

# Zastosowanie nowoczesnych cieczy roboczych w chwytakach robotów

Karol Osowski, Manuel A. Fernández, Artur Olszak, Chih-Yung Huang, Andrzej Kęsy, Jen-Yuan Chang, Zbigniew Kęsy

## Wstęp

Chwytki stanowią podstawowe wyposażenie robotów przemysłowych. Zadaniem chwytaków jest uchwycenie przedmiotu podczas przemieszczania i nadanie mu odpowiedniej pozycji. Do unieruchomienia przedmiotu w chwytaku służą szczęki, przy czym przedmiot może być trzymany przez szczęki w sposób: siłowy, kształtowy, siłowo-kształtowy naprężeniowy lub adhezyjny. Wartość siły docisku szczęk musi być dobrana do rodzaju przedmiotu, tak by zapewnić jego utrzymanie z uwzględnieniem: ciężaru, kształtu, rodzaju powierzchni oraz jego wrażliwości na działanie siły nacisku. W zależności od potrzeb i zastosowania siła nacisku chwytaka na przenoszony przedmiot może wynosić od ułamka N, nawet do kilku tysięcy N.

Problemy konstrukcyjne występują głównie dla chwytaków do przedmiotów miękkich. Dla takich przedmiotów najczęściej stosuje się chwytaki zbliżone do budowy ludzkiej dłoni, dwu- lub wielopalcowe, z palcami, które zmieniają swój kształt, dostosowując się do chwytanego przedmiotu i umożliwiając jego utrzymanie z odpowiednią siłą [1, 2, 3].


Budowa chwytaka jest związana głównie z jego przeznaczeniem oraz rodzajem i gabarytami chwytanych przedmiotów. Podstawowe podzespoły większości chwytaków to: silnik napędowy, zespół przeniesienia napędu oraz mechanizm zaciskania szczęk. Silniki napędowe mogą działać na zasadzie mechanicznej, elektrycznej, pneumatycznej, hydraulicznej lub adhezyjnej, a mechanizmy zaciskania szczęk są klasyfikowane jako: nożycowe, szczypcowe, imadłowe lub opasujące [4, 5, 6].

W chwytakach znajdują również zastosowanie cieczy o sterowanych właściwościach reologicznych, nazywane „cieczami inteligentnymi” (ang. *Smart Fluids*) oraz cieczy o właściwościach luminescencyjnych [7]. Ciecze inteligentne są zazwyczaj mieszaninami koloidalnymi i składają się z fazy ciekłej (np. wody, oleju, nafty) i stałej (np. tlenku żelaza, niklu, skrobi, tlenku krzemu). Do cieczy takich należą cieczy elektoreologiczne (ER) [8, 9] oraz magnetoreologiczne (MR) [10, 11], które umieszczone odpowiednio w polu elektrycznym lub magnetycznym reagują zmianą naprężeń stycznych wewnątrz cieczy.

Podstawowe różnice między cieczami ER i MR, oprócz sposobu ich aktywacji, wiążą się z wartościami możliwych do uzyskania naprężeń stycznych, które są znacznie mniejsze dla cieczy ER. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych chwytaków z cieczami ER i MR można znaleźć w pracach [12–16].

**Streszczenie:** W artykule omówiono wykorzystanie cieczy o nietypowych właściwościach w chwytakach robotów. Ciecze elektro- i magnetoreologiczne, zmieniające swoje właściwości reologiczne w obecności pola elektrycznego lub magnetycznego, zastosowano jako cieczy robocze sprzęgieł wiskotycznych, wchodzących w skład układu przeniesienia napędu chwytaków. Przedstawiono dwa rozwiązania konstrukcyjne prototypowych chwytaków robotów przemysłowych z takimi sprzęgłami. Rozważono również cieczy luminescencyjne, reagujące na nacisk, pod kątem ich zastosowania w mikroczujnikach siły nacisku szczęk chwytaka.

Słowa kluczowe: chwytaki, sprzęgła wiskotyczne, ciecz elektro- i magnetoreologiczna

 **Abstract:** The paper discusses the use of modern fluids with untypical properties in robot grippers. The electro- and magnetorheological fluids, changing their rheological properties in the presence of an electric or magnetic field, were used as working fluids of viscous clutches included in the gripper drive transmission system. Two design solutions were presented for prototype industrial robot grippers with such clutches. Luminescent pressure-sensitive fluids have also been considered for their use in the micro-sensors for sensing force of the gripper's jaw.

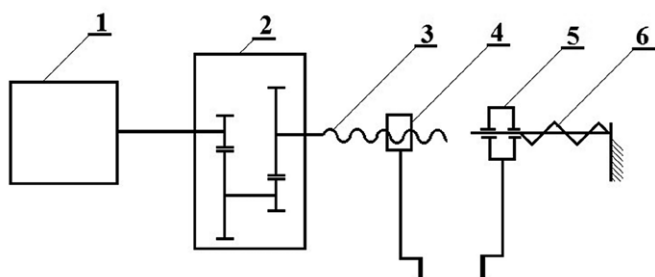
## Budowa chwytaków napędzanych silnikami elektrycznymi

Chwytki z elektrycznymi silnikami napędowymi w układzie przeniesienia napędu zawierają przekładnię zębatą zmniejszającą prędkość obrotową silnika i tym samym prędkość zaciskania i rozluźniania szczęk.

Przykładowy schemat konstrukcji takich chwytaków przedstawiono na rys. 1.

Chwytek pokazany na rys. 1 składa się z silnika elektrycznego połączanego z przekładnią zębatą. Do wału wyjściowego przekładni przymocowana jest śruba. Na śrubie umieszczona jest nakrętka z zamocowaną do niej szczęką, natomiast przeciwszczęką, zamontowaną przesuwnie, podparta jest sprężyna. Nacisk szczęk na przenoszony przedmiot jest zależny od liczby obrotów śruby po osiągnięciu kontaktu szczęki z przedmiotem

reklama



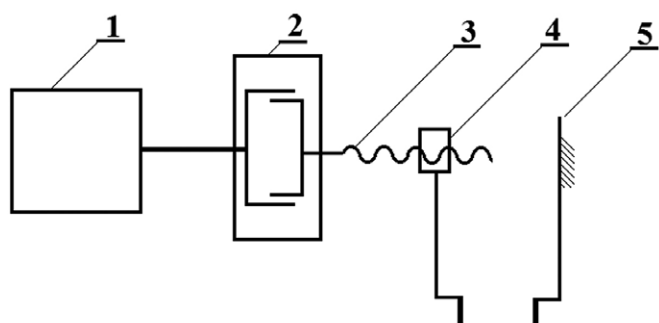
Rys. 1. Schemat chwytaka napędzanego silnikiem elektrycznym z imadłowym mechanizmem zaciskania szczęk i przekładnią zębatą: 1 – silnik elektryczny; 2 – przekładnia zębata; 3 – śruba; 4 – nakrętka ze szczęką; 5 – przeciwszczęka; 6 – sprężyna

i rośnie zależnie od charakterystyki sprężyny. Wartość tego nacisku musi być dostosowana do rodzaju przenoszonego przedmiotu, tak by nie uległ on zgnieceniu. Utrzymanie stałej siły nacisku szczęk na przedmiot wymaga precyzyjnego pozycjonowania wału silnika.

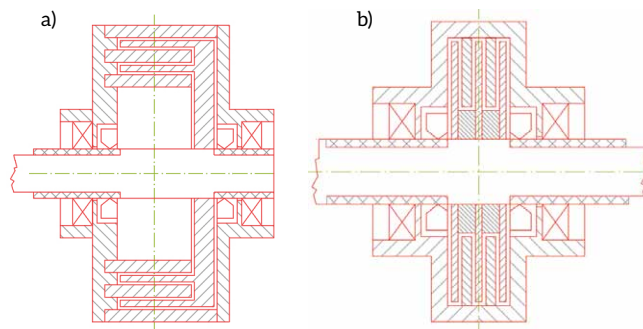
Stały nacisk szczęk na przedmiot można uzyskać w prostszy sposób dzięki zastosowaniu sprzęgła wiskotycznego, jak przedstawiono na rys. 2.

W chwytaku, którego schemat budowy pokazano na rys. 2, przekładnia zębata została zastąpiona sprzęgłem wiskotycznym, pracującym w ciągłym poślizgu, a przeciwszczęka jest zamocowana na stałe. Ze względu na fakt, iż moment obrotowy przenoszony przez sprzęgło wiskotyczne zależy od prędkości względnej między wirnikami sprzęgła, na nacisk szczęk można wpływać przez zmianę obrotów silnika elektrycznego.

Innym wariantem budowy chwytaka, pokazanego schematycznie na rys. 2, jest zastosowanie silnika elektrycznego o stałych obrotach, współpracującego ze sterowanym sprzęgłem wiskotycznym. Sprzęgło wiskotyczne składa się z dwóch części: napędzającej, połączonej z wałem wejściowym silnika napędowego oraz napędzanej połączonej z wałem wyjściowym



Rys. 2. Schemat chwytaka napędzanego silnikiem elektrycznym z imadłowym mechanizmem zaciskania szczęk i sprzęgłem wiskotycznym: 1 – silnik elektryczny; 2 – sprzęgło wiskotyczne; 3 – śruba; 4 – nakrętka ze szczęką; 5 – przeciwszczęka



Rys. 3. Sprzęgła wiskotyczne: a – sprzęgło cylindryczne; b – sprzęgło tarczowe

sprzęgła. W szczeliny między tymi częściami cieczy znajduje się ciecz robocza. Gdy wał wejściowy obraca się, część napędzająca i napędzana są związane ze sobą przez siłę wynikającą z występowania w cieczy naprężeń stycznych. Ze względu na kształt powierzchni roboczych wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje sprzęgieł wiskotycznych: sprzęgła cylindryczne oraz sprzęgła tarczowe, rys. 3.

Najnowszym sposobem sterowania sprzęgieł wiskotycznych jest wykorzystanie jako cieczy roboczej, wypełniającej to sprzęgło, cieczy ER lub MR. Do obliczeń projektowych sprzęgieł wiskotycznych z cieczą ER lub cieczą MR przyjmuje się, że właściwości reologiczne cieczy w obecności pola odpowiednio elektrycznego lub magnetycznego opisuje model matematyczny Binghama postaci:

$$\tau = \mu_p \dot{\gamma} + \tau_0 \quad (1)$$

gdzie:  $\mu_p$  – lepkość plastyczna;  $\tau_0$  – graniczne naprężenie styczne,

a w przypadku braku tych pól model matematyczny Newtona postaci:

$$\tau = \mu_0 \dot{\gamma} \quad (2)$$

gdzie:  $\mu_0$  – współczynnik lepkości dynamicznej cieczy ER przy braku pola elektrycznego.

Na podstawie tych modeli oblicza się moment obrotowy  $M$ , przenoszony przez sprzęgło w obecności odpowiedniego pola dla danej prędkości obrotowej  $n$ , który opisany jest wzorami:

- dla sprzęgła tarczowego:

$$M = m \frac{\pi \mu_p}{2h} \omega (r_2^4 - r_1^4) + n \frac{2\pi \tau_0}{3} (r_2^3 - r_1^3) \quad (3)$$

gdzie:  $m$  – liczba szczelin roboczych;  $h$  – szerokość szczeliny;  $r_1$  – promień wewnętrzny tarczy,  $r_2$  – promień zewnętrzny tarczy;  $\omega = \pi n / 30$  – prędkość względna;

- dla sprzęgła cylindrycznego:

$$M = 2 \pi b \mu_p \frac{\sum_m r_1^3}{h} \omega + 2 \pi b \tau_0 \sum_m r_1^2 \quad (4)$$

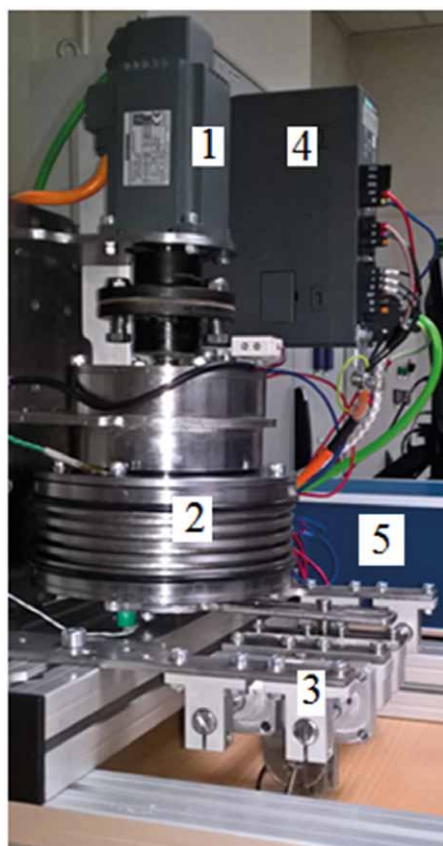
gdzie:  $m$  – liczba szczelin roboczych;  $h$  – szerokość szczeliny;  $r_1$  – promień wewnętrzny tworzący szczelinę;  $r_2$  – promień zewnętrzny tworzący szczelinę;  $\omega = \pi n/30$  – prędkość względna.

Z wzorów (3) oraz (4) wynika, że obliczony moment obrotowy  $M$  jest sumą dwóch składników: pierwszego zależnego od lepkości plastycznej cieczy  $\mu_p$  oraz drugiego zależnego od granicznego naprężenia stycznego  $\tau_0$ . Podobne zależności obowiązują dla siły nacisku  $F$ .

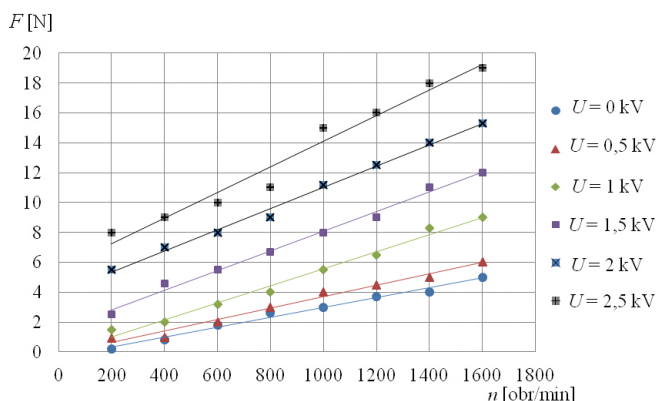
### Chwytnak z cieczą ER

W sprzęgłach wiskotycznych z cieczą ER sterowanie momentem obrotowym przenoszonym przez sprzęgło, a co za tym idzie – siłą nacisku szczęk na przedmiot, odbywa się za pomocą prądu elektrycznego przez doprowadzenie wysokiego napięcia do odizolowanych od siebie części: napędzającej i napędzanej sprzęgła wiskotycznego, między którymi znajduje się ciecz ER. Wysokie napięcie generuje pole elektryczne w cieczy ER, powodując zmianę naprężeń stycznych w tej cieczy.

Na rys. 4 przedstawiono prototypową konstrukcję chwytaka napędzanego silnikiem elektrycznym z imadłowym mechanizmem zaciskania szczęk i tarczowym sprzęgłem wiskotycznym z cieczą ER.



**Rys. 4.** Chwytnak ze sprzęgłem wiskotycznym z cieczą ER: 1 – silnik elektryczny; 2 – sprzęgło wiskotyczne z cieczą ER; 3 – imadłowy mechanizm zaciskania szczęk; 4 – sterownik silnika elektrycznego; 5 – zasilacz wysokiego napięcia



Rys. 5. Zależność siły  $F$  od prędkości obrotowej  $n$  i napięcia  $U$

W sprzęgle wiskotycznym chwytaka, składającym się z 12 tarcz umieszczonych od siebie w odległości 1 mm, zastosowano ciecz elektoreologiczną ERF#6 [17, 18]. Dla tego sprzęgła otrzymaną z pomiarów zależność siły nacisku szczęk chwytaka na przedmiot  $F$  od prędkości obrotowej silnika elektrycznego  $n$  oraz wysokiego napięcia  $U$  doprowadzonego do sprzęgła zilustrowano na rys. 5.

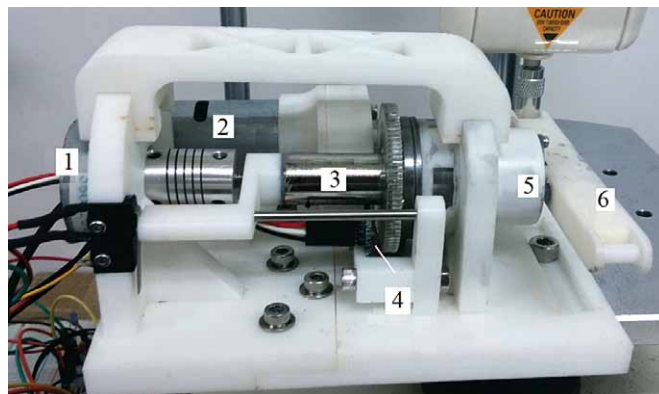
Z rys. 5 wynika, że zastosowanie cieczy ER w sprzęgle wiskotycznym powoduje znaczne zwiększenie siły nacisku  $F$ . Dla przykładu, dla prędkości silnika elektrycznego  $n = 1600$  obr./min, w wyniku doprowadzenia wysokiego napięcia o wartości 2,5 kV, siła nacisku  $F$  wzrosła 4-krotnie. Z tego wynika, że stosunek siły spowodowanej lepkością plastyczną  $\mu_p$  cieczy do siły spowodowanej występowaniem naprężenia stycznego  $\tau_0$  wynosi 1: 4.

Właściwości reologiczne cieczy ER w istotny sposób zależą od jej temperatury. Podczas pracy sprzęgła wiskotycznego, w jego wnętrzu wydziela się ciepło na skutek występowania strat mechanicznych (straty brodzenia) oraz strat elektrycznych (przepływ prądu upływu). Ilość wydzielanego ciepła jest duża, ze względu na wysoką prędkość obrotową wirników sprzęgła oraz wysokie napięcie zasilania sprzęgła. Wymaga to zastosowania powietrznego lub cieczowego układu chłodzącego.

### Chwytnak z cieczą MR

W sprzęgłach wiskotycznych z cieczą MR sterowanie momentem obrotowym sprzęgła odbywa się za pomocą zmiany natężenia pola magnetycznego w cieczy MR, co można uzyskać wykorzystując elektromagnes zasilany prądem elektrycznym o zmienianym natężeniu lub magnes stały o zmienianym położeniu względem szczeliny z cieczą MR.

Na rys. 6 przedstawiono prototypową konstrukcję chwytaka napędzanego silnikiem elektrycznym ze szczypcowym mechanizmem zaciskania szczęk i cylindrycznym sprzęgłem wiskotycznym z cieczą MR, w którym namagnesowany promieniowo magnes stały jest wsuwany do środka wewnętrznego cylindra sprzęgła cylindrycznego [19]. Wsuwanie magnesu jest

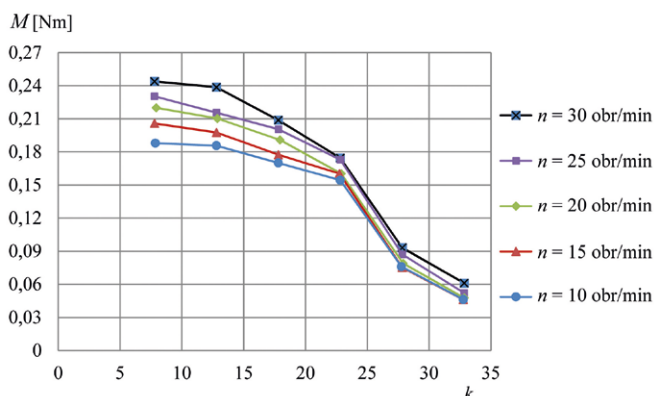


Rys. 6. Prototyp chwytaka z cylindrycznym sprzęgłem wiskotycznym z cieczą MR: 1 – silnik krokowy; 2 – silnik elektryczny; 3 – mechanizm wsuwania magnesu stałego; 4 – enkoder; 5 – sprzęgło wiskotyczne z cieczą MR; 6 – szczypcowy mechanizm zaciskania szczęk

realizowane przez śrubę obracaną za pomocą silnika krokowego współpracującego z enkoderem obrotowym. Jako ciecz roboczą w tym sprzęgle wiskotycznym zastosowano ciecz magnetoreologiczną Lord MRF-140CG.

Ze względu na fakt, iż magnes stały jest umieszczony w osi sprzęgła cylindrycznego, napęd sprzęgła odbywa się przez silnik elektryczny za pomocą przekładni zębatej, której mniejsze koło zębate jest umieszczone na wale silnika napędowego, a większe koło zębate jest związane z cylindrem zewnętrznym sprzęgła. Z powodu redukcji prędkości obrotowej silnika, wynikającej ze średnic kół zębatych, prędkość względna między częścią napędzającą i napędzaną sprzęgła nie jest duża, co przyczynia się do zmniejszenia ilości wydzielanego ciepła. Dodatkowo ciecz MR są mniej wrażliwe na zmiany temperatury niż ciecz ER. Z tych powodów dla tego chwytaka nie zachodzi konieczność stosowania układu chłodzenia.

Mała prędkość względna między częścią napędzającą i napędzaną sprzęgła chwytaka powoduje, że siła nacisku na szczęki  $F$  praktycznie zależy wyłącznie od granicznego naprężenia stycznego  $\tau_0$ .



Rys. 7. Zależność siły  $F$  od prędkości obrotowej  $n$  i stopnia wysunięcia magnesu  $k$

### Kontrola siły nacisku szczęk

W przypadku konieczności uzyskania w chwytaku siły nacisku o stałej, dokładnej wartości chwytak zawierający sprzęgło wiskotyczne z cieczą ER lub MR wyposaża się w układ regulacji stałowartościowej ze sprzężeniem zwrotnym. Jest to stosunkowo proste w realizacji na drodze elektrycznej, gdyż silniki elektryczne czy specjalizowane zasilacze wysokiego napięcia są sterowane za pomocą zmiany natężenia prądu elektrycznego. Do kontroli siły nacisku szczęk na przedmiot stosuje się najczęściej przetworniki tensometryczne, które są bezpośrednio umieszczone na szczęce lub z nią połączone mechanicznie.

Obecnie trwają prace nad wykorzystaniem w chwytakach do pomiarów sił nacisku o małych wartościach czujników molekularnych (ang. *Molecule-based Pressure Sensors*), używanych do pomiarów ciśnienia w urządzeniach mikroprzepływowych [20]. Celem tych prac jest minimalizacja mechanizmu zaciskania szczęk. Podstawowym elementem czujników molekularnych jest mikrokanal, w którym przepływa specjalnie dobrana ciecz o właściwościach luminescencyjnych. Informacje dotyczące rozkładu ciśnienia w mikrokanale uzyskuje się na podstawie analizy luminescencji cząstek cieczy wypełniającej kanał. Dla przykładu, czujnik taki ma wymiary  $1000 \times 100 \times 67 \mu\text{m}$ . Dla tego czujnika, przy różnicy ciśnień na wejściu i wyjściu mikrokanalu od 20 kPa do 40 kPa, natężenia przepływu cieczy wewnątrz mikrokanalu wynosić może od  $2,5 \times 10^{-8}$  kg/s do

$2,2 \times 10^{-7}$  kg/s. Jednak w przypadku zastosowania czujników molekularnych w chwytakach podstawowym problemem do rozwiązania jest uproszczenie sposobu uzyskiwania sygnału z czujnika w celu obniżenia kosztu używanej aparatury.

### Wnioski

Nowe kierunki rozwoju chwytaków robotów obejmują zastosowanie sprzęgieł wiskotycznych z „cieczami inteligentnymi”, charakteryzującymi się zmianą właściwości reologicznych w obecności pola elektrycznego lub magnetycznego.

Wartości naprężeń stycznych i charakter ich przebiegu zależnie od szybkości ścinania dostępnych obecnie cieczy inteligentnych umożliwia ich praktyczne zastosowanie jako cieczy roboczych w sprzęgłach wiskotycznych chwytaków robotów.

Zastosowanie w sprzęgłach wiskotycznych chwytaków cieczy ER o mniejszych niż dla cieczy MR wartościach naprężeń stycznych stwarza konieczność zwiększenia prędkości względnej między częścią napędzającą i napędzaną sprzęgła, co powoduje bardziej intensywne wydzielanie się ciepła i wymaga stosowania układu chłodzenia zapewniającego utrzymanie stałej temperatury cieczy roboczej w sprzęgle.

Dążenie do minimalizacji chwytaków zwróciło uwagę konstruktorów na czujniki molekularne stosowane dotychczas w mikroukładach. Jednak ich praktyczne zastosowanie nie jest jeszcze uzasadnione ekonomicznie, ze względu na

reklama

reklama

konieczność użycia skomplikowanej aparatury do uzyskiwania sygnału z czujnika.

### Literatura

- [1] MORECKI A., KNAPCZYK J.: *Podstawy robotyki*. WNT, Warszawa 1999.
- [2] MCCLOY D., HARRIS D.M.J.: *Robotics: an Introduction*. Open University Press, Milton Keynes, 1986.
- [3] CRAIG J.: *Wprowadzenie do robotyki*, WNT, Warszawa 1995.
- [4] TCHOŃ K., MAZUR A., DULĘBA I., HOSSA R., MUSZYŃSKI R.: *Manipulatory i roboty mobilne*. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 2000.
- [5] HONCZARENKO J.: *Roboty przemysłowe: budowa i zastosowanie*. WNT, Warszawa 2004.
- [6] OLSZEWSKI M., BARCZYK J., FALKOWSKI J.L., KOŚCIELNY W.J.: *Manipulatory i roboty przemysłowe – automatyczne maszyny manipulacyjne*. WNT, Warszawa 1992.
- [7] BELL J.H., SCHAIERER E.T., HAND L.A., MEHTA R.D.: *Surface Pressure Measurements Using Luminescent Coatings*. „Annu. Rev. Fluid Mech.” 33/2001, pp. 155–206.
- [8] KĘSY Z.: *Modelowanie i badanie elektoreologicznych i magnetoreologicznych cieczy roboczych*. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2009.
- [9] KĘSY Z., KĘSY A., PŁOCHARSKI J., JACKSON M., PARKIN R.: *An Example of Design – Embodiment for Electrorheological Fluid Based Mechatronic Transmission Components*. „International Journal of Mechatronics” 16(1)/2006, pp. 33–39.
- [10] FERTMAN V.E.: *Magnetic Fluids Guide Book: Properties and Applications*. Hemisphere Publishing Corporation, 1990.
- [11] CARLSON J.D.: *What Makes a Good MR Fluid?. 8th International Conference on Electrorheological Fluids and Magnetorheological Suspensions*, Nice 2001.
- [12] VOYLES R.M., FEDDER G.: *Design of a Modular Tactile Sensor and Actuator Based on an Electrorheological Gel*. Research Showcase, Carnegie Mellon University, 1996.
- [13] KENALEY G.L., CUTKOSKY M.: *Electrorheological Fluid-Based Robotic Fingers with Tactile Sensing*. IEEE International Conference on Robotics and Automation, Conference Proceedings, 1989.
- [14] YOSHIDA K., PARK J.-H., YANO H., YOKOTA S., YUN S.: *Study of Valve-Integrated Microactuator Using Homogeneous Electro-rheological Fluid*. „Sensors and Materials” Vol. 17, No. 3, 2005, pp. 97–112.
- [15] IVANESCU M., FLORESCU M., POPESCU N., POPESCU D.: *On the Stability of the Grasping Function with ER Fluids*. The 16th International Congress on Sound and Vibration (ICSV 16), Krakow, Poland, 2009, pp. 1–8.
- [16] PETERSSONA A., DAVISB S., GRAYB J.O., DODDC T.J., OHLSSON T.: *Design of a Magnetorheological Robot Gripper for Handling of Delicate Food Products with Varying Shapes*. „Journal of Food Engineering” Vol. 98, Issue 3, 2010, pp. 332–338.
- [17] PŁOCHARSKI J., KRZTOŃ-MAZIOPA A.: *Sprawozdanie z projektu badawczego: PW-004/ITE/05/2005 „Opracowanie cieczy elektoreologicznych do zastosowania w zaawansowanej technice”*. Wydział Chemiczny, Politechnika Warszawska, Warszawa 2005.
- [18] KRZTOŃ-MAZIOPA A., CISZEWSKA M., PŁOCHARSKI J.: *Ciecze elektoreologiczne – materiały, zjawiska, zastosowanie*. „Polimery” nr 11–12/2003, s. 743–753.
- [19] FERNÁNDEZ M.A., CHANG J.Y.: *Development of Magnetorheological Fluid Clutch for Robotic Arm Applications*. IEEE Advanced Motion Control, Auckland, 2016, pp. 1–6.
- [20] HUANG C.Y., LAI C.M.: *Pressure Measurements with Molecule-based pressure Sensors in Straight and Constricted PDMS Microchannels*. „Journal of Micromechanics and Microengineering” 22/2012, pp. 1–10.

### Informacja

Przedstawione wyniki prac są częścią projektu *Innovative application of smart fluid in industrial robot gripper* prowadzonego w latach 2016–2018 w ramach współpracy międzynarodowej *Polish-Taiwanese/Taiwanese-Polish Joint Research Call*, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Ministry of Science and Technology, Taiwan.



Dr Karol Osowski pracuje jako adiunkt na Wydziale Mechanicznym Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu.

Prof. dr hab. inż. Andrzej Kęsy jest profesorem zwyczajnym Wydziału Mechanicznego Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu.

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Kęsy jest Dyrektorem Instytutu Mechaniki Stosowanej i Energetyki Wydziału Mechanicznego Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu.

Dr inż. Artur Olszak jest kierownikiem Wydziału Przygotowania i Nadzoru Technicznego Zakładu Wsparcia Technicznego w Instytucie Nowych Syntezy Chemicznych w Puławach.

Mgr inż. Manuel A. Fernández jest doktorantem w Department of Power Mechanical Engineering, National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan.

Prof. dr Chih-Yung Huang pełni funkcję Vice Chairman Dept. of Power Mechanical Engineering w National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan.

Prof. dr Jen-Yuan (James) Chang jest pracownikiem Industrial Technology Research Institute, Hsinchu, Taiwan oraz profesorem w Dept. of Power Mechanical Engineering National Tsing Hua University, Taiwan. Jest członkiem ASME, edytorem technicznym w IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, a także edytorem ASME „Journal of Vibration and Acoustics”.