

Supported by



Funded by the
European Union



Przegląd i analiza młotów elektrycznych w górnictwie - zastosowanie w punkcie rozładunku urobku w kopalni podziemnej

Adam Wróblewski¹, Pavlo Krot¹, Przemysław Dąbek¹, Radosław Zimroz¹, Timo Mayer², Jyri Peltola²

¹ Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Politechnika Wroclawska

² Lekatech OY, Kausala, Finlandia

XXXII Szkoła Eksploatacji Podziemnej, 27.02-01.03.2022, Kraków, Polska



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Politechnika Wroclawska

Lekatech Electric Hammer - budowa

Młoty elektryczne mają podobne wymiary oraz wagę względem młotów pneumatycznych i hydraulicznych



Gazowy akumulator

Rurowy silnik liniowy składający się z:

- stojana
- magnesu trwałego

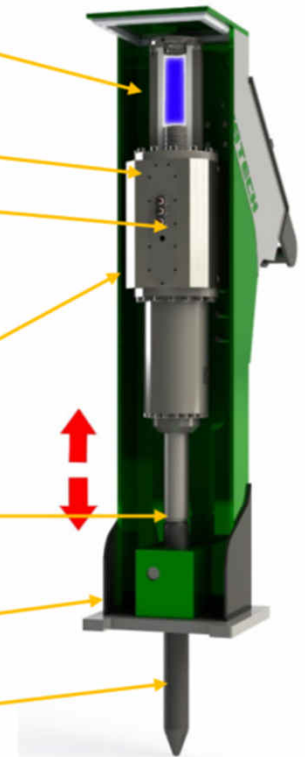
Falownik i jednostka sterująca

Rama

Młot

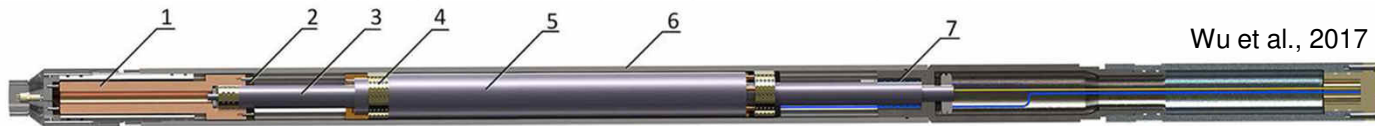
Obudowa

Dłuto



Liniowe silniki indukcyjne - zastosowanie

- Głębokie wiercenia eksploatacyjne i rozpoznawcze (problematyka stosowania MH);
- Prasy metalurgiczne (sterowanie energią i częstotliwością uderzeń);
- Przesiewacze (dostosowywanie częstotliwości, amplitudy i trajektorii - orbit);
- **Rozdrabnianie urobku w górnictwie (odkrywkowym i podziemnym);**
- Rozbiórki i wyburzanie.



Makarov et al., 2017

METSO, 2022



LEKATECH, 2022



SCHULER, 2022

Fundamentalne problemy w użytkowaniu młotów hydraulicznych

Problemy w użytkowaniu młotów hydraulicznych:

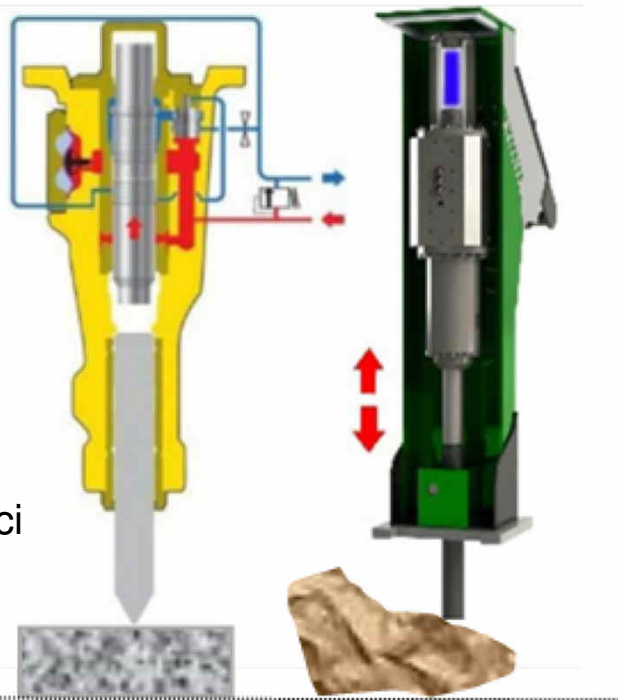
- Uszkodzenia uszczelnień i wycieki oleju spowodowane zużyciem i zanieczyszczeniami
- Deformacje korpusu cylindra spowodowane przez wysokie ciśnienie
- Możliwe odkształcenie tłoka pod obciążeniem
- Zużycie oleju hydraulicznego
- Brak możliwości dynamicznej i responsywnej zmiany parametrów kruszenia w szerokich zakresach.

Zalety młotów elektrycznych:

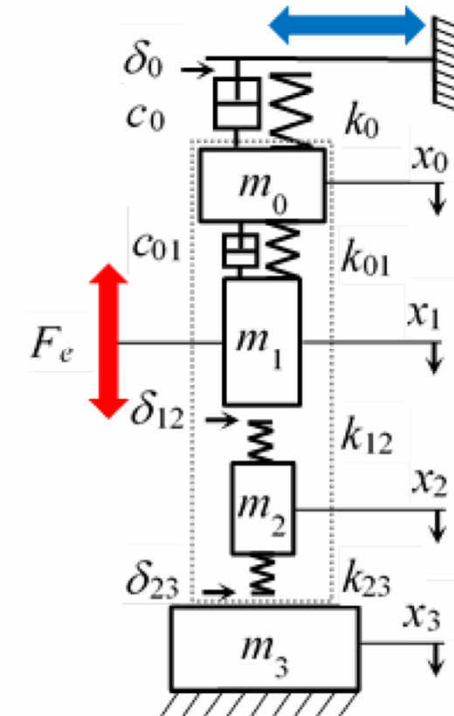
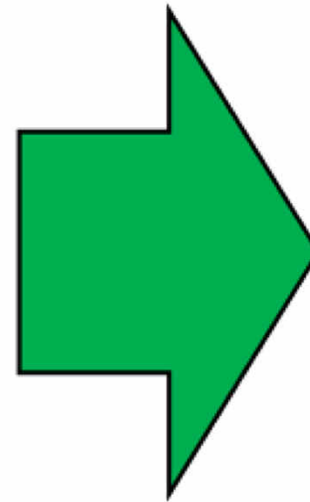
- Bardzo proste podłączenie do istniejących sieci elektrycznych
- Brak problemów z olejem hydraulicznym
- Wyższa precyzja dzięki możliwości sterowania parametrami (amplituda i częstotliwość) w zależności od właściwości materiału
- Mniejsze zużycie indukowanej energii w maszynach napędzanych silnikami wysokoprężnymi

Wróblewski, A., Krot, P., Zimroz, R., Mayer, T., & Peltola, J. (2023). Review of Linear Electric Motor Hammers—An Energy-Saving and Eco-Friendly Solution in Industry. *Energies*, 16(2), 959.

Model dynamiczny



Różne kształty
dłuta w zależności
od materiału



Ten układ elektromechaniczny jest nieliniowy z powodu luzów między częścią ruchomą a dłutem (δ_{12}), dłutem a skałą (δ_{23}) oraz w konstrukcji nośnej (δ_0). Oba typy młotów posiadają akumulator gazowy lub hydrauliczny (c_{01}) na górze obudowy (m_0), służący do akumulacji energii kinetycznej części ruchomej (m_1) zwiększającej oddziaływanie na narzędzie robocze (m_2). Udział energii przekazywanej do skały (m_3) zależy od zużycia konstrukcji nośnej (k_0), która podlega ciągłym zmianom i jest tłumiona przez siłowniki hydrauliczne (c_0).

Wróblewski, A., Krot, P., Zimroz, R., Mayer, T., & Peltola, J. (2023). Review of Linear Electric Motor Hammers—An Energy-Saving and Eco-Friendly Solution in Industry. *Energies*, 16(2), 959.

Lekatech Electric Hammer - parametry

Technical Specifications

Hammer weight	454 kg
Minimum working weight	516 kg*
Impact rate	60 - 900 bpm**
Impact energy	500 - 1500 J (Nm)**
Tool diameter	90 mm
Grease connection	3/8" external
Air connection	1/8" external
Water connection (spray)	1/8" external
Cooling connection (in)	3/8" external
Cooling connection (out)	1/8" external
Voltage (grid connection)	AC 400V/50Hz/3×63A
Voltage (DC link)	700V DC
Protection class	IP69K***

* Including bracket and tool

** Adjustable

*** Air connection required

Accessory Box

Separate accessory box includes: cooling system, inverter, rectifier, fuses, relays and greasing unit for chisel.

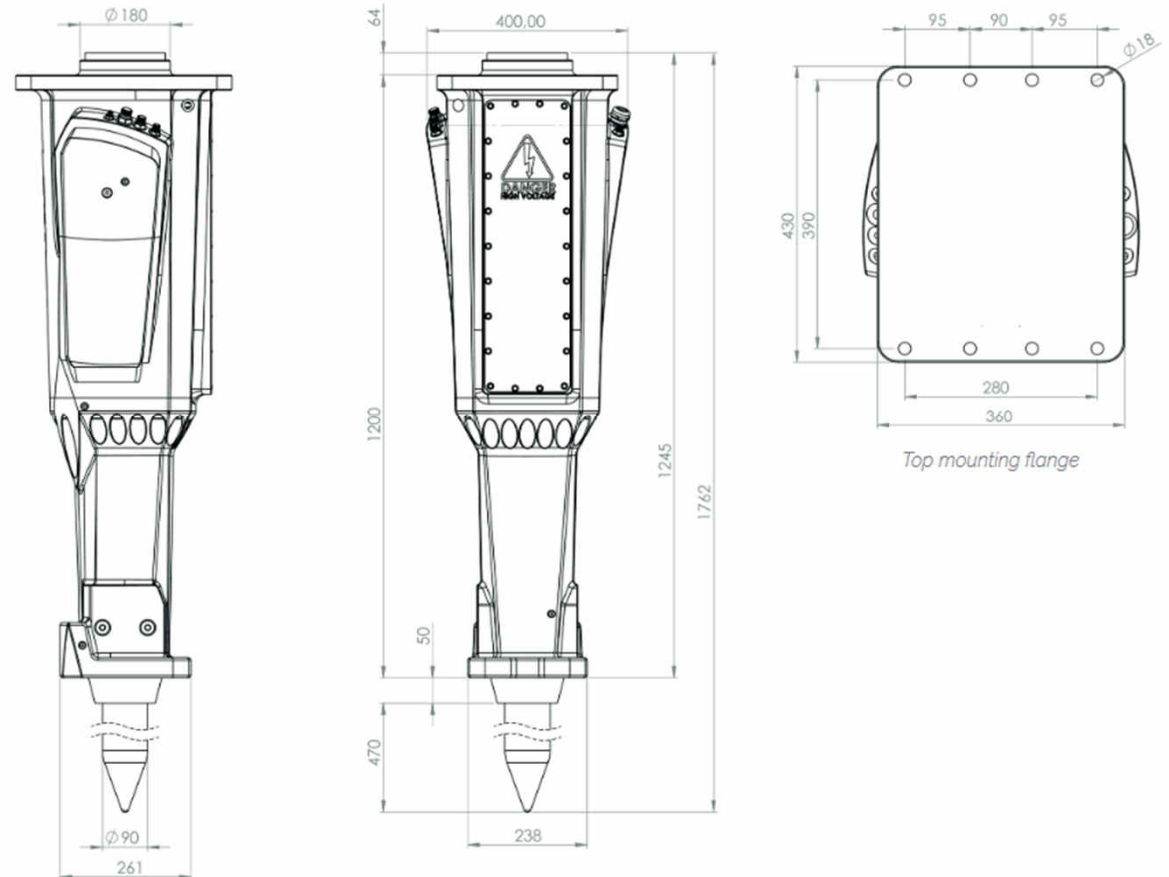
Dimensions	500 × 700 × 400 mm
Power cable to hammer	Radox multiscreen 3×35 mm ²
Protection class	IP66

User Interface

Dimensions	235 × 127 × 70 mm
Screen/PLC	CPX-Terminal-Vemcon 7"
Control	Touch
Resolution	1024×600px
Supply voltage	9-36V



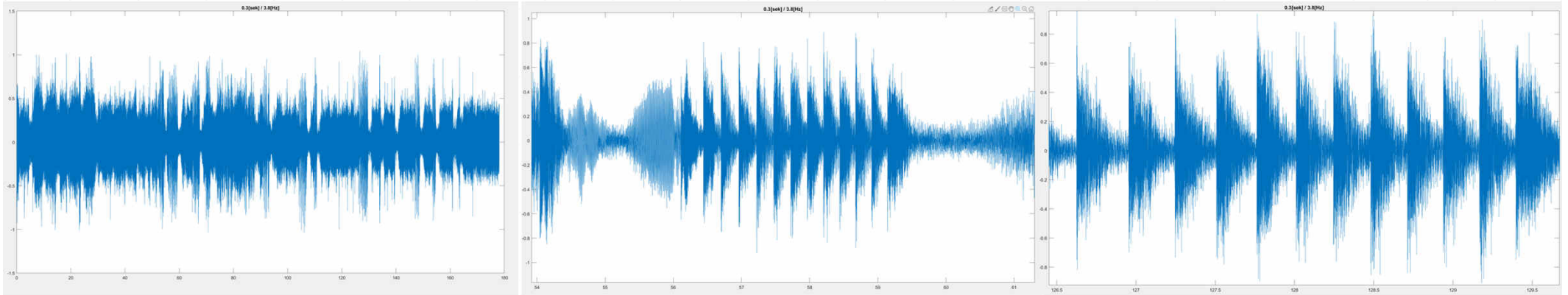
Dimensions (mm)



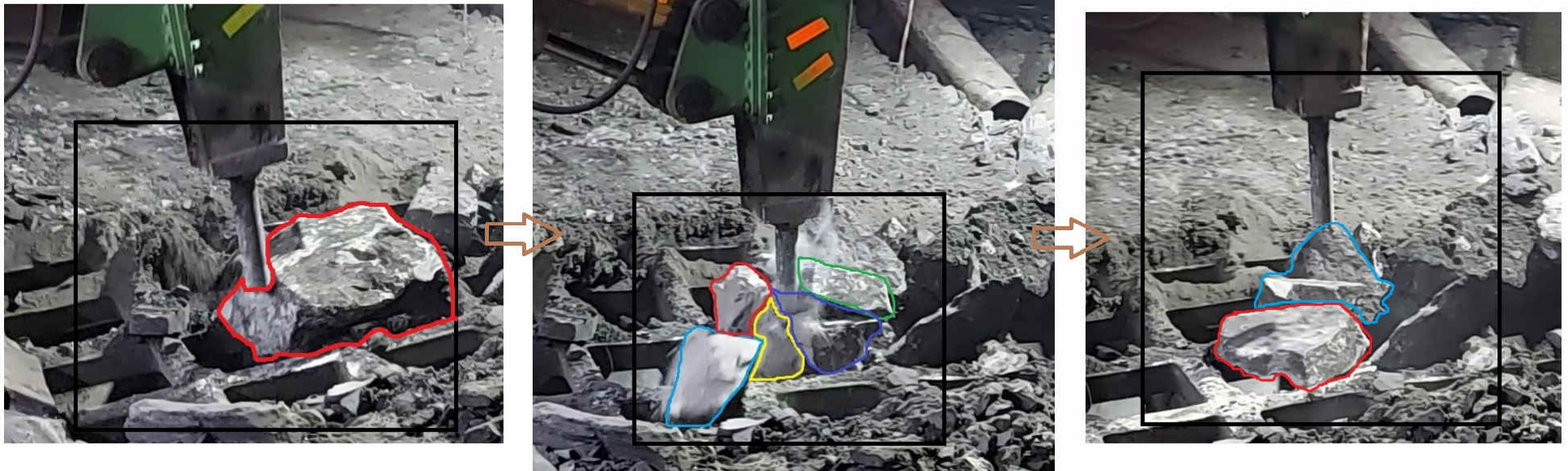
LEKATECH Electric Hammer Data Sheet. Available online:
https://echo.pwr.edu.pl/wp-content/uploads/2022/11/LekaTech_Datasheet.pdf

Wyniki pomiarów na młocie hydraulicznym

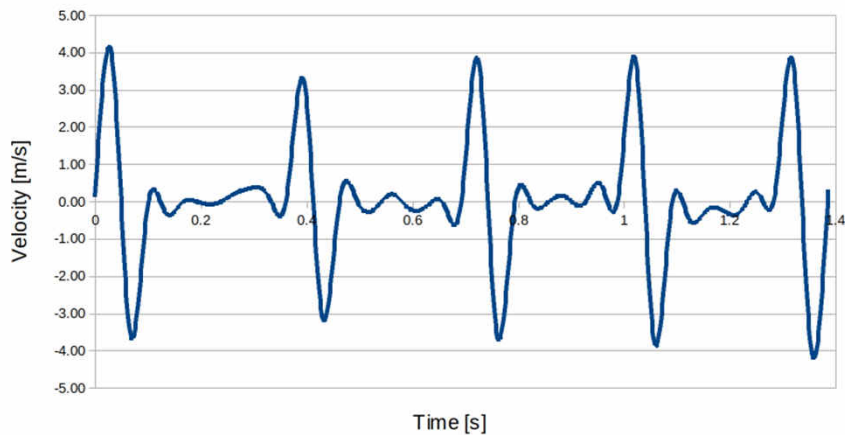
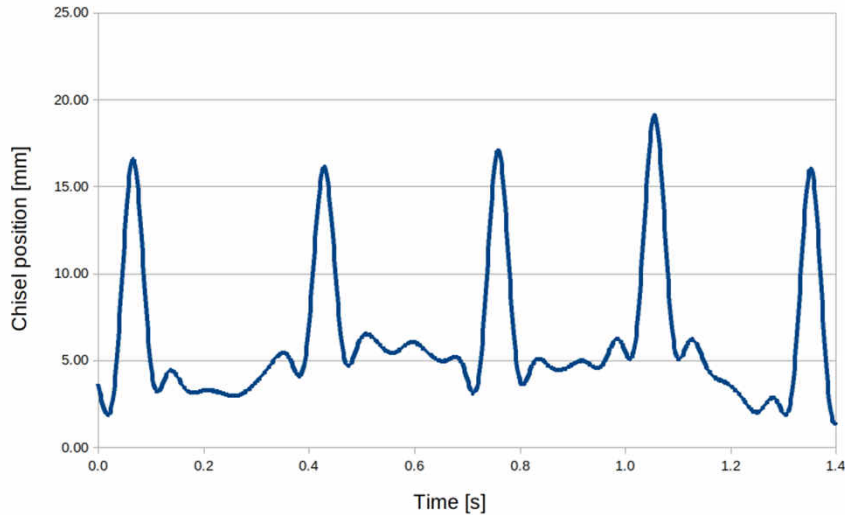
Pomiary akustyczne



Pomiary wizyjne



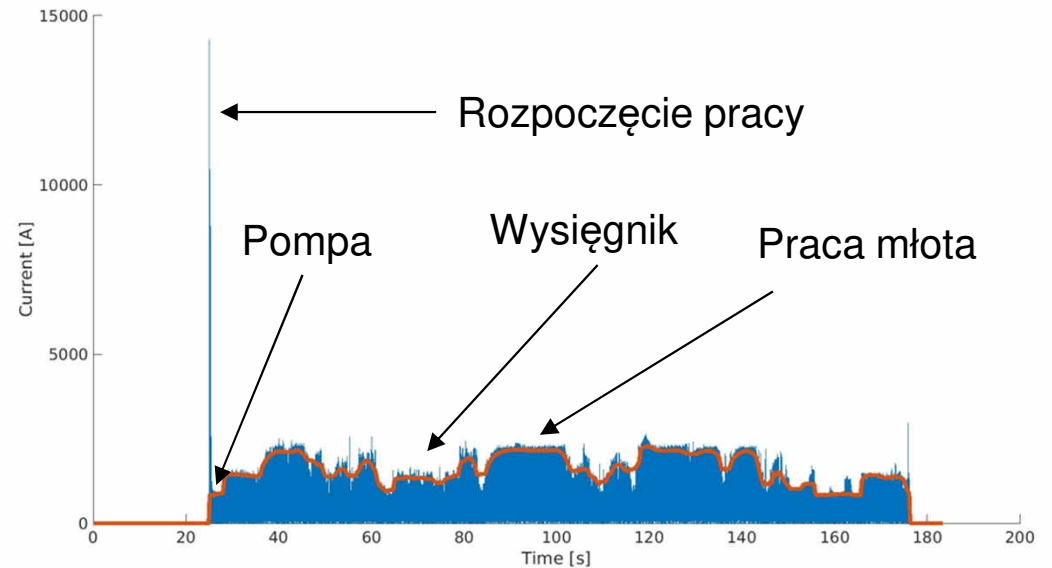
Wyniki pomiarów na młocie hydraulicznym



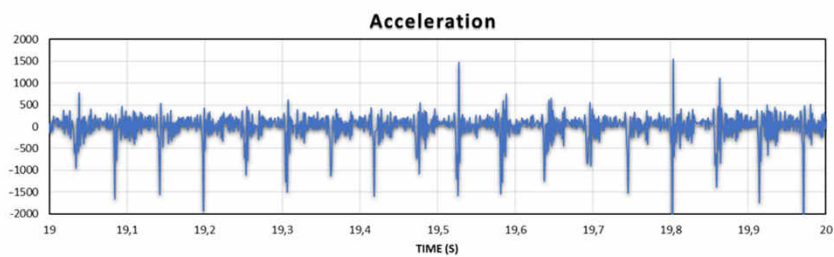
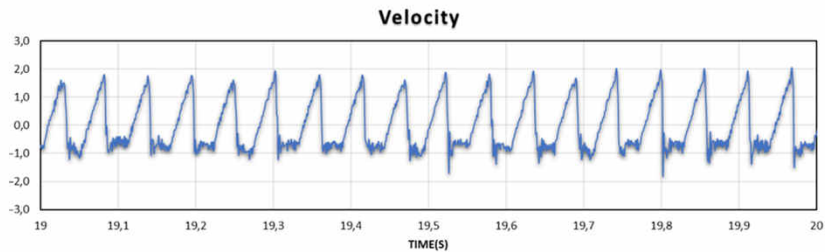
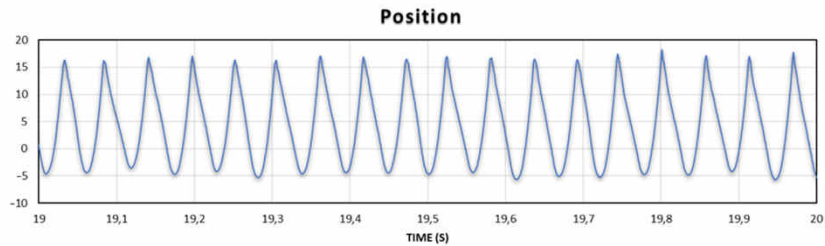
Parametry młota hydraulicznego (częstotliwość 4 Hz):

- położenie dłuta (mm),
- prędkość udaru (m/s).

Time to break: 8.6s



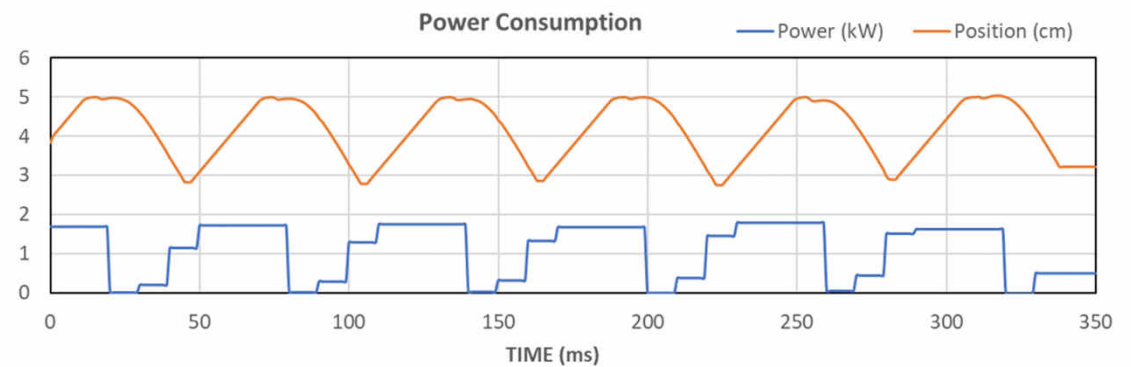
Lekatech Electric Hammer - pomiary



Parametry młota elektrycznego (częstotliwość 18 Hz):

- położenie dłuta (mm),
- prędkość udaru (m/s),
- przyspieszenie dłuta (m/s²).

Pobór mocy (częstotliwość udaru 18 Hz)



Młot hydrauliczny w punkcie rozładunku urobku w kopalni podziemnej



Porównanie obu młotów należy przeprowadzić w następujący sposób:

- Dwa oddzielne eksperymenty dla obu typów młotów w zbliżonych warunkach;
- Ta sama masa urobku o zbliżonym uziarnieniu pochodząca z możliwie tego samego fragmentu złoża;
- Ustawienia młota (częstotliwość, energia itp.) uwzględniające ograniczenia młota hydraulicznego (brak regulacji);
- Najlepiej ten sam, doświadczony operator w obu przypadkach;
- Równy czas pracy;
- **Nagrania wideo, pomiary prądowe, akustyczne i laserowe obu eksperymentów.**

Stefaniak, P.; Wodecki, J.; Jakubiak, J.; Zimroz, R. Development of Test Rig for Robotization of Mining Technological Processes - Oversized Rock Breaking Process Case. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2017, 95.

Wnioski

- Wstępne eksperymenty z młotem elektrycznym wykazały, że to rozwiązanie ma wiele zalet, lecz wiąże się z pewnymi komplikacjami przy wdrażaniu w przemyśle. Analizie poddano najważniejsze problemy związane z konstrukcją, działaniem, sterowaniem, dynamiką i materiałami młotów elektrycznych.
- Zastąpienie młotów hydraulicznych młotami w pełni elektrycznymi, przynajmniej w górnictwie i budownictwie, jest perspektywicznym podejściem pozwalającym na znaczne obniżenie energochłonności i kosztów utrzymania maszyn.
- Krótki okres zwrotu z inwestycji (1-2 lata) sprawia, że wdrożenie młotów elektrycznych może być korzystne zwłaszcza w przedsiębiorstwach posiadających duży park maszynowy. Wymaganą inwestycją jest zapewnienie zasilania.
- Porównanie dwóch typów młotów ma na celu określenie korzyści wynikające z implementacji, nie tylko w zakresie oszczędności energii i zmniejszenia wpływu na środowisko, ale także ogólnej poprawy wydajności związanej ze sterowaniem energią, amplitudą i częstotliwością uderzeń w zależności od właściwości materiału i uziarnienia.
- Aby zwiększyć efekt digitalizacji, dodatkowe czujniki można w łatwy sposób zintegrować z młotem elektrycznym, dużo prościej niż w przypadku młota elektrycznego.
- Trwałość w rozumieniu zwiększonego okresu eksploatacji jest parametrem krytycznym, brany pod uwagę w pierwszej kolejności przez użytkowników.

Supported by



Funded by the
European Union



Dziękuję za uwagę!



<https://dmc.pwr.edu.pl/>



<https://www.facebook.com/echoeitrmproject>



<https://www.linkedin.com/company/echo-eit-rm-project/>



radoslaw.zimroz@pwr.edu.pl



adam.wroblewski@pwr.edu.pl



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Politechnika Wroclawska