

UTILIZATION OF OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY FOR STUDYING AND IMAGING 3D FLOW STRUCTURES IN A CHANNEL

JAKUB AUGUSTYNIAK¹, MAŁGORZATA KOPYCIŃSKA-MÜLLER²,
DARIUSZ MARIUSZ PERKOWSKI³

¹*Department of Industrial Process Automation, Bialystok University of Technology
e-mail: j.augustyniak@pb.edu.pl*

²*Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS-M, Dresden
e-mail: malgorzata.kopycinska-mueller@ikts.fraunhofer.de,*

³*Department of Mechanics and Applied Informatics, Bialystok University of Technology
e-mail: d.perkowski@pb.edu.pl*

Summary. Modern research into channel flow requires advanced imaging technologies, enabling accurate understanding of three-dimensional flow dynamics. The authors present an innovative application of Optical Coherence Tomography (OCT) in the context of creating 3D flow structures which can be helpful in modeling in mechanics, particularly in studying and imaging 3D flow structures in a channel. OCT is a non-invasive imaging technique based on interferometry, offering micrometer depth resolution and high-speed recording of images. Using optical light, such as that generated by a superluminescent diode (SLD) or a narrow-line spectrum broadband laser, OCT allows for non-invasive examination of flow structure.

In the presented research, the authors focused on analyzing 3D flow structures in a channel. Utilizing OCT's ability to generate A-scans, B-scans, and C-scans, they present a more comprehensive analysis of the dynamics of two and multiphase flows under various conditions (flow rates, fluid mixtures, bubble interaction etc.). An important aspect of the study is the ability to dynamically monitor changes in real time. Thanks to OCT, it is possible to obtain images in milliseconds, allowing for a fuller analysis of changes in flow structure under different operational conditions.

With help of such an approach it is possible to achieve realistic three-dimensional reconstructions of complex multiphase flow structures. These advancements enable the precise determination of phase separation fronts, the measurement of velocities of various structures throughout the channel, and the assessment of sedimentation rates of suspended particles in the fluid. This knowledge significantly enhances the accuracy of numerical modeling, leading to more precise simulations. The implications of these findings are substantial for engineering, industrial diagnostics, and medicine, opening new avenues in these disciplines.

Keywords: Optical Coherence Tomography, 3D flow structures, optical interferometry.

This work has been accomplished under the research project No. 011/RID/2018/19 funded by the Ministry of Science and Higher Education (Poland) program under the name 'Regional Initiative of Excellence' in the years 2019–2022, project number 011/RID/2018/19, and WZ/WM-IIM/2/2022 financed by the Bialystok University of Technology.

WPLYW PARAMETRÓW OPTYCZNEGO SYSTEMU POMIAROWEGO NA OCENĘ STRUKTURY GEOMETRYCZNEJ POWIERZCHNI.

EMILIA BACHTIAK-RADKA¹, MARCIN CHODŹKO¹

¹*Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie*

Streszczenie. Badania topografii powierzchni rozwijają się wraz z postępem w dziedzinie dostępnych technik pomiarowych, pozwalając na realizację coraz bardziej złożonych i precyzyjnych pomiarów. W praktyce bowiem, nawet najdrobniejsze niedoskonałości powierzchni lub odstępstwa od specyfikacji technicznej wyrobu, mogą znacząco wpłynąć na efektywność jego pracy oraz funkcjonalność. Producenci systemów pomiarowych koncentrują się na doskonaleniu technik, metod i procedur pomiarów topografii powierzchni, by umożliwić jak dokładniejszą analizę struktury geometrycznej powierzchni.

Nowoczesne systemy pomiarowe, służące ocenie topografii powierzchni są urządzeniami drogimi o skomplikowanej konstrukcji. Dlatego też, wiele prac poświęconych jest badaniom, służącym ocenie wpływu wybranych parametrów pomiaru na wyniki analiz. Warto zauważyć, że końcowa ocena struktury geometrycznej powierzchni zależy może również od doboru elementów składowych systemu pomiarowego oraz czynników związanych z realizacją i warunkami pomiaru.

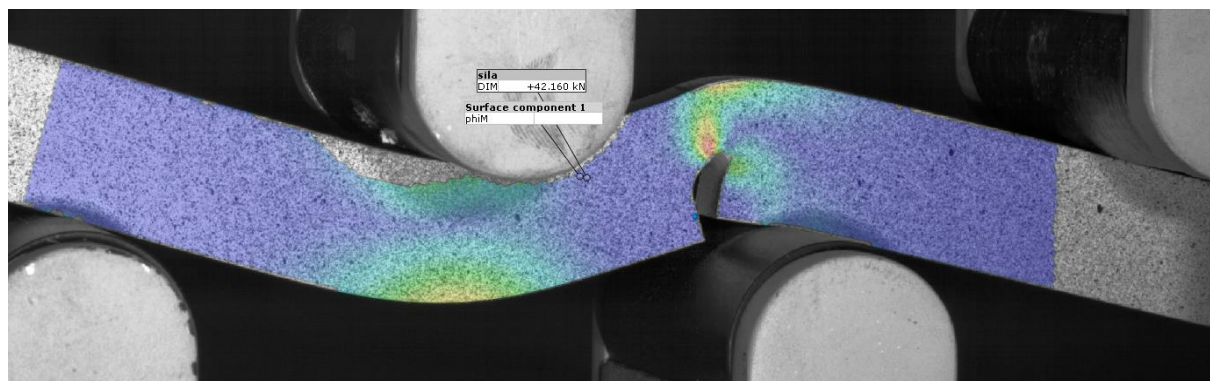
W artykule przedstawiono wyniki badań, wykazujących zależność oceny stanu struktury geometrycznej powierzchni od wybranych parametrów optycznego systemu pomiarowego. Badania przeprowadzono z użyciem mikroskopu z głowicami chromatycznymi konfokalnymi oraz wzorca chropowatości powierzchni o wartości $Ra=3,2 \mu m$. Wariantowano przy tym typ zastosowanych głowic, zakres pomiarowy, rozdzielczość oraz kąt pochylenia mierzonej powierzchni. Wykazano istotną zależność pomiędzy wymienionymi czynnikami, a oszacowaniem parametrów określających stan struktury geometrycznej badanej powierzchni.

PEKANIE ZGINANYCH CZTEROPUNKTOWO PRÓBEK Z KARBAMI WYKONANYCH ZE STOPÓW ALUMINIUM – CZ. I – BADANIA DOŚWIADCZALNE

ALICJA BERA¹, JAKUB KOWALSKI¹, ANDRZEJ SEWERYN¹

¹Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Instytut Budowy Okrętów, Politechnika Gdańska
e-mail: alicja.bera@pg.edu.pl, jakub.kowalski@pg.edu.pl, andrzej.seweryn@pg.edu.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań pęknięcia próbek w warunkach asymetrycznego czteropunktowego zginania. Próbki do badań wykonano ze stopu aluminium 2024-T351. Badania doświadczalne obejmowały identyfikację właściwości mechanicznych materiału poprzez przeprowadzenie próby rozciągania i ściskania na próbkach osiowosymetrycznych. Następnie przeprowadzono badania pęknięcia dla płaskich próbek z karbami.



Próbka z karbem podczas obciążania oraz pole odkształceń zredukowanych uzyskane metodą DIC.

Wszystkie próbki do badań miały stałe wymiary zewnętrzne, natomiast różniły się promieniami zaokrąglenia karbów (od 0,25 mm do 16 mm). Zmieniało lokalizację karbu względem podpór generując złożony stan naprężenia.

Po przeprowadzeniu badań eksperymentalnych wykonano analizę przełomów oraz zidentyfikowano miejsce inicjacji pęknięcia. Do analizy pól odkształceń wykorzystano system do cyfrowej korelacji obrazu Aramis. Wyniki badań wykorzystano do weryfikacji obliczeń numerycznych za pomocą metody elementów skończonych.

Badania wykonano w Laboratorium Mechaniki Materiałów i Konstrukcji Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej.

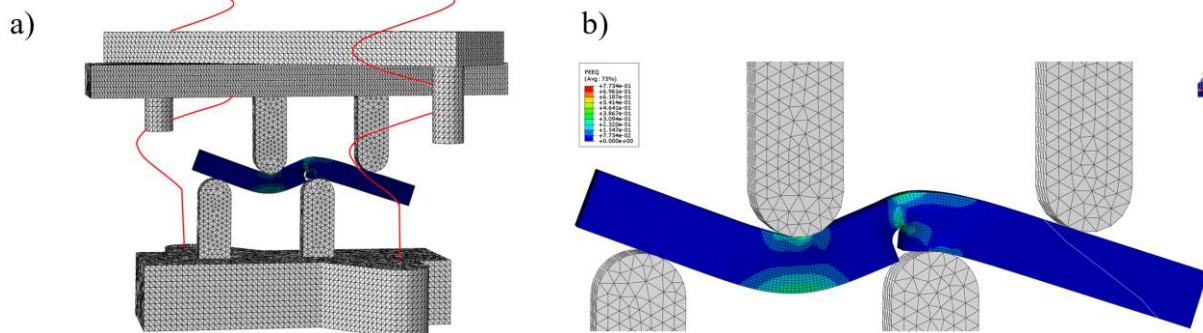
PEKANIE ZGINANYCH CZTEROPUNKTOWO PRÓBEK Z KARBAMI WYKONANYCH ZE STOPÓW ALUMINIUM – CZ. II – MODELOWANIE NUMERYCZNE

ALICJA BERA¹, JAKUB KOWALSKI¹, ANDRZEJ SEWERYN¹

¹Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Instytut Budowy Okrętów, Politechnika Gdańska
e-mail: alicja.bera@pg.edu.pl, jakub.kowalski@pg.edu.pl, andrzej.seweryn@pg.edu.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki modelowania pól odkształceń i naprężeń za pomocą metody elementów skończonych próbek z karbami w warunkach zginania czteropunktowego asymetrycznego. Do przeprowadzenia symulacji niezbędna była identyfikacja właściwości wytrzymałościowych materiału. W wyniku przeprowadzonych badań eksperymentalnych (próba rozciągania i ściskania) otrzymano stałe sprężystości i charakterystykę umocnienia materiału. Następnie zbudowano model numeryczny próbek i przeprowadzono symulacje odkształcenia próbek z karbem. Symulacje wykonano dla próbek z karbami o różnym promieniu zaokrąglenia – od 0,25 mm do 16 mm. Obliczenia numeryczne wykonano w programie Abaqus. W modelu numerycznym zastosowano trójwymiarowe elementy skończone, wielkości elementów wyniosły od 0,125 mm (w dnie karbu) do 5 mm (na elementach układu wymuszającego). Zastosowano model materiałowy sprężysto-plastyczny ze wzmocnieniem. Pomiędzy podporami, a próbką zastosowano kontakt tarciový.

Czteropunktowy asymetryczny sposób obciążenia generuje powstawanie sił bocznych na podporach. W związku z tym niezbędne było odwzorowanie sztywności układu wymuszającego w kierunku wzdłużnym i poprzecznym próbki.



Model numeryczny stanowiska (a) i próbki (b)

Uwzględnienie w modelu numerycznym sztywności układu wymuszającego (rys 1. a)) spowodowało znaczącą poprawę zbieżności wyników symulacji z wynikami eksperymentalnymi. W pracy porównano pola odkształceń otrzymane za pomocą symulacji numerycznej z wynikami analizy zarejestrowanymi za pomocą systemu cyfrowej korelacji obrazu - Aramis. Uzyskano zadawalające zgodności pól odkształceń otrzymanych doświadczalnie i numerycznie.

Obliczenia wykonano z wykorzystaniem komputerów Centrum Informatycznego Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej.

MODYFIKACJA GEOMETRII MEZOSTRUKTURY MATERIAŁU OTRZYMANEGO TECHNIKĄ SLM W CELU POPRAWY WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH

PAWEŁ BIELSKI¹, MICHAŁ DOROSZKO², ANDRZEJ SEWERYN¹

¹Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Politechnika Gdańska e-mail: pawbiels@pg.edu.pl, andsewer@pg.edu.pl

²Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka e-mail: m.doroszko@pb.edu.pl

Streszczenie. Właściwości mechaniczne metamateriałów wytwarzanych technikami przyrostowymi silnie zależą od zadanej geometrii mezostruktury. Materiały te znajdują zastosowanie np. w implantach medycznych, wymiennikach ciepła czy pochłaniaczach energii. Do podstawowych parametrów mezostruktury jednofazowego materiału zaliczamy rozmiar i kształt komórki elementarnej, grubość ścianek i rozpór oraz wynikową porowatość i rozmiar porów. Ważne są również właściwości materiału bazowego. Zakres parametrów mezostruktury w dużej mierze zależy od techniki wytwarzania, którą w przypadku metali stanowi selektywne topienie laserowe znane jako Laser Powder Bed Fusion (L-PBF) lub m.in. Selective Laser Melting (SLM).

Ze względu na wysoki koszt produkcji oraz specjalistyczne zastosowania, pożądana jest maksymalna trwałość materiału przy zachowaniu projektowanych parametrów użytkowych i wytrzymałościowych. Wymagane jest zmniejszenie gradientów naprężeń i odkształceń w strukturze. Celem modelowania jest ograniczenie koncentracji naprężeń poprzez eliminację karbów w projektowanej geometrii mezostruktury. W pracy zbadano wpływ krzywizny powierzchni wewnętrznych na właściwości mechaniczne metamateriału. Zaprojektowano szereg struktur o zróżnicowanych parametrach, wykonano ich modele geometryczne w programie Siemens NX i przeprowadzono nieliniowe (geometrycznie i materiałowo) obliczenia numeryczne za pomocą oprogramowania SIMULIA Abaqus. Oceniono wytrzymałość doraźną na poziomie makroskopowym oraz mezostrukturalnym, przyjmując różne kryteria wytrzymałościowe. Korzystano z rzeczywistej, określonej doświadczalnie i numerycznie charakterystyki umocnienia materiału bazowego Ti6Al4V.

Na podstawie wyników symulacji stwierdzono, że modyfikacja promieni krzywizny mezostruktury pozwala na znaczne zwiększenie efektywnej sztywności oraz wytrzymałości metamateriału. Wyniki obliczeń numerycznych stanowią podstawę do przeprowadzenia badań doświadczalnych właściwości mechanicznych materiału na próbkach wykonanych z wykorzystaniem technologii SLM.

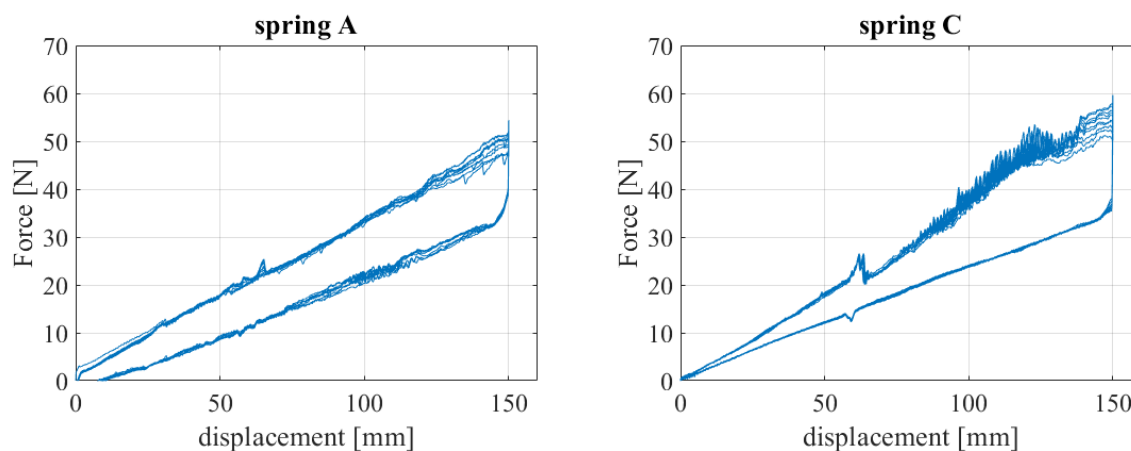
MODELOWANIE UKŁADU DO ODZYSKIWANIA ENERGII Z UWZGLĘDNIENIEM RZECZYWISTYCH CHARAKTERYSTYK TARCIA I SZTYWNOŚCI

MARCIN BOCHENSKI¹, MAREK BOROWIEC¹, BARTOSZ DRZYMAŁA²

¹Katedra Mechaniki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska, e-mail: m.bochenski@pollub.pl, m.borowiec@pollub.pl

²Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Politechnika Lubelska e-mail: b.drzymala@pollub.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono proces modelowania układu do odzyskiwania energii elektrycznej z drgań mechanicznych, opartego o oscylator zbudowany z ruchomego magnesu podpartego na dwóch sprężynach śrubowych. Magnes oraz sprężyny umieszczono w tubie, na której nawinięta została cewka. Podczas ruchu magnesu jak również sprężyn pojawiają się takie zjawiska jak tarcie czy kontakt zwojów sprężyny z tubą. Zjawiska te są trudne do ujęcia w klasycznym modelowaniu analizowanego układu. Zdecydowano się zatem przeprowadzić badania eksperymentalne polegające na wyznaczeniu charakterystyk siły w funkcji przemieszczenia dla układu kinematycznego tuba-magnes-sprężyna. Zaobserwowano pętle histerezy jak również gwałtowne przeskoki siły. Uzyskane zależności uwzględniono w modelu numerycznym, na podstawie którego sporządzono charakterystyki częstotliwościowe mocy generowanej przez układ do odzyskiwania energii. Uzyskane wyniki numeryczne porównano z eksperymentalnymi.



Przykładowe charakterystyki opisujące ruch magnesu i sprężyn w tubie.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF ENERGY HARVESTING EFFICIENCY IN MAGNETIC ROLLING PENDULUM

MAREK BOROWIEC¹, MARCIN BOCHEŃSKI¹, TOMASZ HANISZEWSKI²,
DAMIAN GAŚKA², JERZY MARGIELEWICZ², YANG KUANG³

¹*Katedra Mechaniki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska.
e-mail: m.borowiec@pollub.pl, m.bochenski@pollub.pl*

²*Katedra Transportu Lotniczego, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Politechnika Śląska
e-mail: Tomasz.Haniszewski@polsl.pl, Damian.Gaska@polsl.pl, Jerzy.Margielewicz@polsl.pl*

³*National Engineering Research Centre of High-speed Railway Construction Technology, School of
Civil Engineering, Central South University, China e-mail: y.kuang@csu.edu.cn*

Streszczenie. W pracy przedstawiono innowacyjny układ wahadła magnetycznego do pozyskiwania energii elektrycznej z drgań mechanicznych. Proponowany układ charakteryzuje się nieliniowym zachowaniem, zależnym od warunków początkowych. Nieliniowe zachowanie pozwala zapewnić poszerzenie pasma rezonansowego w strefach rezonansu gdzie efektywność w pozyskiwaniu energii jest dominująca. Praca układów mechanicznych w obszarze drugiego rezonansu zazwyczaj objawia się niskim poziomem pozyskanej energii elektrycznej w porównaniu do pracy w obszarze głównego rezonansu. Prezentowany układ zapewnia wysokie parametry wyjściowe do pozyskiwania energii zarówno w obszarze rezonansu pierwotnego, jak i wtórnego. Magnetyczne wahadło zaprojektowano tak aby zamieniać energię mechaniczną na elektryczną, wykorzystując układ cewek na których indukują się napięcie. Główna koncepcja tego rozwiązania obejmuje użycie stałego magnesu toczącego się pomiędzy dwoma magnetycznymi zderzakami. W układzie zaobserwowano podwójne rozwiązania podczas jego pracy w warunkach odpowiednio rosnącej i malejącej częstotliwości wymuszania w obszarze pierwszego i drugiego rezonansu. Jest to związane z warunkami początkowymi, takimi jak kąt odchylenia i amplituda siły wymuszającej. Wprowadzenie zmiennej odległości między zderzakami magnesów modyfikuje efektywność pozyskiwania energii. Zastosowanie takiego systemu magnetycznego wahadła z zmiennymi parametrami mechanicznymi daje możliwości skutecznego pozyskiwania energii w sposób dostosowany do zmiennych warunków środowiskowych.

MODELOWANIE I STEROWANE ROZMYTE UKŁADEM NIEDOSTEROWANYM TYPU KULKA-BELKA

MAGDALENA BRACHMAŃSKA¹, PAWEŁ DOMOGAŁA¹, SŁAWOMIR DUDA¹,
GRZEGORZ GEMBALCZYK¹

¹*Katedra Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, Politechnika Śląska
e-mail: magdalena.brachmanska@polsl.pl, pawedom751@student.polsl.pl, Slawomir.Duda@polsl.pl,
Grzegorz.Gembalczyk@polsl.pl*

Streszczenie. W artykule przedstawiona została metoda modelowania układu jednokrotnie niedosterowanego tyłu-kulka belka oraz sterowanie tymże układem z zastosowaniem regulatora rozmytego. W modelu matematycznym uwzględnione zostały siły tarcia, a do ich matematycznego opisu wykorzystano model zaproponowany przez T. Speckera. Parametry modelu dobrane zostały w procesie estymacji, na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych.

Stanowisko doświadczalne, na którym prowadzono testy, zostało wyposażone w kartę czasu rzeczywistego, programowaną z wykorzystaniem środowiska MATLAB/Simulink. Człon czynny, odpowiedzialny za sterowanie kątem wychylenia belki, napędzany był poprzez serwośilnik sterowany sygnałem PWM. Do pomiaru położenia kulki na belce wykorzystano czujnik laserowy. Układ zaprojektowano tak, aby umożliwić jego modyfikację do układu dwukrotnie niedosterowanego.

Do sterowania położeniem kulki na belce zaproponowano regulator rozmyty. Zakresy funkcji przynależności sygnałów wejściowych i wyjściowych zostały dobrane w procesie optymalizacji, wykorzystując model numeryczny stanowiska. Dobre nastawy regulatora zostały zaimplementowane do układu rzeczywistego na którym przeprowadzono badania doświadczalne. Na koniec dokonano analizy uzyskanych wyników i sformułowano wnioski.

BADANIA DOŚWIADCZALNE I MODELOWANIE NUMERYCZNE PROCESÓW PĘKANIA ELEMENTÓW WYKONANYCH Z PMMA, OSŁABIONYCH KARBAMI TYPU V, W WARUNKACH DWUOSIOWEGO STANU OBCIĄŻENIA

ELŻBIETA BURA¹, ANDRZEJ SEWERYN²

¹*Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka
e-mail: e.bura@pb.edu.pl*

²*Instytut Budowy Okrętów, Wydział Inżynierii Materiałowej i Okrętownictwa, Politechnika Gdańska
e-mail: andrzej.seweryn@pg.edu.pl*

Streszczenie. W pracy przedstawiono doświadczalną i numeryczną analizę procesu pęknięcia płaskich próbek wykonanych polimetakrylanu metylu (PMMA) poddanych skręcaniu z rozciąganiem (obciążenie proporcjonalne). Próbki wykonano w dwóch wariantach grubości: 5 i 15 mm, a także osłabiono obustronnymi korbami w kształcie litery V o różnym promieniu zaokrąglenia dna równym: 10, 2 oraz 0,5 mm.

Monotoniczne testy rozciągania ze skręcaniem przeprowadzono przy użyciu dynamicznej dwuosiowej maszyny wytrzymałościowej MTS 809.10. W wyniku badań doświadczalnych otrzymano krytyczne wartości obciążenia (siły rozciągającej oraz momentu skręcającego) oraz przemieszczenia (liniowego i kąowego). W badaniach wykorzystano system dwóch monochromatycznych kamer PHANTOM, dzięki którym możliwe było określenie momentu i miejsca inicjacji pęknięcia. Zebrane informacje potwierdzono w następnym etapie badań eksperymentalnych tj. podczas mikroskopowych obserwacji przełomów próbek. Miejsce inicjacji określono jako małą gładką powierzchnię w kształcie półelipsy zlokalizowanej w okolicy dna karbu. Oszacowano także kąt inicjacji pęknięcia. Nagrania z kamer PHANTOM pozwoliły na opisanie charakteru rozwoju pęknięcia w zależności od rodzaju próbki.

Zebrane w części eksperymentalnej dane pozwoliły na poznanie rozkładów pól naprężeń i odkształceń w warunkach krytycznego obciążenia. Wykorzystano metodę elementów skończonych (MSC Marc Mentat). Obliczenia prowadzono w warunkach kontrolowanego przemieszczenia bazy pomiarowej. Przedstawiono rozkłady maksymalnego naprężenia głównego i maksymalnego odkształcenia plastycznego w funkcji grubości próbki i odległości między korbami. Położenie maksimum tych wartości wskazano jako potencjalne miejsca inicjacji pęknięcia, co potwierdzono na podstawie wskazanych doświadczalnie położenia punktów inicjacji pęknięć. Powyższe wartości wykorzystano do sformułowania naprężeniowo-odkształceniowej formy kryterium pęknięcia płaskich próbek z korbami poddanych rozciąganiu ze skręcaniem. Kryterium pozytywnie zweryfikowano na drodze doświadczalnej.

Praca powstała w wyniku realizacji projektu badawczego o nr 2019/33/N/ST8/02382 finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

IMPLEMENTACJA SSN W OCENIE PROCESU ZROBOTYZOWANEGO SPAWANIA ELEMENTÓW KADŁUBA SILNIKA LOTNICZEGO

ANDRZEJ BURGHARDT¹, MAGDALENA MUSZYŃSKA¹, DARIUSZ
SZYBICKI¹, KRZYSZTOF KURC¹, MAREK ULIASZ¹

¹*Katedra Mechaniki Stosowanej i Robotyki, Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Pratt & Whitney Rzeszów S.A. e-mail: andrzejb@prz.edu.pl, magdaw@prz.edu.pl, kkurc@prz.edu.pl, dszybick@prz.edu.pl, marek.uliasz@prattwhitney.com*

Streszczenie. Stosowane w nowoczesnych samolotach pasażerskich silniki odrzutowe składają się z wielu skomplikowanych zespołów konstrukcyjnych. W celu redukcji kosztów produkcji oraz masy, stosowana do tej pory technologia odlewania precyzyjnego jest często zastępowana przez wdrażanie spawanych złożonych zespołów cienkościennych. Wymaga to zaawansowanych procesów łączenia materiałów, opracowania technologii ich realizacji oraz kontroli. Przykładem takiego zespołu jest kadłub silnika odrzutowego PW800. Jest to element cienkościenny, krytyczny ze względu na bezpieczeństwo. Każda wyprodukowana sztuka poddawana jest kilkukrotnie operacji kontroli jakości w formie oceny wizualnej, pomiarów CMM, badań nieniszczących, czy kontroli fluorescencyjnej. Obecnie po wykonaniu operacji spawania kadłub jest demontowany, przechodzi kontrolę międzyoperacyjną, w wyniku której może zostać zakwalifikowany jako detal zgodny, wymagający procesu naprawczego lub detal niezgodny. Realizacja operacji naprawczej wiąże się z koniecznością ponownego montażu, kalibracji detalu wielkogabarytowego co implikuje dodatkowe obciążenia godzinowe. W artykule zaprezentowano neuronowy system weryfikacji poprawności realizacji procesu spawania części silnika PW800 produkcji Pratt&Whitney. Spawanie realizowane jest na zrobotyzowanym stanowisku, którego urządzenia umożliwiają zapisywanie kilkunastu parametrów procesu. Dodatkowo mamy informację z kontroli jakości (FPI, RTG) o rodzaju i wielkości wady. Pozwala to na budowę bazy wiedzy o procesie, a w przypadku sieci neuronowych na przygotowanie danych uczących. Obecnie do kontroli procesu wykorzystuje się elementy statystyki opisowej co pozwala na poprawę procesu w granicach 57%. Przeprowadzone prace badawcze pozwoliły na opracowanie systemu wykorzystującego SSN do kontroli poprawności wykonania. Wykorzystano model sieci neuronowych Neural Net Pattern Recognition. Proces uczenia sieci neuronowej przeprowadzono w środowisku Matlab, wykorzystując przygotowane zestawy danych uczących w formie macierzy wejść i wyjść. Efektywność nauki w każdym kroku oceniana była poprzez obliczenie błędu średniokwadratowego. W trakcie testów najlepsze rezultaty procesu uczenia otrzymano przy zastosowaniu algorytmu regularyzacji bayesowskiej. Jest to zmodyfikowany algorytm Lavenberga-Marquardta. Najwyższy poziom korelacji uzyskano przy 30 ukrytych warstwach neuronów. Uzyskano bardzo dobre rezultaty wykrywania wad na poziomie 96,5%. Obecnie prowadzone są prace weryfikacyjne wdrożonego systemu kontroli poprawności realizacji procesu spawania.

DIAGNOSTYKA OPTYCZNYCH SYSTEMÓW POMIAROWYCH Z WYKORZYSTANIEM FUNKCJI WIDMOWEJ GĘSTOŚCI MOCY

MARCIN CHODŹKO¹, DANIEL GROCHAŁA¹

¹*Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie*

Streszczenie. Pomiar struktury geometrycznej powierzchni (GPS) stanowi przykład pomiaru, w którym zachodzi istotna interakcja pomiędzy systemem pomiarowym, a obiektem mierzonym. Norma ISO 25178-6 określa trzy grupy przyrządów pomiarowych – analizowania liniowego (profilometry), analizowania powierzchniowego (skanowanie poprzez ruch elementów struktury przyrządu w płaszczyźnie x, y i pomiar w kierunku prostopadłym) oraz area-integrating, umożliwiające jednoczesne „objęcie” całej mierzonej powierzchni w celu realizacji pomiaru. Systemy pomiarowe z drugiej grupy odpowiadają swoją strukturą maszynom współrzędnościowym, dla których określa się MPE zgodnie z normą 10360. Dla przyrządów z grupy drugiej wartość MPE zastępowana jest najczęściej maksymalnym dopuszczalnym rozrzutem wokół wywzorcowanej wartości wskaźników wysokości powierzchni Ra, bądź Rz i wskaźników długości nierówności (okresowo powtarzalnych) RSm (najczęściej 1-2 Sigma). Różni producenci odmiennie podchodzą do tego typu testów oraz ustalania kryterium akceptacji otrzymanych wartości. W artykule przedstawiono propozycję nowej metodyki oceny stanu przyrządu pomiarowego, wykorzystującego monochromatyczny czujnik konfokalny. Do oceny tej użyto wskaźników opartych na analizie widmowej. Wykazano, że często stosowana filtracja sygnału pomiarowego, może usunąć istotne informacje dotyczące stanu przyrządu pomiarowego, wpływając na oszacowanie wartości wskaźników, opisujących powierzchnię.

SYMULACJA NUMERYCZNA PROCESU ZALEWANIA I KRYSZALIZACJI RDZENIOWANYCH ŁOPATEK HPT Z NADSTOPU NIKLU.

RAFAŁ CYGAN¹, DARIUSZ SAZELIGA², ŁUKASZ RAKOCZY³

¹*Consolidated Precision Products Corporation, Hetmańska 120, 35-078 Rzeszów, Poland
e-mail: rafal.cygan@cpcorp.com*

²*Laboratorium Badań dla Przemysłu Lotniczego, Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza*

³*AGH University of Science and Technology, Faculty of Metals Engineering and Industrial Computer Science, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland*

Streszczenie. W ramach prowadzonych prac przeprowadzono symulację numeryczną zalewania ciekłym nadstopem niklu wnęki formy ceramicznej oraz symulację procesu krystalizacji odlewów za pomocą komercyjnego oprogramowania ProCAST. W pierwszym etapie badań wykonano model geometryczny otoczenia, oraz odlewów. W drugim etapie, po wygenerowaniu siatek, przyjęto odpowiednie warunki początkowe i brzegowe oraz współczynniki cieplno-fizyczne materiałów, z których wykonano formę ceramiczną i odlewy (nadstop niklu IN713C). Symulację numeryczną rozkładu temperatury wykonano dla procesu zalewania wnęki formy ceramicznej ciekłym metalem, krystalizacji i chłodzenia odlewów oraz tworzenia wad. Dla każdej z pięciu temperatur form (1000°C, 1100°C, 1150°C, 1200°C i 1250°C) założono stały czas zalewania formy, 3 sekundy. Na podstawie badań stwierdzono, że sposób przepływu ciekłego metalu w układzie wlewowym i przede wszystkim w łopatkę jest zbliżony dla wszystkich wartości temperatury formy. Ustalono średni rozkład czasu krystalizacji na powierzchni odlewu. Na podstawie symulacji numerycznej ustalono zmianę objętości względnej fazy stałej w odlewach łopatek.

Podziękowania:

Badania wykonano w ramach projektu POIR.01.01.01-00-1335/20 „Wdrożenie do produkcji rdzeniowych lotniczych odlewów o strukturze dendrytycznej-kolumnowej wytwarzanych metodą krystalizacji kierunkowej”, finansowanego z budżetu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

SYMULACJA NUMERYCZNA RDZENIOWANYCH LOTNICZYCH ODLEWÓW O STRUKTURZE DENDRYTYCZNEJ-KOLUMNOWEJ WYTWARZANYCH METODĄ KRYSZALIZACJI KIERUNKOWEJ

RAFAŁ CYGAN¹, DARIUSZ SZELIGA², ŁUKASZ RAKOCZY³

¹*Consolidated Precision Products Corporation, Hetmańska 120, 35-078 Rzeszów, Polska
e-mail: rafal.cygan@cppcorp.com*

²*Laboratorium Badań dla Przemysłu Lotniczego, Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza,
Żwirki i Wigury 4, 35-036 Rzeszów, Polska*

³*AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki
Przemysłowej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska*

Streszczenie. Konkurencyjność łopatek turbiny wysokiego ciśnienia o strukturze dendrytycznej - kolumnowej jest determinowana bardzo wysokimi wymaganiami w zakresie precyzji wykonania odlewów, powtarzalnego składu chemicznego stopów, dopuszczalnej zawartości gazów i pierwiastków niepożądanych oraz czystości metalurgicznej stopów. Ponadto istotne są wymiary i typ dopuszczalnych wad odlewniczych, jakość powierzchni, odwzorowanie skomplikowanych kanałów chłodzących, struktura stopów w stanie lanym i po obróbce cieplnej, a także właściwości mechaniczne nadstopu i trwałość wyrobów. Precyzyjne odlewy łopatek o strukturze dendrytycznej - kolumnowej są wykonywane jedynie przez nieliczne na świecie odlewnie, a technologia ich wytwarzania jest ściśle chroniona. W ramach prac przedstawionych w powyższym artykule wykonano symulacje numeryczne procesu zalewania i krzepnięcia uproszczonych geometrii odlewów oraz łopatek z wykorzystaniem technologii kierunkowej krystalizacji. Przeprowadzono także walidacje symulacji komputerowych w celu zbadania rozkładu pola temperatury, a tym samym kształtu frontu krystalizacji w zależności od przekroju oraz prędkości wyciągania, co stanowiło podstawową wiedzę procesu technologicznego wytwarzania odlewów o zaawansowanej równoosiowej makrostrukturze.

Podziękowania

Badania wykonano w ramach projektu POIR.01.01.01-00-0046/20 „Wdrożenie do produkcji rdzeniowych lotniczych odlewów o strukturze dendrytycznej-kolumnowej wytwarzanych metodą krystalizacji kierunkowej”, finansowanego z budżetu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

POMIAR STRUMIENIA PRZEPŁYWU WODY W RUROCIĄGACH NARAŻONYCH NA OSADZANIE KAMIENIA KOTŁOWEGO

ADRIAN CZAJKOWSKI¹, LESZEK REMIÓRZ¹, NIKOLINA PORANEK²

¹*Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych, Politechnika Śląska, e-mail: adriczaj@gmail.com, leszek.remiorz@polsl.pl,*

²*Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów, Politechnika Śląska e-mail: nikolina.poraneck@polsl.pl*

Streszczenie. Osadzenie się kamienia kotłowego jest przyczyną postępującej degradacji kanałów hydraulicznych oraz innych elementów infrastruktury mających kontakt z wodą twardą. Na uszkodzenia w takich warunkach szczególnie narażone są aktualnie stosowane przepływomierze. Opracowanie nowego sposobu pomiaru przepływu uwzględniającego obecność kamienia kotłowego w rurociągu jest więc zadaniem trudnym. Postępujący w czasie proces tworzenia się osadu jest przyczyną niekorzystnych zmian parametrów eksploatacyjnych wywołanych zmniejszaniem się efektywnego przekroju (średnicy) układu hydraulicznego oraz utratą pewności działania ustroju pomiarowego. Niniejsza publikacja prezentuje koncepcję nowego rozwiązania wykorzystującego metodę z grupy termicznych pomiarów masowych. Zasadę działania przepływomierza oparto o zależność stałej czasowej dedykowanego czujnika temperatury (SCC) nie tylko od prędkości przepływu wody, ale również uwzględniającego osad kamienny wewnątrz rurociągu. Innowacyjne podejście charakteryzuje się maksymalnym uproszczeniem konstrukcji i pomiaru tylko jednego parametru, tj. stałej czasowej pojedynczego termometru. Model matematyczny skalibrowano i zoptymalizowano ze względu na masę czujnika i długość części pomiarowej. Przeanalizowano również wpływ miejsca montażu nowego czujnika na potencjalne błędy pomiarowe. Proponowany sposób pomiaru może mieć zastosowanie w końcowych punktach poboru przyczyniając się do zwiększenia świadomości na temat bieżącego zużycia. Pozwoli, także uzyskać informacje na temat potencjalnych wycieków w instalacji, co wpisuje się w obecne trendy rozsądnego gospodarowania zasobami wodnymi oraz zmniejszania śladu wodnego.

NUMERYCZNE BADANIE PROCESU ODKSZTAŁCANIA REALISTYCZNYCH BELECZEK METAMATERIAŁÓW ZE STOPU Ti64 WYTWORZONYCH METODĄ PRZYROSTOWĄ LPBF

MICHAŁ DOROSZKO¹

¹*Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka
e-mail: m.doroszko@pb.edu.pl*

Streszczenie. W pracy opisano wpływ defektów występujących w pojedynczych beleczkach łączących mezostrukturę otrzymaną metodą przyrostową laser powder bed fusion, na rozkłady naprężeń i odkształceń w materiale poddanym obciążeniom rozciągającym. W badaniach wykorzystano beleczki o grubości 0.49 i 0.6 mm wyodrębnione z diamentowych struktur kratowych ze stopu Ti64 o gęstości względnej odpowiednio 18.5% i 27%. Do modelowania numerycznego pól naprężeń i odkształceń wykorzystano modele odzwierciedlające realistyczny kształt badanych beleczek wraz z ich niedoskonałościami. Kształt mezostruktur diamentowych uzyskano na podstawie pomiarów i obrazów mikrotomograficznych. W obliczeniach wykorzystujących metodę elementów skończonych uwzględniono nieliniowość materiału za pomocą rzeczywistej krzywej naprężenie-odkształcenie określonej dla materiału Ti64 o gęstości względnej bliskiej 1, który uzyskano w taki sam sposób jak badane części mezostruktur. W ten sposób uwzględniono nieliniowość materiału aż do momentu inicjacji pęknięcia materiału. Na podstawie uzyskanych wyników przeanalizowano wpływ defektów w mezostrukturze materiału na rozkład naprężeń i odkształceń. Wskazano, które imperfekcje mają najistotniejszy wpływ na powstawanie koncentracji naprężeń i odkształceń. Oceniono jak mikrokarby na powierzchni zewnętrznej beleczek i wewnętrzne zamknięte mikropory mogą wpływać na inicjację pęknięcia materiału. Na podstawie uzyskanych wyników określono, w jaki sposób lokalne koncentracje naprężeń mogą wpływać na proces deformacji rozpórek w skali mezoskopowej. Wyznaczono też nominalne krzywe naprężenie-odkształcenie uwzględniając minimalną, średnią i maksymalną wartość pola powierzchni przekroju poprzecznego beleczek oraz odpowiadające im właściwości mechaniczne materiału. Na podstawie analizy opisanych wyników badań opisano jaki wpływ mają lokalne defekty kształtu beleczek na ich właściwości w skali makroskopowej.

Praca została wykonana w ramach projektu Nr WZ/WM-IIM/4/2023 realizowanego w Politechnice Białostockiej i finansowanego przez Ministerstwo Edukacji i Nauki.

BADANIA DOŚWIADCZALNE I MODELOWANIE PROCESÓW ZMĘCZENIA W PRÓBKACH ZE STOPU ALUMINIUM 2024 AA W PODWYŻSZONEJ TEMPERATURZE

ANNA FALKOWSKA¹, ANDRZEJ SEWERYN²

¹*Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka
e-mail: a.falkowska@pb.edu.pl*

²*Instytut Budowy Okrętów, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Politechnika Gdańska
e-mail: andrzej.seweryn@pg.edu.pl*

Streszczenie. Stopy aluminium są szeroko wykorzystywane w wielu dziedzinach przemysłu od wielu dekad. Jest to spowodowane głównie dobrą odpornością na korozję, odpowiednim stosunkiem wytrzymałości do masy, wysoką przewodnością elektryczną oraz cieplną, a także łatwością w formowaniu. Dzięki tym właściwościom materiał ten jest wykorzystywany w przemyśle lotniczym, samochodowym czy stoczniowym. Ponadto, należy podkreślić, że elementy wytworzone ze stopów aluminium mogą być wykorzystywane w szerokim zakresie temperaturowym w warunkach obciążeń zmęczeniowych (w przypadku poszczególnych komponentów np. skrzydeł samolotu od -60°C do nawet 400°C , biorąc pod uwagę podzespoły silników).

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wyników badań eksperymentalnych niskocyklowego zmęczenia stopu aluminium EN-AW 2024 w odmianie T3511 w podwyższonej temperaturze (100°C , 200°C i 300°C).

Przeprowadzone testy pozwoliły na wyznaczenie podstawowych charakterystyk zmęczeniowych badanego materiału, takich jak: krzywa trwałości zmęczeniowej oraz krzywa cyklicznego odkształcenia. Ponadto, dokonano szczegółowej analizy zachowania się materiału w badanym zakresie obciążeń zmęczeniowych. Uwzględniono przy tym zarówno pętle histerezy jak i charakter powierzchni przełomów uzyskanych na podstawie obserwacji makro- i mikroskopowych (skaningowy mikroskop elektronowy, SEM). Wyniki badań w podwyższonej temperaturze porównano z wynikami uzyskanymi w temperaturze pokojowej.

Na podstawie wyników badań eksperymentalnych zaproponowano analityczny model wzrostu uszkodzeń zmęczeniowych. Założono w nim, że kumulacja uszkodzeń zależy głównie od bieżącego naprężenia normalnego oraz od przyrostu odkształcenia plastycznego. Wyznaczono zależności parametrów modelu od temperatury i dokonano jego weryfikacji. Uzyskano dobrą zbieżność wyników eksperymentu z wynikami obliczeń numerycznych.

Niniejsze badania są finansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu nr 2018/29/B/ST8/00697 (Narodowe Centrum Nauki), a także przez pracę zespołową nr WZ/WM-IIM/4/2023 i realizowane w Politechnice Białostockiej.

WYBOCZENIE CIENKOŚCIENNEGO SŁUPA KĄTOWEGO WYKONANEGO Z LAMINATU HYBRYDOWEGO

JAROSŁAW GAWRYLUK¹, DOMINIKA WIŚNIOŚ²

¹*Katedra Mechaniki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska, e-mail: j.gawryluk@pollub.pl,*

²*Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska, e-mail: dominika.wisnios@pollub.edu.pl*

Streszczenie. Cienkościenne konstrukcje laminowane wzmocnione włóknami znajdują szerokie zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Obecnie coraz więcej uwagi poświęca się zagadnieniu ochrony środowiska, tym samym w produkcji kompozytów częściej wykorzystuje się włókna naturalne, m.in. len. Ze względu na szereg zalet włókien naturalnych (wysoka dostępność, niska cena, dobre parametry wytrzymałościowe, neutralność środowiskowa) istotne jest dokonanie kompleksowej analizy efektywnych zakresów roboczych konstrukcji wykonanych z biolaminatów w celu zwiększenia możliwości ich wykorzystania. W związku z tym przeprowadzono badania wybooczenia cienkościennego kątownika poddanego osiowemu ściskaniu. Analizowano sześć konfiguracji ułożenia warstw składających się z laminatów lniano-epoksydowych oraz węglowo-epoksydowych. Szczegółowe dane materiałowe użytych materiałów: LEN – Moduł Younga w kierunku wzdłużnym $E1 = 31420\text{MPa}$, Moduł Younga w kierunku poprzecznym $E2 = 5580\text{MPa}$, Moduł Kirchhoffa $G12 = 2070\text{MPa}$, liczba Poissona – 0.353; WĘGIEL - Moduł Younga w kierunku wzdłużnym $E1 = 104630\text{MPa}$, Moduł Younga w kierunku poprzecznym $E2 = 8159\text{MPa}$, Moduł Kirchhoffa $G12 = 3254\text{MPa}$, liczba Poissona – 0.308. Badany układ składał się z cienkościennego słupa kątownika (profil w kształcie litery L), dwóch odkształcalnych podkładek i dwóch sztywnych płyt. Elastyczne podkładowki stosowane są w celu likwidacji koncentracji naprężeń w wyniku kontaktu nieodkształcalnych płyt z powierzchnią profilu. Warunki brzegowe odpowiadają swobodnemu podparciu. Wszystkie słupy miały tę samą geometrię (L,b) oraz układ warstw [0/45/-60/90]_s, różnica polegała na zastosowaniu różnych materiałów na poszczególne warstwy – laminatu lnianego lub węglowego. Ze względu na różną wartość grubości pojedynczej warstwy lnu i węgla, całkowita grubość słupa była różna w zależności od konfiguracji. Cienkościenną kolumnę poddano dyskretyzacji przy użyciu ośmiowęzłowych elementów powłokowych z sześcioma stopniami swobody w każdym węźle (S8R). Model numeryczny płyt przygotowano wykorzystując elementy powłokowe R3D4 z liniową funkcją kształtu (sześć stopni swobody w każdym węźle). Dla podkładki sprężystej zastosowano zastępczy model materiału izotropowego oraz wykorzystano elementy bryłowe typu C3D20R. Dla takiego układu rozwiązano zagadnienie własne metodą elementów skończonych z wykorzystaniem oprogramowania Abaqus. W wyniku badań określono obciążenie bifurkacyjne odpowiadające pierwszej postaci wybooczenia dla każdej analizowanej konfiguracji. Z przeprowadzonych analiz uzyskano, że odpowiednia modyfikacja materiałowa poszczególnych warstw pozytywnie wpływa na wartość obciążenia bifurkacyjnego. Ponadto stwierdzono, że największe korzyści można zaobserwować w układach hybrydowych, gdzie oprócz wysokiej sztywności konstrukcji wykorzystujemy materiały naturalne przez co przyczyniamy się do poprawy środowiska naturalnego. Niniejsza praca stanowi pierwszy etap badań konstrukcji naturalnych w procesie osiowego ściskania.

ANALIZA CYFRYZACJI PROCESU MONTAŻU Z UŻYCIEM ROZSZERZONEJ RZECZYWISTOŚCI.

ARTUR GÓRNOSTAJ¹, AGNIESZKA TERELAK-TYMCZYNA¹, DOMINIKA
PYTKA¹, MIROSLAW PAJOR¹

¹*Katedra Mechatroniki, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki
e-mail: artur_gornostaj@zut.edu.pl, agnieszka.terelak@zut.edu.pl, dominika_pytk@zut.edu.pl,
miroslaw.pajor@zut.edu.pl*

Streszczenie. Cyfryzacja procesu montażu stanowi jeden z filarów Przemysłu 4.0, który wykorzystuje szereg technologii cyfrowych, w których jedną z istotnych ról odgrywa rozszerzona i wirtualna rzeczywistość. Procesy montażu są charakterystyczne dla produkcji seryjnej, co oznacza częste przeobrażanie stanowisk i produkcję różnych typów wyrobów. Bardzo często kluczową rolę w procesie montażu odgrywają pracownicy, którzy wykonując manualne czynności muszą szybko uczyć się i reagować na zmieniające się warianty/typy produktów. Zastosowanie interaktywnej cyfrowej instrukcji montażu pozwala na sterowanie programem za pomocą ruchów głowy i wzroku, np. zatrzymanie wzroku może działać jako substytut kliknięcia. W literaturze przedmiotu zauważalne są również badania w temacie animacji poszczególnych operacji, czy w zaprojektowaniu narzędzi umożliwiających projekcje 3D kolejnych kroków instrukcji montażu w polu widzenia pracownika, z dodatkowymi opisami i animacjami, przy użyciu rozszerzonej rzeczywistości. Pomimo pojawiania się badań związanych z cyfryzacją procesu montażu i zastosowania rozszerzonej rzeczywistości, w pracach tych brakuje przedstawienia wpływu ich zastosowania na efektywności i opłacalność procesu. Celem artykułu jest zbadanie efektywności procesu na stanowisku montażu z użyciem cyfrowych instrukcji i rozszerzonej rzeczywistości. W tym celu przeprowadzono badania eksperymentalne na stanowisku montażu pompy podciśnienia. Dla określenia efektywności procesu montażu w zależności od typu instrukcji, badania były przeprowadzone dla instrukcji papierowej, cyfrowej wyświetlanej na ekranie monitora oraz cyfrowej z użyciem rozszerzonej rzeczywistości. Dla uzyskania porównywalnych czasów wykonywania poszczególnych operacji, każda instrukcja była wykonywana przez pracownika, który montaż przeprowadzał po raz pierwszy.

ELIMINACJA DRGAŃ RAMY ROBOTA O KINEMATYCE RÓWNOLEGŁEJ – DELTA- FANUC M3IA/6A

JAKUB GRABIEC^{1,2} MIROSŁAW PAJOR¹

¹Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny Szczecin Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin gj50252@zut.edu.pl

²FANUC Polska Sp. z o.o. Ul. Tadeusza Wendy 2 52-407 Wrocław jakub.grabiec@fanuc.eu

³Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny Szczecin Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin miroslaw.pajor@zut.edu.pl

Streszczenie. Roboty o kinematyce równoległej delta są szeroko stosowane w różnych gałęziach przemysłu, zwłaszcza w aplikacjach typu pick and place, które polegają na cyklicznym ruchu między określonymi pozycjami. Aby osiągnąć wysoką wydajność, czasy cykli są minimalizowane, co z kolei powoduje pojawienie się znacznych obciążeń dynamicznych. Te zmienne w czasie obciążenia często powodują wibracje, które negatywnie wpływają na dokładność i powtarzalność pozycjonowania robota.

W artykule przedstawiono wyniki prac nad tłumieniem drgań ramy nośnej robota typu delta. Badania rozpoczęto od szczegółowej analizy modalnej drgań konstrukcji nośnej ramy. Na tej podstawie wyznaczono krytyczne mody drgań. Zaproponowano dwie metody tłumienia drgań: metodę aktywną z dołączonym eliminatorem drgań oraz metodę pasywną wykorzystującą specjalne wypełnienie konstrukcji ramy mieszkanką polimerową zwiększającą tłumienie drgań.

Słowa kluczowe: robot delta, robot przemysłowy, eliminacja drgań, tłumienie drgań, właściwości dynamiczne

DIGITALIZACJA I POMIARY W PRZESTRZENI ROBOCZEJ OBRABIARKI CNC Z WYKORZYSTANIEM ZINTEGROWANEGO, OPTYCZNEGO NARZĘDZIA SKANUJĄCEGO

MAREK GRUDZIŃSKI¹, ŁUKASZ MARCHEWKA¹

¹Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Katedra Mechatroniki e-mail: marek.grudzinski@zut.edu.pl, lukasz.marchewka@zut.edu.pl

Streszczenie. Współczesne skanery optyczne 3D oraz obrabiarki CNC spotykane są najczęściej jako niezależne systemy, nie posiadające powiązanych przestrzeni roboczych. Stosuje się powszechnie kontrole międzyoperacyjne na zewnętrznych stanowiskach pomiarowych, jednak bez powiązania tych pomiarów z układem maszynowym obrabiarki. Zarówno geometria elementu obrabianego jak i przestrzeni roboczej obrabiarki pozostają dla systemu CNC nieznanne w momencie montażu przygotówki na stole. Program obróbki przygotowywany jest w środowiskach CAM w oparciu o modele geometryczne, jednak operator obrabiarki odpowiedzialny jest za bezkolizyjny dla narzędzia obróbkowego montaż i bazowanie.

Optyczne skanery bazujące na analizie obrazów z kamer, powszechnie wykorzystują punkty referencyjne w celu dokładnego połączenia fragmentów zeskanowanej powierzchni. Zmiana położenia głowicy skanującej względem obiektu może być tym samym planowana dowolnie o ile widoczna jest minimalna liczba markerów w otoczeniu obiektu. Użycie tej techniki na obrabiarkach CNC może okazać się kłopotliwe, ze względu na liczne zanieczyszczenia, a ponadto zasadniczym problemem jest ustalenie na podstawie uzyskanego skanu 3D położenia przedmiotu obrabianego bezpośrednio na obrabiarce.

W niniejszym artykule przedstawiony zostanie sposób skanowania przestrzeni roboczej obrabiarki CNC oraz przedmiotu obrabianego przy użyciu skanera światła strukturalnego. Zaprojektowany skaner stanowi rodzaj narzędzia dla obrabiarki i posiada standardowy system montażu we wrzecionie. O ile ustalenie relacji systemu kamer w lokalnym układzie wzorca kalibracyjnego jest zadaniem dobrze znanym, to nieoczywiste jest określenie chwilowego położenia całej głowicy skanującej względem układu maszynowego, szczególnie podczas zmian konfiguracji korpusów obrabiarki. W artykule opisane zostaną procedury kalibracji i integracji układu maszynowego obrabiarki CNC oraz przestrzeni roboczej skanera światła strukturalnego, umożliwiające szybkie pomiary geometrii i wyrażenie punktów pomiarowych od razu w układzie maszynowym. Co najbardziej istotne, pomiary wykonywane mogą być bez używania markerów, bazując wyłącznie na odczytywanych z enkoderów zmianach struktury kinematycznej obrabiarki. W tym celu utworzono model kinematyki obrabiarki, której nierozłącznymi i rekonfigurowanymi elementami są również komponenty optyczne. Wykonano również przykładowe skanowanie fragmentu przestrzeni roboczej i optyczne pomiary detalu wzorcowego w układzie maszynowym dla różnych konfiguracji korpusów obrabiarki, wykazujące słuszność koncepcji.

Proponowane rozwiązanie może znacznie uprościć proces bazowania przedmiotu obrabianego, czy planowania naddatków na obróbkę wraz z ich wizualizacją metodami projekcji wirtualnej lub w rzeczywistości rozszerzonej. Ponadto, korzystając z algorytmów sztucznej inteligencji, możliwe będzie automatyczne skanowanie całej przestrzeni roboczej w celu identyfikacji dowolnie ułożonych w niej elementów, co umożliwi automatyczne planowanie bezkolizyjnych ruchów narzędzia i zwiększy poziom bezpieczeństwa maszyny i operatora.

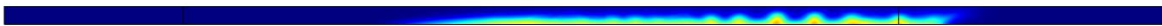
SIMULATION OF BOILING TWO-PHASE FLOW IN A VAPOR-VENTING MINICHANNEL

HUBERT GRZYBOWSKI¹, ROMUALD MOSDORF¹

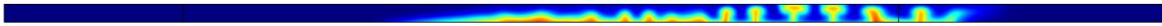
¹*Department of Mechanics and Applied Computer Science, Bialystok University of Technology
e-mail: h.grzybowski@pb.edu.pl, r.mosdorf@pb.edu.pl*

Summary. The work presents the use of the homogenous multi-phase mixture modeling approach to simulate nucleate boiling in a vapor-venting microchannel. Eulerian multiphase model as well as interphase mass, momentum and energy transfer models is employed to consider the non-equilibrium between two phases. All these interphase interactions are calculated based on the interfacial area density model. Subcooled boiling at wall is modeled by the RPI wall boiling model proposed by Kurul and Podowski [1]. The liquid phase is treated as a continuous phase while vapor phase as dispersed phase. Whereas CHF mechanism is modeled by the improved wall boiling model (i.e., the CHF model). The simulation reveals that the method of venting vapor is successful in addressing the problem of vapor accumulation issue, decreasing pressure drop, and preventing localized dry-out within the minichannel. An increase overall heat transfer is noticed in the channel designed for venting vapor. This simulation offers valuable information for enhancing the design and efficiency of heat exchangers that utilize vapor-venting techniques. Sample two-phase flow patterns obtained using presented model is shown in Figure.

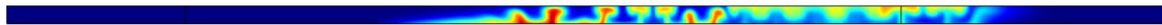
Time=2.15 s



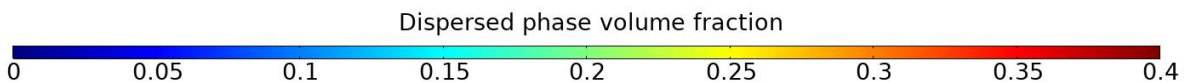
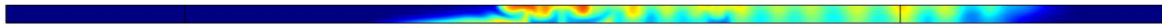
Time=2.2 s



Time=2.25 s



Time=2.3 s



Two-phase flow patterns in minichannel with constant heat flux.

- [1] Kurul N. and Podowski M. Z., "On the modeling of multidimensional effects in boiling channels," in Proceedings of the 27th National Heat Transfer Conference, Minneapolis, Minn, USA, July 1991.

Acknowledgement:

This work has been accomplished under the research project No. WZ/WM-IIM/4/2023 financed by the Bialystok University of Technology.

WYKORZYSTANIE CIENKICH PRZEWODÓW NITI DO MONITOROWANIA STRUKTURALNEGO ORAZ W AKTUATORACH TYPU "SELF-SENSING"

JONASZ HARTWICH¹, SEBASTIAN SŁAWSKI¹, MAREK KCIUK²,
SŁAWOMIR DUDA¹

¹*Katedra Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, Politechnika Śląska email: Jonasz.Hartwich@polsl.pl,
Sebastian.Slawski@polsl.pl, [Sławomir.Duda@polsl.pl](mailto:Slawomir.Duda@polsl.pl)*

²*Katedra Mechatroniki, Politechnika Śląska email: Marek.Kciuk@polsl.pl,*

Ze względu na swoje unikalne właściwości inteligentne materiały mogą być stosowane zarówno w układach sensorycznych, jak i aktyuatorach a w niektórych aplikacjach mogą zastępować także układy sterowania. Inteligentne materiały to materiały posiadające jedną lub więcej właściwości zależnych w kontrolowany sposób od bodźce zewnętrzne takie jak: naprężenie, temperatura, pole elektryczne lub magnetyczne, promieniowanie, pH, wilgoć lub związki chemiczne. Istotną grupą wśród materiałów inteligentnych są materiały z pamięcią kształtu w ramach, których największą popularnością cieszą się stopy na bazie niklu i tytanu (NiTi).

Streszczenie. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych mających na celu określenie właściwości stopu NiTi związanych z przemianami struktury krystalicznej. W trakcie badań eksperymentalnych zmierzono zależność siły oraz pomieszczenia generowanego przez próbkę w zależności od prądu grzania oraz jego temperatury. Ponadto w pracy poruszono również kwestię kalibracji modelu materiałowego stopu NiTi. W tym celu przeprowadzono próbę rozciągania cienkich przewodów ze stopu NiTi podczas aktywacji. Skalibrowany model materiałowy został zweryfikowany poprzez porównanie go z wynikami eksperymentalnymi.

W niniejszej pracy wyznaczono właściwości przewodów ze stopów niklu i tytanu dostarczonych przez firmę Dynalloy, których handlowa nazwa to Flexinol. W procesie przygotowania próbki, przewody ze stopu NiTi zostały pocięte na kawałki o długości 100 mm, na końcach przewodów zostały zamontowane tuleje zaciskowe. W skład toru pomiarowego wchodził: statyw STAV 500/280 przeznaczony do zamocowania próbki oraz pomiaru przemieszczenia, siłomierz FB50 pozwalający na pomiar występujących sił, termopara TTE426 do pomiarów temperatury otoczenia. Do pomiaru rezystancji realizowanego metodą 4 przewodową oraz do odczytu danych z termopary wykorzystano moduł NI9216. Akwizycja danych pomiarowych prowadzona była z wykorzystaniem systemu cDAQ-9174. Do pomiarów temperatury próbki wykorzystana została kamera termowizyjna Flir A325 z soczewką close-up x1. Aktywacja termiczna próbki realizowana była z wykorzystaniem zasilacza DC.

Na podstawie badań określono zależność generowanego przez próbkę siły oraz uzyskanego przemieszczenia w zależności od temperatury i prądu grzania. Stwierdzono również, że:

- wraz ze zmniejszaniem się wartości prądu grzania poniżej wartości prądu znamionowego, zmniejszało się również uzyskane przemieszczenie oraz siła generowana przez przewód
- wraz ze spadkiem wartości prądu grzania malała również dynamika transformacji, co zostało zobrazowane wydłużeniem czasu aktywacji przewodów
- wyniki symulacji numerycznych z wykorzystaniem skalibrowanego modelu numerycznego są zbliżone do danych uzyskanych eksperymentalnie. Pozwala to na wykorzystanie modelu numerycznego w przyszłych badaniach.

MODELOWANIE WSPÓŁPRACY GRAWITACYJNEGO MAGAZYNU ENERGII ZE ŹRÓDŁEM ODNAWIALNYM

DOMINIK HULAK¹, LESZEK REMIORZ¹

¹*Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych, Politechnika Śląska e-mail: dominik.hulak@polsl.pl, leszek.remiorz@polsl.pl*

Streszczenie. Jednym z głównych nurtów globalnej transformacji energetycznej jest intensyfikacja wykorzystania źródeł odnawialnych do wytwarzania energii elektrycznej. Wzrost ich udziału w strukturach wytwórczych jest jednakże związany z różnymi negatywnymi oddziaływaniami, z których niestabilność produkcji jest kluczowa, przez co koniecznością staje się wprowadzanie systemów magazynowania energii. Jedną z proponowanych w ostatnich latach technologii są magazyny grawitacyjne, zapewniające wysoką sprawność, brak samorozładowania i długą żywotność. Ze względu na dużą dostępną różnicę poziomów, korzystne wydaje się ich lokalizowanie w szybach kopalnianych. W niniejszej pracy przedstawiono model magazynu grawitacyjnego dedykowanego do szybów górniczych. Analizie poddano strukturę energetyczną składającą się ze źródła odnawialnego w postaci turbiny wiatrowej oraz zasobnika grawitacyjnego. Określono wpływ wprowadzenia magazynu grawitacyjnego do struktury energetycznej na jej wydajność. Posłużono się wskaźnikami określającymi stopień samowystarczalności oraz stopień wykorzystania źródła odnawialnego. Wykazano, że wprowadzenie do struktury energetycznej magazynu grawitacyjnego spowodowało wzrost powyższych wskaźników, przez co spadła ilość energii wprowadzanej do sieci w okresach nadwyżki wytwarzania, a także spadła ilość energii pobieranej z sieci w okresach nadwyżki zapotrzebowania. Stwierdzono, że wpływ akumulacji energii jest tym bardziej pozytywny, im większa jest pojemność akumulatora, aczkolwiek przyrost wartości wskaźników nie jest proporcjonalny do przyrostu pojemności. Zauważono również sezonowość zmian wywołanych wprowadzeniem magazynu energii, jako skutku różnego zapotrzebowania na energię w poszczególnych porach roku oraz występowania minimalnej operacyjnej mocy magazynu. W pracy potwierdzono, że magazyny grawitacyjne, przy spełnieniu odpowiednich warunków, mogą stanowić alternatywę dla innych metod akumulacji energii.

ANALIZY WYTRZYMAŁOŚCIOWE I EKSPERYMENTALNE KOMPOZYTOWYCH ELEMENTÓW PODPÓR RUROCIĄGU KRIOGENICZNEGO

ARTUR ILUK¹, PIOTR GRZEGORY²

¹*Katedra Konstrukcji i Badań Maszyn i Urządzeń, Politechnika Wroclawska
e-mail: artur.iluk@pwr.edu.pl*

²*Kriosystem e-mail: piotr.grzegory@kriosystem.com.pl*

Streszczenie. W artykule przedstawiono numeryczne i eksperymentalne analizy wytrzymałościowe podpór wewnętrznych nowego wieloprzewodowego rurociągu kriogenicznego przeznaczonego do akceleratora LHC w CERN, Genewa. Podpory wewnętrzne muszą zapewniać nie tylko odpowiednią wytrzymałość, ale również izolację termiczną rur procesowych dostarczających ciekły i gazowy hel do akceleratora LHC. W celu poprawienia izolacji termicznej w konstrukcji wykorzystano kompozytowe rury pełniące jednocześnie funkcję nośną i izolacyjną.

Przedstawiono zastosowane przypadki obliczeniowe oraz eksperymentalną weryfikację wytrzymałości rur kompozytowych.

STATYCZNY I DYNAMICZNY ASPEKT ZASADY PRAC PRZYGOTOWANYCH

ELŻBIETA JARZĘBOWSKA¹, MICHAŁ MAKOWSKI², WIESŁAW
GRZESIKIEWICZ², ARTUR ZBICIAK³

¹*Instituto Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej, Politechnika Warszawska,
e-mail: Elzbieta.Jarzebowska@pw.edu.pl*

²*Instituto Pojazdów i Maszyn Roboczych, Politechnika Warszawska, e-mail: wgr@simr.pw.edu.pl,
michal.makowski1@pw.edu.pl*

³*Instituto Dróg i Mostów, Politechnika Warszawska e-mail: artur.zbiciak@pw.edu.pl*

Streszczenie. Analizujemy wariacyjną zasadę prac przygotowanych w aspekcie statycznym i dynamicznym. Zwracamy uwagę na nieadekwatne sformułowania równań ruchu układu mechanicznego, przy użyciu tej zasady. Prezentujemy ogólną postać zasady prac przygotowanych oraz wynikające stąd wariacyjne sformułowania zadania statyki.

Wariacyjny opis zadania dynamiki układu mechanicznego z nieróżniczkowalnymi funkcjami energii potencjalnej i dyssypacji, formułujemy na podstawie różniczkowej zasady Gaussa. Zadanie to ma postać zagadnienia programowania matematycznego, którego rozwiązanie wyznacza przyspieszenia ciał układu oraz siły reakcji ograniczeń. Obok rozważań ogólnych zamieszczamy przykłady ilustrujące omawiane problemy.

ANALIZA PRĄDÓW SILNIKÓW NAPĘDOWYCH TOKARKI W CELU WYKRYWANIA DRGAŃ PODCZAS OBRÓBKI

MARCIN JASIEWICZ¹, KAROL MIĄDLICKI¹, BARTOSZ POWAŁKA¹

¹*Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie e-mail: marcin.jasiewicz@zut.edu.pl, karol.miadlicki@zut.edu.pl, bartosz.powalka@zut.edu.pl*

Streszczenie. Współczesny przemysł wymaga urządzeń, które poza swoim głównym zadaniem, potrafią również diagnozować swój stan i wcześniej wskazywać jakiegokolwiek nieprawidłowości podczas działania. Jedną z takich nieprawidłowości dla obrabiarek są drgania chatter występujące podczas obróbki. W klasycznym podejściu do wykrywania tych drgań wymagane zastosowanie dodatkowych czujników przyspieszeń lub mikrofonów wraz z układami przetwarzania sygnałów montowanych dodatkowo w obrabiarence. W prezentowanej pracy przedstawiono wyniki analiz prądów silników napędowych tokarki, na których drgania występujące podczas obróbki również mogą się ujawnić. Rejestrowane sygnały zawierają jednak również składowe nie pochodzące od procesu skrawania, stąd konieczność odpowiedniej filtracji sygnałów. W pracy przedstawiono wyniki szeroko zakrojonych badań doświadczalnych, w których poza wielkościami elektrycznymi rejestrowano przyspieszenia i dźwięk w strefie roboczej obrabiarki, co stanowi punkt odniesienia do wykrywania drgań podczas obróbki.

OCENA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH MATERIAŁÓW BIOMORFICZNYCH

KAMIL JOSZKO¹, WOJCIECH WOLAŃSKI¹, BOŻENA GZIK-ZROSKA², ILONA
ŁYSY¹, GRZEGORZ DULĘBA¹, JUSTYNA MAJEWSKA³, MAREK ŁOS⁴

¹*Katedra Biomechatroniki, Politechnika Śląska e-mail: kjoszko@polsl.pl, wwolanski@polsl.pl, ilonwie557@student.polsl.pl, grzedul968@student.polsl.pl*

²*Katedra Biomateriałów i Inżynierii Wyrobów Medycznych, Politechnika Śląska e-mail: bozena.gzikzroska@polsl.pl*

³*Katedra Informatyki Medycznej i Sztucznej Inteligencji, Politechnika Śląska e-mail: justyna.majewska@polsl.pl*

⁴*Centrum Biotechnologii, Politechnika Śląska e-mail: marek.los@polsl.pl.*

Streszczenie. Przedstawiona praca miała na celu przybliżyć rozwijający się dział nauki, jakim jest implantologia oraz wzrastające zainteresowanie materiałami biomorficznymi. Głównym jej założeniem było przeprowadzenie statycznej próby trójpunktowego zginania połączonej z systemem cyfrowej korelacji obrazu, dzięki którym uzyskano charakterystyczne własności mechaniczne badanych materiałów. Celem przeprowadzonych prób było wyodrębnienie materiałów, których własności są najbardziej zbliżone do struktury kości człowieka. Ze względu na zauważone niedoskonałości materiałów stosowanych dotychczas w implantologii, założono zaproponowanie alternatywy dla istniejących już na rynku substytutów kości człowieka.

Podziękowania:

Niniejsze badania zostały sfinansowane w całości lub w części przez Narodowe Centrum Nauki proj. nr 2021/41/B/NZ7/04098. Na potrzeby otwartego dostępu autorzy zastosowali publiczną licencję dotyczącą praw autorskich CC-BY do dowolnej wersji rękopisu zaakceptowanego przez autorów (AAM) wynikającej z tego zgłoszenia.

BADANIA NUMERYCZNE WYTRZYMAŁOŚCI I STATECZNOŚCI RZECZYWISTYCH KOLUMN CEOWYCH ZE WZMOCNIONYMI PÓLKAMI

PIOTR KĘDZIA¹, PIOTR PACZOS¹

¹*Wydział Inżynierii Mechanicznej, Politechnika Poznańska e-mail: piotr.kedzia@put.poznan.pl, piotr.paczos@put.poznan.pl*

Streszczenie. Praca poświęcona jest numerycznym badaniom wytrzymałości i stateczności rzeczywistych kolumn o przekroju ceowym. Kolumny zostały wykonane z arkuszy blachy o stałej grubości, przy czym przekrój poprzeczny kolumn jest niestandardowy i posiada wzmocnione półki w postaci podwójnej grubości blachy. Efekt zwiększonej grubości uzyskano poprzez dodatkowe zagięcie arkusza blachy, z której wykonano elementy. Ze względu na dodatkowe operacje gięcia powstałe kolumny posiadają niedokładności wykonania.

Rzeczywiste kolumny zostały zeskanowane z wykorzystaniem metod optycznych, a otrzymane modele numeryczne poddano badaniom wytrzymałości i stateczności w programie SolidWorks z modułem Simulation wykorzystującym Metodę Elementów Skończonych.

W badaniach numerycznych wytrzymałości wyznaczono położenie środka ciężkości przekroju rzeczywistych kolumn i porównano z położeniem środka ciężkości przekroju dla kolumny idealnej. Następnie wykonano badania ściskania i wyznaczono skrócenie elementów. Przeprowadzono również symulacje przesunięcia mimośrodowego przyłożenia obciążenia w celu przeanalizowania jego wpływu na efekt zginania zarówno dla kolumn rzeczywistych jak i idealnej.

Dodatkowe badania numeryczne wytrzymałości przeprowadzono dla zginania. Wyznaczono położenie środka ścinania i porównano jego położenie dla kolumn rzeczywistych oraz idealnej. Wyznaczono również ugięcie oraz kąty ugięcia zginanych kolumn w zależności od kierunku przyłożenia obciążenia.

Na koniec przeprowadzono badania stateczności rzeczywistych kolumn, wyznaczono obciążenie krytyczne podczas ściskania oraz postaci wyboczenia.

Wszystkie wyniki zostały przedstawione w tabelach oraz na wykresach.

Projekt został sfinansowany przez Narodowe Centrum Nauki – Polska, przyznany na podstawie decyzji nr DEC-2021/43/B/ST8/00845 z dnia 2022-05-23 – Umowa nr UMO-2021/43/B/ST8/00845.

WPLYW WYBRANEGO MODYFIKATORA FIZYCZNEGO NA ZMIANĘ WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH ORAZ TRIBOLOGICZNYCH KOMPOZYTU POLIMEROWEGO

EWELINA KOSICKA¹, ANETA KRZYŻAK², ROBERT SZCZEPANIAK²

¹*Katedra Informatyzacji i Robotyzacji Produkcji, Politechnika Lubelska e-mail: e.kosicka@pollub.pl,*

²*Katedra Płatowca i Silnika, Lotnicza Akademia Wojskowa w Dęblinie e-mail: a.krzyzak@law.mil.pl, r.szczepaniak@law.mil.pl*

Streszczenie. Postęp technologiczny, rzutujący m.in. na dynamiczny rozwój inżynierii materiałowej, generuje poszukiwania nowych rozwiązań. Inżynierowie, projektując nowoczesne materiały, głównie koncentrują się na modyfikacjach w technologii ich produkcji i składzie. Te działania mają na celu dostosowanie materiałów do norm środowiskowych, czasu eksploatacji i innych istotnych czynników. Rynek materiałowy uległ rewolucji dzięki zastosowaniu kompozytów, zwłaszcza polimerowych. Modyfikacje w ich składzie pozwalają na poprawę niektórych właściwości materiałów przy jednoczesnych korzyściach ekonomicznych.

Przedmiotem badań autorów był kompozyt polimerowy o osnowie z żywicy epoksydowej L285 utwardzonej utwardzaczem H285 i z fizycznym modyfikatorem tarcia w postaci węgla krzemu. W artykule przedstawiono analizę wyników badań tribologicznych. Oceniono wpływ właściwości modyfikatora w postaci węgla krzemu tj. udziału masowego na zużycie ściernie kompozytu, definiowane jako ubytek masy, a także na parametry chropowatości oraz wybrane właściwości mechaniczne. Badania tribologiczne zostały poszerzone o pomiary twardości oraz gęstości przygotowanych kompozytów

BADANIA NUMERYCZNE WYTRZYMAŁOŚCI PLATFORMY INTERMODALNEJ W WARIANCIE PODSTAWOWYM

WIESŁAW KRASOŃ¹, GRZEGORZ SŁAWIŃSKI¹, DANIEL DOBROWOLSKI¹

¹*Instytut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej, Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego e-mail: wieslaw.krason@wat.edu.pl, grzegorz.slawinski@wat.edu.pl, daniel.dobrowolski@student.wat.edu.pl*

Streszczenie. Tani, prosty w budowie moduł podstawowy i zestawy multi-platformy, uzyskane z połączenia modułów podstawowych, o wymiarach odpowiadających typowym kontenerom kolejowym: 10' lub 20' stopowym, mogą być używane do wspomaganie intermodalnego transportu kolejowo-drogowego dłużycy drewnianej, metalowej z uwzględnieniem rur, wyrobów przewożonych na paletach i materiałów sypkich. Zastosowanie takiej konstrukcji o różnych ww. wymiarach podłużnych, wyeliminuje konieczność wielokrotnego powtarzania operacji indywidualnego załadunku –wyładowania każdej jednostki transportowanego ładunku (np. pojedynczego kłosa drewna, wiązki prętów, jako dłużycy metalowej, pojedynczej rury itp.) podczas każdego przeładunku (z miejsca wycinki, produkcji, składowania itp.).

Pojedynczy moduł-platformy w płaszczyźnie mocowania np. do wagonu ma wymiary kontenera 10'. Platforma podstawowa 10' ma budowę modułową. Może być montowany w różnych konfiguracjach w zależności od przeznaczenia. Kompletny moduł-platforma składa się ze stalowej ramy, obrotowej czołownicy ustawionej pionowo na jednym końcu ramy i zestawu demontowalnych kłonic z cięgnami opasującymi ładunek.

Dodatkowo pojedynczy moduł platformy w wariancie podstawowym może być wyposażona w demontowalne ściany boczne metalowe lub wykonane z kompozytu i roletowo składany dach. Zabudowa taka pozwoli zabezpieczyć ładunek przed opadami atmosferycznymi. Mogą być także zastosowane zabudowy specjalne, które umożliwią transportowanie ładunków takich jak np. blacha w kręgach, bele papieru, materiały sypkie, w tym zboża i inne.

Na podstawie norm branżowych przyjęto wstępne założenia techniczne dotyczące projektowanego pojedynczego modułu platformy 10' stopowej:

- kryterium wytrzymałości - współczynnik bezpieczeństwa konstrukcji $n = 2$;
- materiał konstrukcyjny: stal spawalna S355; $R_{dop_n} = 240\text{MPa}$, dla $n = 2$;
- obciążenia: ciężar własny kompletnego zestawu pojedynczego modułu platformy-kontenera $m_{max} \leq 2500\text{kg}$, obciążenie ładunkiem np. dłużycy / ciężar wynoszący maksymalnie $Q_{max} = 100\text{kN}$ lub obciążenia maksymalne od wariantów eksploatacyjnych tj. przypadki podejmowania ładunku z powierzchni ziemi wynoszące $P_{max} = 100\text{kN}$,
- kryterium kinematyczne bezpieczeństwa konstrukcji – dla wariantów obciążeń eksploatacyjnych podejmowania platformy za pomocą zawiesia linowego i załadunku widłowego.

Zbudowano odpowiednie modele numeryczne, w których złącza odwzorowano w sposób uproszczony i wykonano analizy MES. W fazie wstępnej wykonano wielowariantowe badania platform 10' a także zestawu 20' stopowego jednorodnego, bez złączy burtowych w modelach uproszczonych z zastosowaniem granicznych obciążeń eksploatacyjnych, przy różnych metodach załadunku ładunku o maksymalnej wartości $Q_{max} = 100\text{kN}$. W każdym wariancie obciążeń uwzględniano także ciężar własny platformy.

MODYFIKACJA PROFILU PRĘDKOŚCI POWIETRZA W WARSTWIE PRZYŚCIENNEJ Z WYKORZYSTANIEM STANOWISKA BADAWCZEGO Z RUCHOMĄ TAŚMĄ

GRZEGORZ KRYSZTOFIAK¹, MAREK MILLER¹

¹*Laboratorium Badań Aerodynamicznych, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa*
e-mail: grzegorz.krysztofiak@ilot.lukasiewicz.gov.pl , marek.miller@ilot.lukasiewicz.gov.pl

Streszczenie. Kluczowym aspektem wpływającym na uzyskanie prawidłowych wyników charakterystyk aerodynamicznych pojazdów naziemnych badanych w tunelach aerodynamicznych jest właściwe odwzorowanie profilu prędkości powietrza. W wyniku występowania sił tarcia pomiędzy przepływającym powietrzem a nieruchomą powierzchnią nad powierzchnią tą występuje obszar o zmniejszonej prędkości przepływu zwany warstwą przyścienną. Przy uwzględnieniu skali modeli badawczych grubość warstwy przyściennej w badaniach eksperymentalnych nabiera szczególnego znaczenia. Minimalizowanie grubości warstwy przyściennej realizowane jest z wykorzystywaniem różnych metod, takich jak: płyta odcinająca, odpowiednie pochylenie podłogi, wyniesienie modelu poza strefę warstwy przyściennej, czy też zastosowanie podłogi z ruchomą taśmą. Ostatnie rozwiązanie jako pionierskie w Polsce zostało zaimplementowane w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa w tunelu aerodynamicznym niskich prędkości T-1. Autorzy artykułu przedstawiają istotny wpływ zastosowania stanowiska badawczego z ruchomą taśmą na uzyskiwany profil prędkości powietrza dla różnych warunków przepływowych. Wstępnie poprowadzone analizy wykazały skuteczność zastosowanego rozwiązania pozwalając tym samym na redukcję warstwy przyściennej z kilkunastu do kilku milimetrów grubości. Zastosowane rozwiązanie pozwala na badanie pojazdów naziemnych oraz modeli samolotów w fazie taxingu lub startu i lądowania z możliwie dużym odwzorowaniem warunków rzeczywistych.

BADANIA EKSPERYMENTALNE SZYBKOSMIENNYCH ZJAWISK DETONACJI I ODDZIAŁYWANIA WYBUCHU NA LUDZI I OTOCZENIE Z ZASTOSOWANIEM NOWOCZESNYCH TECHNIK POMIARU

EDYTA KRZYSTAŁA¹, SEBASTIAN SŁAWSKI¹, KAMIL KURPANIK¹,
MATEUSZ POLIS², KONRAD SZYDŁO²

¹*Katedra Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej, Politechnika Śląska e-mail: Edyta.Krzystala@polsl.pl, Sebastian.Slawski@polsl.pl, Kamil.Kurpanik@polsl.pl,*

²*Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Przemysłu Organicznego Oddział w Krupskim Młynie e-mail: mateusz.polis@ipo.lukasiewicz.gov.pl, konrad.szydlo@ipo.lukasiewicz.gov.pl*

Streszczenie. Improwizowane urządzenie wybuchowe (tzw. IED – z ang. Improvised Explosive Devices) to bomba tzw. „domowej konstrukcji”, której celem jest uśmiercenie lub spowodowanie obrażeń ciała u ludzi czy też spowodowanie strat materialnych w najbliższym otoczeniu. IED może zostać wytworzony poprzez użycie materiału wybuchowego samodzielnie lub w połączeniu ze środkami chemicznymi, biologicznymi, zapalającymi lub radioaktywnymi. Ładunki tego typu były szeroko używane w Iraku oraz Afganistanie i były odpowiedzialne za około 63 proc. zgonów wśród wojsk koalicji. Obecne działania militarne w Ukrainie pokazują, że miny i improwizowane ładunki wybuchowe są w dalszym ciągu bardzo niebezpieczną i powszechnie stosowaną bronią. Fala uderzeniowa, ciśnienie, zmiany temperatury oraz odłamki powstałe podczas eksplozji stwarzają poważne zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi, a także mają destrukcyjny wpływ na konstrukcje budowlane i infrastrukturę przemysłową.

Pomiar zjawisk szybkozmiennych procesów detonacji oraz oddziaływania wybuchu na ludzi i otoczenie jest dużym wyzwaniem, ze względu na bezpieczeństwo kadry badawczej, możliwość uszkodzenia toru pomiarowego oraz wymagania techniczne związane z dużą częstotliwością próbkowania oraz dużym zakresem pomiarowym stosowanej aparatury.

W ramach pracy opracowano metodyki badawcze, które umożliwią pomiar przyspieszenia w wybranych punktach na antropomorficznym manekinie o masie 75 kg, tj.: głowa, miednica, kończyny dolne z jednoczesnym pomiarem ciśnienia fali uderzeniowej w różnych odległościach od miejsca detonacji. Zaprezentowane zostaną wyniki eksperymentalnych badań poligonowych, w trakcie których przygotowano i zdetonowano 18 próbek materiałów wybuchowych o zmiennej geometrii oraz zmierzono ciśnienie fali uderzeniowej wybuchu takich materiałów jak RDX oraz ANFO. Uzupełnieniem proponowanego toru pomiarowego były również szybkie kamery, w tym Phantom v9.1 oraz szybka kamera termowizyjna. Wyniki badań umożliwiają ocenę zagrożenia związanego z detonacją materiałów wybuchowych dla życia i zdrowia ludzi oraz infrastruktury przemysłowej, która często może być celem działań terrorystycznych lub wojskowych. Uzyskane wyniki dostarczają ważnych danych ilościowych w celu opracowania narzędzi predykcji zagrożeń związanych z eksplozją materiałów wybuchowych, w tym IED.

Badania wykonanie zostały w ramach pojedynczego działania naukowego MINIATURA 6 10/030/PBU22/1045 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki

ITERACYJNY POMIAR NADDATKÓW ŁOPATKI SILNIKA LOTNICZEGO W PROCESIE ZROBOTYZOWANEGO SZLIFOWANIA

KRZYSZTOF KURC¹, ANDRZEJ BURGHARDT¹, MAGDALENA
MUSZYŃSKA¹, DARIUSZ SZYBICKI¹

¹*Katedra Mechaniki Stosowanej i Robotyki, Politechnika Rzeszowska e-mail: kkurc@prz.edu.pl, andrzejb@prz.edu.pl, magdaw@prz.edu.pl, dszybicki@prz.edu.pl*

Streszczenie. Łopatki lotnicze wytwarzane są wieloma metodami. Jedną z nich jest precyzyjna obróbka elektrochemiczna, po której łopatki zostają poddane ręcznemu procesowi szlifowania. Podczas szlifowania łopatek lotniczych wymagana jest wysoka precyzja i konieczność iteracyjnej kontroli wymiarowej. Kontroli tej podlegają grubość pióra łopatki w wymaganych przekrojach, promienie krawędzi natarcia i krawędzi spływu, cięciwy, kąty skręcenia itp. W artykule przedstawiono opracowany zrobotyzowany proces szlifowania łopatek z autorskim iteracyjnym pomiarem laserowym parametrów geometrycznych. Zaprojektowano i wykonano urządzenie pomiarowe z głowicami laserowymi, przeprowadzono kalibrację i sprawdzono powtarzalność. Dane pomiarowe użyto w procesie doboru prędkości posuwu obróbki i prędkości obrotowej narzędzi przez system decyzyjny z logiką rozmytą. Zaproponowane rozwiązanie zweryfikowano na łopatkach silników lotniczych turbośmigłowych PT6A.

WERYFIKACJA DOŚWIADCZALNA MODELU NUMERYCZNEGO CZUJNIKA TYPU MEMS

KAMIL KURPANIK¹, SŁAWOMIR KCIUK¹

¹Politechnika Śląska Gliwice, Poland e-mail: kamil.kurpanik@polsl.pl

Streszczenie. Praca dotyczy badań i konstrukcji modelu akcelerometru typu MEMS, ze szczególnym uwzględnieniem ADXL377 - akcelerometru pojemnościowego. Urządzenie to, zbudowane na podłożu krzemu, wykorzystuje strukturę polikrystaliczną z mikroukładem powierzchniowym. Sprężyny polikrystaliczne zawieszają strukturę nad powierzchnią podłoża, dostarczając oporu przeciwko siłom przyspieszenia. Odchylenie struktury mierzone jest za pomocą kondensatora różnicowego, który składa się z niezależnych płyt stałych i płyt przymocowanych do ruchomej masy. Przyspieszenie powoduje odchylenie ruchomej masy i kondensatora różnicowego, co skutkuje zmianą napięcia na wyjściu czujnika, proporcjonalną do przyspieszenia. Na podstawie tych informacji opracowano model matematyczny, który następnie poddano analizie za pomocą oprogramowania MATLAB i SIMULINK w celu symulacji działania akcelerometru.

Celem pracy jest weryfikacja pomysłu wykorzystania omawianego czujnika do badania wpływu fal uderzeniowych eksplozji na struktury mechaniczne. Optymalizacja i modelowanie parametrów odbywają się w odniesieniu do rzeczywistych danych z systemu pomiarowego. Następnie parametry mają umożliwić konstrukcję przenośnego akwizytora sygnałów o dużej prędkości.

Model został stworzony zgodnie z założeniami. W środowisku Matlab odzwierciedla on idealny akcelerometr, bez uwzględniania wpływu systemu elektronicznego na sygnał. Jednak pełny model w środowisku Simulink zawiera dodatkowe bloki wprowadzające szумы i zakłócenia, odzwierciedlając działanie rzeczywistego systemu. Praca ta stanowi krok w kierunku lepszego zrozumienia i wykorzystania potencjału czujników MEMS w badaniach mechanicznych struktur.

CZYNNIKI DETERMINUJĄCE EFEKTYWNOŚĆ REDUKCJI SIŁY TARCIA W RUCHU ŚLIZGOWYM PRZY DRGANIACH STYCZNYCH SPRĘŻYSTEGO PODŁOŻA

MARIUSZ LEUS¹, PAWEŁ GUTOWSKI¹

¹*Katedra Mechaniki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
e-mail: Mariusz.Leus@zut.edu.pl, Pawel.Gutowski@zut.edu.pl*

Streszczenie. Zjawisko zmiany siły tarcia w obszarze styku pary ciernej pod wpływem drgań może spełniać w układach mechanicznych dwojaką rolę zarówno pozytywną, jak i zdecydowanie negatywną. Badania doświadczalne i analizy teoretyczne tego zjawiska prowadzone są już od połowy zeszłego stulecia. Już wtedy wykazano, że siła tarcia w obecności drgań może zostać zmniejszona niemalże do zera. Stąd też prowadzone są badania nad praktycznym wykorzystaniem tego zjawiska w celu zwiększenia efektywności procesów technologicznych, w których pojawia się siła tarcia, np. procesów obróbki skrawaniem poprzez redukcję za pomocą drgań siły skrawania między narzędziem a przedmiotem obrabianym, czy też w górnictwie naftowym przy drażeniu odwiertów.

Efektywne wykorzystanie zjawiska redukcji siły tarcia pod wpływem drgań wymaga poznania i zrozumienia mechanizmów tego zjawiska zarówno w skali mikro, jak i makroskopowej. Wymaga także opracowania odpowiednich modeli matematycznych i numerycznych umożliwiających prowadzenie szybkich analiz symulacyjnych i dających możliwość tworzenia algorytmów numerycznego sterowania siłą tarcia za pomocą celowo wprowadzanych w obszar styku drgań wymuszonych.

Poziom redukcji siły tarcia pod wpływem drgań zależy od wielu czynników związanych zarówno z rodzajem materiału pary ciernej, parametrami drgań, parametrami eksploatacyjnymi takimi jak: prędkość względna realizowanego ruchu, naciski powierzchniowe, obecność w styku czynnika smarującego, temperatura pracy, czy też wilgotność środowiska, jak i parametrami związanymi z mikrogeometrią powierzchni tworzących styk. Wpływ tych czynników często jest przeciwstawny, np. wzrost amplitudy lub częstotliwości drgań zwiększa poziom redukcji siły tarcia, ale wzrost prędkości poślizgu lub wzrost nacisków powierzchniowych redukcję tę obniża. Co więcej obserwacja rzeczywistych układów, jak i porównanie wyników badań doświadczalnych i analiz symulacyjnych zjawiska redukcji siły tarcia pod wpływem drgań wykazuje, że zależy ono w istotny sposób od kierunku drgań w stosunku do zamierzonego lub rzeczywiście realizowanego ruchu.

W referacie omówiono oryginalny model matematyczny do analizy wpływu drgań na siłę tarcia w ruchu ślizgowym przy dowolnym kierunku drgań stycznych. Przedstawiono stanowisko badawcze do badań doświadczalnych oraz wyniki analiz symulacyjnych i doświadczalnych wpływu drgań stycznych na siłę tarcia z uwzględnieniem takich czynników jak prędkość poślizgu, amplituda i częstotliwość drgań, chropowatość powierzchni styku pary ciernej, rodzaj materiału i naciski powierzchniowe oraz kierunek drgań stycznych. W każdym z wyżej wymienionych przypadków uzyskano bardzo dobrą zgodność wyników analiz symulacyjnych i badań doświadczalnych, co potwierdza poprawność opracowanego modelu matematycznego i prawidłowość przeprowadzonych badań doświadczalnych.

DEVELOPMENT OF A NANOFLUID-BASED PATTERNING METHOD FOR DISPLACEMENT MEASUREMENTS USING LIGHT MICROSCOPY AND DIGITAL IMAGE CORRELATION

SEBASTIAN LUBOWICKI¹, JAKUB AUGUSTYNIAK², DARIUSZ MARIUSZ PERKOWSKI¹

¹*Department of Mechanics and Applied Informatics, Bialystok University of Technology e-mail: sebastian.lubowicki@sd.pb.edu.pl, d.perkowski@pb.edu.pl*

²*Department of Industrial Process Automation, Bialystok University of Technology e-mail: j.augustyniak@pb.edu.pl,*

Summary. Modern materials engineering problems, based on the study of the properties of advanced composite materials, are forcing researchers to carry out increasingly detailed research. The main trend in multiscale modelling is to analyze the interactions between individual material phases on a local scale rather than as a global approach to determine the effective properties of the material. This paper presents an alternative approach to nanofluid application to mechanical test specimens using digital image correlation (DIC) on images obtained with an optical microscope.

This paper compares the different types of nanofluids applied to specimens for microscopic examination using DIC. The quality was determined using qualitative and quantitative criteria. The tested nano-fluid-base pattern samples were subjected to microscopic observations at different magnifications, from which they were then classified. The first criterion characterizing the quality of a given sample was the size of a single nanoparticle, the quality of the particle distribution and the ability to form agglomerates. The second criterion was to determine the quantitative ratio of the dispersion applied to the sample material, based on a binary analysis of the ratio of black to white pixels. The third quality criterion was the comparison of entropy values calculated from nano-fluid pattern images at different magnifications, which characterizes the degree of disordered nanoparticles on the surface of the sample under study.

The conclusions of the study allowed the determination of the optimum choice of nanofluid for applying patterns to the surface of the studied samples. The nanofluids created will allow a very accurate analysis of the deformation of the different phases of the material using digital image correlation and light microscopy techniques. The developed approach can also be successfully applied to mechanical testing and observations using SEM microscopy.

Keywords: Nanofluid-base pattern, Digital Image Correlation, Microscopic measurements, composite materials

ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been accomplished under the research project WZ/WM-IIM/4/2023 financed by the Bialystok University of Technology.

TRWAŁOŚĆ ZMĘCZENIOWA PRÓBEK Z BRĄZU RG7 BEZ KARBU I Z KARBEM GEOMETRYCZNYM W WARUNKACH KOMBINACJI CYKLICZNEGO ZGINANIA ZE SKRĘCANIEM

TADEUSZ ŁAGODA¹, MARTA KUREK¹, JOANNA MAŁECKA²

¹*Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, Politechnika Opolska e-mail: t.lagoda@po.edu.pl
ma.kurek@po.edu.pl*

²*Katedra Technologii Maszyn i Materiałoznawstwa, Politechnika Opolska
e-mail: j.malecka@po.edu.pl*

Streszczenie. W pracy przeanalizowano trwałość zmęczeniową próbek z karbem geometrycznym na tle próbek bez karbu [1, 2] wykonanych z brązu RG7. Analizowane były przypadki cyklicznego zginania, cyklicznego skręcania oraz dwóch kombinacji cyklicznego proporcjonalnego zginania ze skręcaniem. W niniejszej pracy zostały wyznaczone charakterystyki zmęczeniowe dla badań wykonanych na próbkach z karbem. Następnie zastosowano kryteria wieloosiowego zmęczenia do oceny trwałości zmęczeniowej. Całość analiz wykonano dla systemu nominalnego, czyli przy przyjęciu modelu ciała idealnie sprężystego. Jako podstawowe kryterium wieloosiowego zmęczenia przyjęto kryterium Gougha-Pollarda proponowanego dla kombinacji cyklicznego zginania ze skręcaniem. Ponadto do analiz zastosowano również inne proponowane kryteria wieloosiowego zmęczenia w celu modelowania zachowania się analizowanego materiału nieżelaznego w warunkach wieloosiowego zmęczenia.

- [1] Małecka J., Łagoda T.: Fatigue and fractures of RG7 bronze after cyclic torsion and bending, *International Journal of Fatigue*, 168, 2023, pp. 1-12, DOI:10.1016/j.ijfatigue.2022.107475
- [2] Małecka J., Żak K., Łagoda T., Fatigue fracture surface of bronze rg7 under proportional cyclic torsion and bending, *Measurement*, Elsevier, vol. 217, 2023, s. 1-43, DOI:10.1016/j.measurement.2023.113126

ANALIZA PORÓWNAWCZA METOD PROGNOZOWANIA GENERACJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ PRZEZ ROZPROSZONE MIKROINSTALACJE FOTOWOLTAICZNE

PAWEŁ MACHAŁ¹, LESZEK REMIORZ²

¹TAURON Sprzedaż sp. z o.o., Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych, Politechnika Śląska
e-mail: pawel.machal@tauron.pl

²Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych, Politechnika Śląska e-mail: leszek.remiorz@polsl.pl

Streszczenie. Przebieg generacji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych (OZE) to złożony szereg czasowy, dodatkowo wzmocniony jest on znaczącym wzrostem jej udziału w produkcji całkowitej. Ryzyko pogorszenia jakości prognoz zapotrzebowania na energię elektryczną w krótkim okresie czasu wzrasta w związku ze wzrostem mocy zainstalowanej odnawialnych źródeł energii. Wynika to głównie z dużej dobowej zmienności produkcji energii elektrycznej ze źródeł OZE, która jest silnie uzależniona od lokalnych warunków pogodowych. Dotyczy to w szczególności źródeł fotowoltaicznych podłączonych do sieci niskiego napięcia. Zasadniczym celem tych badań była weryfikacja modeli prognostycznych stosowanych w złożonej problematyce prognozowania zapotrzebowania na energię elektryczną. Celem pośrednim było nie tylko samo prognozowanie, ale również znalezienie metod predykcji dwóch szczegółowych parametrów tj. poziomu produkcji i konsumpcji energii elektrycznej w sytuacji gdy posiadana jest informacja o poborze i wprowadzaniu energii elektrycznej z i do sieci dystrybucyjnej. Dane zmierzone i dostarczone przez Operatora Systemu Dystrybucyjnego (OSD) nie zawierają informacji o ilości energii elektrycznej generowanej przez poszczególne instalacje fotowoltaiczne. Koniecznym zatem było znalezienie metody szacowania generacji fotowoltaicznej na wybranym obszarze. Problem rozwiązano za pomocą historycznych profili zapotrzebowania, które nie były poddane zniekształceniom spowodowanymi przez generację fotowoltaiczną.

Zaproponowane podejście pozwala zmniejszyć błędy prognoz w przyszłości. Metoda opiera się o szacunkową ocenę ilości wytworzonej energii elektrycznej w mikroinstalacjach zainstalowanych na danym obszarze. Następnie obecny profil zapotrzebowania obszaru, nazywany profilem netto, jest powiększany generacją fotowoltaiczną. W efekcie otrzymamy szacowany profil brutto zapotrzebowania obszaru. Dobór odpowiednich modeli do prognozowania generacji PV (krzywa zapotrzebowania, wzmacniane lasy losowe) oraz modeli do prognozowania zapotrzebowania brutto (wzmacniane lasy losowe, modele wygładzania wykładniczego) pozwoliły uzyskać mniejsze odchylenie finalnej prognozy w stosunku do tej samej klasy modeli, ale stosowanych na zapotrzebowaniu netto.

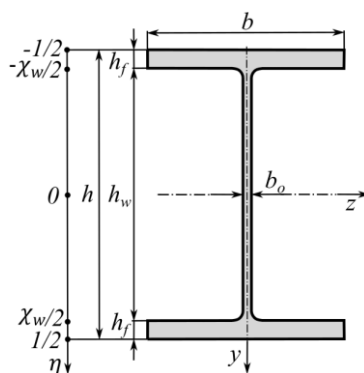
Dodatkowe informacje: prace finansowane z subwencji badawczej.

DRGANIA GIĘTNE BELKI DWUTEOWEJ Z UWZGLĘDNIENIEM EFEKTU ŚCINANIA – BADANIA ANALITYCZNE

KRZYSZTOF MAGNUCKI

*Sieć Badawcza Łukasiewicz, Poznański Instytut Technologiczny, Centrum Pojazdów Szynowych
e-mail: krzysztof.magnucki@pit.lukasiewicz.gov.pl*

Streszczenie. Przedmiotem pracy jest swobodnie podparta szerokostopowa belka dwuteowa o długości L , wysokości przekroju h , szerokości półek b oraz ich grubości h_f .



Schemat przekroju poprzecznego belki

Grubość środnika opisano funkcją postaci

$$f_w(\eta) = \beta_0 + (2\alpha_r - \beta_0) \tan^n \left(\frac{\pi}{2} \frac{\eta}{\chi_w} \right),$$

gdzie: $\eta = y/h$ – współrzędna bezwymiarowa, $\beta_0 = b_0/b$, $\chi_w = h_w/h$, α_r – parametry bezwymiarowe, oraz n – wykładnik potęgi (liczba parzysta). Wartości tych wielkości wyznaczane są zgodnie z przyjętym przykładowym przekrojem dwuteownika.

Biorąc pod uwagę pracę Magnucki (2022) opracowano model analityczny tej belki, jako strukturę trójwarstwową, który uwzględnia efekt ścinania w kolejnych jej częściach: półce górnej ($-1/2 \leq \eta \leq -\chi_w/2$), środniku ($-\chi_w/2 \leq \eta \leq \chi_w/2$), i półce dolnej ($\chi_w/2 \leq \eta \leq 1/2$). Następnie, na podstawie zasady Hamiltona $\delta(U_k - U_{e,\gamma}) = 0$ wyprowadzono układ dwóch równań różniczkowych ruchu, z rozwiązania którego wyznaczono częstotliwość drgań własnych belki

$$f_z = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\pi \cdot 10^3}{2\lambda L} \sqrt{(1 - C_{se}) \frac{\bar{J}_z}{A} \frac{E}{\rho_b}} \quad [\text{Hz}],$$

gdzie: C_{se} – współczynnik efektu ścinania, $\lambda = L/h$ – względna długość belki, E [MPa] – moduł Younga, ρ_b [kg/m³] – gęstość materiału belki, L [m] – długość belki. \bar{A} , \bar{J}_z – bezwymiarowe pole i moment bezwładności przekroju.

- [1] Magnucki K. An individual shear deformation theory of beams with consideration of the Zhuravsky shear stress formula. In: Zingoni A. (Ed.) *Current Perspectives and New Directions in Mechanics, Modelling and Design of Structural Systems*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York, 2022, pp. 682-689.

KIERUNKI PĘKNIĘĆ ZMĘCZENIOWYCH PRZY CYKLICZNYM SKRĘCANIU BRĄZU CYNOWO-CYNKOWO-OŁOWIANEGO

JOANNA MAŁECKA¹, TADEUSZ ŁAGODA²

¹*Katedra Technologii Maszyn i Materialoznawstwa, Politechnika Opolska e-mail: j.malecka@po.edu.pl*

²*Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, Politechnika Opolska, e-mail:t.lagoda@po.edu.pl*

Streszczenie. W pracy przeanalizowano problematykę pęknięcia zmęczeniowego próbek typu „diabolo” wykonanych z brązu cynowo-cynkowo-ołowianego które poddane zostały cyklicznemu skręcaniu przy współczynniku asymetrii cyklu $R = -1$. Zweryfikowano wpływ poziomu obciążenia, czyli amplitudy naprężenia stycznego na eksperymentalną trwałość zmęczeniową przebadanych próbek. Ponadto wykazano, że poziom obciążenia w znaczący sposób wpływa na makroskopowe kierunki pęknięć zmęczeniowych, co wynika z faktu rozdzielenia procesu pęknięcia na proces inicjacji i propagacji. Szczegółowe wyniki badań zmęczeniowych badanego i analizowanego brązu można znaleźć w pracach [1, 2].

[1] Małecka J., Łagoda T.: Fatigue and fractures of RG7 bronze after cyclic torsion and bending, International Journal of Fatigue, 168, 2023, pp. 1-12, DOI:10.1016/j.ijfatigue.2022.107475

[2] Małecka J., Żak K., Łagoda T., Fatigue fracture surface of bronze rg7 under proportional cyclic torsion and bending, Measurement, Elsevier, vol. 217, 2023, s. 1-43, DOI:10.1016/j.measurement.2023.113126

BADANIA DOŚWIADCZALNE BELEK CIENKOŚCIENNYCH PODDANYCH TRÓJPUNKTOWEMU ZGINANIU

MATEUSZ MANIAK¹, PIOTR PACZOS¹, MIKOŁAJ SMYCZYŃSKI¹

¹Wydział Inżynierii Mechanicznej, Politechnika Poznańska e-mail:
mateusz.maniak@doctorate.put.poznan.pl, piotr.paczos@put.poznan.pl,
mikolaj.smyczynski@put.poznan.pl,

Streszczenie. Przedmiotem badań są cienkościenne belki ceowe o klasycznych i zmodyfikowanych przekrojach poprzecznych. Analizowane belki są konstrukcjami cienkościennymi kształtowanymi z arkusza walcowanej na zimno blachy o zadanych wymiarach poprzecznych i podłużnych.



Przykładowe przekroje badanych cienkościennych belek ceowych

Przekroje belek ceowych w przeciągu kilkunastu ostatnich lat zmieniały swoje kształty w celu zwiększenia ich wytrzymałości, stateczności i nośności. Badania obejmują analizę doświadczalną tych zagadnień. Problem badawczy sprowadza się do opisanie i zbadanie zjawiska miejscowej utraty stateczności oraz wpływu zmiany przekroju poprzecznego na uzyskane wartości obciążeń. Odpowiednie ukształtowanie przekroju poprzecznego belki ceowej prowadzi do znacznego zwiększenia jej nośności w stosunku do jej masy. Sterując odpowiednimi parametrami geometrycznymi tej struktury, takimi jak: długość zagięcia, ilość zagięć na półce czy długość promienia gięcia można dążyć do maksymalizacji odporności z uwagi na wytrzymałość, stateczność i nośność. Wieloletnie doświadczenia w obszarze wytrzymałości i stateczności konstrukcji cienkościennych skłoniły autorów do przeprowadzenia innych badań, zbliżonych do rzeczywistego obciążenia konstrukcji.

Projekt został sfinansowany przez Narodowe Centrum Nauki – Polska, przyznany na podstawie decyzji nr DEC-2021/43/B/ST8/00845 z dnia 2022-05-23 – Umowa nr UMO-2021/43/B/ST8/00845.

WIELOSENSOROWY SYSTEM LOKALIZACJI OPERATORA ORAZ ROZPOZNAWANIA JEGO GESTÓW W ZASTOSOWANIU DO STEROWANIA ŻURAWIEM PRZEŁADUNKOWYM

KAROL MIĄDLICKI¹, MIROSŁAW PAJOR¹

*Katedra Mechatroniki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie e-mail:
Karol.Miadlicki@zut.edu.pl, Mirosław.Pajor@zut.edu.pl*

Streszczenie. Celem badań jest ocena możliwości sterowania żurawiem przeładunkowym z zastosowaniem zintegrowanego wielosensorowego systemu czujników przy użyciu technik fuzji danych. Opracowany inteligentny ma umożliwić określenie pozycji operatora względem maszyny oraz umożliwienie serowania żurawiem przeładunkowym za pomocą gestów.

Dla zapewnienia niezawodnej pracy, inteligentne systemy sterowania maszynami muszą analizować w czasie rzeczywistym całe otoczenie. Stosowane w takich systemach algorytmy filtrują, segmentują dane czy pozwalają na śledzenie czy rozpoznawanie obiektów. Algorytmy te przetwarzają dane wejściowe z różnych czujników, w tym skanery LIDAR, odbiorniki GPS, kamery 2D lub kamery głębi 3D. Wydajność tych algorytmów jest oceniana przez eksperymenty z wykorzystaniem rzeczywistych danych zebranych w różnych warunkach środowiskowych.

Rezultatem przedstawionych badań będzie system sterowania żurawiem przeładunkowym, oparty na fuzji danych z wielu czujników. W opracowanym systemie zaimplementowano i przetestowano autorskie algorytmy i procedury kontrolne, bazujące na fuzji danych z różnych sensorów. System ten został zastosowany do sterowania dźwigiem serii XPS, wyprodukowanym przez firmę Cargotec. Praca prezentuje możliwości śledzenia operatora w kontekście używanych czujników. Dodatkowo, zostanie przedstawiony koncept systemu sterowania gestami i jego praktyczne zastosowanie.

COMPOSITE TANK DESIGN AND FAILURE ANALYSIS USING MULTI-SCALE MICROMECHANICAL FEM MODELING

PIOTR MUŚKO¹, DARIUSZ MARIUSZ PERKOWSKI¹

¹*Department of Mechanics and Applied Informatics, Bialystok University of Technology
e-mail: piotr.musko@sd.pb.edu.pl, d.perkowski@pb.edu.pl*

Summary. Strength testing of structures made of composite materials requires a detailed description of the structure of these materials together with consideration of their heterogeneous structure. This paper presents the design of a Type IV composite tank using a multi-scale modelling technique. A numerical analysis of a tank loaded with a working pressure of 70 MPa and a pressure of 175 MPa leading to tank failure is presented.

First, component materials such as carbon fiber and epoxy resin were selected for which a microscale composite material was constructed and its material constants were determined. Then, based on the resulting material, a macro-scale model of the tank was constructed, consisting of a composite braid and plastic liner and aluminum protrusions. The composite design took into account the varying thickness of the layers on the bottom and the varying winding angle of the helical layers. In the numerical simulations, the failure of the composite was analyzed using the Puck criterion, which allows the stress state of the composite's constituent materials to be considered separately. The composite failure analysis was also carried out using LS-DYNA, representing the process of pressurizing the tank at a constant, predetermined rate to reflect actual operating conditions.

In this paper, a Type IV tank is presented in which the most problematic area, due to the high values of the matrix failure rate, is where the composite meets the area where the plastic liner connects to the aluminum nozzle. The increase in stress at this location, resulting in higher die failure rate values, is due to the rapid change in structural stiffness at this location - the change in material from plastic to aluminum. This element also needs to be refined in the present work.

Keywords: Multi-scale modeling, composite material, numerical analysis, composite tank.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been accomplished under the research project WZ/WM-IIM/4/2023 financed by the Bialystok University of Technology.

MODELOWANIE CIENKOŚCIENNYCH BELEK STALOWYCH Z SEGMENTOWYM WYPEŁNIENIEM POLIMEROBETONEM

BEATA NIESTEROWICZ¹, PAWEŁ DUNAJ¹, STEFAN BERCZYŃSKI¹

¹*Katedra Mechatroniki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
e-mail: beata.niesterowicz@zut.edu.pl, pawel.dunaj@zut.edu.pl*

Streszczenie. Profile stalowe są podstawowymi komponentami wielu układów mechanicznych. Konstrukcje wykonane z takich profili spawanych charakteryzuje wysoka sztywność statyczna, jednak mają one niskie właściwości tłumiące względem innych istniejących rozwiązań. Jednym ze sposobów poprawy właściwości dyssypacyjnych takich konstrukcji jest wypełnienie ich materiałem o wysokim współczynniku tłumienia, np. polimerobetonem opartym na żywicy epoksydowej. Jednakże wypełnienie całej konstrukcji tym materiałem znacznie zwiększa masę całkowitej konstrukcji. W związku z tym autorzy zaproponowali wypełnianie profili stalowych mieszanką polimerobetonową tylko we wskazanych obszarach. Równania ruchu takich konstrukcji, modelowanych jako elementy belkowe można opisać funkcjami ciągłymi. Autorzy porównali wyniki dla modeli ciągłych i dyskretnych (MES) z wynikami doświadczalnymi.

COMPRESSION PERFORMANCE OF ARAMID FIBRIC UNIT CELL REINFORCED DCPD: NUMERICAL APPROACH CONSIDERATION

KAYODE OLALEYE¹, DARIUSZ PYKA¹, ADAM KURZAWA², MACIEJ ROSZAK¹, KRZYSZTOF JAMROZIAK¹, MIROSLAW BOCIAN¹

¹*Department of Mechanics, Materials and Biomedical Engineering, Wrocław University of Science and Technology, Smoluchowskiego 25, 50-370 Wrocław, Poland
e-mail: kayode.olaleye@pwr.edu.pl, adam.kurzawa@pwr.edu.pl, maciek.roszak@pwr.edu.pl, krzysztof.jamroziak@pwr.edu.pl, miroslaw.bocian@pwr.edu.pl*

²*Department of Lightweight Elements Engineering, Foundry and Automation, Wrocław University of Science and Technology, Lukasiewicza 7-9 str., 50-371 Wrocław, Poland
e-mail: dariusz.pyka@pwr.edu.pl*

Summary. Fiber reinforced polymer composites are increasingly being used in marine, aerospace, armor, automotive and civil engineering applications. In some of these applications, the structure is subjected to dynamic loads. Under such situations, one may expect the behavior of composite materials to be different from that of quasi-static loads. The composite behavior is known to depend on the rate of loading, knowledge of the constitutive behavior and dynamic strength (which is usually higher than the static value). Therefore, dynamic strength is highly desirable while designing structures intended to withstand dynamic loads. In this paper, high strain rate compression properties of aramid unit cell reinforced DCPC was modelled. A plane weave aramid fabric embedded in DCPD (matrix) was compressed between two modelled analytical plate and some results were obtained. The model conformed to the thickness of aramid CT 716 which amounts to 0.44 mm.

- [1] Bocian, M., Pach, J., Jamroziak, K., Kosobudzki, M., Polak, S., Pyka, D., ... & Kurowski, J. (2017). Experimental and numerical analysis of aramid fiber laminates with DCPD resin matrix subjected to impact tests. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 112, p. 04013). EDP Sciences.
- [2] Roszak, M., Pyka, D., Bocian, M., Barsan, N., Dragašius, E., & Jamroziak, K. (2023). Multi-Layer Fabric Composites Combined with Non-Newtonian Shear Thickening in Ballistic Protection—Hybrid Numerical Methods and Ballistic Tests. *Polymers*, 15(17), 3584.

NUMERICAL MODELLING OF ARAMID/DCPD/ Al_2O_3 REINFORCED COMPOSITE IMPACTED BY A NON-DEFORMABLE BULLET

KAYODE OLALEYE¹, DARIUSZ PYKA¹, ADAM KURZAWA², MACIEJ ROSZAK¹, KRZYSZTOF JAMROZIAK¹, MIROSLAW BOCIAN¹

¹*Department of Mechanics, Materials and Biomedical Engineering, Wrocław University of Science and Technology, Smoluchowskiego 25, 50-370 Wrocław, Poland
e-mail: kayode.olaleye@pwr.edu.pl, adam.kurzawa@pwr.edu.pl, maciek.roszak@pwr.edu.pl, krzysztof.jamroziak@pwr.edu.pl, miroslaw.bocian@pwr.edu.pl*

²*Department of Lightweight Elements Engineering, Foundry and Automation, Wrocław University of Science and Technology, Lukasiewicza 7-9 str., 50-371 Wrocław, Poland
e-mail: dariusz.pyka@pwr.edu.pl*

Summary. Strengthening of the aluminum, magnesium or copper alloys with particles, fibers or other types of ceramic reinforcement usually results in increased mechanical properties. This has led to the research activity in order to achieve the best possible results in the strengthening of materials. Real and critical issue for wide applications of composite materials seems to be maintaining the relative high strength properties when operating at ambient temperature or at elevated temperatures. These materials are characterized by the high mechanical properties such as tensile, bending or compression strength, but on the other hand they are not characterized by the large impact strength. This research presents the results of numerical modelling of impact strength of aramid/DCPD based composite materials reinforced 1 mm thick alumina ceramics plates. Energy absorbed by this sandwich sample was measure considering the impactor as non-deformable. The deformation of the sample was investigated and analyze.

- [1] Bocian, M., Pach, J., Jamroziak, K., Kosobudzki, M., Polak, S., Pyka, D., ... & Kurowski, J. (2017). Experimental and numerical analysis of aramid fiber laminates with DCPD resin matrix subjected to impact tests. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 112, p. 04013). EDP Sciences.
- [2] Roszak, M., Pyka, D., Bocian, M., Barsan, N., Dragašius, E., & Jamroziak, K. (2023). Multi-Layer Fabric Composites Combined with Non-Newtonian Shear Thickening in Ballistic Protection—Hybrid Numerical Methods and Ballistic Tests. *Polymers*, 15(17), 3584.
- [3] Kurzawa, A., & Kaczmar, J. W. (2017). Impact strength of composite materials based on EN AC-44200 matrix reinforced with Al_2O_3 particles. *Archives of Foundry Engineering*, 17(3), 73-78.

MULTI-SCALE MODELLING OF THE VISCOELASTIC AND VISCOPLASTIC BEHAVIOUR OF COMPOSITE LAMINATES

DARIUSZ M. PERKOWSKI¹, RAFAŁ STANIK², ALBERT LANGKAMP², MAIK
GUDE²

¹*Department of Mechanics and Applied Computer Science, Faculty of Mechanical Engineering,
Bialystok University of Technology, Poland e-mail: d.perkowski@pb.edu.pl*

²*Technische Universität Dresden, Institute of Lightweight Engineering and Polymer Technology (ILK),
Holbeinstr. 3, 01309 Dresden, Germany e-mail: rafal.stanik@tu-dresden.de,
albert.langkamp@tudresden.de, maik.gude@tu-dresden.de*

Summary. Composite structures can exhibit relaxation that can degrade their performance due to the inherent viscoelasticity or viscoplasticity of the matrix. This paper presents a multi-scale computational strategy for numerically predicting the viscoelastic or viscoplastic behaviour of composite laminates and general composite structures using the element method, which combines experimentally measurable properties of fibre and matrix components.

A model has been developed in ANSYS to estimate the effective viscoelastic or viscoplastic properties of the composite from the micro (RVE scale) to the meso (lamina scale) to the macro (laminate) scale. The microstructure and known fibre and matrix properties are used as inputs.

Experimental results from a composite densification test were used to verify the accuracy and performance of the proposed approach. Also investigated was the effect of temperature on the analysed composite relaxation problem. Finally, the effect of densifying the composite on eliminating voids was also analysed. The macroscale analysis of composite relaxation can be successfully performed using the developed multiscale model.

Keywords: viscoelasticity, viscoplasticity, composites, FEM

ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been accomplished under the research project No. 011/RID/2018/19 and WZ/WM-IIM/4/2023 financed by the Bialystok University of Technology.

MODELOWANIE PRZEPIYWU CIEPŁA ORAZ ROZKŁADY TEMPERATURY W KANALACH PŁYT GRZEJNYCH

PAWEŁ PIEŚKO¹, MAGDALENA ZAWADA-MICHAŁOWSKA¹

¹ Lublin University of Technology, Department of Production Engineering, Nadbystrzycka 38D, Lublin, Poland Presenting Author: p.piesko@pollub.pl

Streszczenie. W pracy krótko scharakteryzowano termoformujące maszyny pakujące oraz stosowane w nich obecnie układy płyt podgrzewających z grzałkami elektrooporowymi. Opisano proponowane rozwiązania konstrukcji kanałów grzejnych oraz układów i systemów grzejnych zmodyfikowanych konstrukcji płyt podgrzewających, wykorzystujących do ogrzewania czynnik przepływowy. Przedstawiono wyniki przeprowadzonych symulacji numerycznych dla poszczególnych konstrukcji kanałów przepływowych. Wyniki obliczeń numerycznych rozkładu prędkości przepływu oraz rozkładu temperatury stanowiły ważną informację dla określenia wytycznych konstrukcyjnych do opracowania optymalnego rozwiązania konstrukcji kanałów, umożliwiającego równomierne i szybkie uzyskanie wymaganej temperatury płyt podgrzewających. Opracowane i zasymulowane komputerowo modele konstrukcyjne poddano weryfikacji doświadczalnej. W jej wyniku wykonano zgodnie z opracowanymi modelami rzeczywiste układy grzejne oraz przebadano je na dedykowanym stanowisku badawczym. Stanowisko badawcze zaprojektowano tak aby umożliwiała zadawanie parametrów procesu oraz uzyskiwanie warunków pracy jak najbardziej zbliżonych do rzeczywistości. Zapewniło to możliwość regulacji i doboru optymalnych wartości najważniejszych parametrów technologicznych takich jak prędkość przepływu oraz temperatura wejściowa czynnika roboczego. Zbudowane układy grzejne przebadano stosując punktowy pomiar temperatury oraz pomiar rozkładu temperatury z wykorzystaniem termowizji. Uzyskane wyniki poddano analizie i weryfikacji na podstawie, których dokonano wyboru opracowania o najlepszych cechach użytkowych ze względu na właściwości produkcyjne.

Keywords: rozkład temperatury, przepływy cieplne

ANALIZA WPLYWU IMPERFEKCJI GEOMETRYCZNYCH NA NOŚNOŚĆ CIENKOŚCIENNYCH BELEK POWSTAŁYCH Z ŁĄCZONYCH ŚRODNIKAMI CEOWNIKÓW

MICHAŁ PLUST¹, ALEKSANDRA PAWLAK¹

¹*Institut Mechaniki Stosowanej, Politechnika Poznańska e-mail: michalplust94@o2.pl,
aleksandra.pawlak@put.poznan.pl*

Streszczenie. Cienkościenne profile o zmodyfikowanym kształcie przekroju poprzecznego zyskują coraz większą popularność. Spowodowane jest to ich niską masą oraz wysoką wytrzymałością i odpornością na utratę stateczności. Jednym z wyzwań przy projektowaniu takich konstrukcji jest analiza wpływu imperfekcji geometrycznych na ich nośność. Ten wpływ często okazuje się znaczący, a ze względu na dużą różnorodność kształtów przekrojów, a co za tym idzie dużą różnorodność imperfekcji, jest trudny do określenia. W niniejszych badaniach dwuteowe belki poddano próbie trójpunktowego zginania. Profile powstały poprzez połączenie blachowkrętami środków dwóch ceowników o zmodyfikowanych kształtach przekroju poprzecznego. Przed badaniem belki zostały zeskanowane przy pomocy maszyny współrzędnościowej w celu wyznaczenia wielkości imperfekcji geometrycznych. Następnie przeprowadzono badania numeryczne metodą elementów skończonych. W modelu numerycznym uwzględniono zmierzone imperfekcje. Celem przeprowadzonych badań jest określenie wartości sił krytycznych, i wartości sił maksymalnych, przy których dochodzi do zniszczenia belek oraz analiza wpływu wielkości początkowych imperfekcji geometrycznych na uzyskane wartości tych sił. Badania doświadczalne przeprowadzono w Laboratorium Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji w Instytucie Mechaniki Stosowanej Politechniki Poznańskiej.

Przedstawione badania są rozwinięciem prac prowadzonych w Zakładzie Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji Politechniki Poznańskiej. Analiza doświadczalna oraz numeryczna utraty stateczności konstrukcji cienkościennych została przedstawiona przez Grendę i Paczosa [1], natomiast wpływ imperfekcji na wytrzymałość oraz stateczność takich konstrukcji został opisany przez Kasprzaka i Paczosa [2].

Projekt został sfinansowany przez Narodowe Centrum Nauki przyznany na podstawie decyzji nr DEC-2021/43/B/ST8/00845 z dnia 2022-05-23 – Umowa nr UMO-2021/43/B/ST8/00845.

- [1] Grenda M., Paczos P., Experimental and numerical study of local stability of non-standard thin-walled channel beams, *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 2019, 57, 3, pp. 549-562, DOI: 10.15632/jtam-pl/109601.
- [2] Kasprzak J., Paczos P., The influence of imperfections on the strength and stability of cold-formed sigma channels with corrugated flanges, 2019, *ADVANCES IN MANUFACTURING II, VOL 4 - MECHANICAL ENGINEERING*, Book Series: Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 36-49

TECHNOLOGIA LIDAR W AUTOMATYCZNYM WYKRYWANIU PĘKNIĘĆ W KONSTRUKCJACH BETONOWYCH

DOMINIKA PYTKA, ŁUKASZ MARCHEWKA, SZYMON SKIBICKI, KAROL
MIĄDLICKI, MIROSŁAW PAJOR

*Katedra Mechatroniki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie e-mail:
dominika_pytk@zut.edu.pl, lukasz.marchewka@zut.edu.pl, szymon.skibicki@zut.edu.pl,
karol.miadlicki@zut.edu.pl, miroslaw.pajor@zut.edu.pl*

Streszczenie. Jednym z najczęściej stosowanych materiałów we wszelkich budowlach inżynierii lądowej jest beton. Jego właściwości mechaniczne pod wpływem zarówno czynników eksploatacyjnych jak i środowiskowych z biegiem czasu zaczynają ulegać degradacji. Pojawiające się mikrorysy na jego powierzchni mogą prowadzić do ich stopniowego powiększania, a w efekcie do przerodzenia się w makropęknięcia. Dlatego też detekcja rys powinna być ważnym elementem cyklicznej inwentaryzacji konstrukcji budowlanych, pozwalającym na dokładną analizę ich stanu technicznego.

Praca dotyczy zbadania możliwości automatycznego wykrywania pęknięć w konstrukcjach betonowych. Jej celem było zbadanie najmniejszej szczeliny w wyżej wspomnianych konstrukcjach, jaka możliwa jest do wykrycia za pomocą skanera laserowego bazującego na technologii Lidar. Przeprowadzono szereg skanów testowych zarówno na sześciennych próbkach betonowych, jak i na obiekcie rzeczywistym takim jak betonowe nabrzeże. Proces wyszukiwania pęknięć zautomatyzowany został poprzez specjalnie wykonany algorytm. Ponadto ustalone zostały cechy referencyjności, jakie były brane pod uwagę jako charakterystyczne punkty odniesienia niezbędne do analizy.

EKSPERYMENTALNO-NUMERYCZNE BADANIE WPLYWU ORIENTACJI SZCZELINY NA PEKANIE DREWNA SOSNOWEGO

MAREK ROMANOWICZ¹, MACIEJ GRYGORCZUK¹

¹*Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka e-mail: m.romanowicz@pb.edu.pl,
m.grygorczuk@sd.pb.edu.pl*

Streszczenie. W niniejszej pracy zbadano odporność na pękanie drewna sosnowego w warunkach I i II sposobu obciążenia na próbkach belkowych, w których szczeliny zostały nacięte wzdłuż kierunku komórek osiowych, równoległe i prostopadłe do komórek radialnych. Podczas badań mierzono nie tylko charakterystykę siła-ugięcie ale również przemieszczenie wierzchołka szczeliny przy pomocy systemu cyfrowej korelacji obrazu. W ten sposób uzyskano zarówno tzw. krzywe rezystancji opisujące zależność prędkości uwalnianej energii odkształcenia sprężystego od długości szczeliny jak też krzywe kohezji opisujące zależność sił kohezji od rozwarcia szczeliny. W celu ilościowego opisanie mechanizmów pękania drewna zaproponowano metodę dekompozycji krzywej kohezji na część odpowiadającą mechanizmowi mikro-pękania i część opowiadającą mechanizmowi mostkowania. Różnice w pękaniu drewna w różnych układach propagacji szczeliny wyjaśniono za pomocą zdjęć przekrojów pękniętych próbek otrzymanych z mikrotomografu rentgenowskiego. Uzyskane eksperymentalne charakterystyki porównano z charakterystykami otrzymanymi numerycznie za pomocą metody elementów skończonych. Próbkę belkowe modelowano w systemie Ansys wykorzystując elementy kohezyjne Xu-Needlemana oraz stałe materiałowe pochodzące z eksperymentów. Otrzymano bardzo dobrą zbieżność wyników numerycznych i doświadczalnych.

- [1] Romanowicz M, Numerical assessment of the apparent fracture process zone length in wood under mode I condition using cohesive elements. *Theor.Appl.Fract.Mech.* 118 (2022), DOI:10.1016/j.tafmec.2021.103229.
- [2] Romanowicz M, Predictions of fracture resistance of spruce wood under mixed-mode loading using non-local fracture theory and numerical modelling, *J.Theor.Appl.Mech.*, 61 (2023), 147-162, DOI:10.15632/jtam-pl/158823.

MODELOWANIE NUMERYCZNE UDARÓW SEJSMICZNYCH W ŚCIANIE WĘGLA Z ANOMALIĄ PRĘDKOŚCI

PRZEMYSŁAW SIERODZKI¹, LESZEK REMIORZ¹

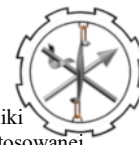
¹*Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych, Politechnika Śląska
e-mail: przemyslaw.sierodzki@polsl.pl, leszek.remiorz@polsl.pl*

Streszczenie. Utrzymanie stabilności wyrobisk jest kluczowym zagadnieniem dla zapewnienia bezpieczeństwa pracy w górnictwie wydobywczym. Proces eksploatacji zaburza równowagę górotworu i jest przyczyną występowania niebezpiecznych koncentracji naprężeń mogących wywoływać tragiczne w skutkach tąpnięcia.

Prędkość fal sejsmicznych w górotworze jest związana z jego stanem pola naprężeń. Ze względu na proces wydobywania, pole to dynamicznie się zmienia, co może prowadzić w efekcie końcowym do tąpnięć. Dlatego też istotne jest monitorowanie stanu górotworu, gdzie jedną z metod jest częsty pomiar prędkości fali sejsmicznej dokonywany w krótkich okresach czasu. Umożliwia to precyzyjne śledzenie gwałtownych zmian pola. Informacje te nie tylko poprawiają bezpieczeństwo pracy w kopalniach, ale są również pomocne w optymalizacji produkcji.

Do badań zjawiska propagacji fal sejsmicznych w pokładach węgla wywołanych oddziaływaniem impulsowej siły punktowej wykorzystano otwarte oprogramowane SOFI3D - Symulacja fal sejsmicznych 3D metodą różnic skończonych.

Przeprowadzono symulacje numeryczne 3D dla prostego modelu górotworu zawierającego nienaruszony pokład węgla oraz anomalię prędkości. Pierwsze wyniki wykazały dobrą zgodność z założeniami teoretycznymi. Wyniki modelowania skalibrowane z parametrami badanego górotworu są pomocne w ocenie rzeczywistych eksperymentów in-situ.

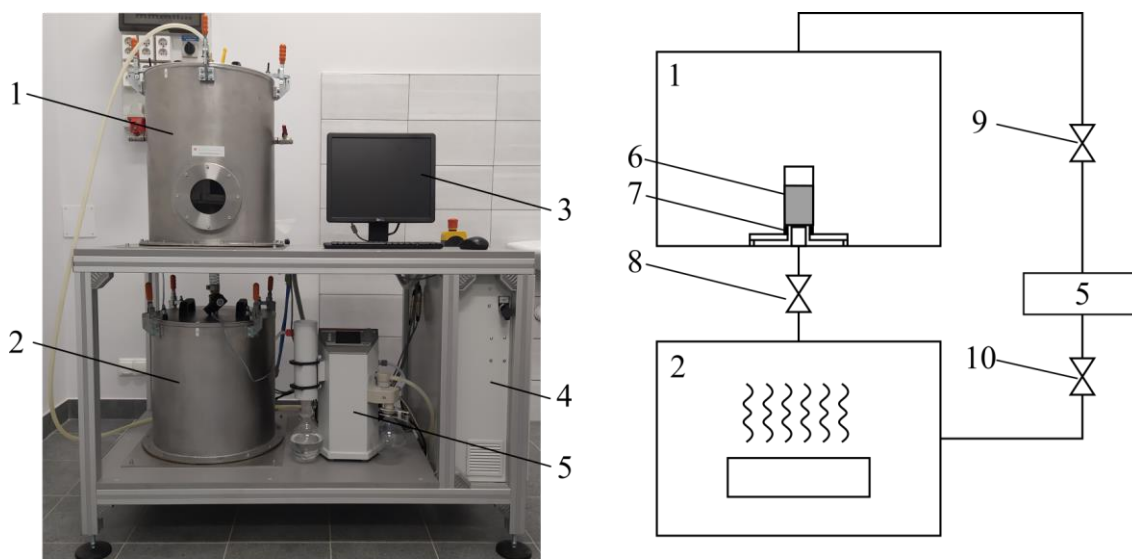


FUNKCJE AKTYWACYJNE I ICH WPŁYW NA WYDAJNOŚĆ METOD GŁĘBOKIEGO UCZENIA

DORIAN SKROBEK¹

¹*Katedra Zaawansowanych Metod Obliczeniowych, Wydział Nauk Ścisłych Przyrodniczych i Technicznych, Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie e-mail: d.skrobek@ujd.edu.pl*

Streszczenie. W niniejszej pracy przedstawiono zastosowanie algorytmu LSTM i GRU do przewidywania zaadsorbowanej masy pary wodnej w złożu sorpcyjnym w niskich ciśnieniach.



1 - komora adsorpcyjna, 2 - komora parownika, 3 - komputer, 4 - układ sterowania,
5 - pompa próżniowa, 6 - złożo sorpcyjne, 7 - pomiar masy, 8-10 - zawory

Stanowisko badawcze i schemat stanowiska badawczego.

Dostrajanie algorytmów sieci neuronowych jest bardzo trudne i wymaga dużego doświadczenia. Dlatego istnieje duże zapotrzebowanie na zautomatyzowanie doboru parametrów sieci neuronowych. W pracy badano wpływ funkcji aktywacji na wydajność metod głębokiego uczenia. W celu znalezienia najlepszego rozwiązania zastosowano optymalizację bayesowską, która przy badanych funkcjach aktywacji ma określić optymalną liczbę neuronów na poszczególnych warstwach sieci neuronowej.

Opisane badania stanowią część prac zaplanowanych w projekcie nr 2018/29/B/ST8/00442 „Badania metod intensyfikacji procesów sorpcyjnych w modyfikowanych konstrukcjach złożów adsorpcyjnych”, finansowanym przez Narodowe Centrum Nauki.

BADANIA NUMERYCZNE WPŁYWU ZAWIESZENIA WÓZKA KOLEJOWEGO NA PARAMETRY RUCHU WAGONU

GRZEGORZ SŁAWIŃSKI¹, WIESŁAW KRASON¹, DANIEL DOBROWOLSKI¹

¹*Institut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej, Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego e-mail: grzegorz.slawinski@wat.edu.pl, wieslaw.krason@wat.edu.pl, daniel.dobrowolski@student.wat.edu.pl*

Streszczenie. W Wojskowej Akademii Technicznej zaprojektowano prototypową konstrukcję wagonu z obrotową platformą ładunkową do przewozów naszczep samochodów ciężarowych. Trwają prace badawczo-rozwojowe, których celem jest optymalizacja wytrzymałości i masy własnej konstrukcji prototypowej i przygotowania do wdrożenia przemysłowego.

Wagon umożliwia samodzielny załadunek oraz rozładunek naczep bez użycia dodatkowych urządzeń dźwigowych oraz specjalistycznych peronów. Główne parametry techniczno-eksploatacyjne konstrukcji:

- masa naczepy z ładunkiem do 40 T,
- spełnienie wymogów skrajni kolejowej GB 1,
- nisko osadzona, obrotowa platforma ładunkowa do autonomicznego załadunku - rozładunku,
- odciążenia dna ramy-ostoi wagonu,
- mechanizm obrotu umieszczony na wagonie,
- zastosowanie standardowych dwuosioowych wózków typu Y25 (dopuszczalny nacisk na oś wózka 22,5 T).

Konstrukcja wagonu zawiera wiele innowacyjnych rozwiązań. Dzięki zastosowaniu specjalnych zamków burtowych i odpowiednio ukształtowanej obrotowej platformie ładunkowej uzyskano efekt odciążenia obniżonej ramy wagonu. Na podstawie przeprowadzonych analiz numerycznych wytrzymałości wagonu i badań funkcjonalnych stwierdzono, że zastosowanie standardowych wózków z rodziny Y25 jest problematyczne, ponieważ poza wieloma problemami natury konstrukcyjno-eksploatacyjnej, produkcyjnej i związanych z dostępnością rynkową (szczególnie w ostatnich latach po wybuchu konfliktu w Europie Wschodniej) istnieją poważne ograniczenia prędkości dopuszczalnych transportu towarowego wagonami kolejowymi z tego typu wózkami. Z tego względu podjęto w niniejszej pracy badania numeryczne wpływu charakterystyk zawieszenia standardowego wózka Y25 na parametry ruchu wagonu, na przykładzie prototypowego wagonu do transportu naczep.

MODELOWANIE NUMERYCZNE UKŁADU STOMATOGNATYCZNEGO W ASPEKTCIE OCENY POPRAWNOŚCI DZIAŁANIA ZAMKÓW ORTODONTYCZNYCH

KAMIL SYBILSKI¹, ANNA EWA KUC², MICHAŁ SARUL³

¹*Institut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Warszawa e-mail: kamil.sybilski@wat.edu.pl*

²*Zakład Ortopedii Szczękowej i Ortodontji, Wydział Lekarsko-Stomatologiczny, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich, Wrocław e-mail: annaewakuc@wp.pl*

³*Katedra i Zakład Stomatologii Zintegrowanej, Wydział Lekarsko-Stomatologiczny, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich, Wrocław e-mail: michal.sarul@umw.edu.pl*

Streszczenie. Stosowanie nowych rozwiązań technicznych w medycynie wiąże się często z bardzo długim procesem uczenia się sposobu ich działania i wpływu na organizm. Jest to tym bardziej skomplikowane, że praktycznie każdy organizm jest inny i prowadzenie badań porównawczych wiąże się z analizą wielu dodatkowych czynników wpływających na oceniane wyniki. Z pomocą przychodzą analizy numeryczne, w których możliwe jest zasymulowanie dla każdego wariantu dokładnie tych samych warunków.

Prezentowane badania dotyczą modelowania układu stomatognatycznego oraz zamków ortodontycznych. W pracy analizowano wpływ wartości sił oraz miejsca ich przyłożenia na naprężenie powstające w ozębnej. Model numeryczny opracowano w oparciu o tomografię komputerową, która posłużyła do odwzorowania kości zbitej oraz gąbczastej szczęki. Dodatkowo dzięki zastosowaniu skanera 3D odwzorowano pełną geometrię zębów oraz przyklejonych do nich zamków ortodontycznych. Następnie geometrie połączono w jeden model bazując na danych graficznych, a w kolejnym kroku zamodelowano drut ortodontyczny, haczyki i miniimplant ortodontyczny. Pomiędzy zębami a kością szczęki zamodelowano ozębną. Wszystkim strukturom przypisano właściwości materiałowe zaczerpnięte z literatury.

Wynikiem przeprowadzonych analiz numerycznych jest zestaw danych obrazujących naprężenia w ozębnej dla różnych wartości i wektora przyłożonych sił, rodzaju i wymiarów stalowych łuków ortodontycznych. Na podstawie uzyskanych wyników możliwe jest określenie charakteru i kierunku przemieszczania zębów, a także ryzyka wystąpienia resorpcji korzeni, zwłaszcza siekaczy górnych, związanej z zamykaniem światła drobnych naczyń krwionośnych.

**ZASTOSOWANIE ABSOLUTNEGO TRAKERA LASEROWEGO ORAZ
DEDYKOWANEGO OPROGRAMOWANIA DO BUDOWY CYFROWYCH
BLIŹNIAKÓW STACJI ZROBOTYZOWANYCH**

DARIUSZ SZYBICKI¹, MAGDALENA MUSZYŃSKA¹, ANDRZEJ
BURGHARDT¹, KRZYSZTOF KURC¹

¹*Katedra Mechaniki Stosowanej i Robotyki, Politechnika Rzeszowska e-mail: dszybicki@prz.edu.pl, magdaw@prz.edu.pl, andrzejb@prz.edu.pl, kkurc@prz.edu.pl*

Streszczenie. Referat podejmuje tematykę projektowania i budowy cyfrowych bliźniaków stacji zrobotyzowanych. W pracy wykazano, że budowa cyfrowych bliźniaków jest ściśle związana z jedną z najpopularniejszych metod programowania robotów, czyli programowaniem offline. W przypadku cyfrowych bliźniaków stacji zrobotyzowanych kluczowe okazały się dokładność modelowania oraz dwustronna komunikacja z rzeczywistą stacją. W referacie zaproponowano metodykę rozwiązywania podstawowego problemu programowania offline robotów, czyli ograniczonej dokładności odwzorowania stanowiska oraz detali. Pokazano algorytm postępowania w przypadku, gdy stacja już istnieje i budowany jest jej cyfrowy model oraz przypadek, gdy najpierw powstaje model cyfrowy a na jego podstawie budowane jest rzeczywiste rozwiązanie. Zgodnie z opracowaną metodyką zbudowano cyfrowego bliźniaka istniejącej stacji zrobotyzowanej i pokazano możliwości wynikające z użycia narzędzi wirtualnych. Opracowany cyfrowy bliźniak ma możliwość komunikacji z zaawansowanymi narzędziami typu Matlab, wykorzystuje rozwiązania chmurowe, wirtualną i rozszerzoną rzeczywistość do szkoleń, symuluje zjawiska fizyczne oraz daje możliwość dokładnego programowania robotów metodą offline.

PRODUCTION PROCESSES MANAGEMENT USING DIGITAL TWINS

AGNIESZKA TERELAK-TYMCZYNA¹

¹*Katedra Mechatroniki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie e-mail: agnieszka.terelak@zut.edu.pl*

Summary. Digital twin is one of the elements of the digital transformation of industry and is considered a key technology in the context of Industry 4.0. There are many works on the digital twin in the literature. Liu et al. in their publication, analysed 240 scientific publications regarding various concepts, technologies and industrial applications of the digital twin. Based on the analyses, they divided the industrial applications of the digital twin according to the life cycle phase, starting from the design phase through the production planning phase, manufacturing and ending with disposal (Liu et al., 2021). The great interest in digital twins has resulted in the development of a digital twin standard for manufacturing. The ISO 23247 standard was released in 2021 and contains 4 parts that define the basic framework for creating digital twins in manufacturing processes.

According to the ISO 23247 standard, a digital twin in manufacturing is defined as “a purpose-fit digital representation of an observable production item (OME) with synchronization between the OME and its digital representation”(ISO 23247-1:2021(en)). The ISO 23247 standard also indicates that the digital twin should be characterized by the accuracy of the OME mapping, have communication protocols enabling synchronization, collect data from sensors installed on or around the OME, enable analysis of the state of the OME and provide insight into the state of its OME at an appropriate level of detail, provide the ability to extend to new applications, enable resource optimization, communicate only with authorized resources, enable simulation and synchronization with OME, and model any level of the functional hierarchy compliant with the IEC 62264-1 standard (ISO 23247-1:2021(en)). An OME is an entity that has a noticeable physical presence or manufacturing activity. The standard defines 8 OMEs such as: personnel, equipment, material, process, facility, environment, product or supporting document. Each of these elements should be described using 7 attributes, such as: identifier, characteristics, schedule, status, location, report and relationships.

The presented article presents the use of a digital twin for an assembly station, in which the OME includes: personnel, product, material, equipment and the assembly process. Attributes describing them have been defined for each of these elements. Research has been carried out which indicates that the primary goal of building a digital twin in the production process has been achieved, which in accordance with the ISO 23247 standard, is to improve their efficiency.

- [1] Liu, M., Fang, S., Dong, H., Xu, C., 2021. Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications. *J. Manuf. Syst., Digital Twin towards Smart Manufacturing and Industry 4.0* 58, 346–361.
- [2] ISO 23247-1:2021(en), n.d. ISO 23247-1:2021(en), Automation systems and integration — Digital twin framework for manufacturing — Part 1: Overview and general principles [WWW Document].

**NUMERYCZNE ASPEKTY MODELOWANIA PRZEPŁYWU
PRZEZ WYBRANY UKŁAD TĘTNIC MÓZGOWYCH
Z PERFORATORAMI**

MICHAŁ TOMASZEWSKI¹, MICHAŁ KUCEWICZ¹, RADOSŁAW
RZEPLIŃSKI², JERZY MAŁACHOWSKI¹, BOHDAN CISZEK²

¹*Institut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Wojskowa Akademia Techniczna e-mail: michal.tomaszewski@wat.edu.pl, michal.kucewicz@wat.edu.pl, jerzy.malachowski@wat.edu.pl*

²*Zakład Anatomii Prawidłowej i Klinicznej, Centrum Biostruktury, Warszawski Uniwersytet Medyczny e-mail: radoslaw.rzeplinski@wum.edu.pl, bjciszek@o2.pl*

Streszczenie. W badaniu analizowano hemodynamikę przepływu w naczyniach mózgowych z uwzględnieniem małych naczyń perforujących, odchodzących od tętnicy podstawnej (BA). Wykorzystano zaawansowane techniki obrazowania i symulacje dynamiki płynów (CFD), aby uzyskać szczegółowe trójwymiarowe geometrie perforatorów. Hybrydowa geometria łącząca skany mikro-CT i różne algorytmy ekstrakcji siatek dostarczyła dokładnych modeli naczyń. Zbadano wpływ różnych typów objętości skończonej. Elementy polihedralne wykazały najbardziej efektywne proporcje czasu analizy do poziomu zbieżności. Dodatkowo, przeanalizowano wpływ warunków brzegowych na parametry hemodynamiczne. Celem analiz było określenie wzorców przepływu i hemodynamiki małych naczyń perforujących w mózgu oraz zbadanie wpływu zaproponowanych uproszczeń w modelowaniu numerycznym.

MODELOWANIE WZROSTU USZKODZEŃ W ZAKRESIE NISKOCYKLOWEGO CZYSTEGO SKRĘCANIA Z UWZGLĘDNIENIEM PREDEFOROMACJI PEŁZANIOWEJ

ADAM TOMCZYK¹, ANDRZEJ SEWERYN²

¹*Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka, e-mail: a.tomczyk@pb.edu.pl*

²*Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Politechnika Gdańska, e-mail: andrzej.seweryn@pg.edu.pl*

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych niskocyklowego zmęczenia stopu aluminium EN-AW 2024 w warunkach symetrycznego, czystego skręcania. Badania dotyczyły zarówno materiału wyjściowego jak i materiału wstępnie odkształconego w procesie pełzania w temperaturze 200°C i 300°C. Proces pełzania wstępnego w każdej temperaturze realizowano do chwili osiągnięcia dwóch różnych poziomów odkształcenia. Pierwszy poziom (ε_s) stanowił odkształcenie odpowiadające początkowi drugiego etapu pełzania, zaś drugi poziom (ε_t) – pewne odkształcenie z trzeciego etapu pełzania. Próbkę po osiągnięciu określonego poziomu (ε_s lub ε_t) była odciążana i chłodzona na wolnym powietrzu. Uzyskiwano w ten sposób próbkę z predeforomacją pełzaniową, która następnie poddawana była procesowi niskocyklowego zmęczenia w warunkach czystego skręcania. Wyniki badań pozwoliły na określenie krzywych trwałości zmęczeniowej oraz krzywych cyklicznego odkształcenia materiału wyjściowego oraz materiału z różną historią obciążeń pełzaniowych. Dokonano także szczegółowej analizy makro- i mikroskopowej (SEM) powierzchni przełomów zmęczeniowych co pozwoliło na identyfikację mechanizmów kumulacji uszkodzeń i pęknięcia. Uzyskano poprawę trwałości zmęczeniowej materiału z predeforomacją w stosunku do materiału wyjściowego zwłaszcza dla dużych odkształceń plastycznych. Szczególnie wyraźnie tendencja ta zaznacza się dla predeforomacji pełzaniowej w 300°C. Poprawa trwałości odbywa się kosztem wytrzymałości zmęczeniowej przy stałej wartości amplitudy odkształcenia. Na podstawie uzyskanych rezultatów zaproponowano model kumulacji uszkodzeń zmęczeniowych. Przyrost zmiennej stanu uszkodzenia ω_n na płaszczyźnie fizycznej uzależniono od naprężeń stycznych τ_n oraz od przyrostu postaciowych odkształceń plastycznych $d\gamma_{np}$. Założono, że podczas czystego skręcania uszkodzenia wzrastają tylko wówczas gdy iloczyn $\tau_n d\gamma_{np} > 0$. Sytuacja taka ma miejsce w tych częściach cyklu obciążenia gdzie naprężenia styczne przekraczają granice plastyczności przy skręcaniu, aż do chwili osiągnięcia maksymalnej wartości naprężeń. W modelowaniu umocnienia materiału wykorzystano równanie Ramberga-Osgooda. Zaproponowany model został pozytywnie zweryfikowany eksperymentalnie zarówno dla materiału wyjściowego jak i dla materiału z różną historią predeforomacji. Model pozwala z powodzeniem prognozować trwałość zmęczeniową materiału a także określić stan uszkodzenia materiału dla dowolnej liczby cykli obciążenia.

Praca finansowana z dwóch źródeł: 1) pracy zespołowej nr WZ/WM-IIM/4/2023; 2) projektu badawczego nr 2018/29/B/ST8/00697 realizowanych w Politechnice Białostockiej.

DYNAMIKA UKŁADU MECHANICZNEGO Z OPÓŹNIENIEM CZASOWYM

ANDRZEJ WEREMCZUK¹, RAFAŁ RUSINEK¹

¹*Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Lubelska e-mail: a.weremczuk@pollub.pl, r.rusinek@pollub.pl*

Streszczenie. Typowy nieliniowy oscylator Duffinga był bardzo często badany w literaturze ze względu na jego interesującą dynamikę [1]. Sprzężone oscylatory bez opóźnienia czasowego były szeroko badane jako model matematyczny do zrozumienia zbiorowego zachowania szerokiej gamy problemów fizycznych, chemicznych i biologicznych. W przypadku układów sprzęgających w rzeczywistości sygnał wejściowy z jednego oscylatora dociera do pozostałych z pewnym opóźnieniem wynikającym ze skończonej prędkości propagacji sygnału. Efekty opóźnienia czasowego są również bardzo popularne w badaniu układów dynamicznych z wieloma współczynnikami opóźnienia, które pojawiają się w zmiennych stanu, a niektóre z nich pojawiają się w parametrach. Czasami opóźnienie czasowe jest wprowadzane do systemu celowo, aby kontrolować jego zachowanie.

Równania różniczkowe z opóźnieniem czasowym odpowiadają nieskończonemu wymiarowi przestrzeni fazowej. Najczęściej uwzględnia się układy opisane autonomicznym równaniem różniczkowym z opóźnieniem, natomiast w mniejszym stopniu poświęca się dynamikę układów nieautonomicznych. Jednakże, w niektórych artykułach problem ten jest traktowany ze szczególną uwagą, na przykład tam, gdzie do rozwiązania pierwotnego problemu rezonansu wykorzystuje się metodę przybliżoną pierwszego rzędu wielu skal czasowych [2].

W artykule przedstawiono wyniki badań analitycznych i numerycznych sprzężonych oscylatorów Duffinga opisanych nieliniowymi równaniami różniczkowymi z opóźnieniem czasowym. Analityczne rozwiązanie modelu w pobliżu rezonansów pierwotnych uzyskano stosując metodę wielokrotnych skal czasowych. Wpływ podstawowych parametrów układu na dynamikę wyznaczono analitycznie, a następnie weryfikowany numerycznie.

Zaobserwowano, że zmiana wzmocnienia sygnału opóźniającego powoduje przesunięcie krzywej rezonansu w dziedzinie częstotliwości, podczas gdy wymuszenie zewnętrzne zmienia amplitudę układu. Wzrost amplitudy wymuszenia zewnętrznego powoduje wzrost amplitudy drgań układu, nie wpływając przy tym na występowanie obszaru niestabilnego. Zmiana wartości opóźnienia czasowego nie wpływa na położenie krzywej rezonansowej, natomiast powoduje zmianę stabilności i wpływa na amplitudę drgań układu. Stwierdzono także, że poprzez odpowiedni dobór opóźnienia czasowego można zmienić dynamikę układu ze stabilnej na niestabilną i odwrotnie.

[1] H. Hu, E.H. Dowell, and L.N. Virgin, Resonances of a Harmonically Forced Duffing Oscillator with Time Delay State Feedback, *Nonlinear Dyn*, 15 (1998) 311-327.

[2] R. Rusinek, A. Weremczuk, K. Kecik, and J. Warminski, Dynamics of a time delayed Duffing Oscillator, *Nonlinear Mechanics*, 65 (2014) 98-106.

BADANIA SYMULACYJNE I EKSPERYMENTALNE PRZEPIYU GAZU W HELMIE DO TERAPII TLENOWEJ

PIOTR WINIARSKI¹, MICHAŁ MAKOWSKI², PRZEMYSŁAW SZULIM²

¹*Szkoła Doktorska Politechnika Warszawska e-mail: piotr.winiarski2.dokt@pw.edu.pl*

²*Instytut Pojazdów i Maszyn Roboczych, Politechnika Warszawska e-mail: michal.makowski1@pw.edu.pl, przemyslaw.szulim@pw.edu.pl*

Streszczenie. W pracy przedstawiono przebieg badań symulacyjnych i eksperymentalnych przepływu gazów w hełmie służącym do terapii pacjentów z niewydolnością układu oddechowego. Celem badań było opracowanie unikalnej konstrukcji hełmu, gdzie do układu oddechowego człowieka będzie dopływało powietrze bogate w tlen przy niskiej zawartości dwutlenku węgla. Do przeprowadzenia badań przyjęto model dorosłego człowieka, którego umieszczono w hełmie służącym do bezinwazyjnej terapii tlenowej. Podczas badań symulowano proces dostarczania powietrza do płuc wzbogaconego w tlen, jak również wypływu powietrza z płuc z podwyższonym stężeniem dwutlenku węgla. Przedstawione zostało unikalne stanowisko badawcze służące do badań modelu człowieka oraz wyniki badań numerycznych.



MODELLING OF MILLING PROCESS STABILITY

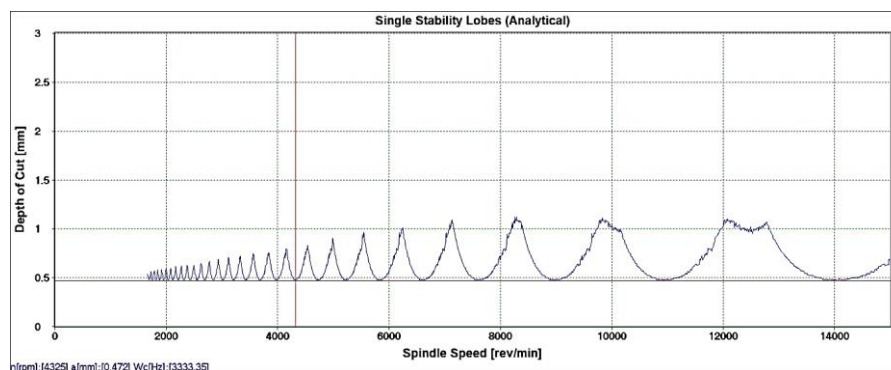
MAGDALENA ZAWADA-MICHAŁOWSKA, PAWEŁ PIEŚKO

Department of Production Engineering, Lublin University of Technology
e-mail: m.michalowska@pollub.pl, p.piesko@pollub.pl

Summary. The stability of the milling process is a state characterised by the non-occurrence of the self-excited vibration or the extinction of the resulting vibration. The best-known prediction method of the stability of the machine tool-clamping device-workpiece-tool system is the determination of the stability lobes for fixed process conditions. They show the relationship of rotational speed n usually as a function of the depth of cut a_p , defining stable and unstable areas. Experimental modal analysis is used to plot aforementioned stability lobe diagram [1,2].

The Doosan NHP 6300 five-axis milling centre was used for tests. The modal analysis set was applied. The milling cutter diameter was $d = 8$ mm and the number of teeth was $z = 4$. The EN AW-7050 T745 aluminium alloy, the feed per tooth $f_z = 0.1$ mm/tooth, and the milling width $a_e = 8$ mm (corresponded to the diameter tool) were defined in the software.

Fig. 1 presents an example of the stability diagram for the tested cutting tool. Characteristic increase in the width of the ranges of stable and unstable areas with the increase in rotational speed n was observed. Additionally, it was found that at the depth of cut $a_p = 0.5$ mm, regardless of the rotational speed value n , process is stable.



Stability lobe diagram for the milling cutter with the diameter of $d = 8$ mm

In conclusion, the usefulness of the modal analysis to assess the stability of the milling process was found. This analysis enables the selection of the optimal technological parameters as well as it is also quick and easy to use.

- [1] Pieśko, P.; Zawada-Michałowska, M.: Usefulness of Modal Analysis for Evaluation of Milling Process Stability, *Applied Computer Science*, **13** (1): 75–84 (2017). DOI: 10.23743/acs-2017-07
- [2] Stavropoulos, P.; Souflas, T.; Manitaras, D.; Papaioannou, C.; Bikas, H.: Optimization of Milling Processes: Chatter Detection via a Sensor-Integrated Vice, *Machines*, **11** (1): 52 (2023). DOI: 10.3390/machines11010052

PREDYKCJA MOMENTU OBROTOWEGO NA PODSTAWIE SYGNAŁÓW ELEKTROMIOGRAFICZNYCH

RYSZARD ZIĘTEK¹, PAWEŁ HERBIN¹, MIROSLAW PAJOR¹

¹*Katedra Mechatroniki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie e-mail: ryszard.zietek@zut.edu.pl, pawel.herbin@zut.edu.pl, miroslaw.pajor@zut.edu.pl*

Streszczenie. Coraz to większy rozwój, który ma miejsce w dziedzinach takich jak informatyka, elektronika i mechanika, umożliwia tworzenie bardziej złożonych układów współpracy pomiędzy człowiekiem, a maszyną, które zapewniają bardziej intuicyjną kontrolę. Te bardziej zaawansowane systemy mogą obejmować układy bazujące na rzeczywistości rozszerzonej, czy egzoszkieletach. W budowanych systemach współpracy opóźnienie odgrywa bardzo ważną rolę. Obecne systemy oparte na egzoszkieletach zwykle wykorzystują systemy tensometryczne jako czujniki pomiarowe. Główną wadą wspomnianych czujników jest ich stosunkowo duże opóźnienie. Alternatywnym podejściem jest stosowanie czujników opartych na sygnałach biologicznych generowanych przez operatora. Te sygnały biologiczne mogą obejmować sygnały elektryczne rejestrowane na korze mózgowej (EEG) i sygnały elektryczne rejestrowane na powierzchni mięśnia (EMG). Wykorzystanie sygnałów elektroencefalograficznych lub elektromiograficznych w sterowaniu może znacznie zmniejszyć opóźnienia w systemie człowiek-maszyna, ze względu na fakt, że wspomniane sygnały pojawiają się znacznie wcześniej niż ruch. Główną wadą tych sygnałów jest jednak ich nieliniowość oraz zmienność parametrów w czasie.

Celem badań było opracowanie systemu predykcji momentu obrotowego mięśni szkieletowych na podstawie sygnałów elektromiograficznych generowanych przez mięśnie bicepsa i tricepsa. Ze względu na dość złożoną charakterystykę sygnałów biologicznych, do predykcji momentu obrotowego postanowiono zastosować sieci neuronowe. Sygnałem uczącym jest pomiar z tensometrycznego koła linkowego. Badanie zostało przeprowadzone na jednoprzegubowym modelu egzoszkieletu.

Algorytmy akwizycji i przetwarzania danych zostały zaimplementowane na programowalnym układzie FPGA w celu zmniejszenia opóźnień. Po przeprowadzeniu testów stwierdzono, że wartości parametrów modelu mięśnia silnie zależą od częstotliwości.