

**MINING – INFORMATICS, AUTOMATION AND ELECTRICAL ENGINEERING**  
**Published since 1962**

DOI: <http://dx.doi.org/10.7494/miag>

Chairman of the Scientific Board/Przewodniczący Rady Naukowej:  
*Antoni Kalukiewicz*, AGH University of Science and Technology, Kraków (Poland)

Secretary of the Scientific Board/Sekretarz Rady Naukowej:  
*Krzysztof Krauze*, AGH University of Science and Technology, Kraków (Poland)

Members of the Scientific Board/ Członkowie Rady Naukowej:  
*Dariusz Andriukaitis*, Kaunas University of Technology, Kaunas (Lithuania)  
*Naj Aziz*, University of Wollongong, Wollongong (Australia)  
*Edward Chlebus*, Wrocław University of Science and Technology, Wrocław (Poland)  
*George L. Danko*, University of Nevada, Reno (USA)  
*Krzysztof Filipowicz*, Silesian University of Technology, Gliwice (Poland)  
*Jiří Fries*, Technical University of Ostrava, Ostrava (Czech Republic)  
*Leonel Heradia*, EAFIT University, Medellín (Columbia)  
*Arkadiusz Mężyk*, Silesian University of Technology, Gliwice (Poland)  
*Josph Molnar*, University of Miskolc, Miskolc (Hungary)  
*Jacek Paraszcak*, Laval University, Quebec (Canada)  
*Sorin Mihai Radu*, University of Petrosani, Petrosani (Romania)  
*Yuan Shujie*, Anhui University of Science and Technology, Huainan (China)  
*Marek Sikora*, Institute of Innovative Technologies EMAG, Katowice (Poland)  
*Radosław Zimroz*, Wrocław University of Science and Technology, Wrocław (Poland)  
*Nenad Zrnić*, University of Belgrade, Belgrade (Serbia)

Editorial staff/ Redakcja czasopisma:  
Editor in Chief/ Redaktor naczelny – *Krzysztof Krauze*  
Deputy Editor in Chief/ Zastępca redaktora naczelnego – *Krzysztof Kotwica*  
Managing Editor/ Kierownik redakcji – *Marcin Mazur*  
Manuscript Editor/ Redaktor techniczny – *Kamil Mucha*  
Web Editor/ Redaktor strony internetowej – *Marcin Nawrocki*

Associate editors/ Redaktorzy tematyczni:  
*Waldemar Rączka* (automation and robotics/ automatyka i robotyka)  
*Tomasz Siostrzonek* (electrical engineering/ elektronika i energotechnika)  
*Łukasz Bołoz* (mechanical engineering/ inżynieria mechaniczna)  
*Ryszard Klempka* (technical IT/ informatyka techniczna)  
*Antoni Wojaczek* (telecommunications/ telekomunikacja)  
*Waldemar Korzeniowski* (environmental engineering, mining and energy technology/ inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka)  
*Joanna Augustyn-Nadzieja* (materials engineering/ inżynieria materiałowa)  
*Patrycja Hąbek* (quality management/ nauki o zarządzaniu i jakości)

**PUBLISHER**

Publishing Manager/ Redaktor naczelny Wydawnictwa AGH: *Jan Sas*

Linguistic Corrector/ Korekta językowa: *Aedden Shaw* (English/ język angielski), *Kamila Zimnicka* (Polish/ język polski)

Desktop Publishing/ Skład komputerowy: Andre

Cover Design/ Projekt okładki i strony tytułowej: ROMEDIA-ART

© Wydawnictwa AGH, Kraków 2019, Creative Commons CC-BY 4.0 License

ISSN 2449-6421 (online)  
ISSN 2450-7326 (printed)



**Ministry of Science  
and Higher Education**

Republic of Poland

Creating English-language versions of publications – an assignment financed by the Ministry of Science and Higher Education from resources allocated to science-propagating activities according to contract 684/P-DUN/2019

*The electronic version of the journal is the primary one.*  
*Number of copies: 55*

Wydawnictwa AGH (AGH University of Science and Technology Press)  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
tel. 12 617 32 28, 12 636 40 38  
e-mail: [redakcja@wydawnictwoagh.pl](mailto:redakcja@wydawnictwoagh.pl)  
<http://www.wydawnictwo.agh.edu.pl>