

Jan KOSZELSKI

## BADANIA MODELU TRÓJORGANOWEGO KOMBAJNU

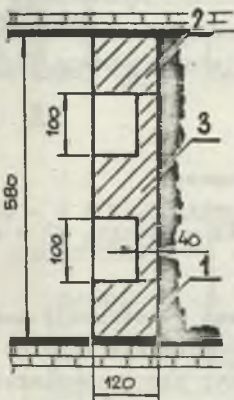
**Streszczenie.** Przedstawiono koncepcję urabiania węgla, sposobem frezowania wycinającego, polegającym na wycięciu wrębu w ścianie trzema organami urabiającymi, w celu uzyskania zwiększonego udziału grubych sortymentów węgla w urobku. Ponadto przedstawiono konstrukcję wykonanego modelu trójorganowego urządzenia, przeznaczonego do urabiania modelu ściany węglowej w warunkach laboratoryjnych oraz wyniki badań wykonanych tym modelem. Wyniki potwierdzają możliwość uzyskania zwiększonej procentowej zawartości grubych sortymentów węgla w urobku przy urabianiu frezowaniem wycinającym.

1. Koncepcja elementów urabiających

Rozważania nad możliwością zwiększenia wychodu grubych sortymentów węgla nasunęły koncepcję urabiania węgla sposobem frezowania wycinającego.

Sposób frezowania wycinającego polega na wycięciu wrębu na obwodzie przekroju poprzecznego urabianej ściany, a zrealizowanym przez trzy organy urabiające. Dwa pierwsze organy są o kształcie obecnie stosowanych bębnow, jeden z nich od strony spągu, a drugi od strony stropu wycinają w całości węglowej wręby, oddzielając pozostałą część zabioru od stropu i od spągu. Trzeci organ jest uaytuowany między dwoma pierwszymi bębnami (rys. 1).

Jego profil w przekroju podłużnym jest zbliżony do litery T wypełniającej prostokąt, którego jednym bokiem jest długość górnej półki T, a drugim bokiem jest długość nóżki litery T, plus grubość półki tej litery, przy czym oś nóżki litery T jest osią organu oczywiście w położeniu poziomym. Nóżka symbolizuje organ urabiający w postaci stosowanego obecnie bębna, natomiast półka symbolizuje tarczę wyposażoną na obwodzie w noże. Powierzchnia wspomnianego prostokąta składa się



Rys. 1. Teoretyczny Przekrój zaboru wykonanego

1 - organem urabiającym, dolnym, 2 - organem górnym, 3 - bębno-tarczę

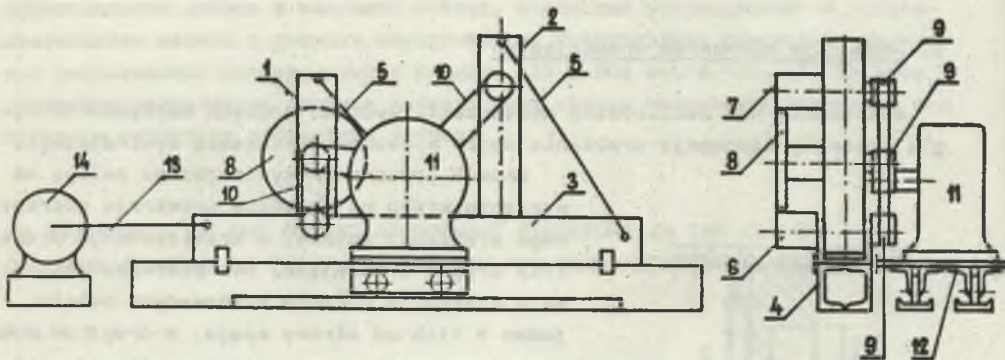
z dwóch części. Część pierwsza powierzchni odpowiada przekrojowi poprzecznemu wrębu wyfrezowanego w zabiorze podczas pracy organów urabiających i

od strony ociośu łączy się z wrębami wyciętymi od strony spęgu i od strony stropu. Część druga powierzchni prostokąta odpowiada podetawom dwóch graniastosłupów wyciętych z calizny węglowej po przejściu organów wzdłuż ściany. Przy odpowiedniej długości tych graniastosłupów zostają one złamane pod wpływem sił grawitacyjnych i spadają na spąg dając gruby asortyment urobku.

## 2. Konstrukcja modelu

W celu sprawdzenia słuszności przedstawionej koncepcji, zbudowano model urządzenia trójorganowego i przeprowadzono nim urabianie modelu ściany węglowej.

Na rys. 2 przedstawiono schematycznie model kombajnu trójorganowego wykonanego w skali 1:5 w odniesieniu do planowanych wymiarów rzeczywistych.



Rys. 2. Model kombajnu trójorganowego

1 i 2 - słupy, 3 - sianie, 4 - prowadnica, 5 - łączniki, 6, 7 i 8 - organy urabiające, 9 - koła klinowe, 10 - paski klinowe, 11 - silnik, 12 - wózek, 13 - lina, 14 - kołowrót

Model składa się z dwóch słupów 1 i 2 służących jako konstrukcja nośna dla organów urabiających, 3 - sianę wiążących całą konstrukcję modelu, napędu i prowadnicy, 4 symulującej przenośnik zgrzeblowy. Słupy są ułożone przegubowo w saniach 3 i utrzymywane w pozycji pionowej lub pod odpowiednim kątem w odniesieniu do pionu za pomocą łączników 5. W słupach ułożone są wały, na których z jednej strony są umieszczone organy urabiające: bęben dolny 6, bęben górny 7 i bębno-tarcza 8.

Z drugiej strony wałów są umieszczone koła klinowe 9. Koła 9 są napędzane paskami klinowymi 10, które wprawiane są w ruch kołem z rowkami klinowymi: umieszczonym na wale silnika elektrycznego asynchronicznego 11. Silnik 11 spoczywa na wózku 12 połączonym z saniami 3. Sianie wraz z wóz-

kciem i silnikiem mogą być ciągnięte liną 13, wzdłuż prowadnicy 4, za pomocą kołowrotu 14 o napędzie ręcznym.

Parametry modelu:

1. Wysokość ściany urabianej 0,58 m,
2. Zabiór 0,12 m,
3. Prędkość skrawania,
  - bęben przystopowy 2,69; 3,52 i 5,38 m/s,
  - bęben przyspęgowy 4,37; 5,69 i 8,74 m/s,
  - bębno-tarcza 3,03/9,55; 3,95/12,21 i 6,06/19,1 m/s.

Odpowiednio do obrotów nominalnych silnika: 720; 960 i 1440 na min.

4. Poew urządzenia wzdłuż trasy uzyskuje się przy korzystaniu z kołowrotu o napędzie ręcznym, osiągnięta prędkość przy urabianiu 1,8 m/h.
5. Wymiary - długość 1 m, wysokość 0,8 m i szerokość 0,8 m.
6. Ciężar około 150 kg.

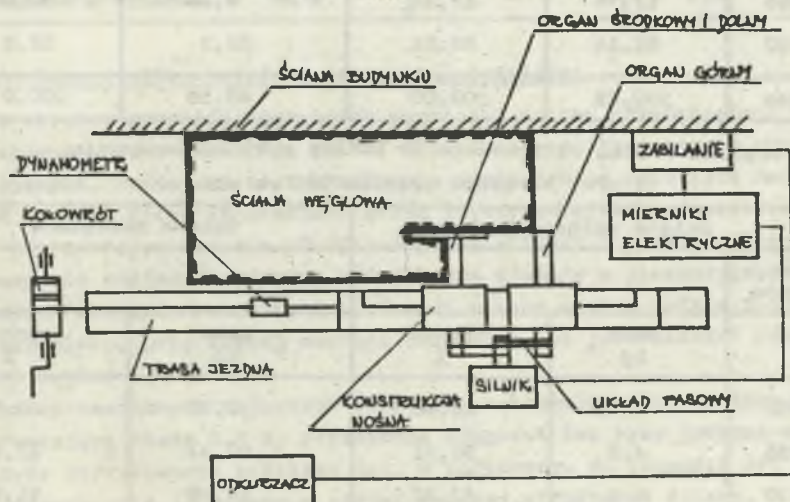
### 3. Badanie urabiania węgla na modelu ściany

Urabianie modeli ścian wykonano w trzech wersjach:

- urabianie w ścianie wolnostojącej,
- urabianie w ścianie obciążonej,
- samowcinanie się urządzenia w ścianę obciążoną.

#### 3.1. Urabianie w ścianie wolnostojącej

Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rys. 3. Model Ściany węglowej przedstawionej na tym rysunku wykonano z węgla błyszczącego-matowego



Rys. 3. Schemat stanowiska badawczego

Tablica 1

Analiza sitowa urobku z urabiania przy 960 obr./min						
Ilość organów	Jeden organ		Dwa organy		Trzy organy	
Ilość zbiorów	1		1		3	
Klasa mm	masa kg	wychód %	masa kg	wychód %	masa kg	wychód %
> 100-55	3,2	9,75	20,7	33,1	21,43	22,68
10-55	3,45	10,5	8,9	14,26	16,35	16,76
0-10	26,2	79,75	32,93	52,64	57,25	60,56
Razem	32,85	100,00	62,53	100,00	95,03	100,00
Analiza sitowa urobku otrzymanego z urabiania trzema organami przy obrotach silnika 1440 na min						
Ściana wolnostojąca			Ściana obciążona			
Ilość zbiorów	1		2			
Klasa mm	masa kg	wychód %	masa kg		wychód %	
> 100-55	22,37	22,14	11,05		27,48	
10-55	17,74	17,35	8,23		20,02	
0-10	61,14	60,51	20,9		52,5	
Razem	100,25	100,00	40,18		100,0	
Analiza urobku otrzymanego ze ściany przy samowcinaniu 1 przy obrotach silnika 720 na min						
Ściana wolnostojąca			Ściana obciążona			
Ilość zbiorów	3		2			
Klasa mm	masa kg	wychód %	masa kg		wychód %	
> 100-55	4,75	26,46	3,02		10,98	
10-55	4,6	30,11	10,47		37,97	
0-10	6,1	43,43	14,97		51,05	
Razem	15,45	100,00	28,46		100,00	

z kopalni "Sońnica", przy czym kęsy węgla łączono na zaprawie cementowej. Stosunek cementu do wypełniacza 1:4 jako wypełniacza stosowano miał węglowy.

Podczas urabiania modelu ściany wykonano pomiary mocy pobieranej przez silnik oraz siły ciągnięcia, a urobek z poszczególnych zabiorów poddano analizie sitowej. Badania przeprowadzono przy obrotach nominalnych silnika 720, 960 i 1440 na min oraz przy urabianiu: trzema, dwoma i jednym organem.

Wyniki pomiarowe analizy sitowej przy obrotach silnika 960 na min przedstawiono na rysunku 4 i w tabelicy 1. Pobór mocy i siły ciągnięcia zobrażowano w tabelicy 2.

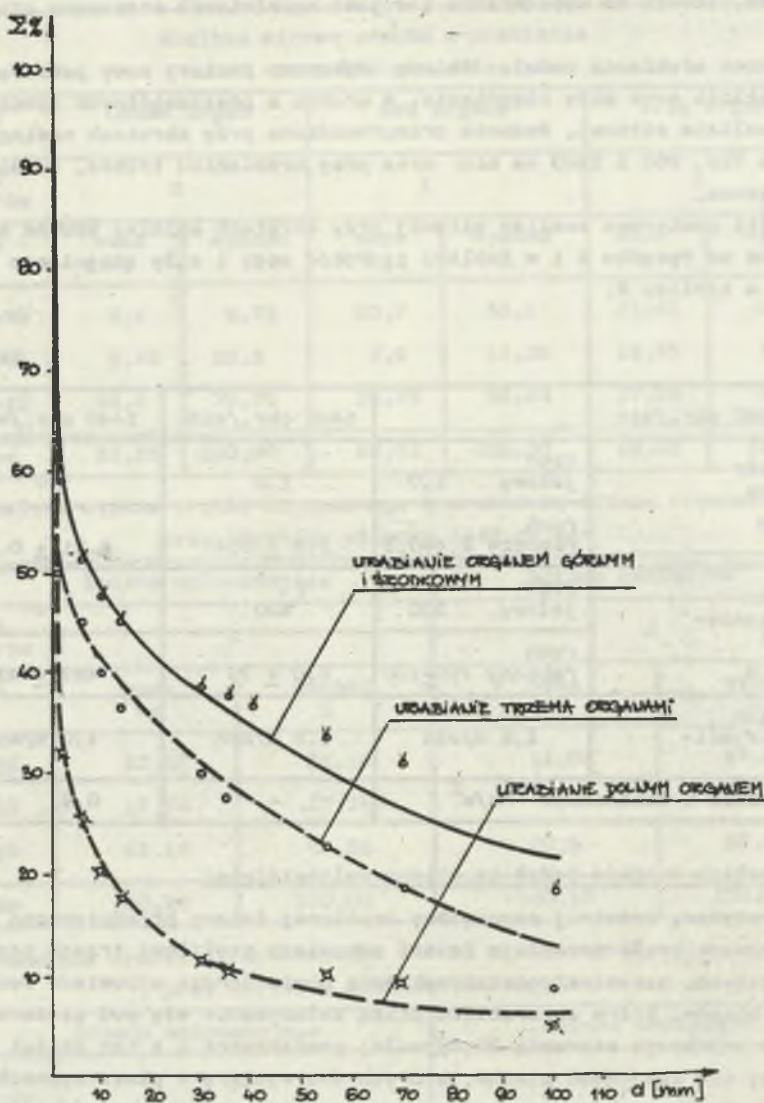
Tabelica 2

940 obr./min		1440 obr./min	1440 obr./min
Pobór mocy kW	ruch jałowy 1,0	1,0	-
	ruch roboczy $2,4 \pm 0,3$	$3,6 \pm 0,4$	$4,21 \pm 0,5$
Siła ciągnięcia N	ruch jałowy 300	300	-
	ruch roboczy $750 \pm 100$	$630 \pm 70$	$467 \pm 43$
Posuw maksymalny	1,6 m/min	1,8 m/min	1,0 m/min
Ciążenia w ścianie	$\text{MN/m}^2$	-	0,9

### 3.2. Analiza wyników badań za ściany wolnostojące

Teoretyczny przekrój poprzeczny urobionej ściany przedstawiono na rys.1. Zakreskowana część przekroju ściany odpowiada profilowi trzech organów urabiających. Natomiast niezakreskowana powierzchnia odpowiada dwoma przekrojom bloków, które są urabiane przez załamywanie się pod ciężarem własnym i w przekroju stanowią 29,8% całej powierzchni i z tej części spodziewamy się znajdować ziarna, których dwa wymiary w płaszczyznach prostopadłych nie przekroczą 0,10 m. Trzeci wymiar ziarna będzie zależał od długości bloku, przy której nastąpi załamania, co jest zależne od wytrzymałości węgla.

W przeprowadzonych badaniach otrzymano maksymalną długość łaty nie przekraczającą około 0,2 m, przeważnie długości łat były jeszcze mniejsze. Przyczyną otrzymywania krótkich łat, w porównaniu do długości łat obliczonych teoretycznie [3], leży w niejednorodnej strukturze ściany, a w szczególności w złączeniu spoiwo-węgiel. Uderzenia noży urabiających w caliznę



Rys. 4. Wyniki analizy sitowej z pomiarów przy obrotach silnika 960 na min

powodują pęknięcia spoin i blok rozsypuje się pod wpływem uderzeń, a nie załamania pod ciężarem własnym.

Przy urabianiu jednym organem - symulującym istniejący w rzeczywistości stan urabiania, otrzymano 79,75% ziarn o wymiarach mniejszych od 10 mm, a tylko 10,5% ziarn mieszczących się w przedziale 10-55 mm (tablica 1) i 9,75% ziarn powyżej 55 mm. Natomiast przy urabianiu trzema organami (tablica 1) (średnia z trzech zabiorów) otrzymano 60,56% ziarn o wymiarach mniejszych od 10 mm, 16,76% ziarn mieszczących się w przedziale 10-55 mm i 22,68% ziarn o wymiarach powyżej 55 mm. Przy trzech organach otrzymujemy 19,29% mniej urobku o wymiarach ziarn poniżej 10 mm, w porównaniu do wyniku otrzymanego przy urabianiu jednym organem. W zamian urobku drobnoziarnistego, przy urabianiu trzema organami otrzymujemy więcej 6,26% i 12,93% ziarn o wymiarach odpowiednio w przedziale 10-55 mm i powyżej 55 mm, w sumie o 19,19% więcej ziarn powyżej 10 mm. Otrzymany wynik jest o 10,61% mniejszy w wyniku teoretycznego wynoszącego 29,8%. To zmniejszenie wyniku doświadczalnego jest usprawiedliwione, albowiem po pierwsze rzeczywisty zabiór jest zawsze nieco mniejszy od teoretycznego, co zmniejsza wartość 29,8%, a po drugie w łamiącej się łącie zewszę wystąpi pewien procent ziarn mniejszych od 10 mm.

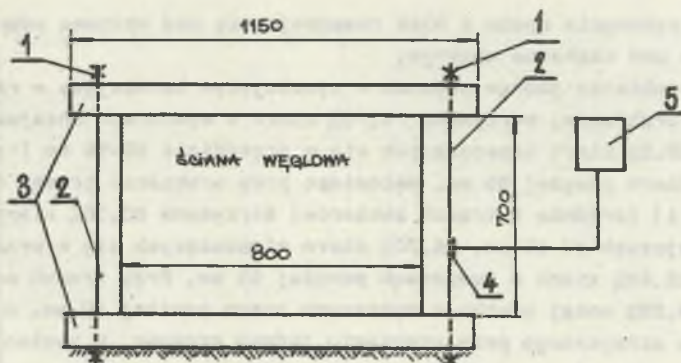
Przy urabianiu dwoma organami środkowym i górnym otrzymane 52,64% ziarn poniżej 10 mm, 14,26% ziarn w przedziale 10-55 mm i 33,1% ziarn o wymiarach powyżej 55 mm (tablica 1). W porównaniu do urabiania jednym organem otrzymano o 27,11% ziarn o wymiarach poniżej 10 mm, a w zamian więcej o 3,76% ziarn w przedziale 10-55 mm i 23,35% więcej ziarn o wymiarach powyżej 55 mm. W sumie o 27,11% więcej ziarn powyżej 10 mm. Przy urabianiu dwoma organami: środkowym i górnym został już wykonany w ścianie wręb organem dolnym, a więc procent przekroju nieurabianego do urabianego jest większy i wynosi 42,1%. Zanizanie wyniku doświadczalnego wynosi więc 15%, co jest spowodowane wymienionymi już błędami, a mianowicie: mniejszym zabiorem rzeczywistym od teoretycznego i miałem znajdującym się zewszę w łamiącej się łącie. Ponadto analiza sitowa jest również obciążona błędem wynoszącym około  $\pm$  2%. Wyniki analizy przedstawiono na rys. 4.

Zwiększenie grubszych ziarn w urobku o 19,10% przy urabianiu trzema organami, potwierdza w sposób doświadczalny słuszność koncepcji kombajnu trójorganowego.

### 3.3. Urabianie w ścianie obciążonej

Celem urabiania w ścianie obciążonej jest przybliżenie warunków badań laboratoryjnych, do warunków występujących w rzeczywistej eksploatacji.

Na rys. 5 przedstawiono schemat obciążenia ściany. Obciążenie ściany uzyskuje się poprzez obrót nakrętki 1, wokół śruby 2, łączącej dwie belki 3. Jedna z belek jest umieszczona na spągu, a druga belka na stropie ściany. Pomiar siły napinającej, otrzymuje się za pośrednictwem tensometru 4 naklejonego na śrubie, przy odczycie odkształcenia śruby na mostku tensometrycznym 5.



Rys. 5. Ściana obciążona

1 - belki, 2 - śruby obciążające, 3 - nakrętki, 4 - tensometr, 5 - mostek z miernikiem

Urabianie wykonano przy dwóch nominalnych obrotach silnika 1440 i 720 na min. Ścianę wykonano podobnie jak ścianę wolnostojącą opisaną w punkcie 3.1. Wysokość ściany urabianej wynosiła 0,58 m, zabiór 0,12 m, a długość 0,8 m. Pomiaru wykonywano takie, jak przy ścianie wolnostojącej, mierząc dodatkowe odkształcenie śruby.

Analizę sitową z otrzymanego urobku w ścianie obciążonej i wolnostojącej, przy obrotach silnika 1440  $\text{min}^{-1}$  przedstawiono w tabelicy 1. Wartość poboru mocy i siły ciągnięcia oraz ciśnienia w ścianie umieszczono w tabelicy 2.

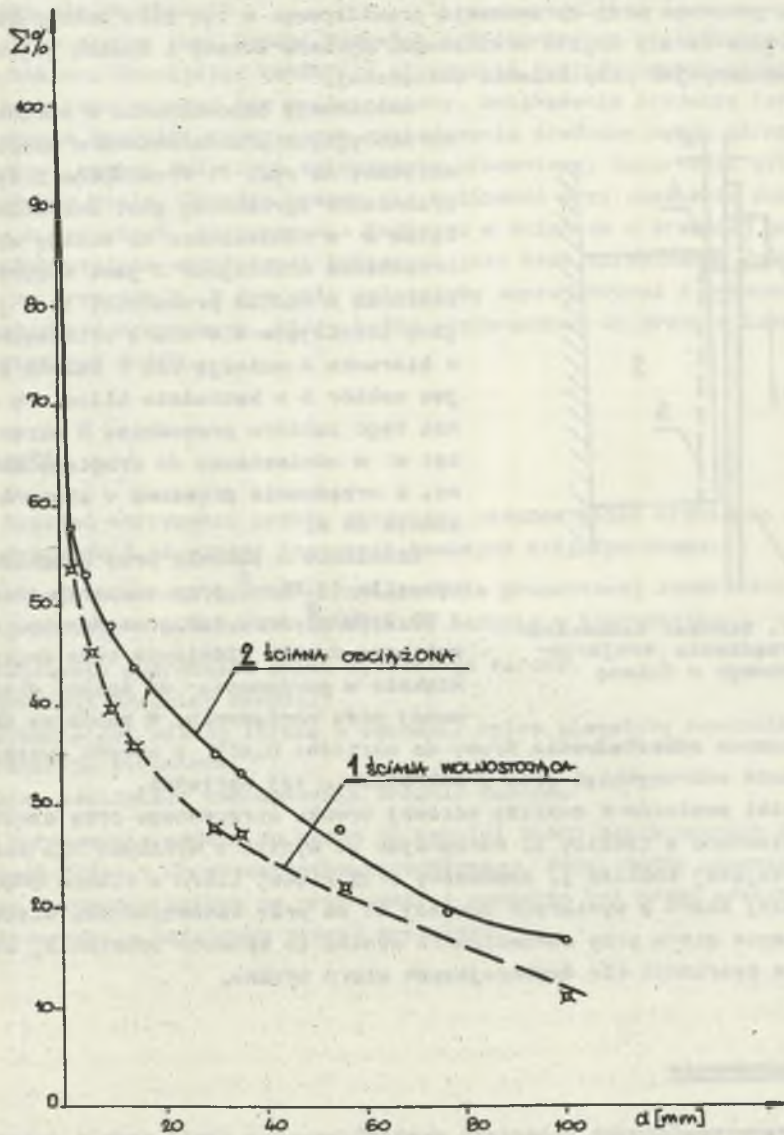
### 3.4. Analiza wyników otrzymanych w ścianie obciążonej

Na rys. 6 przedstawiono wykres 1 i 2 sum procentowych wychodu urobku otrzymanego z analizy sitowej, przy urabianiu trzema organami, w ścianie wolnostojącej i w ścianie obciążonej przy ciśnieniu wewnętrznym średnim dla dwóch zabiórów i wynoszącym  $0,9 \text{ MN/cm}^2$  oraz przy obrotach silnika wynoszących  $1440 \text{ min}^{-1}$ . Na rysunku można odczytać a dokładniej w tabelicy 1, że w klasie ziarn 0-10 mm jest urobku o 8% więcej ze ściany wolnostojącej w porównaniu do ściany obciążonej. Natomiast w klasie 10-55 mm i w wymiarach ziarn powyżej 55 mm jest odpowiednio o 3% i 5% mniej urobku ze ściany wolnostojącej w porównaniu do ściany obciążonej. Problem ten wymaga dalszego zbadania.

W badaniach ściany obciążonej istotną rolę odgrywa dobór ciśnienia do wytrzymałości węgla na ściskanie, taki aby pod dobranym ciśnieniem wystąpiły mikropęknięcia, a nie makropęknięcia.

Wyniki pomiarowe ze ściany obciążonej, nie dają wyraźnych wniosków, odnośnie wpływu ciśnienia w ścianie na asortyment urobku. Natomiast powtarzają wpływ elementów urabiających trójorganowych na zwiększenie wychodu grubszych asortymentów węgla.

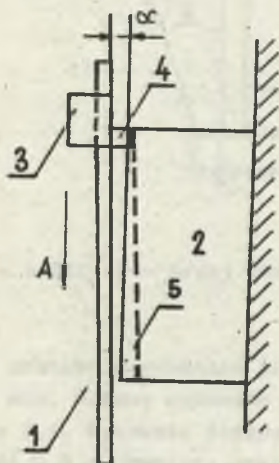




Rys. 6. Wyniki analizy sitowej urobku otrzymanego z urabiania przy obrotach silnika 1440 na min

### 3.5. Samowcinanie się urządzenia w ścianę

Celem badania było sprawdzenie możliwości samowcinania się urządzenia trójorganowego oraz sprawdzania prawidłowego w tym celu umieszczenia noży na wieńcu tarczy organu środkowego. Wymiary ściany i sposób jej wykonania analogiczny jak przy ścianie obciążonej.



Rys. 7. Schemat samowcinania urządzenia trójorganowego w ścianę

Realizację samowcinania w warunkach laboratoryjnych przedstawiono w sposób schematyczny na rys. 7. Prowadnica 1 symulująca przenośnik zgrzeblowy jest umieszczona pod kątem  $\alpha$  w odniesieniu do ściany węglowej 2. Urządzenie urabiające 3 jest ciągnięte w kierunku A wzdłuż prowadnicy 1, a jego organy urabiające 4 w miarę przesuwania się w kierunku A wcinają się w ścianę 2 wykonując zabiór 5 w kształcie klina. Po wykonaniu tego zabioru prowadnicę 2 skręca się o kąt  $\alpha$  w odniesieniu do drugiego końca ściany, a urządzenie przesuwa w kierunku przeciwnym do A.

Ciśnienie w ścianie przy samowcinaniu wynosiło  $13 \text{ MN/m}^2$  przy zabiorze pierwszym i  $20,7 \text{ MN/m}^2$  przy zabiorze drugim, czyli w zabiorze drugim ciśnienie było dwukrotnie większe w porównaniu do ściany eksploatowanej przy obciążeniu. W zabiorze drugim

ograniczono odkształcenia śruby do wartości  $0,45\%$  z powodu wystąpienia w ścianie makropęknięć przy przekroczeniu tej wartości.

Wyniki pomiarów z analizy sitowej urobku otrzymanego przy samowcinaniu przedstawiono w tablicy 1. Porównując te wyniki z wynikami dla ściany wolnostojącej tablica 1, zauważamy o  $8\%$  więcej ziarn w klasie  $0-10 \text{ mm}$  i  $15\%$  mniej ziarn o wymiarach powyżej  $55 \text{ mm}$  przy samowcinaniu. Większa rozdrobnienie ziarn przy samowcinaniu wynika ze sposobu urabiania, który sprzyja tworzeniu się drobniejszych ziarn urobku.

### 4. Podsumowanie

W przeprowadzonych badaniach wyeksploatowano sześć modeli ścian, wykonując przy tym dwadzieścia dwa zabioły, w trzech wersjach: ściany wolnostojącej, ściany obciążonej i samowcinanie się urządzenia w ścianę. Ponadto stosowano zabioły, urabiając: jednym, dwoma i trzema organami. Służność koncepcji odnośnie otrzymania grubszego asortymentu węgla przy zastosowaniu urządzenia trójorganowego została w sposób doświadczalny potwierdzona.

W badaniach prędkość skrawania nożami umieszczonymi w tarczy organu bębno-tarczy, przekraczała 18 m/sek. Powstaje pytanie: czy jeszcze tej prędkości nie zwiększyć?

Kolejnym etapem jest budowa kombajnu trójorganowego pracującego w ścianach wysokich. Rozwijając koncepcję urządzenia trójorganowego przez: uzyskanie łaty samołamiącej się wzdłuż ściany, zwiększenie średnicy tarczy, zmniejszenie grubości tarczy oraz zmniejszenie średnicy bębna górnego i środkowego, możemy oczekiwać zwiększaniu procentowej zawartości grubszych asortymentów węgla. Ponadto wysuwa się możliwość przy uzyskaniu poprawnych wyników w badaniach, zastosowania kombajnu w ścianach o średniej grubości.

W całościach weryfikacji koncepcji jest brak sprawdzenia ładowania urobku na przenośnik. W tym celu należałoby zaprojektować i wykonać model urządzenia trójorganowego, który byłby przeznaczony do pracy w kopalni doświadczalnej M-300.

## 5. Wnioski

1. Rozkład sortymentu urobku otrzymany podczas badań urabiania na modelu potwierdził słuszność koncepcji kombajnu trójorganowego.

2. W celu zbadania wpływu na zwiększenie procentowej zawartości sortymentu grubszego w urobku należy wykonać badania w kierunkach:

- zmniejszenia szerokości wrębu wykonanego tarczą,
- zwiększenia średnicy tarczy,
- otrzymania łaty między tarczą a bębnami, które ulegałyby samozałamaniu w przekroju podłużnym,
- analizy możliwości zmniejszenia średnic bębnow.

3. Opracowanie modelu do badań na kopalni M-300 dostosowanego do istniejących ścian i do przenośnika zgrzeblowego. Model dałby odpowiedź na problem ładowania urobku na przenośnik i powinien być przed prototypem projektowanego w następnym etapie prototypu.

## LITERATURA

- [1] Antoniak J., Opolaki T.: Maszyny Górnicze - cz. II. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1979.
- [2] Opolaki T., Korecki Z.: Ścianowe kombajny węglowe, Wyd. Śląsk, Katowice 1977.
- [3] Sikora W., i inni: Modyfikacja technologii urabiania kombajnami w kierunku poprawy struktury sortymentu węgla - sprawozdanie 1981 i 1982 r.

Recenzent: Doc. dr inż. Karol REICH

Wpłynęło do Redakcji w czerwcu 1983 r.

## ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛИ ТРЕХБАРОВОГО КОМБАЙНА

## Р е з ю м е

В работе дана идея добычи угля методом вырезного фрезерования, состоящая в вырезке в стене вруба тремя рабочими органами с целью увеличения доли грубых сортментов угля в добыче. Кроме этого представлена конструкция выполненной модели трёхбарового устройства, предназначенной для обработки модельной угольной стены в лабораторных условиях. Приведены результаты исследований. Результаты подтверждают возможность получить повышенный процент грубого сортмента угля при добычи методом вырезного фрезерования.

## STUDIES OF A MODEL OF A THREE-ORGAN COMBINE

## S u m m a r y

In the paper is presented a concept of coal mining by means of cutting-out milling consisting in cutting out of a notch in the wall with three mining organs for the purpose of obtaining an increased percentage of coarse coal assortments in the output. Moreover, the construction of the executed model of a three-organ unit intended for the mining of a model of coal longwall in laboratory conditions is presented, as well as the results of the studies carried out on this model. The results confirm the possibility of obtaining an increased percentage of coarse coal assortments in the output when mining by cutting-out milling.