

ANALIZA TECHNICZNA I EKONOMICZNA REKONSTRUKCJI CZERPAKÓW DLA KOPAREK KOŁOWYCH SCHRS 4000 URABIAJĄCYCH CALIZNĘ W KWB „BEŁCHATÓW”

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono analizę porównawczą techniczną i ekonomiczną pracy czepaków symetrycznych i asymetrycznych zabudowanych na kołach czepakowych koparek SchRs 4000 w celu urabiania kopaliny (calizny) (węgla).

Słowa kluczowe: *czepak, koparka kołowa*

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF THE RECONSTRUCTION BUCKETS USED IN THE BUCKET WHEEL EXCAVATOR'S SCHRS 4000 WORKING IN KWB "BEŁCHATÓW"

The paper presents technical and economical analysis of the reconstruction for symmetrical and asymmetrical bucket mounted on the bucket wheel excavators SchRs 4000 in the targets to dredging mineral.

Keywords: *bucket, bucket wheel excavator*

1. WSTĘP

Koparki wieloczepakowe stosowane są w górnictwie odkrywkowym do zdejmowania nadkładu, jak i wydobywania węgla. Zadaniem koparek kołowych jest urabianie skał, czyli odpajanie od calizny fragmentów skalnych, a następnie podanie ich na przenośniki taśmowe i odstawienie na zwałowiska.

Koparki kołowe SchRs $\frac{4000}{2,5} \times 37,5$ oraz SchRs $\frac{4000}{18} \times 50$ są podstawowymi maszynami służącymi do zdejmowania nadkładu, pracującymi w Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów”. Charakteryzują się teoretyczną zdolnością wydobywczą 11 000 m³/h. Organem urabiającym jest koło czepakowe o średnicy ϕ 17,3 m. Proces skrawania prowadzony jest przez 16 czepaków uzbrojonych w noże, bezpośrednio oddzielających urobek od calizny, umieszczonych na obwodzie koła czepakowego. Wieloletnie obserwacje i badania przeprowadzane podczas eksploatacji i remontów czepaków koparek pozwoliły zaobserwować, że następuje nierównomierne zużycie naroży czepaków w czasie pracy koparki, które wynika z asymetrii pracy czepaka w caliznie, ze względu na przesunięcie osi koła czepakowego w stosunku do osi wysięgnika o kąt 9°.

Przykładowe zużycie noży tzw. czepaka symetrycznego przedstawiono na rysunku 1.

Stosowane do pracy w caliznie czepaki R-40 zamocowane na kole czepakowym koparek SchRs $\frac{4000}{2,5} \times 37,5$ oraz SchRs $\frac{4000}{18} \times 50$ wykonane były jako czepaki symetryczne.

Konstrukcje ich zmieniały się pod wpływem wniosków racjonalizatorskich dokonywanych przez biuro projektowe KWB „Bełchatów” oraz projektów powstałych przy współpracy z ośrodkami naukowo-badawczymi i firmami projek-

towymi [1]. Główne zmiany, jakim poddawany był czepak symetryczny R-40, dotyczyły elementów naroży, zarówno ich kształtu jak i mocowania do płaszcza czepaka, oraz ustawienia kąta noży. Wprowadzono także zmiany niewpływające na jakość skrawania, ale ułatwiające gospodarkę remontową, na przykład dodanie ucha do transportu czepaka.



Rys. 1. Zużyte naroże czepaka R-40 na koparce SchRs 4000

Koncepcja czepaka asymetrycznego powstała z potrzeby równomiernego zużywania się naroży czepaka R-40; polega ona na zmianie geometrii płaszcza czepaka i dlatego naroże prawe jest bardziej wysunięte do przodu, co ma za zadanie zniwelować różnice powstałą przez brak równoległości osi wysięgnika i osi koła czepakowego.

Nową konstrukcję tzw. czepaka niesymetrycznego, model R-40M (rys. 5) wykonało biuro projektowo-konstrukcyjne KWB „Bełchatów”, nr rysunku 463 277 000 0. W porównaniu z czepakiem symetrycznym charakteryzuje się on tym, że zostało przesunięte prawe naroże o 200 mm do przodu na zewnątrz czepaka. Zastosowano pomiędzy narożem a płasz-

* Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki; juunior@interia.pl

** Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki; klopat@wp.pl

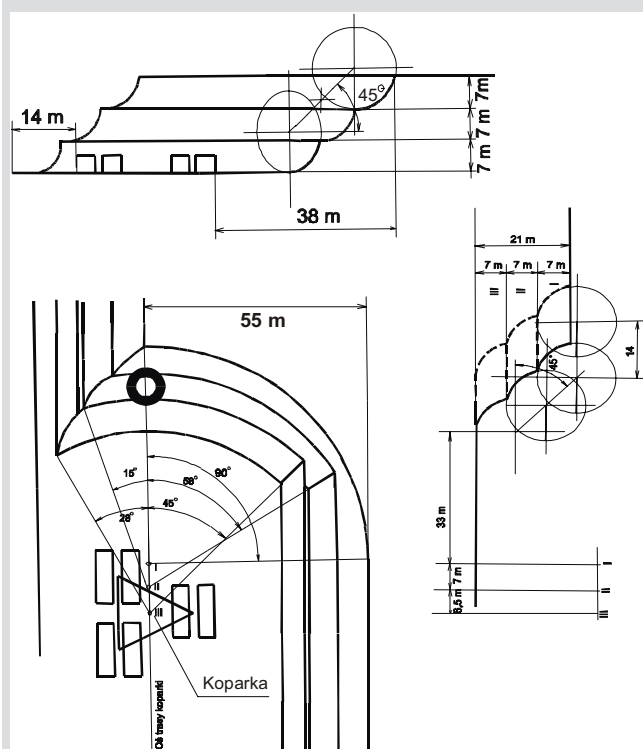
czem czerpaka łagodne przejścia o promieniu $r = 150$ mm. Oba naroża zastały również odchylone na zewnątrz. Jednocześnie obrócono prawe naroże o kąt $6,3^\circ$ względem osi.

W porównaniu z narożami czerpaka R-40 zmienił się kąt natarcia ostrza z 37° do 40° , zmieniło się położenie ucha oraz zwiększyła się boczna krawędź naroża o 10 mm.

2. ANALIZA PRACY CZERPAKA ASYMETRYCZNEGO I SYMETRYCZNEGO DLA ZAŁOŻONYCH PARAMETRÓW EKSPLOATACYJNYCH

$$\text{KOPARKI SCHRS } \frac{4000}{2,5} \times 37,5$$

Do analizy przyjęto założenia technologii pracy przedstawione schematycznie na rysunku 2.



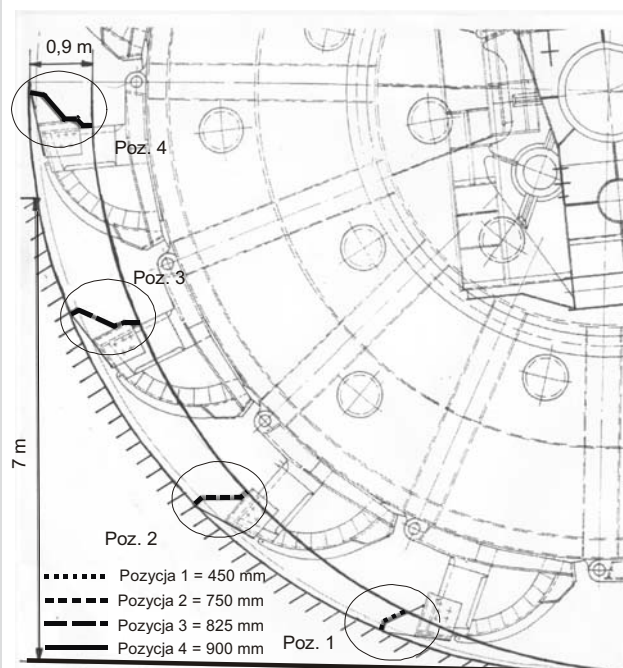
Rys. 2. Technologia pracy koparki

Na rysunku 3 zaznaczone są poszczególne fazy wchodzenia czerpaka w caliznę wiórem pionowym przy założonej grubości wióra i wysokości półki.

Założone parametry skrawania były następujące:

- 55 m – szerokość
- 21 m – wysokość bloku
- 3 – liczba stopni
- 7 / 7 / 7 m – wysokość stopni
- 45° – skarpa robocza
- 45° – skarpa czołowa
- 14 m – maksymalne wejście w skarpe
- 46,5 m – długość wysięgnika
- 17,3 m – średnica koła czerpakowego
- $20 \div 22$ m/min – założona prędkość boczna wysięgnika
- 0,9 m – grubość wióra
- 0,9 m – szerokość wióra
- 4 szt. – liczba czerpaków biorących udział w jednej chwili skrawania

Dla wymienionych założeń w sposób geometryczny wykreślono poszczególne fazy wchodzenia w skibę czerpaka symetrycznego kpl. R-40 przy pracy wysięgnika zarówno w stronę lewą, jak i prawą. W sposób wykreślny przedstawiono udział poszczególnych elementów czerpaka jak noże i naroża w poszczególnych etapach ich pracy na założonej półce. Z symulacji przeprowadzono obserwację, które elementy brały największy udział w procesie skrawania i jaki miało to wpływ na ich zużycie w zależności od sposobu pracy wysięgnika w prawo lub lewo dla czerpaka symetrycznego i niesymetrycznego. Założone warunki pracy czerpaka asymetrycznego były takie same jak w czerpaku symetrycznym kpl. R-40 w celu umożliwienia wykazania różnic pomiędzy tymi modelami.



Rys. 3. Poszczególne fazy wchodzenia czerpaka w caliznę

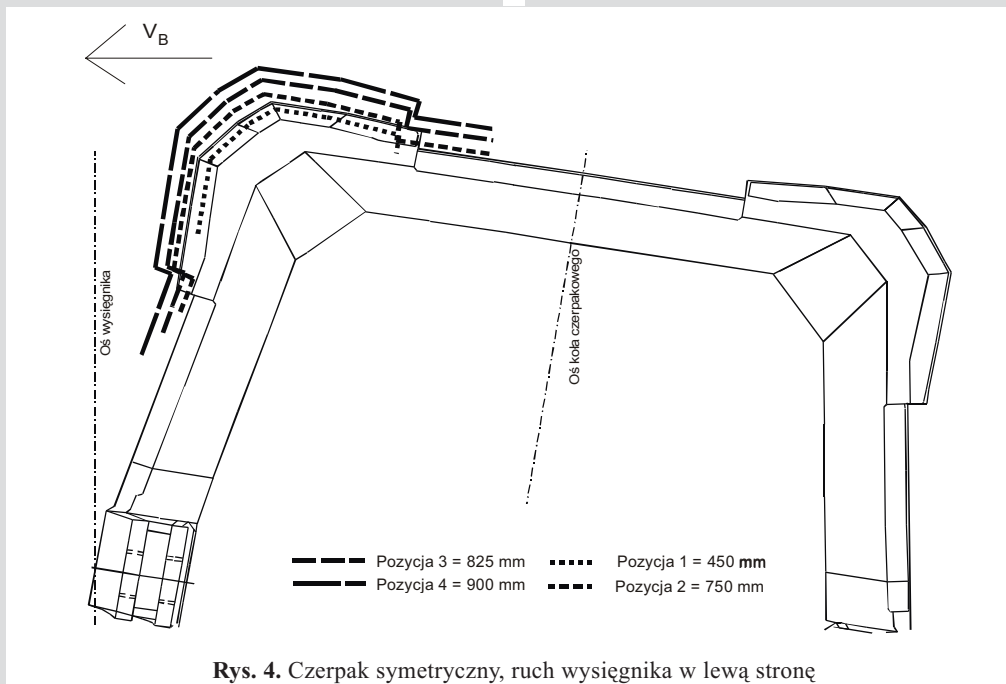
Na rysunkach 4, 5, 6 i 7 pokazano, która część czerpaka symetrycznego i niesymetrycznego pracuje przy oddzielaniu calizny dla założonych parametrów urabiań przy obrocie wysięgnika w lewo oraz prawo. Pracujące krawędzie czerpaka w pozycji 1 zaznaczone są linią (rys. 3). Jest to faza początkowa zabioru wióra, dlatego nie została jeszcze osiągnięta maksymalna szerokość, a grubość jest równa 450 mm. Pozycja 2 jest oznaczona linią przerywaną, na której zaznaczono kolejne części czerpaka biorące udział w skrawaniu. W tym przypadku grubość skrawanego wióra wzrosła do 750 mm, a szerokość osiągnęła zakładane 900 mm. W pozycji 3, w której grubość wióra wzrasta do 825 mm przy stałej szerokości zaznaczono udział krawędzi tnących. Ostatnią pozycję 4 zaznaczono linią (rys. 3). Została tutaj osiągnięta grubość maksymalna wióra 900 mm przy zakładanej szerokości.

Na rysunku 4 uwidocznione jest, że podczas urabiania przy ruchu wysięgnika w lewo dla czerpaka symetrycznego bierze udział tylko lewe naroże czerpaka. Oprócz naroża lewego w procesie skrawania bierze udział z znacznym stopniem boczna krawędź tnąca.

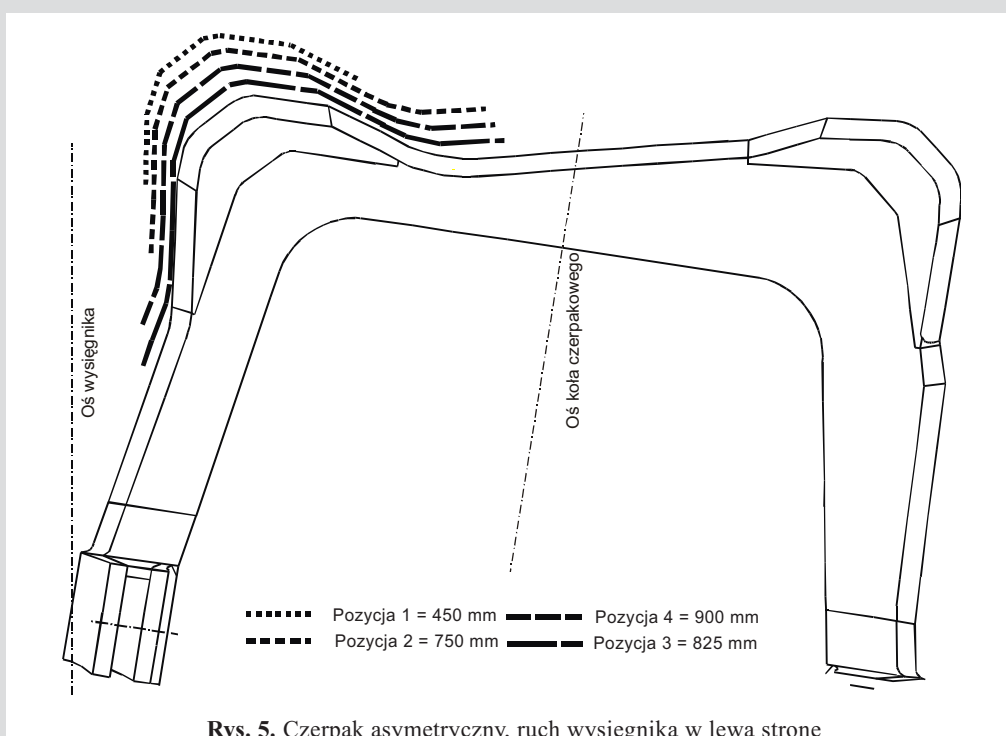
Na rysunku 5 przedstawiono, jaka część czerpaka asymetrycznego pracuje przy oddzielaniu calizny dla założonych parametrów urabiania przy obrocie wysięgnika w lewo.

Z rysunku 5 odczytano, że w czasie pracy wysięgnika w lewą stronę bierze udział tylko jedno naroże lewe. Praca czerpaka symetrycznego i asymetrycznego w ruchu w lewo jest bardzo podobna.

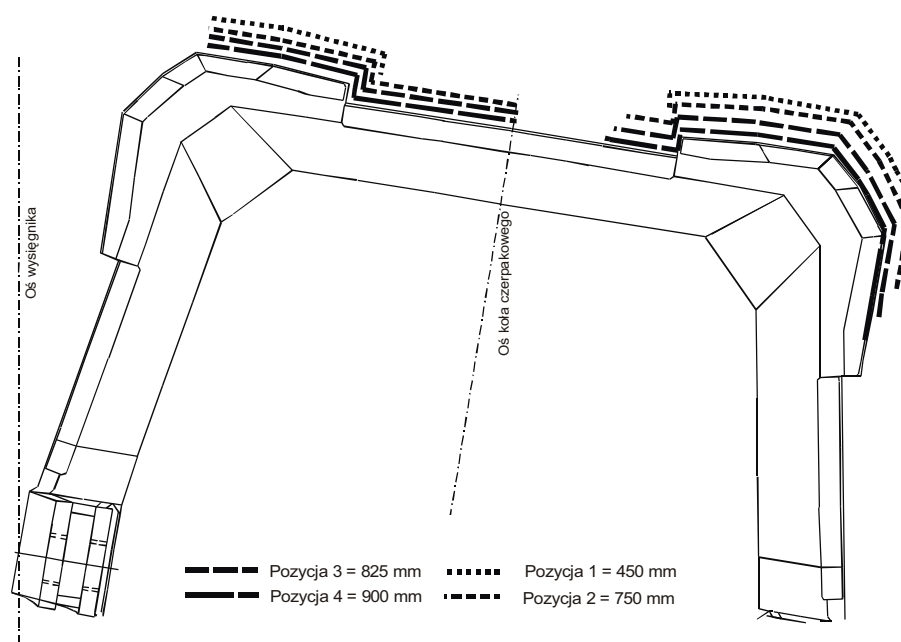
Jak pokazano na rysunku 6 dla czerpaka symetrycznego przy obrocie wysięgnika w prawo w procesie skrawania biorą udział dwa naroża. Naroże lewe nie jest tak bardzo obciążone jak prawe ze względu na niewielką szerokość wióra, ale bierze czynny udział w procesie skrawania, co jest przyczyną zużycia ściernego. Powoduje to niepełne wykorzystanie naroża prawego, które jest w mniejszym stopniu wykorzystane niż lewe naroże podczas ruchu w lewo z zamocowanym czerpakiem symetrycznym. Przy ograniczonej szerokości skrawu naroża lewego i niepełnym wykorzystaniu naroża prawego maleje ilość zabieranej nadawy w czerpaku, co zmusza do zmiany prędkości wysięgnika w celu utrzymania stałej wydajności.



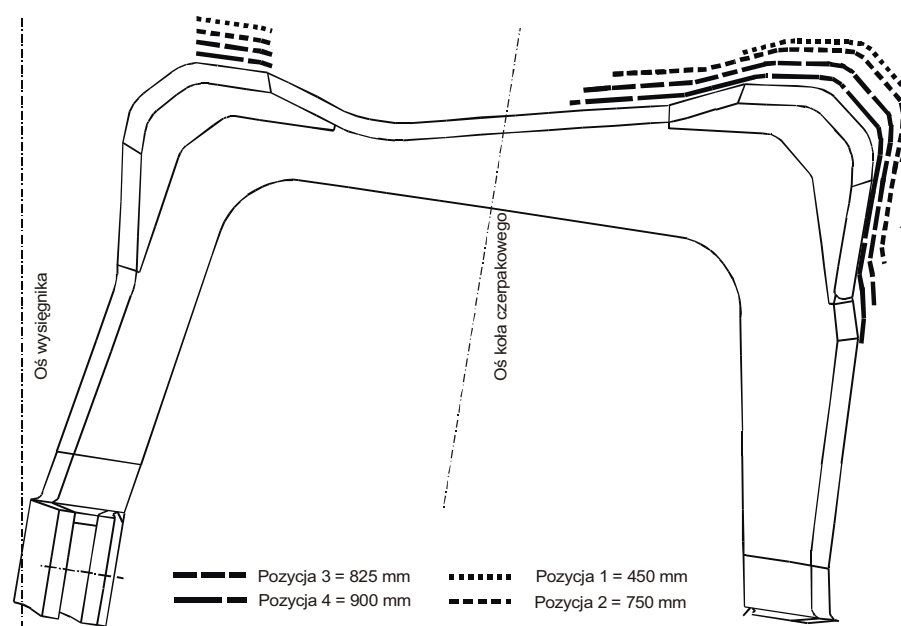
Rys. 4. Czerpak symetryczny, ruch wysięgnika w lewą stronę



Rys. 5. Czerpak asymetryczny, ruch wysięgnika w lewą stronę



Rys. 6. Czerpak symetryczny, ruch wysięgnika w prawą stronę

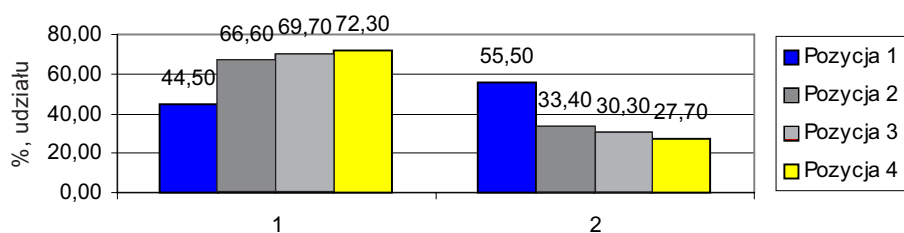


Rys. 7. Czerpak asymetryczny, ruch wysięgnika w prawą stronę

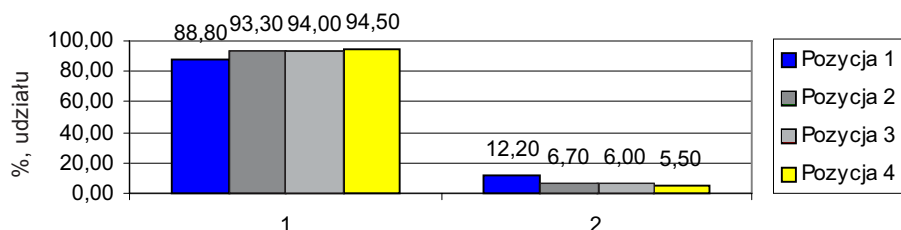
Na rysunku 7 przedstawiono pracę czerpaka asymetrycznego przy obrocie wysięgnika w prawo. Zauważono bardziej korzystne wchodzenia koła czerpakowego w ścianę niż w przypadku ruchu w prawo z zamontowanym czerpakiem symetrycznym. W procesie skrawania bierze udział naroże prawe oraz w bardzo niewielkim stopniu naroże lewe. Naroże lewe jest bardzo mało obciążone, a charakter pracy naroża prawego ze względu na dużo większe wykorzystanie niż w przypadku czerpaka symetrycznego zbliżony jest do pracy naroża lewego

go w ruchu wysięgnika w stronę lewą. W takiej sytuacji zużycie naroża lewego i prawego jest podobne. Jest to korzystne zjawisko pozwalające wyeliminować nierównomierne zużywanie się naroży w czerpaku na koparce SchRs 4000.

Procentowy udział krawędzi tnących naroża prawego naroża 1 i lewego 2 czerpaka symetrycznego przy ruchu wysięgnika w prawą stronę przedstawia rysunek 8. W pozycji 1 przy zabierze 450 mm naroże lewe jest obciążone w podobny sposób jak prawe.



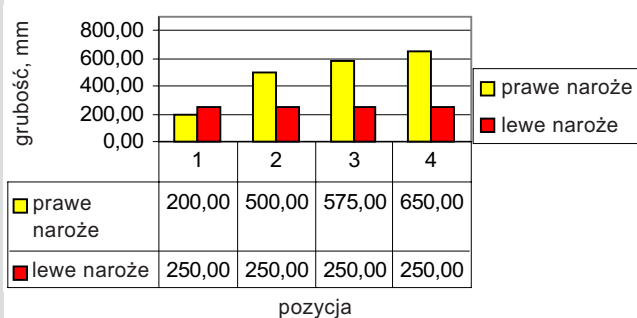
Rys. 8. Procentowy udział krawędzi tnących naroża prawego naroża 1 i lewego 2 czepaka symetrycznego przy ruchu wysięgnika w prawą stronę; 1 – naroże prawe, 2 – naroże lewe



Rys. 9. Procentowy udział krawędzi tnących naroża prawego naroża 1 i lewego 2 czepaka asymetrycznego przy ruchu wysięgnika w prawą stronę; 1 – naroże prawe, 2 – naroże lewe

Następnie ze wzrostem grubości wióra udział procentowy krawędzi tnących naroża lewego maleje, a prawego rośnie, gdyż – jak widać na rysunku 6 – skrawanie zwiększającej się grubości wióra przejmują tylko naroże prawe. Dla czepaka asymetrycznego przy ruchu wysięgnika w prawą stronę udział krawędzi tnących pokazano na rysunku 9. W porównaniu z udziałem procentowym czepaka symetrycznego w ruchu w prawo widać dużą różnicę w udziale naroża prawego względem lewego na czepaku niesymetrycznym (rys. 8). Jest to bardzo korzystne zjawisko pozwalające wyeliminować nierównomierne zużywanie się naroży w czepaku na koparce SchRs 4000.

Grubość skrawanego wióra czepaka symetrycznego przy ruchu w prawo pokazano na rysunku 10. Wartość zabierki naroża lewego jest stała i wynosi 250 mm, natomiast prawego – zmienia się, w zależności od zajmowanej pozycji czepaka. Dla czepaka asymetrycznego przy ruchu w prawo wartość skrawanego wióra narożem lewym jest sta-

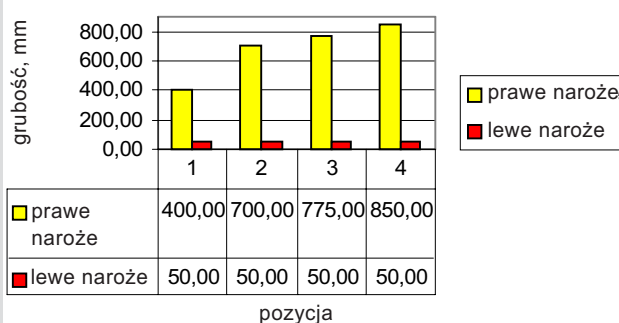


Rys. 10. Grubość zabieranego wióra dla prawego i lewego naroża czepaka symetrycznego

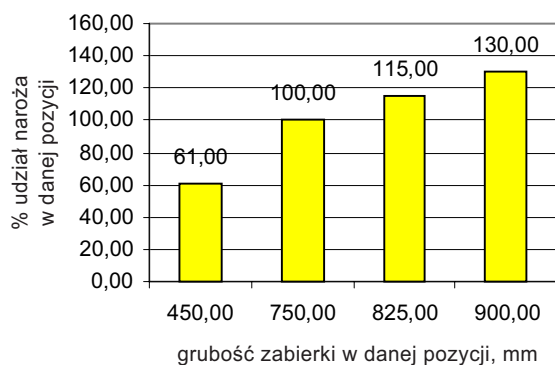
ła i wynosi 50 mm, natomiast dla naroża prawego zmienia się w zależności od zajmowanej pozycji czepaka (rys. 11).

Procent krawędzi tnących w poszczególnych fazach skrawania w odniesieniu do naroża lewego czepaka asymetrycznego przy ruchu wysięgnika w lewo

Dla długości krawędzi bocznej naroża przyjęta została wartość 100% (rys. 12), pozycji 3 = 825 mm odpowiada 115%, pozycja 4 = 900 mm odpowiada 130%. Oznacza to, że dla tych grubości wióra wykorzystywane jest całe naroże oraz boczne krawędzie tnące czepaka, co stanowi przekroczenie wartości 100%. Dla czepaka symetrycznego przy ruchu wysięgnika w lewo pokazano (rys. 13), że w trakcie pracy znacząca część wióra dla pozycji 750, 825, 900 mm skrawana jest krawędziami bocznymi czepaka. Przy pracy czepaka asymetrycznego zaobserwowano większy udział naroża lewego w skrawaniu niż w przypadku czepaka symetrycznego, co jest zjawiskiem korzystnym ze względu na pracę czepaka, jak i gospodarkę remontową.



Rys. 11. Grubość zabieranego wióra dla prawego i lewego naroża czepaka symetrycznego



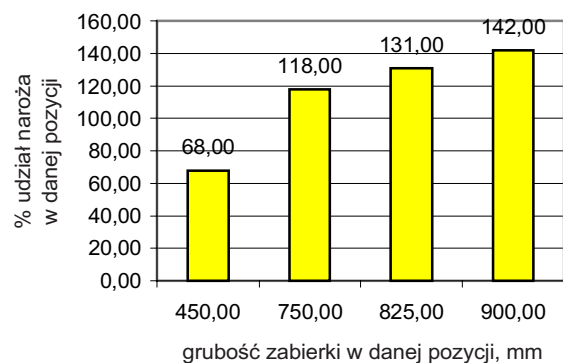
Rys. 12. Udział krawędzi tnących w odniesieniu do naroża lewego dla czepaka asymetrycznego

W pracy [2] pokazano wyniki badań obciążeń napędów obrotu głównego na koparkach kołowych SchRs 4000 oznaczonych K-45 z zabudowanymi czepakami asymetrycznymi i K-46 z zabudowanymi czepakami symetrycznymi. Koparka K-45 z zamontowanymi czepakami asymetrycznymi pracowała w urobku mieszanym piaskowo-iłowym. Koparka urabiała ścianę, która kończyła się skarpą po stronie lewej, więc przy prawym nawrocie koło czepakowe miało stały kontakt z urobkiem. Pomiaru przeprowadzono przy pracy koparki z wydajnością średnią w granicach od 4000 do 5000 m³/h. Koparka K-46 z czepakami symetrycznymi pracowała w urobku piaskowo-iłowym z przewagą iłów. Pomiaru prowadzono przy urabianiu ściany, która kończyła się z prawej strony, więc przy nawrocie koło czepakowe wychodziło ze ściany. Podczas pomiarów koparka pracowała z wydajnością ok. 6000 m³/h.

Praca napędu obrotowej koparki K-45 po zabudowaniu kompletu czepaków asymetrycznych charakteryzuje się większą płynnością i nieznaczną różnicą natężeń prądów przy pracy w lewą i prawą stronę.

Tabela 1. Dane dotyczące pracy czepaków w KWB „Bełchatów”

	Liczba zużytych szt.	Wydobycie w tys. m ³	Wydobycie w tys. m ³ /1 szt.	Uwagi
1998	345	61 970	180	
1999	155	55 500	299	Program naroży napawanych
2000	152	49 800	328	
2001	148	53 600	362	
2002	96	51 346	535	09.09.02 r. K-45 czepaki asymetryczne



Rys. 13. Udział krawędzi tnących w odniesieniu do naroża lewego dla czepaka symetrycznego

Wartości natężeń prądów na silnikach obrotu koparki K-46, z zamontowanymi czepakami symetrycznymi, charakteryzuje natomiast duża bezwzględna (średnio ok. 40%) różnica pomiędzy ruchem w prawą stronę i lewą.

W KWB „Bełchatów” przy podobnym wydobywaniu przy zastosowaniu czepaka asymetrycznego prawie dwukrotnie zmniejszyła się liczba zużytych sztuk czepaków. Także jednostkowe wydobywanie dla czepaka uwydatnia słuszość zastosowania czepaka asymetrycznego 535 tys. m³/1 szt. przy 362 tys. m³/1 szt. czepaka symetrycznego (tab. 1).

Koszt nowego czepaka asymetrycznego wynosi około 32 000 zł. Wymienianie samych naroży, gdy nie rusza się zestawu noży (odlew), kosztuje 5845 zł, natomiast regeneracja czepaka asymetrycznego kosztuje 14 800 zł. Koszt regeneracji 96 zużytych czepaków asymetrycznych wynosi 561 120 zł (tab. 1), natomiast koszt regeneracji 148 czepaków symetrycznych wynosi 2 220 000 zł (tab. 1), jest to niemalże czterokrotna redukcja kosztów. Pomimo dosyć dużego kosztu zakupu jednej sztuki czepaka asymetrycznego, przy tak dużych różnicach kosztów regeneracji zakupu nowych czepaków ma uzasadnienie ekonomiczne w czasie kilkuletniej ich eksploatacji.

3. WNIOSKI

Proces kopania koparkami kołowymi ma charakter przypadkowy i zależy od wielu czynników [3], jednym z decydujących – jest praca koparki przy równomiernym zużyciu naroży. Zastosowanie czepaków niesymetrycznych ustabilizowało pracę napędu obrotowej koparki przy ruchu obrotu wysięgnika w lewą stronę i w prawą [2].

Na podstawie analizy porównawczej zużycia się naroży czepaków symetrycznych i niesymetrycznych koparki kołowej SchRs 4000 stwierdzono że:

- w pracy czepaka symetrycznego w ruchu wysięgnika w lewo bierze udział tylko część lewa czepaka, co charakteryzuje się silnym obciążeniem naroża lewego oraz w znacznej części krawędzi tnących czepaka; jest to zjawisko niekorzystne;

- w pracy czerpaka symetrycznego podczas ruchu wysięgnika w prawo dochodzi do bardzo niekorzystnej pracy czerpaka, ponieważ w procesie skrawania biorą udział dwa naroża prawe i lewe w skutek tego naroże lewe bierze udział w skrawaniu w każdym kierunku, co przyspiesza jego zużycie cierne;
- w pracy czerpaka asymetrycznego w ruchu wysięgnika w lewo pracuje tylko lewa części czerpaka oraz jest większy udział krawędzi tnących naroża w porównaniu z pracą czerpaka symetrycznego w stronę lewą;
- w pracy czerpaka asymetrycznego w ruchu wysięgnika w lewo wykorzystane jest naroże prawe i lewe, jednakże praca naroża lewego jest minimalna w porównaniu z pracą czerpaka symetrycznego i stanowi niewielki procent zabioru wióra; prowadzi to do bardziej równomiernego zużywania się naroży i dłuższej żywotności czerpaka.

Analiza kosztów eksploatacji czerpaków dla koparek SchRs 4000 w KWB „Bełchatów” wykazuje, że zastosowanie czerpaka asymetrycznego w czasie kilkunastoletniej pracy jego prowadzi do zwrotu inwestycji wymiany czerpaków z symetrycznych na niesymetryczne.

Literatura

- [1] Rusiński E. (red.): *Analiza wytrzymałościowa i optymalizacja konstrukcji czerpaków 3500L i R-40*. Wrocław, Politechnika Wrocławska 1999
- [2] Uznański A.: *Interpretacja otrzymanych wyników pomiarów obciążeń napędów obrotu głównego koparkach SchRs 4000: K-45 i K-46*. KWB „Bełchatów”, Dział Gospodarki Remontowej
- [3] Łopata A.: *Określenie wpływu zwiększenia ilości elementów skrawających na obciążenie organu urabiającego koparki kołowej pracującej w nadkładzie*. Kraków, AGH 1972 (praca doktorska)