczeństwa przez wszystkich pasażerów podróżujących samochodem. Analizując rozwiązania techniczne systemów pasów bezpieczeństwa, widać rosnący stopień zaawansowania kolejno wdrażanych układów mechatronicznych. Obecnie, nowoczesny system pasów bezpieczeństwa współpracuje z szeregiem czujników oraz elementów wykonawczych, mających na celu jak najlepsze dopasowanie warunków pracy pasa bezpieczeństwa do okoliczności wypadku. Mimo pewnej doskonałości technologicznej systemów pasów bezpieczeństwa, występuje ryzyko odniesienia obrażeń przez pasażerów samochodu uczestniczącego w wypadku drogowym. Elementem podstawowym chroniącym zdrowie i życie w przypadku pasów bezpieczeństwa jest taśma tkana z włókien nylonowych lub poliestrowych.

Analiza właściwości mechanicznych taśmy samochodowego pasa bezpieczeństwa w warunkach obciążeń statycznych i dynamicznych pozwala wyciągnąć szereg interesujących wniosków, także w kontekście obrażeń ciała u osób poszkodowanych. Na podstawie badań doświadczalnych i analitycznych określono energochłonność taśmy pasa bezpieczeństwa, opracowano charakterystyki zmienności przyspieszenia oraz przeprowadzono badania taśm samochodowych pasów bezpieczeństwa pracujących w warunkach nietypowych, np. przy taśmie skręconej względem osi wzdłużnej taśmy. Pasy bezpieczeństwa stanowią wciąż jeden z głównych elementów chroniących przed skutkami wypadku poruszających się pojazdami mechanicznymi. W literaturze jednak

można spotkać opisy przypadków obrażeń powstałych na skutek ich działania, choć zwykle są zdecydowanie łagodniejsze niż skutki ich niestosowania podczas wypadku. Niezbędne prace związane z modyfikacją konstrukcji pasów powinny być prowadzone w ścisłym związku z medycznymi naukami klinicznymi. W szczególności z dziedzinami mającymi regularną styczność z ofiarami wypadków samochodowych

**DARIUSZ KURPISZ
MACIEJ OBST
JAKUBOWSKI MATEUSZ**

Politechnika Poznańska

EKSPERYMENTALNE I ANALITYCZNE BADANIA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI DYNAMICZNYCH ABSORBERÓW WYKONANYCH Z LDPE

Energochłonność w sensie mechanicznym stanowi kluczowy wskaźnik oceny skuteczności działania absorberów energii uderzenia jak i całych systemów odpowiedzialnych za jej pochłanianie. W szeroko pojętej literaturze przedmiotu zagadnienie to zyskuje szczególne znaczenie w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa biernego uczestników kolizji, osób uprawiających sport jak i pracujących w specyficznych warunkach stanowiskowych. Nieustannie zwiększające się oczekiwania stawiane systemom bezpieczeństwa biernego, w naturalny sposób wymuszają badania w tym zakresie. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wstępnych wyników badań analitycznych i eksperymentalnych absorberów wykonanych z LDPE, poddanych działaniu obciążeń uderzeniowych. Rozważaniom poddano zachowanie dynamiczne pakietu złożonego z czterech absorberów w stanie próżnym (tj. przy założeniu swobodnego wypływu powietrza w trakcie ugięcia), z niewielką perforacją jak i idealnie szczelnych. Obok wspomnianej wcześniej energochłonności w ww. przypadkach porównano wartości i czas pełnego ugięcia, maksymalną wartość opóźnienia oraz intensywność jego zmiany dla różnych prędkości początkowych odkształcenia. Analiza uzyskanych wyników pozwoliła na sformułowanie kilku interesujących pod względem praktycznym wniosków oraz określenie kierunków dalszych badań.

**PIOTR TARASIUK
KRZYSZTOF MOLSKI**

Politechnika Białostocka

KONCENTRACJA NAPRĘŻEŃ W KRZYŻOWYCH ZŁĄCZACH SPAWANYCH Z NIESYMETRYCZNYM POŁOŻENIEM ŻEBER

Praca dotyczy badania koncentracji naprężeń w strefie linii wtopu spoiny w krzyżowych połączeniach spawanych w sytuacji, gdy występuje wzajemne przesunięcie żeber poprzecznych wzdłuż płyty głównej (nośnej), spowodowane np. błędami wykonania. Za pomocą programu ANSYS otrzymano i przeanalizowano kilkadziesiąt tysięcy rozwiązań numerycznych MES pól naprężeń w płaskich elementach o kształcie przekroju poprzecznego krzyżowego złącza spawanego z płaskim licem spoiny, w warunkach niezależnych obciążeń: rozciągania, zginania i antypłaskiego ścinania. Dla każdego przypadku obciążenia zmieniano wartości istotnych parametrów geometrycznych złącza, jak grubość płyty głównej i żeber poprzecznych, promień dna karbu, grubość i kąt wzniosu lica spoiny, czy wzajemne przesunięcie żeber, a następnie wyznaczano współczynniki koncentracji naprężenia, które porównywano z ich odpowiednikami dla podobnego złącza symetrycznego o żebrach położonych współliniowo. Otrzymane w ten sposób wartości współczynników korekcyjnych, przekształcano w funkcje korekcyjne, umożliwiające analizę i opis zmian naprężeń maksymalnych w krzyżowych połączeniach spawanych spowodowanych wzajemnym przesunięciem żeber poprzecznych. Stwierdzono, że wielkość wzajemnego przesunięcia żeber poprzecznych może znacząco wpływać na wartości naprężeń maksymalnych w krytycznych pod względem wytrzymałościowym miejscach konstrukcji, czyli w okolicy linii wtopu, zwłaszcza przy obciążeniu rozciągającym. Ze względu na asymetrię elementu z niesymetrycznymi żebrami, występują istotne różnice w wartościach maksymalnych naprężeń między liniami wtopu spoin położonych bliżej siebie w stosunku do położonych dalej, po zewnętrznych stronach połączenia spawanego, dlatego oba te przypadki należy analizować oddzielnie.

**KRZYSZTOF MOLSKI
PIOTR TARASIUŁ**

Politechnika Białostocka

**WPLYW KSZTAŁTU LICA SPOINY NA
KONCENTRACJĘ NAPRĘŻEŃ W KRZYŻOWYCH
ZŁĄCZACH SPAWANYCH**

Krzyżowe połączenia spawane stanowią istotny składnik wielu struktur inżynierskich, a problem odpowiedniego ich projektowania i szacowania trwałości i wytrzymałości zmęczeniowej podnoszony jest w licznych publikacjach. Współczynnik koncentracji naprężenia α_k jest jednym z ważniejszych parametrów umożliwiających ocenę poprawności zaprojektowanych połączeń spawanych, a poznanie jego teoretycznej wartości w konstrukcjach inżynierskich pozwala oszacować zakres zmian naprężeń występujących w krytycznych miejscach konstrukcji poddanej zmiennym obciążeniom zewnętrznym. Opracowanie wzorów parametrycznych umożliwiających obliczanie wartości współczynników α_k dla różnych rodzajów połączeń spawanych jest zadaniem niezmiernie trudnym, ponieważ ich wartości zależą zarówno od sposobu obciążenia elementu konstrukcyjnego, jak i od jego kształtu. W przypadku spawanego połączenia krzyżowego konieczne jest wzięcie pod uwagę wielu parametrów geometrycznych, takich jak: grubość płyty głównej i żeber poprzecznych, promień dna karbu, wymiar charakterystyczny spoiny, ewentualną nieliniowość poprzecznych żeber, czy kąt wzniosu i kształt lica spoiny. Każdy z tych czynników może niezależnie wpływać na wartość współczynnika α_k , która z matematycznego punktu widzenia, staje się punktem należącem do przestrzeni wielowymiarowej. Zadanie dodatkowo komplikuje zmienność możliwych czynników technologicznych występujących w samym procesie spawania, jak wartość prądu, prędkość i sposób spawania czy rodzaj materiału, decydujących o wielkości i kształcie samej spoiny. Przez odpowiedni dobór wartości parametrów technologicznych można otrzymać różnej wielkości spoiny o licu płaskim, wypukłym lub wklęsłym, co bezpośrednio wpływa na wartość współczynnika α_k . Celem pracy było określenie wpływu kształtu lica spoiny na wartości maksymalnych naprężenia w linii wtopu krzyżowych połączeń spawanych poddanych niezależnie działającym obciążeniom wzdłużnym, gnącym i ścinającym, przy założeniu współliniowego położenia żeber poprzecznych oraz łukowego kształtu lica opisanego promieniem krzywizny R . Wykorzystując metodę elementów skończonych, zaimplementowaną w programie ANSYS,

otrzymano kilkanaście tysięcy rozwiązań numerycznych dla różnych kształtów spoin połączenia krzyżowego oraz grubości płyty głównej i żeber. Uwzględniono również wartości promienia ρ przejścia lica spoiny w materiał rodzimy, kąt przejścia promienia ρ w powierzchnię lica oraz szerokość całego złącza, dla spoin płaskich, wypukłych i wklęsłych. W oparciu o wartości naprężeń maksymalnych otrzymane numerycznie wyznaczono współczynniki koncentracji naprężenia, które porównywano z ich odpowiednikami dla podobnego złącza krzyżowego o licu płaskim z identycznymi wartościami pozostałych parametrów geometrycznych. Otrzymane w ten sposób wartości współczynników korekcyjnych, przekształcano w funkcje korekcyjne, umożliwiające analizę i opis zmian naprężeń maksymalnych w krzyżowych połączeniach spawanych spowodowanych różną krzywizną lica spoiny. Stwierdzono, że krzywizna wypukłego lica spoiny w większym stopniu wpływa na zmianę wartości współczynnika α_k niż krzywizna wklęsła. Wyniki badań przedstawiono w postaci danych tabelarycznych, wykresów i wzorów parametrycznych.

KRZYSZTOF NOZDRZYKOWSKI

Politechnika Morska w Szczecinie

WYZNACZANIE ODCHYLEK GEOMETRYCZNYCH WIELKOGABARYTOWYCH WAŁÓW KORBOWYCH W ZALEŻNOŚCI OD PRZYJĘTYCH WARUNKÓW ICH USTALENIA I PODPARCIA

Zgodnie z podanym wcześniej tytułem zaprezentowane zostaną procedury wyznaczania odchyłek geometrycznych wielkogabarytowych wałów korbowych dla wariantów pomiarów: odniesieniowych (ustalenie wału zewnętrznym czopami głównymi w pryzmach i podparcie w części środkowej zespołem podpór elastycznych), bezodniesieniowych (ustalenie wału w kłach i podparcie w części środkowej zespołem podpór elastycznych) oraz pomiarów realizowanych w warunkach zbliżonych do tradycyjnych (ustalenie i podparcie wału zespołem sztywnych podpór pryzmowych pozycjonowanych wstępnie na jednakowej wysokości).

**BOGUSŁAW HOŚCIŁO
KRZYSZTOF MOLSKI**

Politechnika Białostocka

**WYZNACZANIE NAPRĘŻEŃ
POWIERZCHNIOWYCH W STALI X20CR13 ZA
POMOCĄ WGLĘBNIKA VICKERSA**

Wyznaczanie wartości naprężeń na powierzchni elementów konstrukcyjnych stanowi często istotny problem w diagnostyce i niezawodności elementów maszyn. Znanych jest wiele procedur pomiarowych i obliczeniowych pozwalających na identyfikację stanu powierzchniowych naprężeń własnych. Znaczącą grupę badań stanowią metody oparte na pomiarach mikrotwardości. Celem pracy było opracowanie metody określania wartości naprężeń w zewnętrznej warstwie materiałowej stali X20Cr13 w oparciu o zmodyfikowaną procedurę pomiaru twardości Vickersa. Opracowana metoda bazuje na wyznaczeniu siły działającej na wglębnik przy stałej założonej głębokości penetracji, ponieważ z danych literaturowych wynika, że głębokość maksymalna odcisku przy pomiarze twardości jest wrażliwa na naprężenia w warstwie przypowierzchniowej tym bardziej, im większa jest siła przy pomiarze twardości. W celu określenia związku między wielkością dwuosiowego stanu naprężenia na powierzchni płytki a oporem, który stawia materiał w czasie przebiegu indentacji, dobrano stałą głębokość penetracji $h^*=4\mu\text{m}$ pozwalającą na wykonanie pomiarów w szerokim zakresie twardości materiałów. W trakcie wciskania wglębnika na zadaną głębokość h^* , rejestrowano bieżące zagłębienie penetratora i odpowiadającą mu siłę, której wartość oznaczono jako P^* . Równolegle do badań doświadczalnych przeprowadzono analizy numeryczne MES, w celu ustalenia związku między wielkością ugięcia płytki zginanej na powierzchni kuli a dwuosiowym stanem naprężenia na środku jej powierzchni. Rozwiązując zagadnienie kontaktowe między płytką a powierzchnią sferyczną stempla przy zadanym przemieszczeniu osiowym brzegu płytki oraz uwzględniając sprężysto–plastyczne właściwości zginanego materiału, odtworzono histerezę naprężeniowo–odkształceniową dla środka górnej warstwy zginanego elementu. Dane numeryczne posłużyły do określenia związku między stanem naprężenia a siłą P^* , potrzebną do zagłębienia indentera na zadaną głębokość h^* . W pracy udowodniono, że istnieje liniowa zależność między naprężeniem powierzchniowym a wprowadzonym parametrem charakterystycznym P^* związanym z oporem materiału. Zaproponowano procedurę

umożliwiająca wyznaczenie zależności ilościowej między zakresem wartości parametru ΔP^* a naprężeniem błonowym σ^* w warstwie przypowierzchniowej.

**KRZYSZTOF WAŁĘSA
JAN GÓRECKI**

Politechnika Poznańska

**MODELOWANIE PRZETŁACZANIA
SKRYSTALIZOWANEGO DWUTLENKU WĘGLA
PRZEZ MATRYCĘ WIELOKANAŁOWĄ
Z WYKORZYSTANIEM METODY ELEMENTÓW
SKOŃCZONYCH**

Skrystalizowany dwutlenek węgla jest ciałem stałym, które zachowuje swój stan skupienia w temperaturze o wartości niższej niż 195 K. Ze względu na niską wartość temperatury jest on chętnie wykorzystywany w przemyśle chłodniczym. W celu ograniczenia zjawiska sublimacji, zachodzącego w standardowych warunkach otoczenia, materiał ten poddawany jest aglomeracji w celu zmniejszenia stosunku pola powierzchni do objętości, co ogranicza wymianę ciepła z otoczeniem. W praktyce proces ten jest często realizowany poprzez przetłaczanie go przez matryce jedno- i wielokanałowe, z kanałami zbieżno-cylindrycznymi, które może być realizowane w technice tłokowej. Dzięki temu uzyskiwany jest pellet, charakteryzujący się mniejszą intensywnością sublimacji, względem pierwotnej formy, którą stanowi śnieg. W pracy przedstawiono proponowany sposób modelowania numerycznego przetłaczania takiego materiału, przez matrycę wielokanałową o różnej geometrii kanałów. W celu symulacji tego procesu wykorzystano metodę elementów skończonych z hybrydowym podejściem do: opisu właściwości materiału oraz odwzorowania numerycznego. Zrealizowano połączenie modelu materiałowego sprężysto-plastycznego zaimplementowanego do klasycznej siatkowej metody dyskretyzacji wraz z modelem materiału ziarnistego określonego w domenie opisanej założeniami hydrodynamiki cząstek wygładzonych. Wyniki modelowania zestawiono z rezultatami badań empirycznych.

**ADAM MICHAJŁYSZYN
WOJCIECH HOMIK
ALEKSANDER MAZURKOW**

Politechnika Rzeszowska

DIAGNOSTYCZNE CHARAKTERYSTYKI TŁUMIKÓW DRGAŃ SKRĘTNYCH

Pracującemu wielocylindrowemu silnikowi spalinowemu towarzyszą wibroakustyczne zjawiska. Z grupy tych zjawisk najbardziej niebezpiecznymi są drgania skrętne, które wywołane są:

- siłami ciśnienia gazów, powstających w procesie spalania mieszanki paliwowej,
- siłami bezwładności, pochodzących od mas będących w ruchu posuwisto – zwrotnym i w ruchu obrotowym, układu tłokowo – korbowego.

Drgania te, w pewnych warunkach eksploatacyjnych mogą być tak duże, iż prowadzą do uszkodzenia lub zniszczenia głównej części silnika – wału korbowego. Te niebezpieczne drgania można ograniczyć przez zmianę np.:

- prędkości obrotowej silnika,
- częstości drgań własnych układu napędowego,
- przebiegu sił wymuszających.

Ponieważ zmiana ww. wielkości wpływa niekorzystnie na osiągi silników, w celu zminimalizowania zagrożenia pochodzącego od drgań skrętnych stosuje się tłumiki drgań skrętnych, które z reguły umieszcza się na swobodnym końcu wału korbowego silnika. Aktualnie do tłumienia drgań skrętnych wałów korbowych, stosuje się tłumiki: wiskotyczne, gumowe, sprężynowe. Tłumiki drgań, tak jak wszystkie części podczas eksploatacji podlegają zużyciu. Określenie ich stanu technicznego jest bardzo trudne, a w niektórych przypadkach wręcz niemożliwe. Mając powyższe na względzie autorzy opracowania, przeprowadzili stosowne badania wybranych, specjalnie wykonanych tłumików drgań.

Badania zostały przeprowadzone na specjalistycznych stanowiskach badawczych, które umożliwiły wyznaczenie m.in.:

- charakterystyki amplitudowo – częstotliwościowe,
- histerezy gum i sprężyn.

Charakterystyki te mogą być zamieszczone w "metryce" tłumików drgań i traktowane jako charakterystyki diagnostyczne.

**DOMINIK WILCZYŃSKI
KRZYSZTOF TALAŚKA
KRZYSZTOF WAŁĘSA
DOMINIK WOJTKOWIAK**

Politechnika Poznańska

BADANIA I MODELOWANIE PARAMETRÓW PROCESÓW

W pracy przedstawiono przegląd badań eksperymentalnych procesów technologicznych wraz z ich modelowaniem. Celem badań była analiza interakcji pomiędzy parametrami wejściowymi poszczególnych procesów, a odpowiedziami w postaci między innymi sił, energochłonności procesu lub pracy jaką należy włożyć do jego realizacji. Prowadzono tutaj również badania modelowe polegające na analizie wariancji pomiędzy nastawami, a odpowiedziami przez co uzyskano płaszczyzny interakcji pomiędzy wyżej wymienionymi. W konsekwencji umożliwiło to przeprowadzenie optymalizacji doboru nastaw procesu w aspekcie przyjętych kryteriów. W badaniach wykorzystano również modele symulacyjne MES, stanowiska badawcze własnej konstrukcji czego efektem w określonych przypadkach było wdrożenie urządzenia realizującego dany proces w zakładzie przemysłowym.

**RAFAŁ MANIARA
DAMIAN KARDAS**

EthosEnergy Poland S.A.

ZMIANY SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO – NIE ZAPOMINAJMY O GENERATORZE

Zapotrzebowanie na energię elektryczną na świecie rośnie. Obecnie wytwórcy energii stale oceniają możliwości zwiększenia mocy i poszukują kompromisu między alternatywnymi rozwiązaniami, czego powodem jest brak rozwoju energetyki konwencjonalnej. Globalnie buduje się bardzo niewielką liczbę nowych elektrowni konwencjonalnych i jądrowych, gdyż zgonie z trendami, wytwórcy energii zwracają się w kierunku źródeł odnawialnych – zeroemisyjnych. Technologia ta, ze względu na zależność od czynników zewnętrznych nie jest źródłem stabilnym i nie jest w stanie pokryć w stu procentach zapotrzebowania na moc. W związku z tym, w okresie transformacji energetycznej następuje zwiększenie możliwości wytwórczych zainstalowanych źródeł konwencjonalnych. Modernizacji podlegają kotły, reaktory, turbiny oraz generatory synchroniczne. W systemie elektroenergetycznym generatory synchroniczne zapewniają dwie kluczowe funkcje: są urządzeniami generującymi moc czynną oraz dostarczają do systemu elektroenergetycznego odpowiednią moc bierną i zwarciową. Moc bierna jest niezbędna do przesyłania wytworzonej mocy czynnej do punktów węzłowych sieci, przy jednoczesnym utrzymaniu odpowiedniego poziomu napięć i częstotliwości. Ze względu na rosnący udział energii produkowanej ze źródeł odnawialnych, operatorzy systemów dystrybucyjnych oraz organy regulacyjne coraz częściej podkreślają, że maszyny wirujące muszą generować coraz więcej mocy biernej przy utrzymaniu znamionowego współczynnika mocy oraz dostarczać stabilizacji systemu w trakcie wystąpienia stanów przejściowych, takich jak awarie linii przesyłowych lub nagłe skokowe zwiększenie produkcji źródeł odnawialnych. Stąd bardzo istotne podczas modernizacji systemu elektroenergetycznego jest odpowiednie zaplanowanie zakresu prac dla generatora. W prezentacji przedstawiono program modernizacji mocy wytwórczych zainstalowanych w Elektrowni Atomowej Loviisa w Finlandii wykonany przez EthosEnergy Poland S.A.

**WOJCIECH HOMIK
ALEKSANDER MAZURKOW
ANDRZEJ CHMIELOWIEC
WERONIKA WOŚ
ADAM MICHAJŁYSZYN**

Politechnika Rzeszowska

**WPLYW SIŁ BEZWŁADNOŚCI NA DRGANIA
SKRĘTNE GENEROWANE NA WALE KORBOWYM
ORAZ NAPRĘŻENIA WYSTĘPUJĄCE
W KORBOWODZIE**

Autorzy prezentują matematyczny model ruchu korbowodu w układzie korbowo–tłokowym. Na podstawie modelu oraz parametrów rzeczywistego układu korbowo–tłokowego przedstawiają zmienne momenty sił, które generują drgania skrętne wynikające z ruchu korbowodu. Okazuje się, że siły bezwładności są bardzo często pomijane przy różnego rodzaju analizach wytrzymałościowych układu. Niemniej jednak w odpowiednich warunkach dają istotny wkład w generowanie sił sprzyjających zużyciu układu. Dodatkowo autorzy prezentują w jaki sposób siły bezwładności wywołują naprężenia w poruszającym się korbowodzie.

**PIOTR LADRA
BOGDAN POSIADAŁA
SZCZEPAN ŚPIEWAK**

Politechnika Częstochowska

**WERYFIKACJA EKSPERYMENTALNA
NUMERYCZNYCH MODELI WĘZŁÓW
KONSTRUKCYJNYCH WIELOZADANIOWEJ
PRZYCZEPY SAMOCHODOWEJ**

W pracy opisano wyniki badań symulacyjnych numerycznych modeli węzłów konstrukcyjnych przyczepy samochodowej w kontekście badań eksperymentalnych na obiekcie rzeczywistym – prototypie przyczepy. Praca stanowi kontynuację badań opisanych we wcześniejszych pracach autorów [1–3]. Badania eksperymentalne wykonano z zastosowaniem czujników tensometrycznych, szczegółowo opisano w pracy [3]. Badania eksperymentalne zrealizowano w związku z wynikami wcześniejszych badań symulacyjnych na bazie opracowanych modeli obliczeniowych, co opisano w pracy [2]. Wskazały one obszary koncentracji naprężeń, dla których należało przeprowadzić weryfikację, co opisano w pracy [3]. Wyniki badań eksperymentalnych stały się podstawą dalszych działań – optymalizacji konstrukcji opisanej w pracy [4]. Rozwiązania konstrukcyjne w oparciu o badania symulacyjne modeli obliczeniowych oraz badania eksperymentalne wykonane na obiekcie rzeczywistym pozwoliły zbudować i zoptymalizować prototyp przyczepy samochodowej wielozadaniowej, spełniającej założenia projektowe. Prototyp został zgłoszony do Urzędu Patentowego Rzeczypospolitej Polskiej i uzyskał ochronę patentową.

1. Ladra P., Posiadała B.: *Modeling and Strength Analysis of the Specialized Car Trailer*, 13th International Scientific Conference: Computer Aided Engineering, Rusiński Eugeniusz, Pietrusiak Damian, Springer 2017, Cham, p. 313–321.
2. Ladra P., Posiadała B.: *Modeling and strength analysis of the prototype of the multi-tasking car trailer*, MATEC Web of Conferences, Vol. 157, 2018, Machine Modelling and Simulations 2017 (MMS 2017), Article number: 01014.
3. Ladra P.: *The innovative construction solution of a multitask car trailer*. Doctoral dissertation, Częstochowa 2019.
4. Ladra P., Posiadała B.: *Optimization of construction nodes of a multi-purpose car trailer*, 15th International Scientific Conference: Computer Aided Engineering, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2022.

**PIOTR SWACHA
ADAM LIPSKI
MICHAŁ PIOTROWSKI**

Politechnika Bydgoska

**WPLYW METODY BADAŃ I CZĘSTOTLIWOŚCI
OBCIĄŻENIA NA TRWAŁOŚĆ ZMĘCZENIOWĄ
STALI 42CrMo4+QT**

Badania zmęczeniowe w większości przypadków prowadzone są dla trwałości nie przekraczających 10 mln cykli. W dużej mierze spowodowane jest to czasochłonnością badań, do których wykorzystuje się tradycyjne hydrauliczne maszyny wytrzymałościowe pracujące z częstotliwością rzadko przekraczającą 20 Hz. W ultrasonicznych badaniach zmęczeniowych częstotliwość obciążania wynosi 20 kHz i pozwala znacząco zredukować czas i koszty pojedynczego badania. Tak wysoka częstotliwość obciążenia może mieć jednak wpływ na wyniki badań ze względu na wrażliwość niektórych materiałów na szybkość odkształcania oraz różnicę w geometrii próbek stosowanych w poszczególnych metodach badawczych.

Głównym celem pracy było sprawdzenie wpływu częstotliwości obciążania stali wysokowytrzymałej 42CrMo4+QT na wyniki badań zmęczeniowych. Aby to osiągnąć przeprowadzono próby zmęczeniowe przy zastosowaniu systemu hydraulicznego pracującego z częstotliwością 20 Hz i systemu ultrasonicznego umożliwiającego realizację obciążenia próbki z częstotliwością 20 kHz. Badania zaplanowano tak, aby zmniejszyć wpływ innych czynników na wyniki. Dotyczyło to przede wszystkim zaprojektowania próbek o identycznej geometrii w części pomiarowej. Porównano wyznaczone trwałości zmęczeniowe oraz na podstawie zdjęć przelomów określono charakter pęknięć badanych próbek.

**ANDRZEJ ŚWITAŁA
ADAM LIPSKI**

Politechnika Bydgoska

**ZASTOSOWANIE STRUKTURY ELASTYCZNEJ W
KONSTRUKCJI ZMIENNEJ GEOMETRII
SKRZYDEŁ**

Zastosowanie struktur elastycznych należy do najnowszych trendów w projektowaniu konstrukcji lotniczych. Wykorzystanie uzyskanej w ten sposób zmiennej geometrii płatowca wymaga pogodzenia wielu sprzecznych wymogów technicznych. Konstrukcja powinna być z jednej strony sztywna, aby konstrukcja miała jak największy zakres parametrów lotu, a z drugiej elastyczna, gdyż inaczej sterowanie nią nie byłoby możliwe. Standardowym rozwiązaniem jest zaprojektowanie układu sztywnych elementów przegubowych. Jednak wraz ze wzrostem wymagań dotyczących efektywności takiej konstrukcji ujawniają się wady takich rozwiązań, do których należy m.in. znaczny wzrost oporów aerodynamicznych czy zwiększenie możliwości wystąpienia przeciągnięcia. Zastosowanie struktur w pełni elastycznych pozwala na ominięcie problemów związanych z gwałtowną zmianą geometrii, jednak powoduje trudności z osiągnięciem wymaganych sztywności czy pogorszenie właściwości aeroelastycznych.

Celem pracy jest przedstawienie metodyki pozwalającej na stworzenie zmiennej geometrii skrzydeł opartej o struktury elastyczne oraz propozycji takiego rozwiązania uwzględniającej mechanizm sterowania.

KAMIL CICHOCKI¹
SEBASTIAN HENSCHEL³
LUTZ KRUGER³
TOMASZ KOZIEŁ¹
PIOTR BAŁA^{1,2}
KRZYSZTOF MUSZKA¹

¹ Akademia Górniczo – Hutnicza

² Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii, Kraków

³ Technische Universität Bergakademie Freiberg

WPLYW OBCIĄŻENIA DYNAMICZNEGO W WARUNKACH KRIOGENICZNYCH NA WŁASNOŚCI MECHANICZNE STOPU WYSOKOENTROPOWEGO (CoNiFeMn)_{1-x}Mo_x

Stopy o podwyższonej entropii są relatywnie nową grupą stopów, zaproponowana w 2004. Od tego czasu są przedmiotem wzmoczonych badań pod kątem składu chemicznego, własności mechanicznych oraz mechanizmów odkształcenia. Stopy wysokoentropowe zalicza się do stopów wieloskładnikowych charakteryzujących się występowaniem stabilnego roztworu stałego w sieciach RSC, RPC, HZ oraz w zakresach dwufazowych. Najbardziej rozpowszechnione są stopy w sieci RSC, które charakteryzują się dobrą plastycznością, jednakże stosunkowo małą wytrzymałością. Opracowany w ramach pracy stop (CoNiFeMn)_{1-x}Mo_x zaliczany jest do materiałów o niskiej energii błędów ułożenia, co umożliwi badanie jego podatności na bliźniakowanie, a tym samym na występowanie efektu TWIP (Twinning-Induced Plasticity). Dzięki tym zjawiskom mikrostrukturalnym, które w badanym stopie występują w temperaturach z zakresu kriogenicznego, obserwuje się znaczną poprawę własności mechanicznych w tym zakresie temperaturowym – co otwiera pole do zastosowań tego stopu jako materiału konstrukcyjnego w przemyśle kosmicznym (np. na obudowy komponentów charakteryzujące się udarnością czy zdolnością do pochłaniania energii zderzenia). Przy projektowaniu tych własności stopów wysokoentropowych niezbędne jest jednak wsparcie symulacjami (ab-initio, dynamika molekularna) ze względu na złożoność efektów mikrostrukturalnych (efekt koktajlu, niedopasowanie sieci etc.). W ramach niniejszej pracy badaniom poddano trzy stopy wysokoentropowe o różnych składach chemicznych CoNiFeMn, (CoNiFeMn)₉₅Mo₅ oraz (CoNiFeMn)₉₅Mo₁₀.

Przedmiotem badań było określenie wpływu składu chemicznego (zawartość Mo), wielkości ziarna oraz warunków odkształcania (prędkość odkształcania i temperatura odkształcania) na podatność do bliźniakowania. Badania wykonano ze wsparciem modelowania z wykorzystaniem dynamiki molekularnej. Wykazano, że wraz ze wzrostem prędkości odkształcania oraz wraz z obniżeniem temperatury wzrasta udział granic bliźniaczych – w zależności od wyjściowej wielkości ziarna. Uzyskane wyniki wskazują, że poprzez odpowiedni dobór parametrów termomechanicznych na etapie wytwarzania komponentów, można wytworzyć elementy o oczekiwanych własnościach.

BARTOSZ BASTIAN¹
MICHAŁ WASILCZUK²

Politechnika Gdańska

**ANALIZA RÓŻNIC POMIĘDZY CZĘSTOŚCIAMI
DRGAŃ WŁASNYCH WYZNACZONYCH ZA
POMOCĄ ANALIZY MODALNEJ A WYNIKAMI
POMIARÓW DRGAŃ MEMBRANY WZBUDNIKA
LEWITACJI AKUSTYCZNEJ**

Rozpowszechnione pojęcie lewitacji akustycznej skupia się na jednym jej rodzaju: lewitacji z wykorzystaniem fali stojącej. Mniej spopularyzowanym mechanizmem unoszenia jest lewitacja akustyczna przy wykorzystaniu efektu wyciskania smaru (*SFAL* lub *NFAL* – *Squeeze Film* lub *Near Field Acoustic Levitation*). Układy takie mogą być stosowane jako aerodynamiczne łożyska ślizgowe lub przenośników transportowych dla obiektów o małej masie.

W procesie projektowania oraz badania wzbudnika służącego do generowania fal akustycznych w celu uzyskania efektu lewitacji (*SFAL*), dostrzeżono znaczące różnice pomiędzy wynikami teoretycznymi oraz wynikami stanowiskowymi. Różnice te przedstawione są na dwóch prototypach wzbudnika. Dla układu wzbudnika litego obserwowane różnice uzyskiwanych częstotliwości mieszczą się w granicach 20% od wyników teoretycznych – dla wzbudnika o konstrukcji składanej różnica ta wzrasta do 50%. W pracy pokazano wpływ braku równomiernej grubości membrany oraz różnice wynikające z dodatkowych mas obecnych w systemie (spoiwo, element PZT).

RADOSŁAW STACHOWIAK¹
WOJCIECH ZIÓLKOWSKI¹
DARIUSZ BOROŃSKI¹
LUCJAN ŚNIEŻEK²
ROBERT KOSTUREK²

¹ Politechnika Bydgoska

² Wojskowa Akademia Techniczna

**METODA PRECYZYJNEGO USTAWIANIA
PARAMETRU OFFSET W PROCESIE ZGRZEWANIA
TARCIOWEGO Z PRZEMIESZANIEM
MATERIAŁÓW RÓŻNOIMIENNYCH**

Zgrzewanie tarciove z przemieszaniem (FSW) to metoda łączenia materiałów w stanie stałym. Obracające się narzędzie, które przemieszcza się pomiędzy powierzchniami styku łączonych elementów uplastycznia i jednocześnie miesza ze sobą zgrzewane materiały w wyniku czego powstaje połączenie w postaci zgrzeiny. Metoda ta umożliwia łączenie ze sobą materiałów różnoimiennych m.in. umożliwia łączenie stali ze stopami aluminium. Podczas łączenia ze sobą materiałów różnoimiennych w procesie FSW, istotne jest precyzyjne dobranie i ustawienie parametru offset, czyli odsunięcie osi narzędzia względem linii styku zgrzewanych elementów. Analiza literatury nie wykazała istniejących rozwiązań na precyzyjne ustawianie parametru offset w procesie FSW.

Głównym celem pracy było opracowanie metody precyzyjnego ustawiania parametru offset w procesie FSW oraz zaprojektowanie urządzenia umożliwiającego ustawianie tego parametru podczas zgrzewania blach płaskich oraz profili typu C. Dokonano również weryfikacji poprawności działania urządzenia oraz poprawności opracowanej metody.

BARTŁOMIEJ PABICH
JANUSZ MAJTA
MARCIN KWIECIEŃ

Akademia Górniczo-Hutnicza

WYBRANE EFEKTY NIEJEDNORODNOŚCI ODKSZTAŁCENIA PLASTYCZNEGO W UKŁADACH HETEROSTRUKTURALNYCH

Ze względu na ciągły wzrost zapotrzebowania na nowe materiały konstrukcyjne, zasadne staje się pytanie: czy wciąż możliwe jest zaprojektowanie nowych materiałów konstrukcyjnych, które będą charakteryzować się zarówno wysokimi własnościami wytrzymałościowymi, jak i plastycznymi? Ponieważ własności mechaniczne metali i stopów determinowane są przez ich mechanizmy odkształcenia i umocnienia, każda propozycja nowego materiału konstrukcyjnego powinna opierać się na modyfikacji i zwielokrotnieniu tych mechanizmów. Stąd wniosek, że gdy materiał pod obciążeniem dysponuje większymi możliwościami akomodacji odkształcenia tym dłużej pozostanie w obszarze odkształceń równomiernych, bez utraty spójności (kryterium Considere). Połączenie w układzie wielowarstwowym materiałów o różnej plastyczności i niekoherentnych strukturalnie, dodatkowo o różnej morfologii komponentów mikrostruktury, umożliwi uzyskanie atrakcyjnej kombinacji własności mechanicznych. Prezentowane badania obejmują procesy wytwarzania niekoherentnych materiałów kompozytowych typu metal-metal w oparciu o układ wielowarstwowy. Celem głównym badań jest uzyskanie materiałów heterostrukturnych z drobnymi cząstkami fazy „twardej” w osnowie fazy „miękkiej”. Cząstki materiału „twardego” mogą być uzyskane jako efekt utraty jego spójności np. w wyniku głębokiej przeróbki plastycznej tj. np. walcowania pakietowego lub wielostopniowego procesu ciągnięcia drutu wielowarstwowego. W referacie przedstawione zostaną wyniki badań wstępnych materiałów zbudowanych z warstw o różnej plastyczności w temperaturze pokojowej tj. stali mikrostopowej oraz Ti i Mg. Wcześniejsze badania pokazały, że zastosowana stal mikrostopowa z dodatkiem Nb charakteryzuje się wysokimi własnościami wytrzymałościowymi i bardzo dobrą plastycznością. Główną cechą tak zbudowanego materiału jest synergia własności wynikająca ze współistnienia fazy o sieci A3 w postaci drobnych cząstek, w osnowie fazy plastycznej o sieci A2 tj. stali mikrostopowej, umocnionej

dotatkowo przez dyspersyjne wydzielenia i poprzez rozdrobnienie ziaren ferrytu. Przedstawione wyniki badań dotyczą fazy wstępnej analizy proponowanych materiałów heterostrukuralnych, w której w testach kanalikowych odkształcano różne zestawienia układów stal/Ti/stal oraz stal/Mg/stal. Przeprowadzona dyskusja wyników badań została oparta na pomiarach mikrotwardości oraz na analizie z wykorzystaniem techniki EBSD wytworzonych zmian mikrostrukuralnych.

Badania plastometryczne oraz mikrostrukuralne zostały wsparte reprezentacjami stanów mechanicznych badanych układów wielowarstwowych.

**MICHAŁ JUZEK
GRZEGORZ WOJNAR**

Politechnika Śląska

ANALIZA DRGAŃ PRZEKŁADNI WYPOSAŻONEJ W DZIELONE KOŁO ZĘBATE

W pracy analizie poddano wpływ zastosowania dzielonego koła zębatego o budowie wewnętrznej przedstawionej w zgłoszeniu patentowym o oznaczeniu P.435585, na drgania wybranych punktów badanej walcowej przekładni zębatej. Zastosowanie rozwiązania konstrukcyjnego dzielonego koła zębatego stanowi próbę ograniczenia wibroaktywności przekładni zębatej, a w szczególności transmisji drgań ze strefy zazębienia, będącej głównym źródłem drgań pracującej przekładni. W celu oceny wpływu zastosowania ww. koła zębatego przeprowadzono badania doświadczalne polegające na rejestracji sygnałów drganiowych zarejestrowanych z wykorzystaniem piezoelektrycznych przetworników przyspieszeń drgań przymocowanych w wybranych punktach przekładni. Badania te przeprowadzono na stanowisku wyposażonym w korpus przekładni, w którym zamontowano: łożyskowanie, badane koła zębate (dzielone i niedzielone) oraz wał, na którym je osadzano. W trakcie eksperymentu wzbudzano impulsowo obiekt badań w strefie uzębienia koła z wykorzystaniem młotka modalnego Dytran 5800B2, dzięki czemu rejestrowano chwilowe wartości siły wzbudzającej badany obiekt. Rejestracja przebiegów sygnałów drganiowych oraz przebiegu chwilowych wartości siły wzbudzającej obiekt umożliwiła wyznaczenie zmian wartości widmowych funkcji przejścia FRF. Wyznaczone zmiany wartości widmowych funkcji przejścia FRF wykorzystano do oceny wpływu

zastosowania dzielonego koła zębatego na transmisję drgań z obszaru uzębienia koła na pozostałe elementy przekładni zębatej. Uzyskane wyniki oraz ich analiza pozwalają stwierdzić, że w przypadku badanej walcowej przekładni zębatej, zastosowanie dzielonego koła zębatego umożliwia ograniczenie przekazywania drgań z obszaru uzębienia koła na pozostałe elementy przekładni.

**KRZYSZTOF MICHALCZYK
MARIUSZ WARZECHA
ROBERT BARAN**

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

**WPLYW STREFY PRZEJŚCIOWEJ POMIĘDZY
ZWOJAMI BIERNYMI I AKTYWNYMI SPRĘŻYNY
ŚRUBOWEJ NACISKOWEJ NA JEJ SZTYWNOŚĆ
OSIOWĄ**

W ogólnej klasyfikacji zwojów sprężyn śrubowych naciskowych wyróżnia się zwoje bierne i czynne. Nie podejmuje się wyróżnienia spośród strefy przejściowej, umiejscowionej między zwojami biernymi i aktywnymi, które mają ustaloną wartość kąta wzniosu linii śrubowej. Strefa ta jednak może mieć istotne znaczenie w odniesieniu do właściwości eksploatacyjnych sprężyn, zwłaszcza w przypadku sprężyn o niewielkiej liczbie zwojów aktywnych oraz o dużym kącie wzniosu linii śrubowej. W przypadku modelowania takich sprężyn, strefa ta powinna posiadać ustalone parametry geometryczne.

W pracy przedstawiono zależność pomiędzy ukształtowaniem zwojów w strefie przejściowej a charakterystyką osiową sprężyny. Wskazano też w jaki sposób zamodelować strefę przejściową w celu osiągnięcia zakładanej nieliniowości charakterystyki. Przedstawiono przykładowe modele i wyniki ich analiz numerycznych osiowego ściskania, ilustrujące wpływ ukształtowania zwojów końcowych oraz strefy przejściowej na kształt charakterystyki osiowej sprężyny.

WIKTORIA WILCZYŃSKA

Politechnika Opolska

**ZASTOSOWANIE METOD DIAGNOSTYCZNYCH
STOSOWANYCH DO OCENY POŁĄCZEŃ
SPAWANYCH W NAPRAWACH
TECHNOLOGICZNYCH NADWOZI
SAMOCHODOWYCH**

Współczesny rozwój sektora motoryzacyjnego i jego rosnące wymagania produkcyjne prowadzą do konieczności ciągłego doskonalenia obszarów kluczowych, w tym technik łączenia materiałów. W procesie produkcji i napraw pojazdów samochodowych, różnorodność materiałów wymaga zastosowania różnych metod spawania, mających na celu zapewnienie wysokich standardów bezpieczeństwa. Elementy strukturalne takie jak podwozie czy konstrukcje foteli, oprócz nadwozia, podlegają surowym wymogom bezpieczeństwa ze względu na zmienne obciążenia w trakcie użytkowania. W celu oceny jakości i bezpieczeństwa konstrukcji, stosowane są metody diagnostyki bezinwazyjnej złączy spawanych i zgrzewanych (NDT – Non Destructive Testing). Wyniki tych badań decydują o dopuszczeniu pojazdu do eksploatacji, stając się kluczowym elementem w procesie wytwarzania i utrzymania pojazdów samochodowych.

W niniejszym opracowaniu skoncentrowano się na ocenie przydatności wybranych technik spawalniczych w naprawach pojazdów oraz na jakości złączy spawanych. W ramach analizy, przeprowadzono wymianę progów w samochodzie Mitsubishi Carisma, wykorzystując metody spawania MAG i TIG. W celu oceny jakości połączeń spawanych wykorzystano metody wizualne, penetracyjne oraz radiografię cyfrową. Wnioski z tych badań stanowią istotny wkład w rozwijanie skutecznych strategii naprawczych oraz doskonalenie procesów spawania w sektorze motoryzacyjnym. Optymalne techniki napraw i spawania przyczyniają się do utrzymania najwyższych standardów bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych, co jest kluczowe dla dalszego rozwoju tego dynamicznego sektora.

**JAROSŁAW GAŁKIEWICZ
MARIUSZ JANUSZ-BIELECKI**

Politechniki Świętokrzyskiej

**OCENA TRWAŁOŚCI ZMĘCZENIOWEJ URZĄDZEŃ
CIŚNIENIOWYCH NA PODSTAWIE NORM
KRAJOWYCH I ZAGRANICZNYCH**

W trakcie eksploatacji obiektów konstrukcyjnych takich, jak budowle, budynki, maszyny czy urządzenia ciśnieniowe występują obciążenia zmienne. Ich obecność wymaga często stosowania specjalnych procedur już na etapie przygotowania do projektowania. Spowodowane jest to możliwością zniszczenia używanych obiektów w wyniku obciążeń cyklicznych. Naprężenia niszczące są w tychże wypadkach znacznie mniejsze od wytrzymałości wyznaczonej w przypadku występowania oddziaływań statycznych. Skutkiem ich jest znaczne skrócenie czasu eksploatacji a ich trwałość określamy trwałością zmęczeniową. W celu wyznaczania trwałości zmęczeniowej prowadzone są obliczenia zmęczeniowe elementów konstrukcyjnych korzystające z metod wywodzących się m.in. z teorii sprężystości, teorii plastyczności, mechaniki pękania. Opracowuje się je na podstawie badań teoretycznych, wyników badań laboratoryjnych oraz doświadczenia eksploatacyjnego różnego typu obiektów obejmującego wytrzymałość niskocyklową i prędkość pękania. Problematykę obliczeń zmęczeniowych ujęto w wielu dedykowanych publikacjach, w tym książkowych. Dodatkowo przewijają się one również w pozycjach traktujących o mechanice konstrukcji, wytrzymałości materiałów czy projektowaniu maszyn, urządzeń ciśnieniowych, wyrobów budowlanych i innych konstrukcji. Obliczenia zmęczeniowe są również ujęte w wielu przepisach i normach z zakresu eksploatacji i projektowania. W prezentowanym referacie zostaną przedstawione wybrane metody obliczeń zmęczeniowych urządzeń ciśnieniowych, których wykonywanie wymagane jest przepisami prawa bądź normami europejskimi i międzynarodowymi.

**ŁUKASZ KOCHMAŃSKI
GRZEGORZ BUDZIK
MATEUSZ KIELBICKI**

Politechnika Rzeszowska

**MOŻLIWOŚCI WYTWARZANIE
PRZYROSTOWEGO SZCZĘK CHWYTAKÓW
Z WYKORZYSTANIEM OPTIMALIZACJI
TOPOLOGICZNEJ**

W ciągu ostatnich lat technologie przyrostowe przeszły znaczącą ewolucję pod względem różnorodności metod i używanych materiałów. W rezultacie znalazły one zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu. Metody addytywne wykorzystują coraz szerszą paletę materiałów polimerowych, które różnią się właściwościami mechanicznymi, termicznymi, chemicznymi i fizycznymi. Pozwala to na druk 3D elementów, których cechy i funkcjonalność uwarunkowane są późniejszym wykorzystaniem gotowego produktu. W publikacji przedstawiono możliwości zastosowania druku 3D w procesie wytwarzania przyrostowego szczęk chwytaków robota przeznaczonych do przenoszenia niewielkich obiektów. Głównym celem niniejszego artykułu jest opracowanie geometrii szczęk chwytaków poprzez wykorzystanie optymalizacji topologicznej, umożliwiającej wytwarzanie technologią druku 3D przy minimalizacji zużycia materiału oraz z zachowaniem założonej wytrzymałości.

**MATEUSZ KIELBICKI
GRZEGORZ BUDZIK
ŁUKASZ KOCHMAŃSKI**

Politechnika Rzeszowska

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII PRZYROSTOWYCH DO WYTWARZANIA UCHWYTÓW SPAWALNICZYCH

Przedstawiony artykuł, skupił się na nowoczesnym podejściu do wytwarzania uchwytów spawalniczych poprzez wykorzystanie metod przyrostowych, głównie druku 3D. Autorzy dokonali analizy możliwości tworzenia złożonych struktur wewnętrznych wewnątrz uchwytów, co umożliwiło osiągnięcie unikalnych rozwiązań funkcjonalnych i konstrukcyjnych. W ramach publikacji zaprezentowano różne projekty uchwytów w trzech wariantach: w pełnej formie oraz z wykorzystaniem wewnętrznych struktur w dwóch różnych konfiguracjach. Dzięki wykorzystaniu technologii druku 3D, możliwe stało się wprowadzenie skomplikowanych kształtów, co przyczyniło się nie tylko do usprawnienia funkcjonalności uchwytów i redukcji ich masy, lecz także do poprawy odprowadzania ciepła, kluczowego parametru w uchwytach spawalniczych. W kolejnym etapie, przeprowadzono analizę numeryczną MES, ukazującą rozkład ciepła dla trzech wariantów uchwytów. Analiza obejmowała proces spawania rurki z kołnierzem w odniesieniu do tradycyjnego uchwytu oraz dwóch uchwytów opartych na nowatorskim podejściu. Pozwoliło to na lepsze zrozumienie właściwości termicznych poszczególnych konstrukcji, co miało istotne znaczenie dla poprawy procesu spawania.

Koncepcja nowych uchwytów będzie miała praktyczne zastosowanie w firmie Pratt&Whitney Rzeszów, gdzie stanowiąc będą istotny element konstrukcyjny w przyrządzie spawalniczym zwiększających zdolność do odprowadzania ciepła oraz wpływu na deformację elementów produkcyjnych. Efekty tego eksperymentu potencjalnie wpłyną na zwiększenie konkurencyjności firmy Pratt&Whitney w branży w ramach realizacji projektu Doktorat Wdrożeniowy.

**MARCIN SZCZĘCH
KRZYSZTOF KOGUT**

Akademia Górniczo–Hutnicza

**ZASTOSOWANIE UKŁADU PŁYNNEGO
PIERŚCIENIA Z CIECZĄ MAGNETYCZNĄ DLA
STEROWALNYCH ZAWORÓW**

Ciecze magnetyczne jako materiały inteligentne, mogą zostać wykorzystywane w konstrukcjach sterowalnych zaworów. Magnetyczne właściwości ferrofluidów, pozwalają na interakcję tego materiału z polem magnetycznym. Siły pola magnetycznego są w stanie utrzymywać ciecz magnetyczną w szczelinie, pomiędzy dwiema powierzchniami, tworząc tym samym swoisty zawór, którego możliwość sterowania zapewnia płynny stan skupienia ferrocieczy. Wartość indukcji pola magnetycznego, utrzymującego płynny pierścień cieczy magnetycznej w szczelinie, może być sterowana, za pomocą np. wartości natężenia prądu elektrycznego, płynącego w cewce elektrycznej. Ze względu na swoje unikatowe właściwości magnetyczne i reologiczne, ferrociecze znalazły zastosowanie m. in. W zaworach przelewowych, łożyskach tarcia tocznego i ślizgowego, w napędach dysków twardych komputerów, sprzęgłach, hamulcach oraz w medycynie.

PIOTR OSADA¹
RENATA WOJNAROWSKA–NOWAK²
MARCIN KOT¹
ALEKSANDRA DYBEL³

¹ Akademia Górniczo–Hutnicza

² Uniwersytet Rzeszowski

³ Polska Akademia Nauk, Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej

**METODA OKREŚLANIA ZMIAN
MATERIAŁOWYCH STREFY TARCIA POWŁOK
DLC ORAZ MOŻLIWOŚĆ DIAGNOZOWANIA
STANU EKSPLOATACYJNEGO WĘZŁA TARCIA**

Powłoki nanokompozytowe DLC/MoS₂ znajdują zastosowanie m.in. w maszynach jako warstwy ograniczające zużycie ściernie powierzchni. W procesie tarcia taka powłoka ulega grafityzacji fazy DLC. Niski opór tarcia zapewnia poślizg płaszczyzn atomowych połączonych siłami van der Waalsa, które występują w strukturze krystalicznej grafitu i dwusiarczku molibdenu.

Mechanizm poślizgu płaszczyzn grafitu i dwusiarczku molibdenu powodują niski współczynnik tarcia w różnych warunkach. Grafit w wilgotnym środowisku a MoS₂ w wysokiej temperaturze i próżni. Występując jednocześnie w strefie tarcia, mechanizmy te utrzymują niski współczynnik tarcia i wskaźnik zużycia w szerokim zakresie warunków temperatury, ciśnienia i wilgotności. Dlatego te powłoki przeciwozużyciowe nazywane są powłokami adaptacyjnymi lub kameleonowymi. Stopień grafityzacji amorficznego DLC, czyli udział wiązań sp² (grafit) i sp³ (diament) w strukturze, można w przybliżeniu określić analizując widmo Ramana. W spektrum tego widma występują m.in. dwa charakterystyczne pasma: D – związane ze strukturą diamentu i G – pojawiające się, gdy występuje grafit lub faza diamentowa ma defekty. W pracy przeanalizowano pomiary metodą spektroskopii Ramana i odniesiono je do parametrów tribologicznych pary ciernej. Stwierdzono korelację widm Ramana i współczynnika tarcia. W wyniku badań potwierdzono obecność grafitowej odmiany węgla. W podwyższonej temperaturze zaobserwowano mniejsze opory tarcia. Po procesie tarcia w temperaturze RT stwierdzono zmniejszony udział grafitu w strefie tarcia. Natomiast po badaniach w 250°C udział fazy diamentowej maleje, co może wskazywać na istotną lub dominującą rolę grafitu w obniżeniu współczynnika tarcia.

Piotr Osada został wsparty finansowo częściowo przez Unijny

Projekt POWR.03.03.00-IP.08-00-P13/18 PROM NAWA oraz w ramach subwencji AGH (grant nr 16.16.130.942).

DAWID WŁODARCZYK

Explomet

**TECHNOLOGIA SPAWANIA MATERIAŁÓW
PLATEROWANYCH TRÓJWARSTWOWYCH
Z WARSTWAMI FUNKCJONALNYMI ORAZ
REAKTYWNYCH MATERIAŁÓW NAKŁADANYCH**

W niniejszej pracy opisano proces opracowania technologii spawania materiałów trójwarstwowych. Materiałem podstawowym była stal austenityczna 316L, międzywarstwę technologiczną stanowiła miedź – SE–Cu zaś materiałem nakładanym była stal nierdzewna 410S. Ten metalowy trójwarstwowy materiał kompozytowy z warstwami funkcjonalnymi wytworzono metodą zgrzewania wybuchowego. Dla przeprowadzenia prób technologicznych i badań procesu doczołowego spawania tego kompozytu wykonano specjalistyczne stanowisko spawalnicze. Połączenie uzyskano za pomocą metody spawania 141 A–TIG ORAZ 142 TIG z dodatkiem drutu spawalniczego nikiel– 2.4155. Opracowana technologia posłużyła wykonaniu we współpracy z firmą SICCA Polska Sp. z o.o. dwóch aparatów procesowych – topielników wosku, których dna stożkowe oraz płaszcz wytworzono właśnie z trójwarstwowego materiału.

Wykorzystując przedmiotowe specjalistyczne – badawcze stanowisko spawalnicze opracowano i zbadano również technologie spawania blach tytanowych i cyrkonowych zapewniając jednocześnie uzyskanie uprawnień obu technologii. W ramach prowadzonych dla przedmiotowych technologii badań zrealizowano badania nieniszczące: wizualne, radiograficzne, penetracyjne oraz w zakresie badań niszczących badania rozciągania poprzecznego, zginanie poprzeczne, badania metalograficzne makroskopowe strefy złącza oraz rozkładu twardości w przekroju poprzecznym. Analiza wyników badań pozwoliła na określenie własności spawanych złączy oraz legalizację procesów wytwórczych.

AMADEUSZ KUREK

Explomet

**WIELOWARSTWOWE UKŁADY
Z MIĘDZYWARSTWĄ FUNKCJONALNĄ
PLATEROWANE STOPAMI METALI
REAKTYWNYCH (CYRKON I TYTAN)
Z OPCJONALNYM STOSOWANIEM
MIĘDZYWARSTWY TECHNOLOGICZNEJ**

W niniejszej pracy poruszono temat platerowania wybuchowego stali materiałami reaktywnymi tj. tytan, cyrkon. Szczególną uwagę poświęcono zagadnieniu opracowania technologii platerowania wybuchowego elementów wielkogabarytowych tytan–stal przeznaczonych do budowy ścian sitowych kondensatorów dla Elektrowni Jądrowych. Zaprezentowano wyniki badań z zakresu badań przemysłowych (niszczących i nieniszczących) dla prób platerowanych na podstawie których wytworzono 10 szt. pełnowymiarowych elementów tytan – stal o wymiarach 4500 x 6350 mm. W dalszej części pracy skupiono się na próbach i badaniach, które służyły opracowaniu unikalnej w światowej skali technologii naprawy blach platerowanych tytanem opartej o proces wybuchowego zgrzewania.

GRZEGORZ KWIATKOWSKI

Explomet

**WIELOWARSTWOWE UKŁADY PLATEROWANIA
STALI NIOBEM I TANTALEM Z MIĘDZYWARSTWĄ
TECHNOLOGICZNO – FUNKCJONALNĄ
NIEZBĘDNĄ DO ODPROWADZANIA CIEPŁA
W PROCESIE DOCZOŁOWEGO SPAWANIA**

Platerowanie wybuchowe jest jedną z metod łączenia metali. Istotną zaletą niniejszej technologii jest możliwość łączenia ze sobą największą możliwą gamę metali i ich stopów z największym jednocześnie zróżnicowaniem grubości łączonych materiałów i umożliwia łączenie w jednym akcie strzałowym bardzo wielu warstw – tzw. platerowanie symultaniczne. W zrealizowanej pracy szczególną uwagę poświęcono zagadnieniu opracowania technologii platerowania wybuchowego materiałów trójwarstwowych, gdzie materiałami nakładanymi były niob oraz tantal. W przypadku każdego wykonanego materiału platerowanego międzywarstwą technologiczną była miedź w różnych zakresach grubości. W ramach badań wykonano badania nieniszczące – ultradźwiękowe jak również badania niszczące takie jak: próba zginania, próba ścinania, próba odrywania, badania makroskopowe oraz badania twardości w przekroju poprzecznym.

MICHAŁ ŻUŻAŁEK

Explomet
Politechnika Opolska

ZASTOSOWANIE MATERIAŁÓW WARSTWOWYCH WYTWARZANYCH METODĄ PLATEROWANIA WYBUCHOWEGO W GRZANIU INDUKCYJNYM

W pracy została podjęta problematyka zastosowania materiałów platerowanych w grzaniu indukcyjnym w zastosowaniu do budowy aparatury procesowej. Z racji wady grzania indukcyjnego jaką jest nierównomierne nagrzewanie się ścian docelowego naczynia podjęto próby minimalizacji tego zjawiska poprzez zastosowanie materiału warstwowego z specjalnie wprowadzonymi warstwami funkcjonalnymi. W tym celu przeprowadzono szereg symulacji numerycznych porównujących materiały jednolite z warstwowymi. Przeprowadzono także próby nagrzewania w układzie rzeczywistym. Wstępne badania wykazały, znacząca poprawę równomierności temperatury powierzchni materiału warstwowego względem materiału jednorodnego.

Podjęte zagadnienie związane było z pracami badawczo – rozwojowymi prowadzonymi w ramach własnego, firmowego projektu typu B+R. Ich rezultatem było wytworzenie we współpracy z firmą SICCA POLSKA Sp. z o.o. oraz we współpracy z francuską firmą ID Partner, dwóch aparatów i dalej dwóch mobilnych urządzeń / systemów, zapewniających możliwość prowadzenia wysokojakościowego i wydajnego procesu topienia wosku dla przemysłu kosmetycznego.

MICHAŁ ŻUŻAŁEK

Explomet

STANOWISKO DO AUTOMATYCZNEGO POMIARU PŁASKOŚCI BLACH WIELKOFORMATOWYCH

W pracy została przedstawiona idea oraz konstrukcja autorskiego stanowiska do pomiaru płaskości blach. Stanowisko zostało w całości zaprojektowane, wykonane oraz oprogramowane w siedzibie firmy Explomet. Jednym z założeń podczas budowy stanowiska była jego prostota. Urządzenie działa na zasadzie poruszania się na stałej wysokości czujnika odległości. Główny sterownik urządzenia opiera się o mikrokontroler STM32F446, zaś program został przygotowany w języku C. Do obróbki zebranych danych została przygotowana dedykowana aplikacja w języku Python. Na podstawie zebranych danych automatycznie generowany jest raport oraz wizualizacja płaskości blachy. Urządzenie to znacząco przyspieszyło dokonywanie pomiarów płaskości oraz pozwoliło na ujednoczenie metody pomiaru

**ANDRZEJ BARSZCZ
JANUSZ KOBIAŁKA**

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Warszawski Instytut Technologiczny

ABSORBERY ENERGII DLA POJAZDÓW KATEGORII L7E ORAZ N1 O DMC DO 3,5 T

W prezentacji zostaną przedstawione wyniki prac badawczych prowadzonych w Sieć Badawcza Łukasiewicz –Warszawskim Instytucie Technologicznym w zakresie podzespołów ochrony biernej pojazdów elektrycznych o masie całkowitej do 3,5 tony. Zostaną przedstawione wyniki symulacji komputerowych z wykorzystaniem metody elementów skończonych oraz wyniki badań modeli testowych konstrukcji ochrony biernej. Zaprezentowane zostaną wyniki badań konstrukcji chroniących o wykonaniu metalowym, kompozytowym oraz konstrukcje hybrydowe łączące oba rodzaje materiałów.

**LOTHAR KROLL
NORBERT SCHRAMM
MARIO NAUMANN
ISABELLE ROTH-PANKE
ADAM CZECH**

Chemnitz University of Technology

**NEUTRALNA POD WZGLĘDEM EMISJI CO₂
PRODUKCJA LEKKICH KONSTRUKCJI PRZY
UŻYCIU INNOWACYJNYCH MASZYN**

Publikacja proponuje innowacyjne podejście do produkcji lekkich konstrukcji, które mogą przyczynić się do osiągnięcia neutralności klimatycznej. Stanowi ona odpowiedź na pytanie, w jaki sposób można osiągnąć cele zdefiniowane w planie Zielonego Ładu Komisji Europejskiej, aby Europa stała się neutralna dla klimatu do 2050 roku. Propozycja jest analizowana na przykładzie produkcji włókien węglowych oraz kompozytowego zbiornika ciśnieniowego. Proces produkcji i zaangażowane w nim maszyny zostały zaprojektowane w taki sposób, aby bilans CO₂ produkcji ostatecznie pozostał neutralny dla środowiska.

SŁAWOMIR MAŁYS^{1,2}
PAWEŁ KRYSIŃSKI¹
HUBERT SZEFER¹
SEBASTIAN SKROBACZ^{1,2}
TOMASZ CIEŚLAK¹
TADEUSZ ŁAGODA²

¹ RFWW "RAWAG" sp. z o. o.

² Politechnika Opolska

ROZWÓJ WYPOSAŻENIA POJAZDÓW SZYNOWYCH POD WZGLĘDEM WYMOGÓW IZOLACJI TERMICZNEJ

W pracy przedstawiono optymalizację izolacji termicznej drzwi kabiny maszynisty oraz okna kierowcy stosowanych w pojazdach transportu publicznego. W pracy przedstawiono szczegóły dotyczące konstrukcji zarówno drzwi maszynisty jak i okna maszynisty. Dokument przedstawia wyniki analiz termicznych i obliczeń współczynnika przenikalności cieplnej drzwi zewnętrznych kabiny maszynisty oraz okna maszynisty zgodnie z normą PN EN ISO 10077-1. Analizy numeryczne przeprowadzono za pomocą Metody Elementów Skończonych (Finite Element Method – FEM). Model numeryczny zbudowano z wykorzystaniem programu HyperMesh, analizy przeprowadzono w oprogramowaniu MSC Nastran.

MARTA BOGDAN-CHUDY

Politechnika Opolska

**OCENA WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNYCH
STOPU Ti6Al4V W SKOJARZENIU Z WĘGLIKIEM
SPIEKANYM Z POWŁOKĄ TiN-TiCN-Al₂O₃**

W pracy przedstawiono wyniki badań tribologicznych stopu tytanu Ti6Al4V w skojarzeniu z węglikiem spiekany z powłoką wielowarstwową CVD: TiN-TiCN-Al₂O₃. Badania przeprowadzono na tribometrze pin-on-disc, który umożliwia współpracę pary tribologicznej w układzie próbka-przeciwpróbka. Badania tribologiczne przeprowadzono w warunkach tarcia suchego, tarcia z zastosowaniem minimalnego smarowania MQL, tarcia z chłodzeniem zalewowym oraz tarcia z chłodzeniem strefy styku powietrzem o temperaturze poniżej 0°C.

Wartości współczynnika tarcia wyliczono na podstawie zmierzonych za pomocą siłomierza piezoelektrycznego wartości siły tarcia i siły normalnej

W trakcie badań jednocześnie mierzono siłę termoelektryczną ste. Wartości ste służyły do wyliczenia temperatury w obszarze tarcia.

Oceniano zmiany integralności struktury w warstwie wierzchniej elementów pary tribologicznej między innymi w oparciu o odwzorowanie powierzchni metodą różnicowania ogniskowego oraz analizą SEM-EDS. Badania tribologiczne pozwoliły na ocenę wpływu zmiennych warunków tarcia na wybrane kontaktowe charakterystyki procesu dla współpracujących ze sobą par trących. Badania przeprowadzono w ramach grantu NCN Miniatura 5 oraz grantu Rektora PO Gamma.

ROMAN CHUDY

Politechnika Opolska

**STAN TECHNOLOGICZNEJ WARSTWY
WIERZCHNIEJ PO NAGNIATANIU TOCZNYM**

W pracy została podjęta tematyka wpływu obróbki sekwencyjnej na konstituowanie technologicznej warstwy wierzchniej. Obróbka sekwencyjna obejmowała toczenie oraz nagniatania powierzchni, które ma dwa podstawowe cele stosowania. Pierwszym z nich jest wygładzenie powierzchni oraz uzyskanie powierzchni o dobrej nośności, drugim podstawowym celem jest umocnienie warstwy wierzchniej i wprowadzenie korzystnych naprężeń ściskających. Intensyfikacja procesu wytwarzania, opierająca się na zastosowaniu obróbki sekwencyjnej, jest jedną z możliwości osiągnięcia minimalizacji kosztów wytwarzania. Właśnie wykorzystanie tej technologii i poznanie jej możliwości w ujęciu racjonalizacji procesu nagniatania i kształtowania jakości TWW jest przedmiotem badań w przedstawionej pracy. Badania przeprowadzono w ramach grantu NCN Miniatura 5.

**MICHAŁ WASILCZUK
JACEK ŁUBIŃSKI
KATARZYNA ZASIŃSKA**

Politechnika Gdańska

**PEEK PEEK–OWI NIERÓWNY – CASE STUDY NA
TEMAT ZWIĄZKU WŁAŚCIWOŚCI
TRIBOLOGICZNYCH KOMPOZYTÓW PEEK
RÓŻNYCH DOSTAWCÓW A ICH STRUKTURĄ
I WŁAŚCIWOŚCIAMI FIZYCZNYMI**

Wzrost wymagań w zakresie ekologii stawia przed producentami maszyn między innymi eliminowanie łożysk smarowanych ropopochodnymi środkami smarowymi, co pociąga za sobą wprowadzanie łożysk smarowanych wodą lub bezsmarowych, co z kolei wymaga z reguły stosowania niekonwencjonalnych materiałów łożyskowych. Jednym z materiałów stosowanych w takich przypadkach są kompozyty na bazie PEEK. Z uwagi na ich wysoką cenę rynkową, na rynku pojawiają się tańsze zamienniki pochodzące od alternatywnych dostawców. W ramach zleconego przez przemysł projektu porównano jeden z takich zamienników z dotychczas stosowanymi kompozytami. Wyniki wykazały, że tańszy zamiennik charakteryzował się znacznie gorszymi właściwościami wytrzymałościowymi i tribologicznymi. Co ważne okazało się, że pogorszone właściwości użytkowe dały się wyjaśnić strukturą materiału, świadczącą o niedoskonałej technologii zastosowanej przez dostawcę materiału, prawdopodobnie niemającego odpowiedniego doświadczenia i know-how w tym zakresie.

JOLANTA B. KRÓLCZYK¹
GRZEGORZ M. KRÓLCZYK¹
PIOTR NIESŁONY¹
MARTA BOGDAN-CHUDY¹
MICHAŁ WIECZOROWSKI²
TOMASZ BARTKOWIAK²
PATRYK MIETLIŃSKI²
KAROL GROCHAŁSKI²
BARTOSZ GAPIŃSKI²
GRZEGORZ BUDZIK³
PAWEŁ PAWLUS³
ŁUKASZ PRZESZŁOWSKI³
ŁUKASZ KOCHMAŃSKI³
ANNA TRYCH-WILDNER⁴
NATALIA WOJCIECHOWSKA⁴

¹ Politechnika Opolska

² Politechnika Poznańska

³ Politechnika Rzeszowska

⁴ Główny Urząd Miar

OCENA JAKOŚCI POWIERZCHNI ODWZOROWANEJ ELEKTROMAGNETYCZNIE PRÓBEK POLIMERÓW UZYSKANYCH METODĄ ADDYTYWNA

Celem niniejszej pracy była analiza wybranych parametrów topografii powierzchni próbek wykonanych w ramach projektu pt.: Metrologia nierówności powierzchni w technikach addytywnych. Do analizy wybrano technologię druku 3D – FFF (Fused Filament Fabrication), a materiałem za pomocą którego wygenerowane zostały powierzchnie był polimer termoplastyczny PLA. Analizowane powierzchnie wykonano dla zadanego kąta pochylenia (15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°) oraz odwzorowane zostały następującymi technikami/metodami optycznymi: confocal, confocal fusion, interferometria, focus variation. Analiza wykonana została dla różnych kolorów: niebieskim, zielonym, czerwonym oraz białym w przypadku interferometrii. Otrzymane wyniki badań wykazały wpływ kąta pochylenia próbki oraz koloru pomiaru na parametry powierzchni oraz artefakty na powierzchni.

Praca naukowa dofinansowana ze środków budżetu państwa w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą Polska Metrologia pt.: „Metrologia nierówności powierzchni w technikach addytywnych”, nr projektu PM/SP/0077/2021/1, kwota dofinansowania 999 900,00 zł, całkowita wartość projektu 999 900,00 zł.

BOGUSŁAW ŁAZARZ
A. M. WITTEK

Politechnika Śląska

PROJEKTOWANIE SUWNIC – SYSTEMY KLASYFIKACJI SUWNIC

Poprawnie dobrane i obliczone parametry suwnicy gwarantują długotrwałą i bezawaryjną pracę, a także wpływają na koszty produkcji i eksploatacji, które mogą być znacznie zredukowane. Proces projektowania suwnic wymaga nie tylko dużego doświadczenia, ale również dogłębnej znajomości przepisów i norm. W obliczeniach i doborze klasyfikacyjnym suwnic należy uwzględnić w szczególności następujące parametry: ciężar własny, ciężar podnoszony, nacisk pionowy koła, rozpiętość mostu suwnicy, rozstaw kół, między osiami kół a zderzakami, najmniejszą odległość między położeniem haka a osią toru jezdnego, prędkość jazdy suwnicy względem elementu prowadzącego, prędkość podnoszenia ładunku, stałą sprężystą odbojnika. Jednym z istotnych zagadnień w procesie projektowania suwnic jest analiza wytrzymałości zmęczeniowej, jednakże przeprowadzana zgodnie z DIN EN 13001–3–1 różni się zasadniczo od prowadzonej według normy DIN 15018. Cechą szczególną tej normy są kategorie współczynnika zmienności naprężeń S_m niezbędne do określenia wytrzymałości zmęczeniowej. Współczynnik ten należy rozumieć jako miarę intensywności cyklicznego obciążenia konstrukcji. Weryfikacja zmęczeniowa zgodnie z DIN EN 13001–3–1 może być prowadzona metodą bezpośrednią albo z wykorzystaniem klas S. Szczegółowo zagadnienia dotyczące projektowania suwnic zostaną przedstawione w treści wygłoszonego referatu.

ANNA PIELOCH

Politechnika Opolska

**PRZEMYSŁ 4.0 I TRANSFORMACJA CYFROWA –
IMPLIKACJE DLA SPOŁECZNOŚCI
AKADEMICKIEJ**

IV rewolucja przemysłowa (Przemysł 4.0) to kolejna faza rozwoju przemysłu, era automatyzacji i robotyzacji produkcji, inteligentnych maszyn. Nieodłącznym elementem tej rewolucji jest transformacja cyfrowa oraz integracja systemów, maszyn i ludzi. W dobie tej transformacji rzeczywistością staje się formacja uniwersytetu cyfrowego. Pandemia przyspieszyła wdrażanie rozwiązań od lat obecnych w życiu gospodarczym, czy społecznym zmieniając realia funkcjonowania uczelni w szybkim tempie. Następujące przemiany mogą prowadzić do pozytywnych i negatywnych konsekwencji. W perspektywie organizacyjnej transformacja ta może przyczynić się do obniżania kosztów, zwiększania jakości i wydajności pracy, tym samym do podniesienia sprawności organizacji w obszarze nauki, dydaktyki, czy współpracy ze środowiskiem społeczno-gospodarczym. Wymaga to nie tylko rozwoju cyfryzacji, ale także zmian w kulturze organizacyjnej zakorzenionej w uczelniach. Z jednej strony sieciowość, łatwość kontaktu, dostępność informacji, z drugiej obawy o umiejętności, czy problemy z adaptacją do zmian. Jednocześnie w mury uczelni wkracza nowe pokolenie mające wysoki potencjał zawodowy, z łatwością poruszające się w nowoczesnych technologiach informatycznych, co skutkuje dużym rozdźwiękiem pokoleniowym i stwarza dodatkowe trudności zarządcze związane z różnicą interesów poszczególnych grup społeczności akademickiej. Termin Przemysł 4.0, obecnie jest określeniem definiującym nie tylko rozwój technologiczny, ale również społeczny. Fundamentalną rolę w tej rewolucji pełni człowiek. Rozwiązania Przemysłu 4.0, mimo iż oparte na automatyzacji, integracji, cyfrowym sterowaniu nie mogą w pełni funkcjonować bez udziału człowieka. Jego rola jest nadal istotna i nie zastąpią go maszyny, to nadal ludzie, nie maszyny podejmują decyzje. Implikuje to zatem konieczność właściwego przygotowania do zmian i poszukiwania nowego podejścia do zarządzania ludźmi, by wdrażanie rozwiązań Przemysłu 4.0 przebiegało harmonijnie, a uczelnie nie pozostały w tyle za szybkim postępem technologicznym oraz oczekiwaniami interesantów.

NATALIA SORDON

Uniwersytet Rzeszowski

ODPOWIEDZIALNOŚĆ PRAWNA PRODUCENTÓW MASZYN

Praca związana z obsługą maszyn przemysłowych jest integralnie powiązana z kwestią bezpieczeństwa. Pracodawca ma obowiązek zapewnić m.in., aby stosowane maszyny i inne urządzenia techniczne zapewniały bezpieczne i higieniczne warunki pracy, zwłaszcza zabezpieczały pracownika przed urazami bądź niebezpiecznym działaniem czynników środowiska pracy. Prawo Unii Europejskiej określa jakie normy i wymagania musi spełnić pracodawca chcąc wyposażyć zakład pracy w nowe maszyny. Dyrektywy unijne oraz przepisy krajowe nakładają powinności zarówno na producentów maszyn, jak i ich użytkowników w kontekście wymagań związanych z produkcją maszyny, jej wdrożeniem, eksploatacją oraz ewentualną modyfikacją. Zapisy Dyrektywy maszynowej 2006/42/WE zobowiązują producenta, i wskazują szereg warunków jakie musi on spełnić przed wprowadzeniem maszyny do obrotu lub oddaniem do użytku. Jednym z takich warunków jest m.in. zapewnienie przeprowadzenia oceny ryzyka dla maszyny, którą zamierza wprowadzić do obrotu w celu określenia wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa, opracowanie dokumentacji techniczno-konstrukcyjnej a następnie sporządzenie deklaracji zgodności WE oraz umieszczenie oznakowania CE. Oznaczenie to gwarantuje pracodawcy i użytkownikowi maszyny wprowadzonej do obrotu, że spełnia ona wymagania Dyrektywy maszynowej i jej obsługa jest bezpieczna. Zaznaczyć należy, że wprowadzenie do obrotu wyrobów niezgodnych z zasadniczymi wymaganiami, umieszczanie na wyrobie niespełniającym wymagań oznakowania zgodności bądź oznaczeń podobnych do oznakowania zgodności mogących wprowadzić użytkownika, konsumenta lub dystrybutora w błąd zagrożone jest pociągnięciem do odpowiedzialności karnej. Problematyczna wydaje się być kwestia poniesienia odpowiedzialności za wypadek spowodowany na maszynie nowej, spełniającej wymagania Dyrektywy, kupionej od producenta bądź też na maszynie zmodyfikowanej przez użytkownika. Istotne w analizie takiego przypadku powinno być to czy maszyna była używana zgodnie z jej przeznaczeniem, a dokonane modyfikacje były wykonane w sposób określony w Dyrektywie.

MARCIN JANUSZKA^{1,2}
SEBASTIAN KOCYBIK¹
KAMIL BROŻYNA^{1,2}
BJÖRN CARLSSON³

¹ Wielton S.A.

² Politechnika Śląska

³ Quintus Technologies AB

PROJEKT PAKIETU AERODYNAMICZNEGO DLA NACZEPY KURTYNOWEJ

Układy aerodynamiczne w pojazdach ciężarowych i naczepach to coraz bardziej powszechne rozwiązania. Mają na celu znaczną poprawę aerodynamiki i efektywności użytkowania pojazdów ciężarowych. Składają się z różnorodnych elementów, takich jak osłony boczne, tylne deflektory powietrza, spojery dachowe czy wloty powietrza o zoptymalizowanej postaci geometrycznej. Elementy te projektuje się w taki sposób, aby zmniejszyć opór powietrza i minimalizować turbulencje powietrza, co prowadzi do zmniejszenia zużycia paliwa i emisji CO₂. Wprowadzenie takich rozwiązań może przynieść korzyści ekonomiczne dla przewoźników, poprawę środowiskowych aspektów działalności transportowej i efektywniejsze wykorzystanie zasobów energetycznych.

W ramach badań realizowanych w firmie Wielton, we współpracy z Politechniką Śląską opracowano rozwiązanie bocznego pakietu aerodynamicznego dla naczep firmy Wielton. Cechą wyróżniającą rozwiązania elementów poszycia zewnętrznego pakietu było opracowanie ich pod kątem technologii elastycznego formowania blach stalowych tzw. flexformingu. Autorzy dokonali analizy porównawczej rynkowego rozwiązania – dotychczas stosowanego, z nowym opracowanym rozwiązaniem. W ramach analizy porównawczej, bazującej na symulacjach numerycznych, dokonano oceny parametrów aerodynamicznych. Podczas opracowania postaci konstrukcyjnej duży nacisk położono na poprawę aspektu wizualnego pojazdu oraz na spełnienie wymagań prawnych pod kątem uzyskania homologacji. W ramach rozwoju rozwiązania sprawdzono technologiczność projektu, pod kątem zastosowania technologii elastycznego formowania blach stalowych. W szczególności dokonano analiz numerycznych formowania dla określenia efektu sprężynowania, miejsc potencjalnie zagrożonych pęknięciem, czy też jakości powierzchni. Na bazie projektu technicznego i technologicznego wytworzono prototypowe elementy.

W artykule Autorzy przedstawiają również korzyści ekonomiczne wynikające z zastosowania pakietu aerodynamicznego firmy Wielton.

KIRANA ASTARI PRANOTO¹
ISKANDAR PETRA¹
GRZEGORZ KRÓLCZYK²
MARIAN BARTOSZUK²
WAHYU CAESARENDRA²

¹ Universiti Brunei Darussalam

² Politechnika Opolska

**SHARP AND BURRS EDGE DETECTION OF METAL
USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
FOR INTELLIGENT MANUFACTURING
APPLICATION**

This study aims to establish a deep learning method for the real-time and accurate detection of sharp edges and burrs in metal workpieces. This paper used the Single Shot MultiBox Detector (SSD) network which was combined with the VGG16 convolutional neural network (CNN) to form the VGG16-SSD. This method was utilized as the meta-structure for the proposed surface defect detection method. The structure of the SSD was optimized to enhance its accuracy, and the network structure and parameters were refined to simplify the detection process. The proposed approach was tested on an aluminium specimen using the CNN program to detect sharpness and burrs along its edges. The results showed that the method could accuracy detect surface defects with an accuracy above 95%. These results provide new insights into defect detection in actual industrial settings and contribute to the advancement of this field. The model underwent a process of turning to optimize its predictive capability.

**HENRYK KANIA
ANŻELINA MAREK
MARIOLA SATERNUS**

Politechnika Śląska

CYNKOWANIE ZANURZENIOWE PRĘTÓW ZBROJENIOWYCH ZE STALI B500SP

W pracy przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych na prętach zbrojeniowych wykonanych ze stali B500SP, na których zostały naniesione powłoki cynkowe przy różnych parametrach procesu cynkowania. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dodatków stopowych Bi i Sn do kąpeli cynkowej na mikrostrukturę, odporność korozyjną oraz właściwości mechaniczne prętów zbrojeniowych. Ujawniono strukturę powłok (SEM) oraz określono ich kinetykę wzrostu. Odporność korozyjna powłok została określona porównawczo w teście korozyjnym w obojętnej mgłę solnej (EN ISO 9227). Przeprowadzono statyczną próbę rozciągania prętów po nałożeniu powłoki. Wykonane badania wykazały, że powłoki cynkowe nie powodują obniżenia właściwości wytrzymałościowych prętów. Natomiast wprowadzone do kąpeli dodatki spowodowały obniżenie odporności korozyjnej powłok cynkowych.

BARTŁOMIEJ KULCZYK^{1,2}
KRZYSZTOF ŻAK²

¹ Turenwerke Sp. z o.o.

² Politechnika Opolska

OPRACOWANIE INNOWACYJNEJ TECHNOLOGII PRODUKCJI DRZWI W FIRMIE TURENWERKE

W prezentacji zostaną omówione cele oraz zakres opracowanej innowacyjnej technologii która pozwoliła na przygotowanie zrobotyzowanej linii produkcyjnej w firmie Turenwerke, której zadaniem jest realizacja automatycznego procesu produkcji drzwi. Poszczególne fazy procesu produkcyjnego tj. przygotowanie ram, przygotowanie skrzydła drzwiowego, klejenie, frezowanie, okuwanie, szklenie, pakowanie odbywają się bez udziału operatorów. Głównym produktem wytwarzanym z wykorzystaniem linii są drzwi zewnętrzne aluminiowe lub stalowe wypełnione izolacją. Innowacyjną cechą tej technologii jest konstrukcja linii produkcyjnej oparta o cyfrowy sposób sterowania linią i jej elastyczność. Prezentowana linia może być bardzo szybko przestawiona na produkcję innych modeli drzwi jedynie poprzez zmianę oprogramowania. W skrajnych przypadkach umożliwia wytwarzanie jednostkowych produktów.