

# TECHNOLOGIA WYTWARZANIA SZYBKO ZUŻYWAJĄCYCH SIĘ ELEMENTÓW WYKŁADZINOWYCH MASZYN PODSTAWOWYCH GÓRNICTWA ODKRYWKOWEGO

## PRODUCTION TECHNOLOGY OF FAST WEARING LINING ELEMENTS IN BASIC MACHINES FOR OPENCAST MINING

Jerzy Alenowicz - "Poltegor-Instytut" Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław

*Przedstawiono przyczyny podjęcia prac badawczych mających na celu opracowanie technologii wytwarzania szybko zużywających się elementów wykładzinowych. Opisano dotychczasową technologię wykonania powyższych elementów. Zaprezentowano wprowadzone zmiany. Najistotniejsza zmiana dotyczyła opracowania zintegrowanego stanowiska do napawania i cięcia umożliwiającego zwiększenie wymiarów produkowanych elementów wykładzinowych, wzrostu ich trwałości i jakości wykonania przy równoczesnej obniżce kosztów produkcji. Przeprowadzone badania eksploatacyjne elementów prototypowych potwierdziły trafność opracowanej technologii. Na podstawie powyższej technologii uruchomiono produkcję elementów wykładzinowych w jednej z krajowych kopalń odkrywkowych węgla brunatnego.*

**Słowa kluczowe:** górnictwo odkrywkowe, koparki, zwałowarki, wykładziny, zużycie, technologia, trwałość, koszty.

*Reasons for undertaking research works aimed at developing of production technology of fast wearing lining elements have been presented. The current production technology of the above elements has been described. Applied changes have been presented. The most important change has concerned the development of an integrated station for padding and cutting, enabling the increase of the produced lining elements dimensions, increase of their durability and work quality with simultaneous reduction of production costs. The conducted operational tests of prototype elements confirmed the accuracy of the developed technology. Based on the above technology, production of lining elements has been started in one of the opencast lignite mines.*

**Keywords:** opencast mining, excavators, stackers, linings, wear, technology, durability, costs.

### Wstęp

Część zespołów maszyn podstawowych górnictwa odkrywkowego (koparek i zwałowarek) podlega szczególnie szybkiemu zużyciu. Należą do nich różnego rodzaju zsuwnie, leje przesypowe i odbojnice, a więc te zespoły, które służą do przemieszczania się po nich urobku [1]. Powierzchnie robocze wyżej wymienionych zespołów w celu ochrony ich konstrukcji przed zużyciem lub uszkodzeniem wykładane są elementami odpornymi na zużycie ściernie w postaci różnej wielkości i kształtu płytek. Płytki te pokryte są odporną na ścieranie napoiną lub wykonane są w całości z materiałów odpornych na ścieranie (blachy ze stali stopowej). Elementy te wykazują

stosunkowo wysoką odporność na zużycie ściernie, jednak przy występowaniu równocześnie obciążeń udarowych odporność ta ulega znacznemu obniżeniu. Im więcej kamieni, twardych przerostów i ziaren kwarcu szczególnie o ostrych krawędziach zawiera urabiany nakład tym szybciej elementy wykładzinowe ulegają zużyciu [2]. Zużycie to objawia się w postaci zmniejszenia grubości płytek na skutek tarcia i niszczenia ich powierzchni przez obciążenia udarowe w postaci pęknięcia i wykruszania, co przedstawiono na rysunkach 1, 2 i 3.

Ponieważ większość nadkładu w krajowych kopalniach odkrywkowych zawiera wyżej wymienione minerały

w dużych ilościach, a charakter pracy koparek i zwałowarek sprzyja powstawaniu obciążeń udarowych, powstaje problem związany z przyspieszonym zużyciem elementów wykładzinowych niektórych zespołów maszyn. Jest on o tyle istotny, że znacząco wpływa na wzrost kosztów utrzymania koparek i zwałowarek [3].

Podjęto więc prace badawcze, których celem było opracowanie technologii wytwarzania elementów wykładzinowych o podwyższonej trwałości i obniżonych kosztach produkcji.



Rys. 1. Koparka KWK 1500. Zniszczona wykładzina zsuwni koła czerpakowego na skutek uderzeń kamieni

Fig. 1. BWE KWK 1500. Damaged bucket wheel chute lining due to impact of stones



Rys. 2. Koparka SchRs-900. Zużyta wykładzina zsuwni wirującej na skutek obciążeń udarowo-ściernych

Fig. 2. BWE SchRs-900. Worn rotary chute lining due to abrasive impact loads

### Stan dotychczasowy

Podstawowym stanowiskiem do produkcji elementów wykładzinowych było stanowisko do automatycznego napawania blach wykładzin. Dotychczasowe stanowisko wyposażone było w stół spawalniczy pozwalający na napawanie blach o maksymalnych wymiarach 350 x 1500 mm (rys. 4). Blachy przeznaczone do napawania cięte były na gilotynie na odpowiedni wymiar, przed operacją napawania. Minimalna grubość napawanych blach wynosiła tu 10 mm ze względu na duże obciążenia cieplne



Rys. 3. Koparka SRs-1200. Zużyta wykładzina zsuwni pierścieniowej na skutek obciążeń udarowo-ściernych

Fig. 3. BWE SRs-1200. Worn annular chute lining due to abrasive impact loads



Rys. 4. Dotychczasowe stanowisko do napawania elementów wykładzinowych

Fig. 4. Previous station for padding of lining elements

powodujące deformacje blach o mniejszych grubościach. Po napawaniu niedopawane końcówki blach obcinane były ręcznie [4].

### Wprowadzone zmiany

Najistotniejszą zmianą w stosunku do stanu dotychczasowego jest zastosowanie zintegrowanego stanowiska do napawania i cięcia umożliwiającego automatyczne napawanie dużych powierzchni o wymiarach 1500 x 3000 mm i automatyczne cięcie plazmowe na dowolne kształty i wymiary. Minimalna grubość napawanych blach wynosi w tym przypadku 4 mm, a grubość maksymalna 16 mm (rys. 4, rys.5).

Procesy napawania i cięcia są w pełni zautomatyzowane i sterowane są komputerowo. Zastosowano tu napawanie automatyczne z wykorzystaniem drutów spawalniczych proszkowych (rys. 7). Ze względu na duże wymiary blach wprowadzono układ dwóch wózków do napawania.

Konstrukcja jezdnia (portal) składa się z następujących zespołów:





Rys. 5. Zintegrowane stanowisko do napawania i cięcia elementów wykładzinowych  
Fig. 5. Integrated station for padding and cutting of lining elements



Rys. 6. Zintegrowane stanowisko z ułożonymi blachami wykładzin do napawania  
Fig. 6. Integrated station with lining sheets for padding



Rys. 7. Proces napawania blach wykładzinowych  
Fig. 7. The padding process of lining sheets

- konstrukcji nośnej w skład której wchodzi tor prawy wyposażony w listwę zębatą i prowadnicę,
- wózków kompletnych zamocowanych na belce portalu,
- przewodników kabli,
- kompletu osłon.

Elementy mechaniczne wraz z elementami napędowymi realizują ruch w kierunku osi X i Y. W skład elementów napę-

dowych wchodzi dodatkowo przekładnie o przełożeniu 50:1, a przeniesienie ruchu obrotowego na posuwisty odbywa się za pomocą przełożenia typu koło zębata listwa zębata. Uchwyty spawalnicze wraz z automatami spawalniczymi zamocowane zostały do wózków poruszających się po torze jezdny. Zapewniają one odpowiednią dokładność i powtarzalność.

Układ ten działa niezależnie i jest zasilany z dwóch różnych źródeł prądu. Stół spawalniczy, na którym wykonywane jest napawanie, posiada chłodzenie wodne z możliwością jego regulacji, co oprócz składu chemicznego zapewnia uzyskanie wymaganej struktury powstałej napoiny, ponadto umożliwia minimalizację naprężeń wewnętrznych powstających po napawaniu dużych powierzchni.

Wprowadzono cięcie blach po napawaniu na gotowe wymiary elementów wykładzinowych (rys. 8). Cięcie realizowane jest przy pomocy wypalarki plazmowej sterowanej fotooptycznie na stole wyposażonym w dolny odciąg gazów spawalniczych. Umożliwia to cięcie warstwy napawanej charakteryzującej się znaczną twardością, zapewnia wysoką dokładność wymiarów elementów wykładzinowych, co jest istotne przy ich mocowaniu do konstrukcji określonych zespołów maszyn, ponadto pozwala zminimalizować ilość odpadów po cięciu oraz zwiększyć asortyment wykonywanych elementów np. wykładziny o bardziej skomplikowanych kształtach.

Układ sterowania zawiera panel operacyjny oraz panel programowania, które umożliwiają łatwą obsługę użytkownikowi. Program sterujący komputera umożliwia wprowadzenie i modyfikację wszystkich kształtów stosowanych elementów wykładzinowych. Stół spawalniczy posiada możliwość dopasowania szybkości chłodzenia w zależności od rodzaju napawanych powierzchni.

Ponadto zmieniono sposób montażu elementów wykładzinowych do konstrukcji maszyn stosując połączenia śrubowe zamiast dotychczasowych połączeń spawanych (rys. 9).



Rys. 8. Blacha wykładzinowa po napawaniu, obok elementy wykładzinowe po cięciu  
Fig. 8. Lining sheet after padding, next to lining elements after cutting

Spowodowało to skrócenie czasu demontażu elementów wykładzinowych zużytych i montażu nowych oraz pozwoliło obniżyć koszty (mniejsze zużycie energii elektrycznej i eliminacja elektrod na spawanie).

Reasumując, w skład zintegrowanego stanowiska do napawania i cięcia wchodzi następujące maszyny i urządzenia: stół do napawania z chłodzeniem wodnym z możliwością jego regulacji, układ dwóch wózków z automatami spawal-



Rys. 9. Gotowe elementy wykładzinowe po napawaniu, cięciu i wykonaniu otworów pod śruby mocujące  
 Fig. 9. Ready lining elements after padding, cutting and making holes for fastening screws

niczymi, przystosowany do napawania drutami proszkowymi, zespół wentylacji i odciągów gazów spawalniczych, podajniki blach, przecinarki plazmowe, stoły do przecinarek, automaty spawalnicze dwugłowicowe, zespoły i elementy sterowania komputerowego.

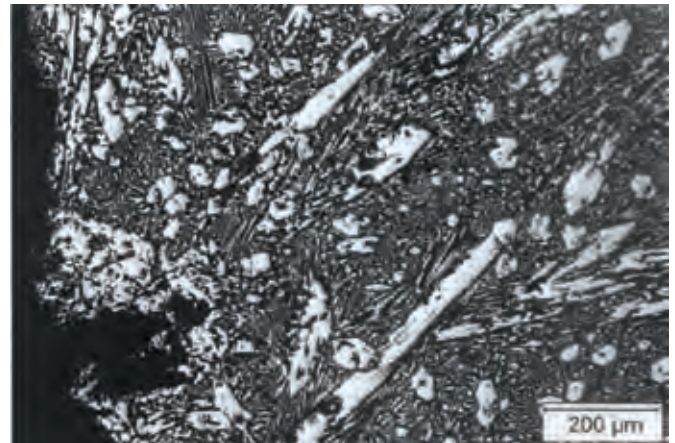
### Dobór napoiny

Ze względu na charakter obciążeń jakimi poddawane są elementy wykładzinowe maszyn górnictwa odkrywkowego dobór właściwej napoiny nie był sprawą prostą. Jak już podano powyżej są to obciążenia udarowe zachodzące równocześnie z intensywnym ścieraniem powierzchni roboczych elementów wykładzinowych. W takich warunkach napoiny o dużej twardości, a zatem odporności na ścieranie ulegają pękaniu i wykruszaniu na skutek niskiej udarności. Z kolei napoiny o niskiej twardości wykazują wysoką udarność, ale nie są dostatecznie odporne na ścieranie. Problem ten rozwiązano w ten sposób, że w wyniku badań dobrano napoinę, której struktura składała się z wydzieleni pierwotnych węglików w osnowie mieszaniny: ferryt stopowy — węgliki (rys. 10). W strefie wtopienia (od strony napoiny) występuje wąski pasek ferrytu stopowego bez wydzieleni węglikowych tworząc: tzw. elastyczną podkładkę pod dalsze strefy napoiny, co jest szczególnie istotne przy występowaniu obciążeń udarowych [5]. Wprawdzie w przypadku jednoczesnego występowania tarcia i obciążeń udarowych najkorzystniejsza wydaje się być osnowa martenzytyczno-austenityczna, ale w warunkach polskich kopalń odkrywkowych, gdzie w nadkładzie występuje dużo kamieni, ulega ona pękaniu i wykruszaniu. Stąd też osnowa ferrytyczna w tych warunkach jest bardziej korzystna, gdyż mimo że sama nie wykazuje wystarczającej odporności na ścieranie, zapewnia dobre wiązanie odpornych na ścieranie twardych węglików i zadowalającą plastyczność. Twardość powyższej napoiny wynosi w granicach 50-66 HRC, grubość 4-6 mm, liczba warstw 2. Pierwsza warstwa zapewnia dobre połączenie z podłożem (blacha wykładzinowa), a druga warstwa stanowi właściwą powłokę ochronną. W wyniku prowadzonych badań stwierdzono również, że blachy wykładzin (podkładowe) mogą być wykonane ze stali zwykłej jakości - w tym

przypadku S235JR. Jest to stal, która sama nie wykazuje wysokiej odporności na ścieranie ale jest stalą spawalną, co gwarantuje dobre wiązanie z warstwą napawaną, która pełni funkcję ochronną. Umożliwia to zastosowanie zwykłych stali w miejsce stali stopowych co znacznie redukuje koszty wykonania elementów wykładzinowych.

### Badanie eksploatacyjne

Celem badań eksploatacyjnych było dokonanie oceny efektywności zastosowanych rozwiązań technologiczno – konstrukcyjnych, przy czym jako kryterium oceny przyjęto stosunek trwałości elementów wykładzinowych do kosztów



Rys. 10. Mikrostruktura napoiny dwuwarstwowej w pobliżu powierzchni napoiny. Duże jasne wydzielenia węglików pierwotnych w osnowie drobnodyspersyjnej mieszaniny Traw. 5% $\text{HNO}_3$   
 Fig. 10. The microstructure of a two-layer padding weld near its surface. Large, clear precipitations of primary carbides in the matrix of the fine dispersion mixture. Treated with 5% $\text{HNO}_3$

ich wytworzenia. Trwałość wyrażono efektywnym czasem pracy tych elementów do ich całkowitego zużycia. Dla realizacji powyższego celu wyprodukowano według nowo opracowanej technologii 900 elementów prototypowych i zamontowano je na kilku maszynach podstawowych pracujących na nadkładzie w jednej z kopalń odkrywkowych węgla brunatnego (rys. 11). Były to w większości utwory trudno urabialne o IV klasie urabialności zawierające duże ilości kamieni i ziaren kwarcu ostrokrawędziowych. W wyniku badań stwierdzono, że elementy prototypowe wykładzin wykazały wzrost trwałości o ok. 26% w stosunku do elementów produkowanych według dotychczasowej technologii. Badania potwierdziły najbardziej korzystny zespół cech eksploatacyjnych napoין z drutu proszkowego dobranego w trakcie badań (patrz dobór napoiny). Elementy wykładzinowe napawane tym drutem wykazały najwyższą trwałość i odporność na zużycie udarowo-ścierne (brak większych pęknięć i wykruszeń powierzchni napoiny). Ponadto stwierdzono, że blachy podkładowe ze stali S235JR wykazują dostateczną trwałość i dobre wiązanie z napołą, stąd mogą one zastąpić stosowane dotychczas droższe blachy ze stali stopowych i stali węglowych o podwyższonych właściwościach. Potwierdzono również zadowalające mocowanie elementów wykładzinowych za pomocą śrub noskowych. Wykazano, że najkorzystniejszy stosunek trwałości do ceny posiadają napoiny z drutu proszkowego.



## Wnioski i podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych badań opracowano technologię wytwarzania elementów wykładzinowych maszyn górnictwa odkrywkowego podlegających szczególnie szyb-



Rys. 11. Elementy wykładzinowe prototypowe podczas badań. Zsuwnia koła czerpakowego koparki SRs1200

Fig. 11. Prototype lining elements during tests. Bucket wheel chute of BWE SRs1200

kiemu zużyciu, głównie na skutek tarcia i występujących równocześnie obciążeń uderowych.

Powyższa technologia umożliwiła produkcję elementów wykładzinowych o podwyższonej trwałości i jakości wykonania, przystosowanych do pracy w trudnych warunkach górnictwa geologicznych krajowych kopalń odkrywkowych węgla brunatnego.

Technologia ta charakteryzuje się bardzo niskim nakładem pracy ludzkiej ograniczającej się praktycznie do dozoru urządzeń, niewielką ilością odpadów oraz wysoką jakością i trwałością wytwarzanych elementów, co w efekcie końcowym pozwala na znaczne obniżenie kosztów związanych z produkcją i eksploatacją elementów wykładzinowych maszyn podstawowych górnictwa odkrywkowego.

Wykonane badania eksploatacyjne elementów wykładzinowych potwierdziły trafność zastosowanych rozwiązań technologiczno-konstrukcyjnych, co wyrażało się wzrostem trwałości tych elementów w stosunku do elementów wykładzinowych produkowanych według dotychczasowej technologii o około 26%.

Na podstawie opracowanej technologii uruchomiono w jednej z kopalń odkrywkowych węgla brunatnego produkcję elementów wykładzinowych o podwyższonej trwałości i obniżonych kosztach wykonania, o zdolności produkcyjnej ok. 4000 szt. elementów wykładzinowych rocznie. Ze względu na występowanie na nakładzie podobnych warunków górniczo - geologicznych we wszystkich krajowych kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego oraz posiadanie przez kopalnie takich samych lub zbliżonych pod względem budowy typów maszyn, opracowane rozwiązania technologiczno-konstrukcyjne mogą być zastosowane w kopalniach. Ponadto powyższe rozwiązania mogą być zastosowane w wielu gałęziach przemysłu, gdzie mamy do czynienia z transportem urobku na znaczne odległości, a zatem istnieje konieczność stosowania różnego rodzaju przesypów, zsuwni, odbojnic itp. Do przemysłów takich możemy zaliczyć górnictwo węgla kamiennego, surowców mineralnych, budownictwo, porty, przemysł cementowo-wapienny.

## Literatura

- [1] Lawrowski Z., *Tribologia*, WNT Warszawa 1993
- [2] Alenowicz J., *Requirements for bucket wheel excavator teeth operating in hard mineable soils*, Górnictwo Odkrywkowe 1/2018
- [3] Praca pod redakcją Dionizego Dudka, *Strategia utrzymywania w ruchu maszyn i urządzeń górnictwa odkrywkowego o wysokim stopniu degradacji technicznej*, Oficyna Wydawnicza PWR Wrocław 2013
- [4] Alenowicz J., Jędrzychowski W., *Opracowanie założeń i wytycznych do budowy stanowisk do produkcji wykładzin powierzchni wykładzinowych*, Praca niepublikowana, nr arch. 5391/IGO
- [5] Alenowicz J., *Budowa warstw napawanych drutem prozkowym DPIS 91 na tle wyników badań napoin wykonanych wybranymi drutami spawalniczymi stosowanymi w górnictwie węgla brunatnego*, Górnictwo Odkrywkowe 4-5/2005