

## 2

# PRZYRZĄDY DO WYZNACZANIA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH WĘGLA

### WSTĘP

Urabialność w szerokim znaczeniu można definiować, jako interakcje pomiędzy urabianym materiałem a maszyną (narzędziem) urabiającym. W swej istocie jest to opór, jaki stawia urabiany (rozdrobniiony) materiał organowi urabiającemu maszyny. Dlatego urabialność zalicza się do właściwości mechanicznych urabianej kopaliny użytecznej (węgiel kamienny, brunatny, skały).

Jednoznaczne zdefiniowanie urabialności praktycznie jest niemożliwe ze względu na wpływ na nią bardzo wielu czynników – między innymi sposobu urabiania.

W górnictwie światowym stosuje się szereg metod wyznaczania urabialności węgla dla potrzeb mechanizacji urabiania które określane są różnymi sposobami i różnie interpretowane. Wskaźniki te (których ustanowiono wiele) [3, 5, 7, 9], w różny sposób odzwierciedlają właściwości mechaniczne urabianego pokładu węgla. Stąd pomiar urabialności węgla pozwala na optymalny dobór parametrów eksploatacyjnych maszyn urabiających i jest czynnikiem który ma decydujący wpływ na trwałość i niezawodność pracy maszyn. Problem ten dotyczy zarówno urabiania węgla techniką kombajnową jak i strugową.

Ogólna klasyfikacja skał ze względu na urabialność (intuicyjna, uwzględniająca twardość, kruchość i inne cechy mechaniczne) przedstawia się następująco:

1. bardzo twarde,
2. twarde,
3. kruche,
4. miękkie,
5. sypkie.

W górnictwie głębinowym węgla kamiennego mamy najczęściej do czynienia z czterema pierwszymi rodzajami skał, gdyż skały sypkie, występują bardzo sporadycznie – praktycznie nie występują.

## **NOWE PRZYRZĄDY DO WYZNACZANIA WSKAŹNIKA URABIALNOŚCI**

W latach 2011, 2012, powstały w Polsce unikalne na skalę światową przyrządy do określania i oceny właściwości mechanicznych (urabialności) materiału węglowego. Przyrządy te, kolejno odwzorowują charakter pracy struga węglowego oraz kombajnu ścianowego. Pierwszy z tych przyrządów powstał w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach, natomiast drugi w Politechnice Śląskiej w Instytucie Inżynierii Produkcji. Zastosowano w nich najnowocześniejsze rozwiązania, tak pod względem konstrukcji jak i pomiaru oraz rejestracji mierzonych wartości. Omawiane przyrządy posiadają certyfikat ATEX umożliwiający ich pracę w warunkach rzeczywistych, jako urządzenia przeznaczonego do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – zgodnie z dyrektywą 94/9/EC.

### **Przyrząd odwzorowujący pracę struga – przyrząd GIG**

Przyrząd do pomiaru sił skrawania, które odwzorowuje charakter pracy struga węglowego został opracowany przez zespół specjalistów w GIG-u w Katowicach [10, 11]. W zespole tym brał udział autor niniejszego artykułu. Schemat przyrządu z głównymi elementami składowymi, został przedstawiony na rys. 1.

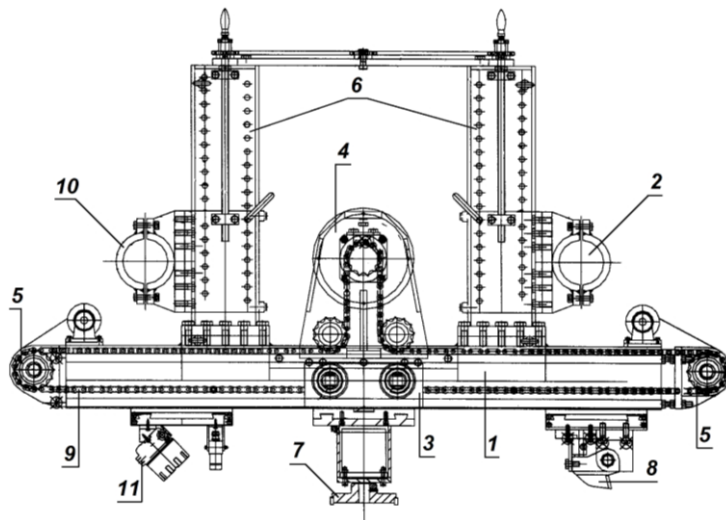
Urządzenie to umożliwia wykonanie skrawów o dwu zwrotach – pomiar oporów skrawania w pokładach o grubości od 0,6 do 2,0 m, wykonanie minimum 10 skrawów pomiarowych z jednego zamocowania urządzenia na jednej wysokości bez konieczności jego przesuwania, co warunkuje dokładność pomiarów. Umożliwia równomierne i stabilne dosuwanie noża pomiarowego do calizny węglowej, zapewnia wysoką dokładność przygotowania calizny węglowej na długości maksimum 1 m oraz wysoką dokładność wykonania w niej skrawów pomiarowych i dokonania pomiarów parametrów, niezbędnych do wyznaczenia współczynnika urabialności (skrawalności) węgla. Urządzenie jest łatwe w montażu, proste w obsłudze co przekłada się na niskie koszty eksploatacji.

Urządzenie do wyznaczenia współczynnika urabialności (skrawalności) węgla, składa się z czterech głównych elementów (rys. 1):

1. prowadnicy 1 zamocowanej do stojaków hydraulicznych 2,
2. wózka 3 napędzanego silnikiem hydraulicznym 4,
3. kół łańcuchowych 5 i łańcucha 9,
4. zespół dosuwu urządzenia 6 do calizny węglowej.

Do dwu stojaków hydraulicznych 2 (rys. 1) mocowana jest prowadnica 1 z wózkiem 3 napędzana silnikiem hydraulicznym 4, wyposażonym w uchwyt do mocowania wymiennie:

- noża wyrównującego (głowicy) 7,
- noża strugająco-pomiarowego 8,
- głowicy ze skanerem 11.



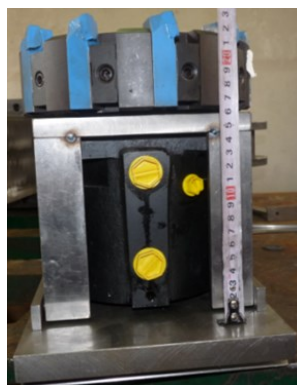
Rys. 1 Przyrząd GIG do pomiaru sił skrawania

Napęd przenoszony jest poprzez łańcuch 9 osadzony na kołach łańcuchowych 5. Urządzenie posiada zespół dosuwu do calizny węglowej 6, które składa się z dwóch konsoli połączonych ze stojakami hydraulicznymi 2 za pomocą obejm 10.

Pomiar sił skrawania odbywa się w czterech etapach:

Etap I – wyrównanie powierzchni calizny węglowej. Wyrównanie odbywa się za pomocą głowicy wyrównującej (rys. 2), z zabudowanym silnikiem hydraulicznym 7.

Etap II – wybudowanie głowicy wyrównującej i zabudowanie głowicy ze skanerem 11, w celu zeskanowania wyrównanej powierzchni. Głowica skanująca (rys. 3), składa się z dwu elementów: lasera oświetlającego bruzdę oraz skanera.



Rys. 2 Głowica wyrównująca

Etap III – zabudowanie głowicy (rys. 4), z nożem strugającym 8 (pomiarowym), w celu wykonania pomiaru oporów skrawania. Głowica składa się z noża pomiarowego i tensometrycznego czujnika siły.



Rys. 3 Głowica skanująca



Rys. 4 Głowica strugająco-pomiarowa

Etap IV – ponowne zamontowanie głowicy skanującej (rys. 3), aby zeskanować uzyskaną w trakcie prowadzenia skrawu pomiarowego uzyskaną bruzdę.

W celu wykonania kolejnych bruzd pomiarowych na tej samej wysokości przedstawiony tok postępowania należy powtórzyć. Przyjęta metodyka pomiarów przewiduje wykonywanie minimum trzech bruzd pomiarowych na jednym poziomie w pokładzie.

Za pomocą głowicy skanującej, istnieje możliwość precyzyjnego pomiaru bruzdy powstałej po przeprowadzeniu skrawu pomiarowego. Tym samym, możemy porównać zarejestrowane kształty powierzchni calizny przed, jak i po wykonaniu w niej skrawu (bruzdy) i wyznaczyć objętość urobionego węgla (skały).

Przyrząd zmontowany i przygotowany do prowadzenia badań na dole kopalni przedstawiono na rys. 5.

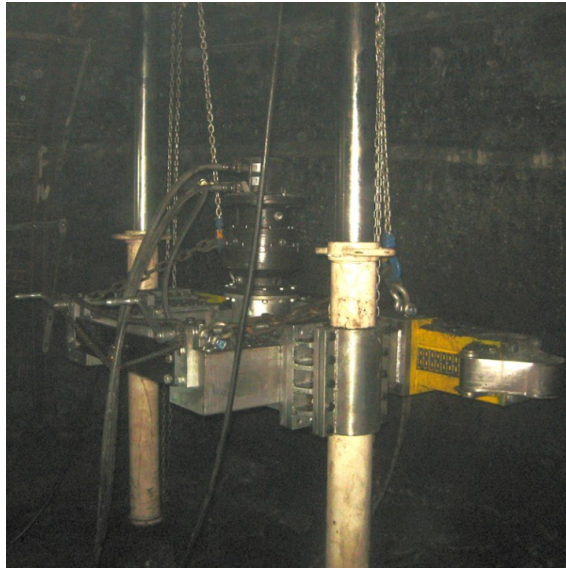
Na podstawie zarejestrowanych wartości oporów skrawania (sił) oraz obliczonej objętości urobionego węgla oblicza się jego wskaźnik urabialności  $A_{Bi}$  (skrawalności), z następującej zależności [10, 11]:

$$A_{Bi} = \frac{F_B}{V_B} \left[ \frac{kN}{cm^3} \right]$$

gdzie:

$F_B$  – średnia wartość siły zarejestrowanej na nożu pomiarowym podczas wykonywania skrawu pomiarowego,

$V_B$  – objętość urobionego węgla (skały).



Rys. 5 Przyrząd GIG na dole kopalni

Oryginalność zastosowanych rozwiązań w przyrządzie GIG to:

- możliwość montowania na jednym wózku (3) trzech różnych urządzeń pomiarowo-rejestrujących,
- wykorzystanie nowatorskiej techniki skanowania laserowego tak przed, jak i po wykonaniu skrawu pomiarowego, która pozwala na szczegółowe odwzorowanie parametrów geometrycznych bruzdy,
- łatwość obsługi.

#### **Przyrząd odwzorowujący pracę kombajnu – POU-BW/01-WAP**

Przyrząd POU-BW/01-WAP (którego autor niniejszego artykułu jest głównym twórcą), zmontowany i gotowy do pracy, przedstawiony został na rysunku 6 [13].

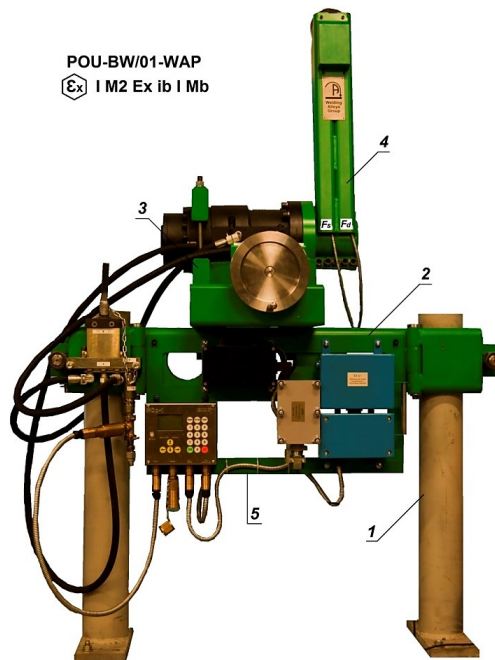
Przyrząd jest urządzeniem mobilnym, umożliwiającym prowadzenie pomiarów tak w warunkach rzeczywistych jak i laboratoryjnych, odwzorowując rzeczywisty charakter pracy maszyny urabiającej – ścianowego kombajnu bębnowego.

Przyrząd POU-BW/01-WAP składa się z następujących elementów:

- mechanicznych,
- hydraulicznych,
- elektrycznych.

W skład elementów mechanicznych wchodzi (rys. 6):

- stojaki SHC/SHI 1,
- belka nośna 2,
- suport z aktuatorem 3.
- ramię z nożem pomiarowym 4.



Rys. 6 Przyrząd POU-BW/01-WAP

Natomiast przez 5, oznaczony został zestaw rejestrujący, wchodzący w skład elementów elektrycznych.

Elementy hydrauliczne to:

- aktuator,
- rozdzielacz – kasetę sterującą,
- manometr,
- komplet przewodów hydraulicznych.

Urządzenia elektryczne przyrządu POU-BW/01-WAP to zestaw elementów do *Pomiaru Siły Skrawania Węgla (PSSW)*.

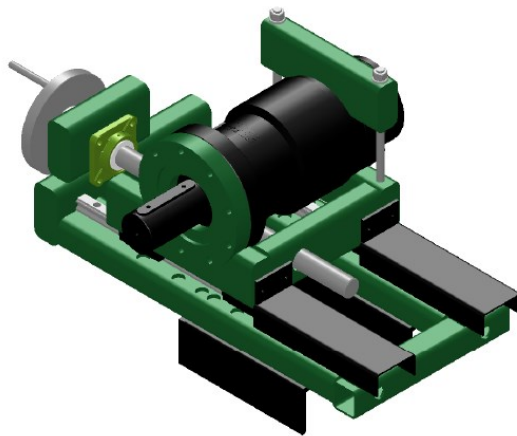
Przyrząd określający urabialność węgla POU-BW/01-WAP umożliwia wykonanie skrawów w płaszczyźnie pionowej (prostopadłej do stropu i spągu), o dwu zwrotach. Przyrząd ten, odwzorowuje rzeczywisty charakter pracy ścianowych kombajnów bębnowych, gdyż skraw pomiarowy ma zmienny kierunek skrawania w przybliżeniu poczynając od poziomego poprzez pionowy do poziomego, ale o przeciwnym na końcu zwrocie.

W przyrządzie jako nóż pomiarowy zastosowano nóż instalowany w kombajnach bębnowych (styczno-obrotowy), co powoduje, że przy opracowaniu wyników badań nie trzeba uwzględniać wpływu geometrii noża na wyniki pomiarów.

Oryginalnym rozwiązaniem zastosowanym w przyrządzie jest aktuator, służący do przeniesienia napędu z tłoka na ramię pomiarowe przyrządu. Następuje bez-

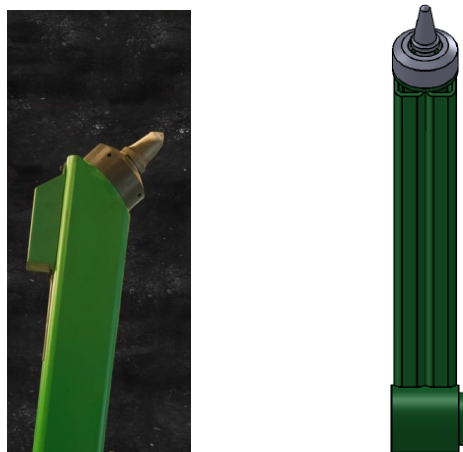
pośrednia zamiana ruchu posuwistego tłoka na ruch obrotowy ramienia. Doprowadzone do tłoka aktuatora medium, powoduje jego obrót. Dzieje się tak dzięki śrubowemu uzębieniu tłoka, gdyż ruch posuwisty tłoka przenoszony jest na wałek i zamieniany na ruch obrotowy.

Po wstępnym ustawieniu suportu dokładne regulacje odległości należy przeprowadzać za pomocą pokrętła ze skalą (rys. 7). Za pomocą tego pokrętła, możliwy jest zarówno ruch do przodu, jak też wycofanie całego wózka. Jeden pełny obrót pokrętła powoduje przesunięcie suportu o 7 mm – jedna działka na skali oznacza przesunięcie o 1 mm.



Rys. 7 Suport z wózkiem i aktuatorem

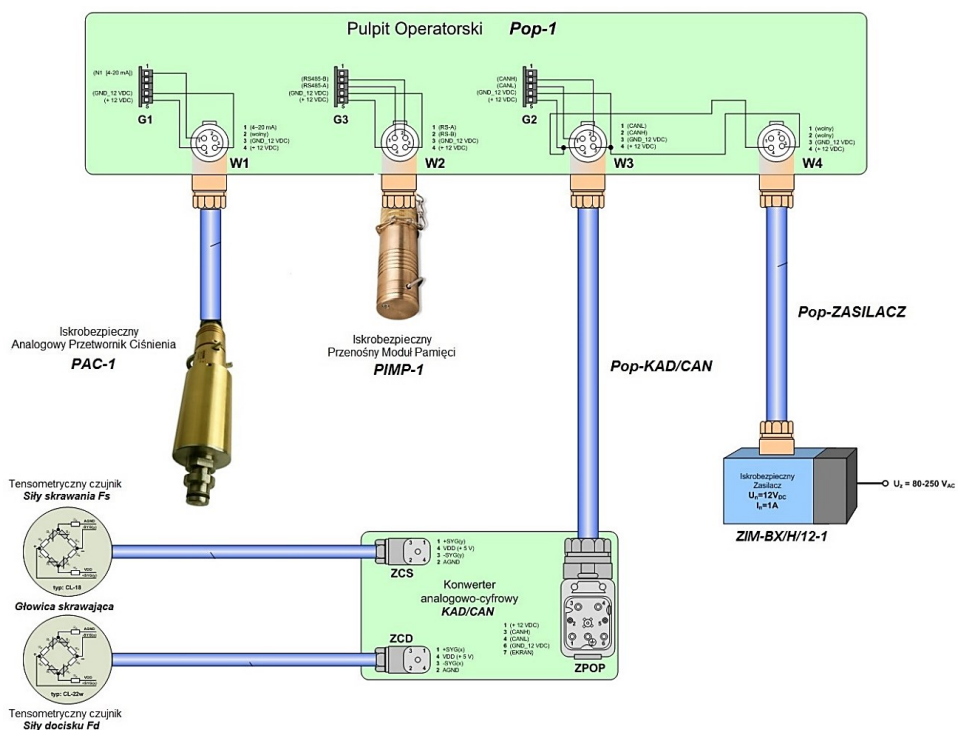
Ostatnim elementem przyrządu jest ramię, na końcu którego zamocowany jest nóż pomiarowy (rys. 8). Ramię należy skierować nożem w stronę urabianego złoza (ociosu).



Rys. 8 Ramię przyrządu z nożem pomiarowym

Po zmontowaniu elementów mechanicznych, łączy się przewodami układ hydrauliczny i podłącza się zasilanie z centralnej magistrali wodno-olejowej w kopalni, do gniazd i kasety sterującej (przrząd może być również zasilany z pompy). W układzie jest zabudowany regulator ciśnienia, mający zapobiegać przekroczeniu wartości ciśnienia powyżej wartości dopuszczalnej (21 MPa dla przrządu), które może wystąpić w kopalnianej magistrali zasilającej. Aktualną wartość ciśnienia można sprawdzić za pomocą manometru dołączonego do przrządu.

Urządzenie PSSW, umożliwia pomiar i rejestrację dwu sił biorących udział w procesie skrawania, tzn. siły skrawania ( $F_s$ ) oraz siły docisku ( $F_d$ ) do urabianej calizny (rys. 9).



Rys. 9 Elementy urządzenia do pomiaru sił skrawania węgla (PSSW)

Urządzenie PSSW, składa się z następujących urządzeń elektrycznych:

- *Pulpit Operatorski (Pop-1)* – nadrzędny sterownik pełniący funkcję interfejsu operatora, umożliwiając monitorowanie wyników pomiaru na wyświetlaczu. Do gniazda pulpitu podłączony jest *Przenośny Moduł Pamięci (PIMP-1)*, który ma za zadanie gromadzenie danych pomiarowych. Dane te, zapisane w postaci plików służą do analizy oraz wizualizacji w formie tabel i wykresów – przenoszone są do komputera PC znajdującego się na powierzchni.



- *Konwerter Analogowo-Cyfrowy KAD/CAN* – przetwarza sygnał analogowy z dwu tensometrycznych czujników mostkowych konwersji analogowo-cyfrowej oraz przesyła dane pomiarowe do pulpitu operatorskiego za pośrednictwem magistrali szeregowej CAN.
- *Tensometryczny Czujnik Siły Skrawania ( $F_s$ )* – umożliwia pośredni pomiar siły skrawania poprzez zamianę rezystancji tensometrów, która jest proporcjonalna do odkształceń fizycznych powstałych w wyniku działania wielkości mechanicznej.
- *Tensometryczny Czujnik Siły Docisku ( $F_d$ )* – umożliwia pośredni pomiar siły docisku noża do calizny węglowej poprzez zamianę rezystancji tensometrów, która jest proporcjonalna do odkształceń fizycznych powstałych w wyniku działania wielkości mechanicznej.
- *Analogowy Przetwornik Ciśnienia (PAC-1)* – umożliwia pomiar ciśnienia medium w instalacji hydraulicznej układu przeznaczonego do pomiaru siły skrawania węgla.
- *Zasilacz Iskrobezpieczny (ZIM-BX/H/12-1)* – przeznaczony do zasilania iskrobezpiecznym napięciem 12V DC, urządzeń elektrycznych zastosowanych w układzie do pomiaru sił skrawania węgla.

Wyznaczenie składowych sił biorących udział w procesie skrawania, jest możliwe za pomocą dwu niezależnych bloków pomiarowych, który stanowią tensometryczne czujniki siły: skrawania ( $F_s$ ) oraz docisku noża ( $F_d$ ) – (rys 9).

Ponieważ przyrząd jest wyposażony w czujniki siły oraz czujnik ciśnienia, istnieje możliwość wyznaczenia sił skrawania z dwu niezależnych źródeł pomiarowych, a tym samym można zweryfikować uzyskane wyniki pomiarów – siły skrawania oraz siły docisku noża.

Po wykonaniu pomiarów, wyniki zarejestrowane przez rejestratory (*PIMP-1*) podlegają dalszej obróbce, za pomocą specjalnego programu komputerowego, który jest integralną częścią przyrządu.

Na podstawie zarejestrowanych wartości możemy wyznaczyć wskaźnik urabialności A, jako stosunek średniej siły ( $F_{sr}$ ) do głębokości skrawu ( $g$ ):

$$A = \frac{F_{sr}}{g} \left[ \frac{kN}{m} \right]$$

lub energetyczny wskaźnik urabialności AE:

$$AE = \frac{F_{sr} \cdot l}{Q} \left[ \frac{MJ}{m^3} \right]$$

gdzie:

$F_{sr}$  – średnia siła skrawania na długości skrawu,

$l$  – długość bruzdy skrawu,

$Q$  – objętość urobionego węgla (skały).

Oryginalność zastosowanych rozwiązań w przyrządzie POU-BW/01-WAP to:

- pomiar dwu sił składowych biorących udział w procesie skrawania ( $F_s$  oraz  $F_d$ ),
- dwa niezależne źródła pomiaru – możliwość weryfikacji uzyskanych wyników,
- możliwość wyznaczenia chwilowej mocy urabiania,
- zastosowanie aktuatora do napędu ramienia skrawającego,
- zasilanie z centralnej magistrali wodno-olejowej w kopalni – brak dodatkowego agregatu zasilającego,
- prostota budowy (trzy elementy), łatwość obsługi, mała waga (około 250 kg).

## PODSUMOWANIE

W polskim górnictwie węglowym eksploatacja pokładów węglowych odbywa się głównie systemami ścianowymi za pomocą maszyn urabiających pracujących na zasadzie skrawania. Dlatego też, jednym z istotnych obszarów działalności kopalń jest prawidłowy dobór oraz eksploatacja maszyn i urządzeń niezbędnych do zapewnienia ciągłości procesu wydobywczego. Stąd bardzo istotnym elementem przy projektowaniu i konstruowaniu maszyn górniczych jest prowadzenie badań eksperymentalnych, uwzględniających charakter pracy maszyny. Badania te, mają na celu poznanie jak największej liczby parametrów i ich wpływu na pracę maszyny (jej elementów), w trudnych warunkach geologiczno-górnictwowych.

Ważność zagadnienia, jakim jest pomiar i ocena urabialności węgla (skał), potwierdza ilość opracowanych metod jego pomiaru w różnych ośrodkach naukowych na świecie. Z dotychczas przeprowadzonych badań oraz analiz wynika, że wielkość wskaźnika urabialności (skrawalności), ma istotny wpływ na moc, wydajność oraz trwałość i niezawodność pracy urządzeń urabiających. Wynika stąd również, że parametr ten ma decydujący wpływ na energochłonność, instalowaną moc oraz gabaryty maszyny urabiającej, a tym samym wpływa na koszty zakupu i eksploatacji. Duże moce instalowane na maszynach urabiających zwiększają gabaryty maszyn, wpływają na wzrost zagrożenia klimatycznego, zaburzenia w przepływie powietrza, zagrożenie metanowe, czy wreszcie konieczność wykonywania wyrobisk o większych przekrojach.


Dlatego tak istotny jest pomiar urabialności węgla, który pozwoli na optymalny dobór parametrów eksploatacyjnych maszyn urabiających i może być jednym z decydujących czynników dla oceny możliwości efektywnej eksploatacji. Problem ten dotyczy zarówno urabiania węgla techniką strugową jak i kombajnową.

Wykorzystując wyniki pomiarów można określić klasę węgla (sklasyfikować wg trudności urabiania), a tym samym przewidywaną moc struga/ścianowego kombajnu bębnowego pracującego w konkretnych warunkach górniczo-geologicznych.

Przyrządy, które powstały w Polsce w roku 2011 i 2012, zostały dostrzeżone i nagrodzone za swe innowacyjne rozwiązania. Na odbywających się corocznie

w Brukseli w listopadzie, Międzynarodowych Targach Innowacji Technologicznych, zdobyły odpowiednio:

- przyrząd GIG w 2011 roku – ZŁOTY MEDAL,
- przyrząd POU-BW/01-WAP w 2012 roku – SREBRNY MEDAL.

W przyrządach tych zostały zastosowane najnowocześniejsze rozwiązania, tak pod względem konstrukcji jak i pomiaru oraz rejestracji mierzonych wartości. Posiadają certyfikat ATEX  **I M2 Ex ib I Mb**, umożliwiające ich pracę w warunkach rzeczywistych (zakładach górniczych), jako urządzenia przeznaczonego do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – zgodnie z dyrektywą 94/9/EC.

## LITERATURA

1. L.J. Baron, I.B. Głapman. *Wznios instrumenta pri rzezani gornych porod*. Moskwa Hedba. 1969.
2. A. Bęben. *Technika wiertnicza w odkrywkowym górnictwie skalnym*. Wydawnictwo Techniczne, Katowice. 1992.
3. W. Biały. The side-crumble angle  $\psi$  of coal and the energy consumption of the mining process as a function of the vertical component  $\sigma_z$  of exploitation pressure. *Polska Akademia Nauk, Archiwum Górnictwa* tom 47 nr 3/2002. s. 361-384.
4. W. Biały. Nowa klasyfikacja urabialności pokładów węgla Zagłębia Górnosląskiego. *Przegląd Górniczy* nr 9/2003. s. 26-32.
5. W. Biały. *Empiryczne prognozowanie mocy ścianowych kombajnów bębnowych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górnictwo, Monografia z. 262. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
6. W. Biały. *Volba dobyvacích kombajnů na základě výzkumů rozpojitelnosti uhlí*. VŠB-Technická univerzita Ostrava, Monografie, Fakulta strojní Ostrava 2009.
7. W. Biały. The selection of optimal method determining mechanical properties of coal layers. *Management Systems in Production Engineering* 2/2011. s. 26-30.
8. J. Jonak. *Urabianie skał głowicami wielonarzędziowymi*. „Śląsk” Sp. z o.o. Wydawnictwo Naukowe, Katowice 2002.
9. K. Krauze. *Urabianie skał kombajnami ścianowymi*. „Śląsk” Sp. z o.o. Wydawnictwo Naukowe, Katowice 2000.
10. S. Prusek, S. Rajwa, A. Wrana, A. Walentek. Wykorzystanie nowoczesnych technik pomiarowych do oceny parametru skrawalności węgla i skał w warunkach in situ. *Prace Naukowe GIG „Górnictwo i Środowisko”* Kwartalnik nr 1/1 Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2011. s. 302-307.
11. S. Prusek, S. Rajwa, A. Wrana, A. Walentek. Ocena skrawalności pokładów węgla i skał otaczających w warunkach dołowych z wykorzystaniem przyrządu opracowanego w GIG. *Nowe spojrzenie na technikę i technologię eksploatacji cienkich pokładów węgla kamiennego*. 24-26.11.2011. LW Bogdanka SA. s. 123-131.
12. V. Voštova, T. Křemen, J. Fries, D. Sládková, J. Jurman. *Progresivní technika v technologiích zemních prací*. Wydawnictwo České Vysoké Učení Technické v Praze. Fakulta strojní Praha 2008.
13. Welding Alloys Polska sp. z o.o. Gliwice Dokumentacja Techniczno-Ruchowa Przyrządu POU-BW/01-WAP. 2012.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 01.2018

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 03.2018

## PRYZRZĄDY DO WYZNACZANIA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH WĘGLA

**Streszczenie:** Ze względu na bardzo specyficzne warunki pracy maszyn i urządzeń stosowanych w górnictwie węglowym, istotny jest sposób ich doboru, uwzględniający zmieniające się w trakcie pracy warunki. Prawidłowy dobór, wpływa na zwiększenie trwałości i niezawodności maszyn i urządzeń, co przekłada się na uzyskiwane efekty ekonomiczne. Z uwagi na ważność zagadnienia, jakim jest pomiar i ocena właściwości mechanicznych węgla (w tym pomiar urabialności węgla), dokonano krótkiego przeglądu dotychczas stosowanych metod oceny urabialności węgla na świecie. Istotę problemu potwierdza ilość opracowanych metod w różnych ośrodkach naukowych na świecie. W artykule opisano nowe, powstałe w Polsce przyrządy do wyznaczania i oceny właściwości mechanicznych materiału węglowego (urabialności), których autor niniejszego artykułu jest współtwórcą. Przedstawiono ich budowę, zasadę działania oraz oryginalność zastosowanych rozwiązań. Godnym podkreślenia jest fakt, że opisane przyrządy na Międzynarodowych Targach Innowacji Technologicznych w Brukseli, zdobyły ZŁOTY i SREBRNY MEDAL.

**Słowa kluczowe:** urabialność, urządzenia pomiarowe, metody pomiaru, badania eksperymentalne

## THE NEW TOOLS FOR DETERMINING THE MECHANICAL PROPERTIES OF COAL

**Abstract:** The extremely specific environment of work of machines and equipment used in coal mining causes that their selection, taking into consideration the changing conditions, is a matter of great significance. Adequate selection enhances the durability and reliability of machines and equipment, which translates into the obtained economic effects. Due to the significance of coal mechanical properties measurement and evaluation (including coal workability measurement), the previously applied methods for coal workability assessment have been reviewed. The importance of the problem is confirmed by the number of methods developed in different research centres all over the world. The article presents new measuring devices for determining and evaluating the mechanical properties of coal material (workability), whose co-creator is the author of this article. The construction, the principle of operation and the originality of the applied solutions have been described. Worth emphasising is the fact that the presented instruments were awarded GOLD and SILVER MEDAL at International Trade Fair For Technological Innovation in Brussels.

**Key words:** workability, methods of measurement, experimental research, measuring device

**dr hab. inż. Witold Biały, prof. PŚ.**

Politechnika Śląska  
Wydział Organizacji i Zarządzania  
Instytut Inżynierii Produkcji  
ul. Roosewelta 26, 41-800 Zabrze, Polska  
e-mail: witold.bialy@polsl.pl