

**INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA ZASTOSOWANE W NARZĘDZIACH
DO WYZNACZANIA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH WĘGLA**

Witold BIAŁY
Politechnika Śląska

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 innowacyjność zastosowanych rozwiązań.

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

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 (rozdrobiony) 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.

Urabialność traktowana jest również przez niektórych badaczy jako właściwość technologiczna [15]. W zależności od techniki urabiania może być określana następująco:

| | |
|----------------------------|--------------------------|
| przy wierceniu | zwiercalność |
| przy urabianiu głębinowym | urabialność, skrawalność |
| przy urabianiu odkrywkowym | opór odspajania |

W każdym z w/w procesów urabiania istotny jest proces technologiczny w nim zastosowany. Pomiędzy powyższymi procesami zależności są bardzo luźne. Dlatego wyniki uzyskane w jednym procesie urabiania nie można aproksymować na inny proces.

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 może być jednym z decydujących czynników dla oceny możliwości efektywnej eksploatacji danej parceli czy pokładu węgla. Problem ten dotyczy zarówno urabiania węgla techniką kombajnową jak i strugową.

1. WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE SKAŁ

Właściwości mechaniczne skał, zależą od takich czynników jak [8]:

- rodzaju skał i ich pochodzenia,
- tektoniki skał (uskoki, szczeliny, rysy, pęknięcia, łupliwość),
- porowatości i wilgotności skał,
- wielkości, kształtu i wytrzymałości ziaren,
- spoiwa (lepiszcza),
- kierunku działania siły w stosunku do uławicenia.

Do decydujących właściwości mechanicznych skał zalicza się wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie, zwięzłość, twardość a także sprężystość.

W praktyce stosuje się różne sposoby pomiaru urabialności. Jednym z najprostszych sposobów jest pomiar ilości pracy potrzebnej do odspojenia i rozdrobnienia jednostki objętości skały – wyraża się to np. w J/m^3 . W zależności od zastosowanych środków do urabiania skał można wyróżnić urabialność [2, 6, 9, 12]:

- strzelniczą, wyrażającą się liczbą kg materiału wybuchowego zużytego do urabiania $1 m^3$ skały,
- wiertniczą, czyli tzw. zwiercalność, mierzona ilością czasu (w min) potrzebnego do odwiercenia np. 1 mb otworu,
- urabialność mechaniczną, określaną wskaźnikiem urabialności (skrawalności) A , $A\psi$, W_{UB} w kN/m.

Zwięzłość skały zależy od jej składu, jednorodności, wielkości ziaren, jakości spoiwa. Zwięzłość skał nie jest cechą jednoznacznie określającą wytrzymałość skały, nie mówi o konkretnych właściwościach wytrzymałościowych skały, lecz charakteryzuje ją w sposób pośredni. Tą właściwość uwzględnia się przy doborze metody urabiania. Parametr ten, (zwięzłość) opisywany jest za pomocą tzw. wskaźnika zwięzłości Protodiakonowa f . Im wyższa wartość wskaźnika, tym skała jest trudniej urabialna.

Wskaźnik urabialności f określony metodą Protodiakonowa w dalszym ciągu jest najczęściej stosowanym w Polsce wskaźnikiem określającym urabialność. Wskaźnik ten nazywany jest również wskaźnikiem zwięzłości. W tabeli 1 pokazano stosowaną w Polsce klasyfikację skał w zależności od wartości wskaźnika f Protodiakonowa.

Tabela 1 Klasa skał w zależności od wartości f

| Klasa | wskaźnik f | urabialność skał (węgli) |
|-------|--------------|--------------------------|
| I | < 0.4 | bardzo łatwo urabialne |
| II | 0.4 – 0.8 | łatwo urabialne |
| III | 0.8 – 1.4 | średnio urabialne |
| IV | 1.4 – 2.4 | trudno urabialne |
| V | > 2.4 | bardzo trudno urabialne |

Tabela 2 Zmodyfikowany podział węgli, na kategorie wg stopnia trudności urabiania

| Wskaźnik urabialności $A \left[\frac{kN}{cm} \right]$ | Kąt bocznego rozkruszenia ψ [°] | | | Stopień trudności urabiania |
|---|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| | $\psi > 70^\circ$ | $40^\circ < \psi \leq 70^\circ$ | $\psi \leq 40^\circ$ | |
| $A \leq 1.80$ | I | - | - | łatwo urabialny |
| $1.81 < A \leq 3.00$ | - | II | - | średnio urabialny |
| $A > 3.01$ | - | - | III | trudno urabialny |
| | krucho W_k | twarde W_t | bardzo twarde W_{bt} | |

W latach 70 ubiegłego wieku wprowadzono w Polsce klasyfikację węgla w zależności od wartości wskaźnika urabialności wyznaczanego za pomocą przyrządu POS-1. Na podstawie przeprowadzonych badań oraz analiz stwierdzono, że przyjęta pierwotnie dla polskich węgla klasyfikacja jest rozbudowana, gdyż pewne klasy węgla w Polsce nie występują. Stąd konieczna stała się modyfikacja klasyfikacji polskich węgla. Zaproponowana została nowa klasyfikacja polskich węgla [4, 5, 6] składająca się z trzech klas (tabela 2).

Tradycyjnym sposobem określania wytrzymałości skał na jednokierunkowe ściskanie R_c jest poddanie próbki skalnej działaniu siły ściskającej na prasie hydraulicznej (BN-75/8704-07). Metoda ta polega na obciążeniu próbki w kształcie walca lub prostopadłościanu wzrastającą siłą aż do momentu zniszczenia wytrzymałościowego. Na wynik badania istotny wpływ ma tak zwana smukłość próbki, a także tarcie pomiędzy próbką a płaszczyznami wywołującymi nacisk.

Przeprowadzone badania wytrzymałości na jednokierunkowe ściskanie próbek skał w kształcie prostopadłościanu o różnych wymiarach i różnych proporcjach wykazały, że wytrzymałość na ściskanie jest ściśle związana z przebiegiem i ilością płaszczyzn osłabionej spójności, szczelin, mikroszczelin, porów w badanej próbce [1, 2, 5, 8].

W Polsce wskaźnik urabialności A , A_ψ , W_{UB} , wyznaczany był za pomocą przyrządu POS-1, natomiast wytrzymałość na jednokierunkowe ściskanie R_c wyznaczana jest głównie dwoma metodami:

- „tradycyjnymi”,
- ultradźwiękową.

Przy urabianiu skał zasadnicze znaczenie mają płaszczyzny o zmniejszonej spoiwości (łupność, kliważ, szczelinowatość, uławicenie). W tych płaszczyznach skała charakteryzuje się zdecydowanie mniejszymi wartościami właściwości mechanicznych (R_c , R_T), w stosunku do innych płaszczyzn.

Podział skał, biorąc pod uwagę wytrzymałość na ściskanie R_c badaną w stanie normalnej wilgotności (stan powietrznosuchy), przedstawiony został w tabeli 3.

Tabela 3 Podział skał ze względu na R_c

| Lp. | Klasa skał | Wartość R_c |
|-----|-----------------------------|--|
| 1 | bardzo słabej wytrzymałości | $< 15 \text{ MPa}$ |
| 2 | słabej wytrzymałości | $15 \text{ MPa} \div 60 \text{ MPa}$ |
| 3 | średniej wytrzymałości | $60 \text{ MPa} \div 120 \text{ MPa}$ |
| 4 | dużej wytrzymałości | $120 \text{ MPa} \div 200 \text{ MPa}$ |
| 5 | bardzo dużej wytrzymałości | $> 200 \text{ MPa}$ |

Wytrzymałości skał na rozciąganie i zginanie są znacznie mniejsze niż wytrzymałość na ściskanie. Osiągają one wartości:

- wytrzymałość na rozciąganie około 5 do 10% wartości R_c ,
- wytrzymałość na zginanie około 25 do 30% wartości R_c .

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.

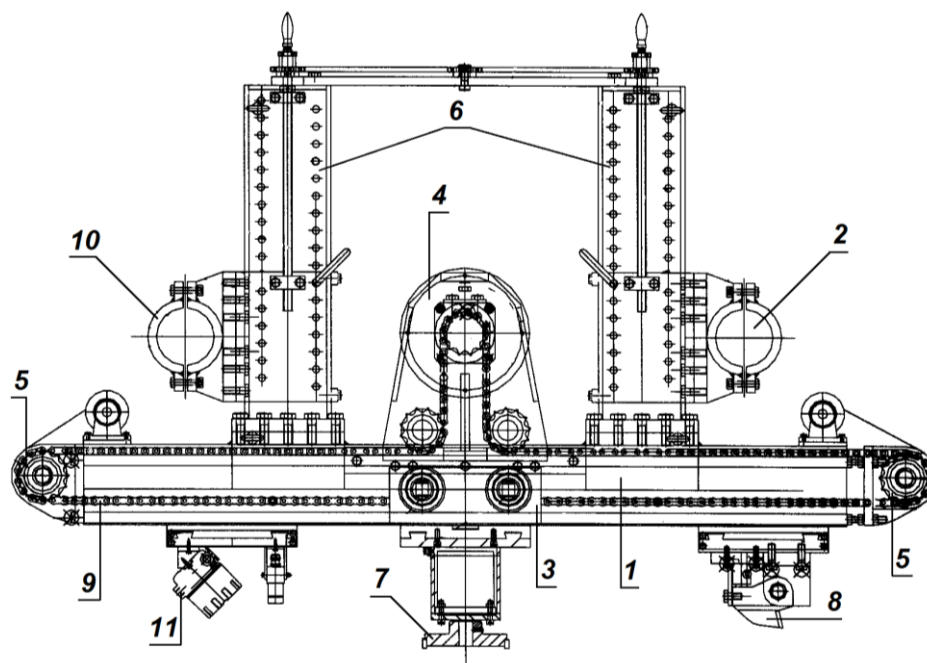
2. PRZYRZĄDY DO WYZNACZANIA OPORÓW URABIANIA – WSKAŹNIKA URABIALNOŚCI

W ostatnich dwu 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 I M2 Ex ib I Mb, umożliwiającą ich pracę w warunkach rzeczywistych, jako urządzenia przeznaczonego do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – zgodnie z dyrektywą 94/9/EC.

2.1 Przyrząd odwzorowujący pracę struga – przyrząd GIG

Przyrząd do pomiaru sił skrawania, które odwzorowuje charakter pracy struga węglowego opracowano w GIG-u w Katowicach (rys. 1) [10, 11]. Przyrząd ten, powstał w wyniku prac zespołu, w którym uczestniczył autor niniejszego artykułu.

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.



Rys. 1 Przyrząd GIG do pomiaru sił skrawania

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.

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.

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). Na podstawie zarejestrowanych wartości oporów skrawania (sił) oraz obliczonej objętości urobionego węgla oblicza się jego wskaźnik urabialności (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).

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.

2.2 Przyrząd odwzorowujący pracę kombajnu – POU-BW/01-WAP

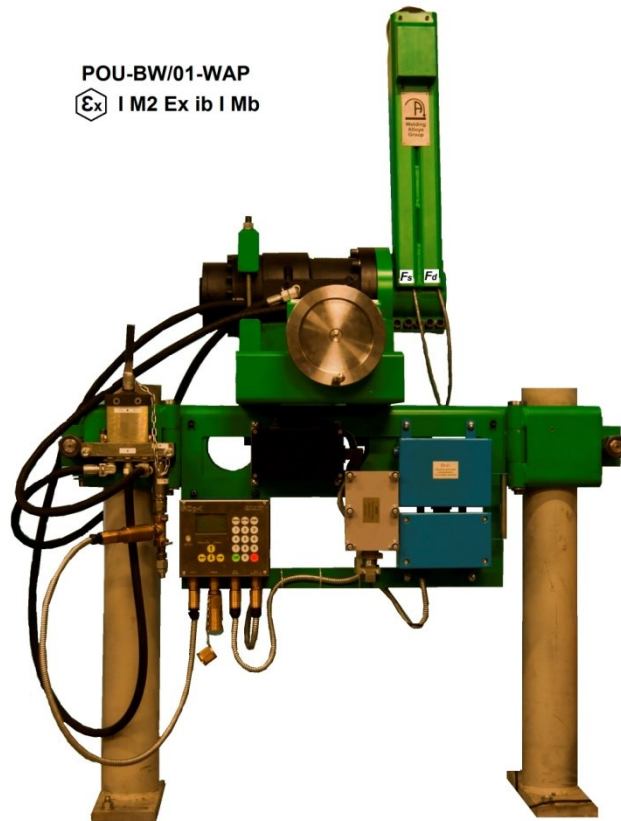
Przyrząd POU-BW/01-WAP (którego autor niniejszego artykułu jest głównym twórcą), zmontowany i gotowy do pracy, przedstawiony został na rysunku 2 [13].

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

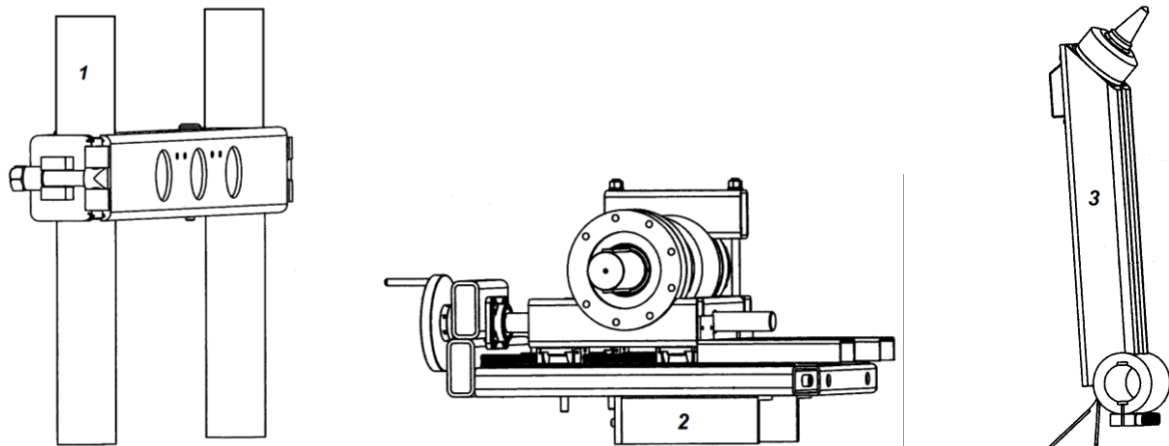
- mechanicznych,
- hydraulicznych,
- elektrycznych.

W skład elementów mechanicznych wchodzi (rys. 3):

- belka nośna mocowana do stojaków SHC/SHI 1,
- suport z wózkiem i aktuatorem 2,
- ramię z głowicą skrawającą i nożem pomiarowym 3.



Rys. 2 Przyrząd POU-BW/01-WAP



Rys. 3 Elementy mechaniczne przyrządu

Na elementy hydrauliczne przyrządu składają się:

- aktuator,
- rozdzielacz – kasetta sterująca,
- manometr,
- komplet przewodów hydraulicznych.

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

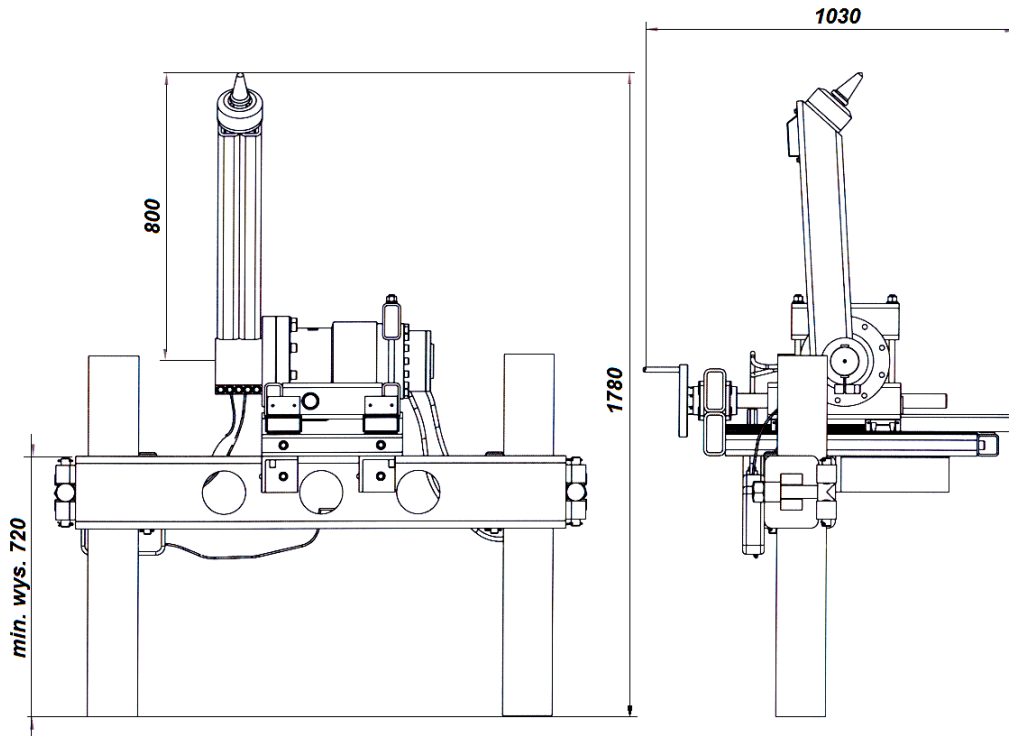
Przyrząd określający urabialność węgla POU-BW/01-WAP umożliwia wykonanie skrawów w płaszczyźnie pionowej (prostopadłej do stropu i spągu), o dwu zwrotach.

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.

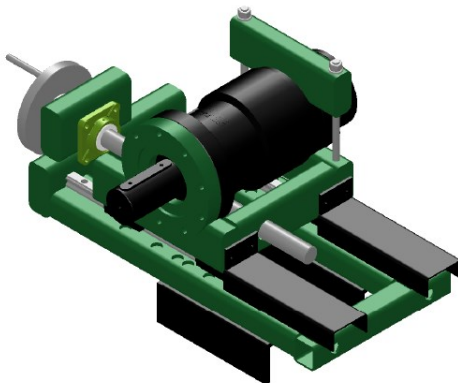
W przyrządzie jako nóż pomiarowy zastosowano nóż instalowany w kombajnach bębnowych (styczno-obrotowy), co powoduje, że przy opracowaniu wyników badań nie trzeba uwzględniać wpływu geometrii noża na wyniki pomiarów.

Wymiary przyrządu zmontowanego i gotowego do przeprowadzania prób, przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4 Wymiary przyrządu POU-BW/01-WAP

Do górnej części belki mocowany jest suport z wózkiem i aktuatorem (rys. 5) za pomocą śrub w jednym z możliwych położeń – wał aktuatora ma znajdować się z prawej strony przyrządu.



Rys. 5 Suport z wózkiem i aktuatorem

Oryginalnym rozwiązaniem zastosowanym w przyrządzie jest aktuator, służący do przeniesienia napędu z tłoka na ramię pomiarowe przyrządu. Następuje bezpośrednia zamiana ruchu posuwistego tłoka na ruch obrotowy ramienia. Dzieje się tak dzięki śrubowemu

uzębieniu tłoka, gdyż ruch posuwisty tłoka przenoszony jest na wałek i zamieniany na ruch obrotowy.

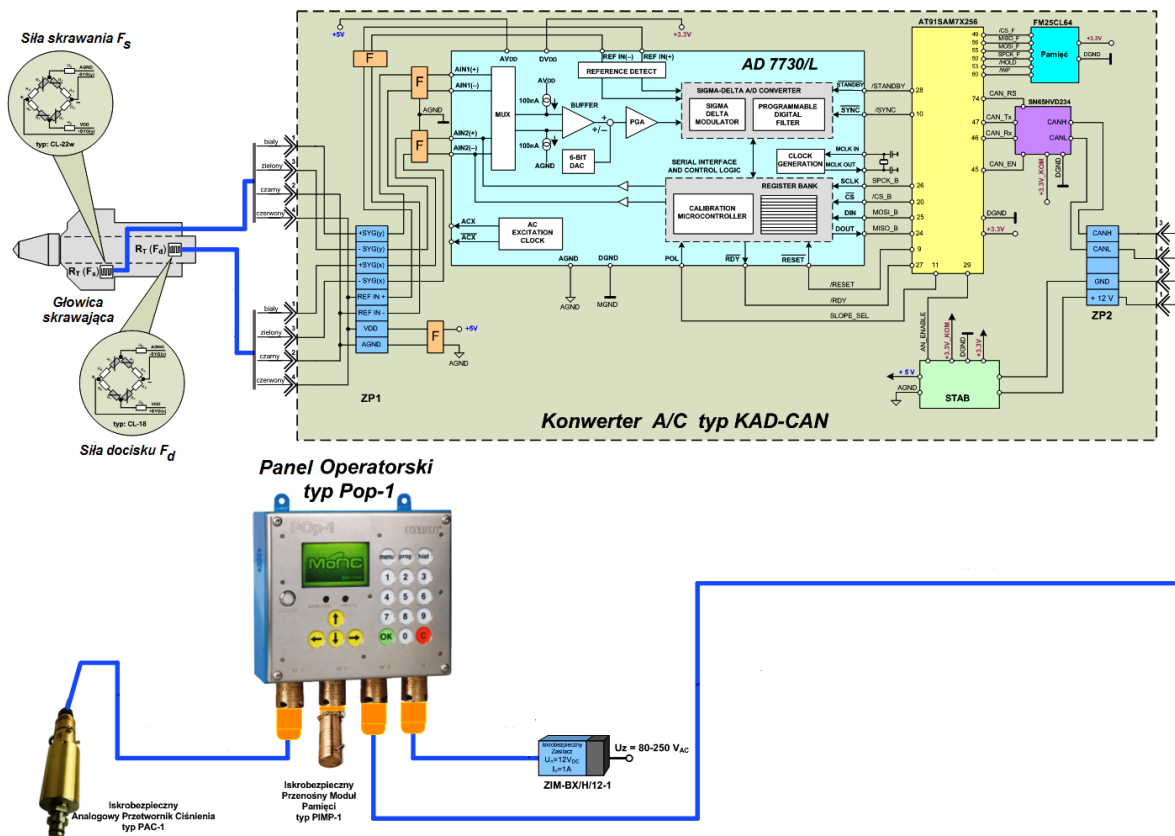
Ostatnim elementem przyrządu jest ramię, na końcu którego zamocowany jest nóż pomiarowy (rys. 6). Ramię należy skierować nożem w stronę urabianego złoża (ociosu).



Rys. 6 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 (przyrząd może być również zasilany z pompy).

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. 7).



Rys. 7 Elementy urządzenia do pomiaru sił skrawania węgla (PSSW)

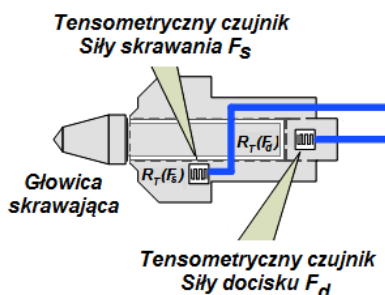
Urządzenie PSSW, składa się z następujących urządzeń elektrycznych:

- *Panel Operatorski* (Pop-1) – nadrzędny sterownik pełniący funkcję interfejsu operatora, umożliwiając monitorowanie wyników pomiaru na wyświetlaczu. Do gniazda pulpitu podłączony jest *Przenośny Moduł Pamięci*, 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 8).



Rys. 8 Głowica skrawająca z mostkami tensometrycznymi

Wykorzystując czujnik ciśnienia wbudowany w obwód układu zasilającego, mamy możliwość wyznaczania chwilowej mocy urabiania calizny węglowej (skały otaczającej złożę).

Po wykonaniu pomiarów, wyniki zarejestrowane przez rejestratory podlegają dalszej obróbce, za pomocą specjalnego programu komputerowego, który jest integralną częścią przyrządu.

Na podstawie zarejestrowanych wartości wyznaczonych przyrządem POU-BW/01-WAP możemy wyznaczyć wskaźnik urabialności A:

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

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,

g – głębokość 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. 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-górnich.

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 geologiczno-geologicznych.

The innovative solutions applied in the devices have been appreciated in the world. At the International Exhibition of Innovation, held annually in November, the devices were granted the following awards respectively:

- GIG device in 2011 – GOLD MEDAL,
- POU-BW/01-WAP device in 2012 – SILVER MEDAL.



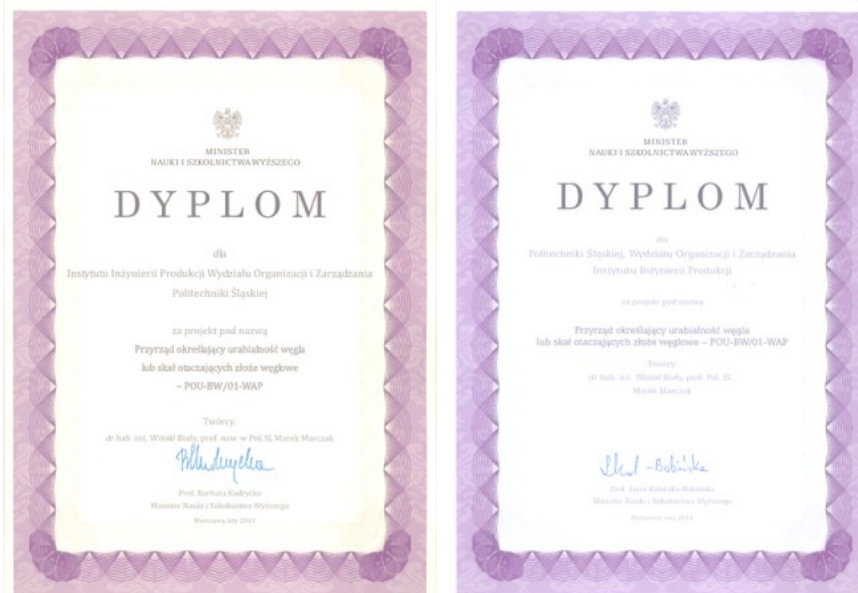
Management Systems in Production Engineering No 4(20), 2015

Moreover, in 2013 the device POU-BW/01-WAP received awards at exhibitions taking place in:

- Taiwan,
- Japan,
- Romania.



This device received in 2013 and 2014 a diploma of the Minister of Science and Higher Education.



Artykuł jest wynikiem pracy statutowej o symbolu BK-223/ROZ-3/2015 pt. "Znaczenie inżynierii produkcji w rozwoju innowacyjnych produktów i usług", realizowanej w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej.

LITERATURA

- [1] Baron L. J., Głapman L. B.: *Wznios instrumenta pri rjezani gornych porod*. Moskwa Hedba. 1969.
- [2] Bęben A.: *Technika wiertnicza w odkrywkowym górnictwie skalnym*. Wydawnictwo Techniczne, Katowice. 1992.
- [3] Biały W.: *The side-crumble angle ψ of coal and the energy consumption of the mining process as a function of the vertical component σ_z of exploitation pressure*. Polska Akademia Nauk, Archiwum Górnictwa tom 47 nr 3/2002. s. 361-384.
- [4] Biały W.: *Nowa klasyfikacja urabialności pokładów węgla Zagłębia Górnosląskiego*. Przegląd Górniczy nr 9/2003. s. 26-32.
- [5] Biały W.: *Empiryczne prognozowanie mocy ścianowych kombajnów bębnowych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górnictwo, Monografia z. 262. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
- [6] Biały W.: *Volba dobývacích kombajnů na základě výzkumů rozpojitelnosti uhlí*. VŠB-Technická univerzita Ostrava, Monografie, Fakulta strojní Ostrava 2009.
- [7] Biały W.: *The selection of optimal method determining mechanical properties of coal layers*. Management Systems in Production Engineering 2/2011. s. 26-30. ISSN 2299-0461
- [8] Jonak J.: *Urabianie skał głowicami wielonarzędziowymi*. „Śląsk” Sp. z o.o. Wydawnictwo Naukowe, Katowice 2002.
- [9] Krauze K.: *Urabianie skał kombajnami ścianowymi*. „Śląsk” Sp. z o.o. Wydawnictwo Naukowe, Katowice 2000.
- [10] Prusek S., Rajwa S., Wrana A., Walentek A.: 2011: *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] Prusek S., Rajwa S., Wrana A., Walentek A.: *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] Voštova V., Křemen T., Fries J., Sládková D., Jurman J.: *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.