

Jan Rynik
Tadeusz Giza

ZUŻYCIE NOŻY PROMIENIOWYCH KOMBAJNÓW BĘBNOWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań eksploatacyjnych zużycia noży promieniowych produkcji krajowej typu KWB-2, KBW-4, NK-2 i NK-4. Podano najczęstsze przyczyny zużycia noży oraz porównano ich trwałość. Artykuł zawiera również ogólne wnioski dotyczące poprawy trwałości noży promieniowych.

1. Wstęp

Skrawanie skał stanowi jeden z bardziej znanych i stosowanych sposobów współczesnej technologii urabiania twardych kopalin użytecznych. Wzrastające z roku na rok wydobywanie węgla kamiennego spowodowało konieczność gwałtownego rozwoju konstrukcji i parametrów maszyn urabiających poprzez skrawanie, a szczególnie kombajnów węglowych bębnowych. Do najbardziej istotnych elementów organów urabiających kombajnów węglowych zaliczyć należy noże. Od odporności na zużycie i trwałości ostrza oraz pewności mocowania noży zależy w dużym stopniu techniczno-ekonomiczna efektywność urabiania kombajnami bębnowymi. Zużycie narzędzia skrawającego w procesie pracy organu urabiającego maszyny pogarsza w istotny sposób dynamikę procesu mechanicznego urabiania skały, a w szczególności zwiększa nierównomierność obciążenia napędu organu urabiającego.

Dokładne poznanie przebiegu i charakteru użytkowania się narzędzi skrawających pozwoli określić racjonalne parametry maszyn urabiających oraz zwiększyć ich wydajność, trwałość i niezawodność pracy.

2. Przebieg i charakter zużycia noży kombajnowych

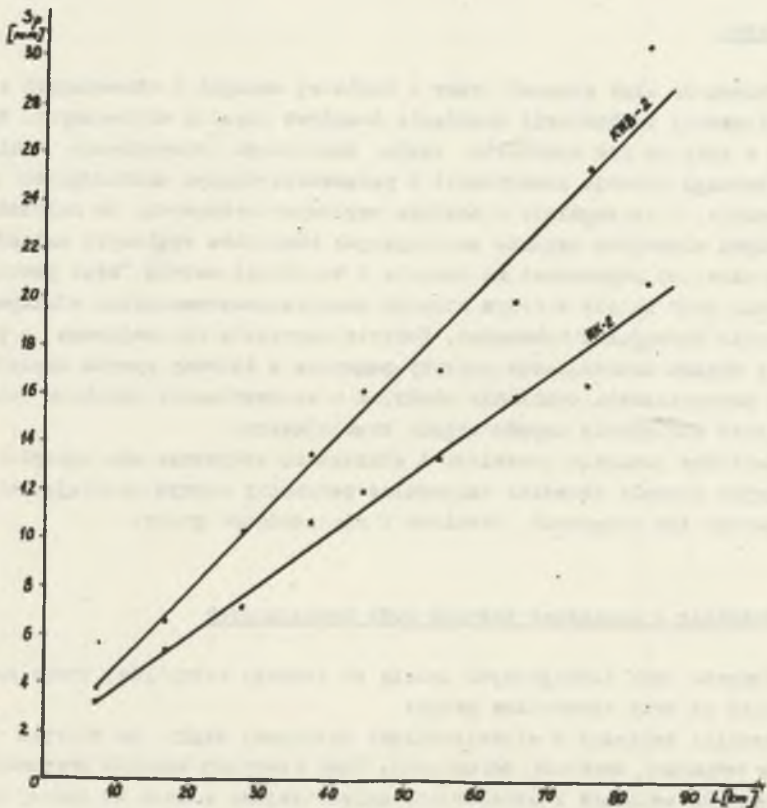
Zużycie noży kombajnowych zależy od szeregu czynników, które można podzielić na trzy zasadnicze grupy:

- czynniki związane z właściwościami urabianej skały, do których zalicza się zwięzłość, twardość, ścieralność, ilość i rozmiary twardych przyrostów.
- czynniki związane z narzędziem; najważniejsze z nich to rodzaj materiału, z którego jest wykonane ostrze, oraz jego geometria;
- czynniki związane z warunkami skrawania, którymi są prędkość i podziałka skrawania, głębokość skrawu.

Wpływ wymienionych wyżej czynników na zużycie noży przy skrawaniu jednym ostrzem w warunkach laboratoryjnych został w szerokim zakresie przebadany, a wyniki badań publikowane [1,3,4,6]. W małym natomiast zakresie

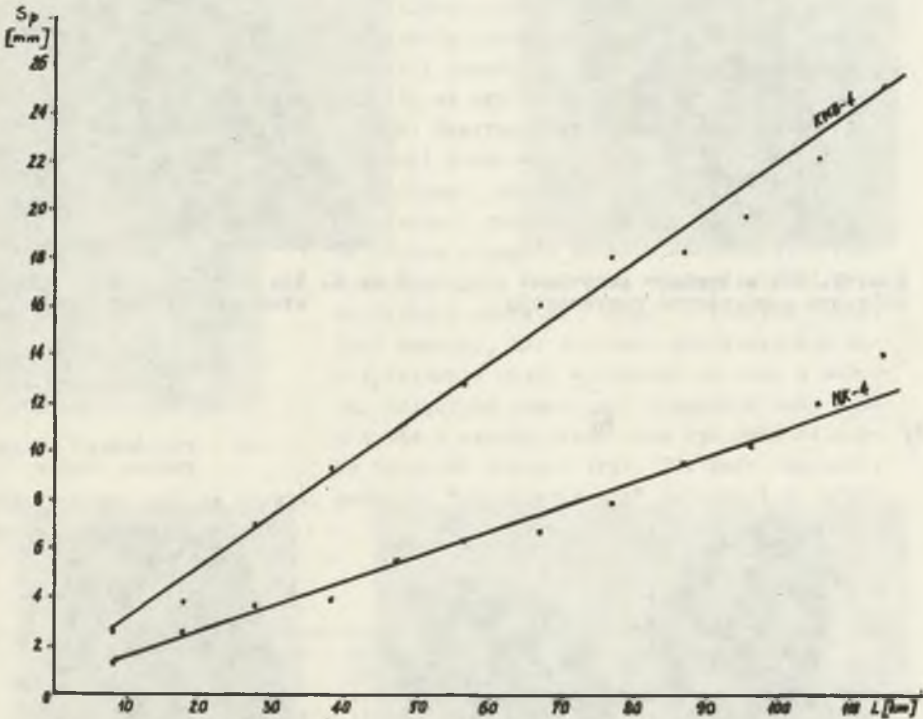
są prowadzone badania w normalnych warunkach kopalnianych.

W celu określenia przebiegu i charakteru zużycia oraz trwałości noży kombajnowych promieniowych produkcji krajowej typu KWB-2, KWB-4, NK-2 i NK-4 przeprowadzono w warunkach ruchowych szereg pomiarów i obserwacji. Badane noże mocowane były w organie urabiającym produkcji seryjnej kombajnów typu KWB-3 i KB-125z. Aby zachować jednakowe warunki pracy dla porównywanych typów noży, na organie urabiającym mocowano równocześnie dwa rodzaje noży; i tak noże KWB-2 mocowane były równocześnie z nożami NK-2, a noże KWB-4 z nożami NK-4. Po każdym wykonanym cięciu mierzono na powierzchni przyłożenia stępienie każdego noża, mierzone również efektywny czas skrawania. Wyniki badań zużycia przedstawiono na wykresach rys. 1 i 2.



Rys. 1. Wykres liniowego stępienia noży S_p na powierzchni przyłożenia w funkcji przebytej drogi L dla noży typu KWB-2 i NK-2 dla następujących parametrów skrawania: szybkość skrawania $v_s = 3,83$ m/s średnia głębokość skrawu $g_{sr} = 2,2$ cm, podziałka skrawania $t = 2,5$ cm, średnia prędkość posuwu kombajnu $v_{p\bar{a}z} = 2,66$ m/min

Na rys. 1 pokazano zależność stępienia liniowego S_p noży na powierzchni przyłożenia od przebytej drogi L dla noży typu KWB-2 i NK-2. Z wykresów wynika, że noże typu KWB-2 ulegają stępieniu szybciej niż noże typu NK-2. Dla warunków, w jakich przeprowadzono badania (węgiel średniourabialny o wskaźniku zwięzłości wg Protodiakonowa $f = 0,9$, przybierka spęgu na uskoju w połowie ściany), intensywność zużywania się noży typu KWB-2 wynosiła $0,355 \text{ mm/km}$ i była o około 30% większa w porównaniu do noży typu NK-2, dla których była równa $0,248 \text{ mm/km}$. Żywotność natomiast noży typu KWB-2 była o około 8% większa niż NK-2 i wynosiła odpowiednio 360 i 330 min.



Rys. 2. Wykres liniowego stępienia noży S_p na powierzchni przyłożenia w funkcji przebytej drogi L dla noży typu KWB-4 i NK-4 dla następujących parametrów skrawania: szybkość skrawania $v_s = 3,83 \text{ m/s}$, średnia głębokość skrawu $g_{sr} = 2,9 \text{ cm}$, podziałka skrawania $t = 1,34 \text{ cm}$, średnia prędkość posuwu kombajnu $v_{p\acute{s}r} = 1,69 \text{ m/min}$

Wykresy na rys. 2 przedstawiają zależność stępienia od przebytej drogi dla noży typu KWB-4 i NK-4. Noże te pracowały w ścianie o węgla łatwo urabialnym o wskaźniku zwięzłości wg Protodiakonowa $f = 0,72$ z przybierką spęgu na odcinku 30 m (1/5 długości ściany). Intensywność zużywania się noży wynosiła $0,22 \text{ mm/km}$ dla noży typu KWB-4 i $0,124 \text{ mm/km}$ dla noży typu NK-4. Noże typu KWB-4 zużywały się o około 44% intensywniej niż noże typu



Rys. 3. Nóż z typowym zużyciem ściernym powierzchni przyłożenia



Rys. 4. Nóż z wykruszonym spiekami walcuskowym

a)

b)



Rys. 5. Typowe uszkodzenia noży zbrojonych spiekami płytkowymi

a. Spiek wykruszony, b. Oderwanie płytki od trzonka w czasie pracy



Rys. 6. Złamany w czasie pracy trzonek noża promieniowego

NK-4. Żywotność noży typu KWB-4 wynosiła 720 min i była o około 14% wyższa od żywotności noży typu NK-4 (620 min).

Porównując między sobą cztery typy przebadanych noży (mimo pewnych różnic w warunkach ich pracy) należy stwierdzić, że stosowanie noży typu KWB-4 i NK-4 daje lepsze efekty niż stosowanie noży typu KWB-2 i NK-2.

Oprócz stęplenia, czyli zużycia czysto ściernego (rys. 3), noże ulegają zużyciu wskutek wyłamania i wykruszenia spieku (rys. 4, 5a, b), złamania trzonka (rys. 6) i wypadnięcia z uchwytu w czasie pracy. W tabeli 1 przedstawiono procentowy udział uszkodzeń dla badanych typów noży.

Znaczną część noży traci się bezpowrotnie w czasie pracy z powodu ich wypadnięcia z kłódki. Tradycyjne mocowanie noży za pomocą połączenia gwintowego stanowi słabe zabezpieczenie i powoduje, że ilość noży ulegająca zużyciu na skutek wypadnięcia dochodzi nawet do 46%. Znaczne obciążenia dynamiczne, jakie przenosi połączenie w czasie pracy organu urabiającego, powodują powstawanie luzów między zwojami gwintów śruby i nakrętki, a także często zerwanie gwintu. Mocowania, w których występują duże luzy między zwojami gwintu śruby i nakrętki oraz w których gwint jest zerwany, nie stanowią dostatecznego zabezpieczenia przed wypadnięciem noża z uchwytu. Przyczyną powodującą wypadanie noży z uchwytów w czasie pracy może być również niska trwałość uchwytu (rys. 7). Duże naciski, jakie wywiera nóż na uchwyt, powodują "wyrobinienie się" uchwytu i w efekcie wypadnięcie noża.



Rys. 7. Uszkodzony uchwyt nożowy

jakie wywiera nóż na uchwyt, powodują "wyrobinienie się" uchwytu i w efekcie wypadnięcie noża.

Tabl. 1

Przyczyny zużycia noży	Noże typu KWB-2		Noże typu NK-2		Noże typu KWB-4		Noże typu NK-4	
	Ilość noży szt.	Udział w zużyciu %	Ilość noży szt.	Udział w zużyciu %	Ilość noży szt.	Udział w zużyciu %	Ilość noży szt.	Udział w zużyciu %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zagubienie w czasie pracy	164	46	210	32	135	23	100	22
Wyłamanie spieku	29	8	224	35	78	13	180	39
Wykruszenie spieku	70	20	48	7	159	27	45	10
Złamanie trzonka	31	9	48	7	72	12	35	8

od. tabl. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Stępienie	60	17	124	19	147	25	95	21
Zużycie noży na 1000 t urobionego urobku	31,3		33,2		19,8		22,7	



Rys. 8. Nóż, z którego w czasie pracy wypadł wałeczek z węglika spiekane go zbrojący ostrze

Bardzo częstą przyczyną zużycia noży są uszkodzenia mechaniczne (wyłamanie, wykruszenie) węglików spiekanych, którymi są zbrojone ostrza. Noże typu KWB-2 i KWB-4 posiadają ostrza zbrojone spiekami wałeczkowymi o wymiarach $\phi 10 \times 20$ (KWB-2) i $\phi 12 \times 25$ (KWB-4) wpuszczonymi ukośnie w trzonek. Rozwiązanie takie zapewnia uzbrojenie ostrza na głównej krawędzi skrawającej, pozostawiając nieuzbrojone krawędzie boczne. Przy stosunkowo małym zużyciu krawędzi bocznych wałeczek zostaje obnażony, a narażony na działanie dużych sił łatwo ulega zużyciu. W praktyce często obserwuje się prace noży pozbawionych zbrojenia (rys. 8).

Większą trwałość, mniejszą intensywność zużycia (rys. 1, 2) i mniejsze zużycie na 1000 t urobionego urobku (tablica 1, [5]) noży typu KWB-4 w porównaniu z nożami typu KWB-2 należy tłumaczyć solidniejszą ich budową oraz większymi wymiarami spieku wałeczkowego [5].

Ostrza noży typu NK-2 i NK-4 są zbrojone spiekami płytkowymi o wymiarach 8×20 i 10×20 . Zbrojenie tego typu zapewnia znacznie korzystniejszą pracę noży i maszyny urabiającej [5] i jest w chwili obecnej powszechnie stosowane za granicą. Duża ilość noży zbrojonych w ten sposób ulega zużyciu wskutek odrywania się płytek od trzonek (rys. 5b) ze względu na niską wytrzymałość połączenia lutowanego oraz wykruszenia, wyłamania i rozwarstwiania się spieku, co wynika z niskiej jakości spieku. Zużycie badanych typów noży ze względu na powstałe uszkodzenia mechaniczne spieku często przekracza nawet 50%.

Okolo 8-10% strat stanowią noże zużyte przez złamanie trzonek (rys. 6). Świadczy to o niskiej jakości trzonek noży. Niewłaściwie prowadzona obróbka cieplna [5] powoduje, że trzonki wykonane ze stali 35HGSA mają twardość za małą ok. 20 HRC lub za dużą, grubo ponad 40 HRC. Trzonki noży czeskich producentów angielskich Austin Hey LTD i Padley and Venables LTD wykonane z niskostopowej stali niklowej (En 24, En 25) posiadają twardość w zależności od typu noża w granicach 320-420 HV, tj. 33-42 HRC [2].

3. Zakończenie

Badania wykazały niską jakość noży typu KWB-2, KWB-4, NK-2 i NK-4. Mimo że noże te kształtami geometrycznymi i wymiarami odpowiadają wzorom za granicznym [4], ich trwałość w porównaniu do podobnych typów noży zagranicznych jest niższa. Za główne przyczyny niskiej trwałości noży produkcji krajowej należy uznać małą wytrzymałość połączenia lutowanego łączącego wkładki z węglików spiekanych z trzonkiem noża oraz niską jakość wkładek z węglików spiekanych. Połączenia lutami miedzianymi stosowane do lutowania spieków w nożach produkcji krajowej przy bardzo starannym wykonaniu procesu (wolne chłodzenie w graficie przez ok. 12 godz.) osiągały maksymalną wytrzymałość na ściskanie $15,5 \text{ kg/mm}^2$ [5], podczas gdy angielskie normy NCB 541/1969 ustalają minimalną wytrzymałość połączenia na ściskanie 17 kg/mm^2 [2]. Jako lutowia używa się w Anglii najczęściej stopu srebra z miedzią z dodatkiem cynku, kadmu i niklu, o temperaturze topnienia $620-680^\circ\text{C}$. Wymagania jakościowe określają minimalną grubość warstwy lutu na $0,06 \text{ mm}$ - cieńsza warstwa nie zapewnia prawidłowego połączenia.

Zarówno w Związku Radzieckim jak i w Wielkiej Brytanii na ostrza skrajające stosuje się spieki, w których głównymi składnikami są węgiel wolframu i kobalt. Spieki radzieckie zawierają 70-98% węgla wolframu i 30 - 2% kobaltu, twardość ich waha się w granicach 82,5 - 91 HRA a wytrzymałość na zginanie 100 - 200 kg/mm^2 [1]. W górnictwie brytyjskim [2] stosuje się zasadniczo dwie grupy spieków T (tough - ciągliwe) o zawartości 8,5 - 9,5% kobaltu, wielkości ziarn 3-5 μm i twardości 1250 - 1350 HV (73 - 75 HRC) oraz XT (extratough) o zawartości 8,5 - 11% kobaltu, wielkości ziarn 3-6 μm i twardości 1150 - 1250 HV (71 - 73 HRC). Odporność na ścieranie jest dla węglików grupy T 1,5 razy większa w porównaniu z grupą XT. Spieki XT posiadają większą ciągliwość od spieków grupy T.

Spieki produkcji polskiej stosowane do zbrojenia noży kombajnowych zawierają 89-91% węgla wolframu i 11-9% kobaltu, twardość ich wynosi 87 - 87,5 HRA a wytrzymałość na zginanie $150-140 \text{ kg/mm}^2$. Ich skład chemiczny odpowiada więc składowi chemicznemu spieków produkcji zagranicznej, ustępują natomiast twardością i ciągliwością spiekom angielskim. Mocowanie noży za pomocą śruby bardzo poważnie obniża żywotność noży, które wskutek niepewnego mocowania wypadają z uchwytów w czasie pracy. Ten sposób mocowania winien być zaniechany i zastąpiony innymi wypróbowanymi co do skuteczności sposobami np. bagnetowym, które jest powszechnie stosowane w Wielkiej Brytanii (84% noży promieniowych jest mocowanych w uchwytach bagnetowych) i RFN. Wymiana noży przy mocowaniu za pomocą śruby jest czasochłonna i pochłania 2-3 min. na zamocowanie jednego noża. Ta duża ilość czasu tracona na wymianę noży (niekiedy wymiana noży na organie urabiającym trwa pół zmiany) jest przyczyną, że niechętnie się je wymienia.

Zwiększenie trwałości noży możemy uzyskać na drodze:

- unowocześnień technologii wykonania połączenia lutowanego spieku z

- trzonkiem; zwłaszcza poprzez zastosowanie lutowania z podgrzewaniem indukcyjnym, elektrooporowym bądź zanurzeniowym oraz obniżenia naprężeń wewnętrznych powstałych w czasie lutowania, jak również stosowanie lutów o większej wytrzymałości na ścinanie,
- zastosowania spieków o wyższej twardości i wytrzymałości na zginanie oraz mniejszej ścieralności. Według badań radzieckich [1] wzrost twardości materiału ostrza z 80 HRA do 90 HRA (12,5%) spowodował zmniejszenie liniowego zużycia na powierzchni przyłożenia o około 90%,
 - ulepszenia geometrii ostrza poprzez:
 - stosowanie narzędzi z różnymi kątami skrawania w zależności od twardości skał;
 - zwiększenie kąta przyłożenia w granicach na jakie zezwala wytrzymałość noża i kinematyka jego ruchu [8];
 - zmianę kształtu powierzchni natarcia [1, 2];
 - wstępne przytępienie (wykonanie fazki) krawędzi skrawającej w celu zapobieżenia zwiększonej intensywności jej zużywania się wskutek wykruszania się w początkowym stadium skrawania,
 - optymalnego doboru prędkości skrawania i posuwu oraz przekroju skrawu.

LITERATURA

- | | |
|------------------------------------|--|
| [1] Baron Ł.I., Głatman Ł.B.: | Iznos instrumenta pri riezani gornych porod. "Niedra" Moskwa 1969 |
| [2] Bourne W.I.W., Kenny P.: | Die Bedeutung des hartmetallbestücten Schrammeissels für die schneidende Gewinnung in Grossbritannien. Glückauf 1975 Nr 1; 111 s 1/48. |
| [3] Bower A.B. Jr: | Bit design: key to coal cutting. Coal Age 1970 Nr 7. |
| [4] Frołow A.G., Sołukowcewa Ł.M.: | Riezcy dla uzkozachwatnych wyjemocznych kombajnów. IGD im. A.A. Skoczimskiego. Moskwa 1969 |
| [5] Jaromin Z.: | Nowe konstrukcje noży urabiających. Mechanizacja Górnictwa 1970 Nr 3/31. |
| [6] Opolski T.: | Urabianie oalizny węglowej narzędziami skrawającymi. "Śląsk" Katowice 1965. |
| [7] Osuch A.: | Doświadczalne organa urabiające, nowe metody urabiania węgla i skał, zwalczanie zapylenia. Mechanizacja Górnictwa 1969 Nr 2/25. |
| [8] | Rozruszenie gornych porod prochodczeskimi kombajnami. Pod obszczej red. Ł.I. Barona T. 1 "Nauka" 1968. |

ИЗНОС РАДИАЛЬНЫХ РЕЗЦОВ БАРАБАННЫХ КОМБАЙНОВ

Р е з ю м е

В статье представлены результаты эксплуатационных исследований износа радиальных резцов отечественного производства типа KWB-2, KWB-4, NK-2 и NK-4. Подаются причины износа резцов и сопоставляется их прочность. Статья содержит также общие выводы, касающиеся улучшения прочности (срока службы) радиальных резцов.

WEAR OF RADIAL TOOLS IN DRUM COAL CUTTERS

S u m m a r y

In the paper the results of investigations concerned with the radial tools wear, type KWB-2, KWB-4, NK-2 and NK-4, produced in Poland, have been presented.

The most often reasons for the tools wear have been given and their durability was compared.

The paper contains also some general conclusions concerning the durability improvement of radial tools.