

Mieczysław FELD

Henryk BIEGALSKI

Instytut Technologii Budowy Maszyn

Politechnika Gdańska

PRZECINANIE SZYN S49 ŚCIERNICAMI ELEKTROKORUNDOWYMI

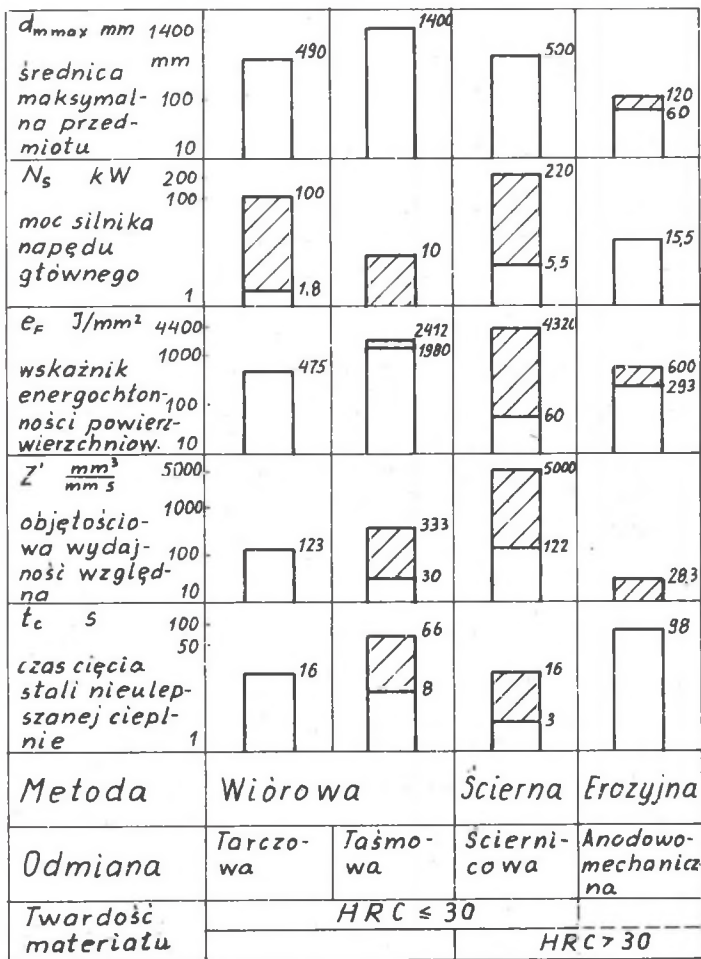
Streszczenie. W pracy przedstawiono pomiary twardości, mikrotwardości oraz wyniki badań mikrostruktury próbek szyn S60 wykonanych ze stali St90PA i St72P umocnionych wybuchowo. Materiał wybuchowy układano na górnej powierzchni główki szyny. Stosowano różne grubości warstwy ładunku.

Uzykano średni wzrost twardości warstwy wierzchniej rzędu kilkunastu procent, co może istotnie wydłużyć żywotność szyn.

1. WPROWADZENIE

Przecinanie ściernicowe w porównaniu z innymi, powszechnie stosowanymi w przemyśle metodami przecinania, posiada szereg cech predysponujących je do szerszego niż dotąd rozpowszechnienia (rys. 1) [1]. Metoda przecinania ściernicowego może być stosowana do rozdzielania materiałów zarówno miękkich jak i twardych przy najniższych czasach przecinania t_c , najniższym wskaźniku energochłonności powierzchniowej e_F , największej objętościowej wydajności właściwej Z , na zimno jak i na gorąco. Metodą tą mogą być przecinane metale żelazne i nieżelazne, porcelana, szkło, granit, beton, węgiel, guma, tworzywa sztuczne i inne [2, 3, 4]. Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne metody ściernicowej przy cięciu stali są ok. 3-krotnie, energii zaś 2,5-krotnie niższe niż dla metody cięcia tarczą zębną przy objętościowej wydajności względnej Z 3,5-krotnie wyższej dla metody ściernicowej [5, 6].

Metoda ściernicowa do przecinania szyn kolejowych jest stosowana na przecinarkach stacjonarnych lub z użyciem przecinarek przenośnych [2, 7] [8]. Przecinanie szyn przecinarkami przenośnymi z napędem spalinowym jest stosowane głównie do cięć jednostkowych w warunkach polowych [2, 7]. Osiągnięcie bardzo dobrej jakości powierzchni przekroju, krótkich czasów przecinania, niskiej energochłonności procesu, dużej trwałości ściernicy i bezpieczeństwa obsługi jest jedynie możliwe przy użyciu przecinarek stacjonarnych. W kraju nie produkuje się przecinarek o średnich i dużych wielkościach [9].



Rys. 1. Wskaźniki użyteczne dla różnych metod przecinania [1]

Fig. 1. Utilizable factors for various cutting off methods [1]

W wyniku rozeznania przeprowadzonego przez Instytut Technologii Budowy Maszyn Politechniki Gdańskiej w przemyśle krajowym [11] stwierdzono między innymi, że istnieje znaczne zapotrzebowanie na wysokowydajne przecinanie kształtowników stalowych, w tym i szyn kolejowych. Zakres pól powierzchni przekrojów wynosił $F_m = 6000-10000 \text{ mm}^2$ dla wymiarów gabarytowych do $150 \times 250 \text{ mm}$. Z uwagi na wyniki powyższego rozeznania podjęto w Instytucie prace badawcze nad przecinaniem ściernicowym kształtowników w tym i szyn kolejowych typu S49. Do badań użyto ściernic elektrokorundowych o średnicy $D_n = 600 \text{ mm}$ oraz ściernicy segmentowej o średnicy $D_n = 1300 \text{ mm}$.

2. PRZECINANIE SZYN S49 ŚCIERNICAMI ELEKTROKORUNDOWYMI O ŚREDNICY $D_n = 600 \text{ mm}$

Celem przeprowadzonych badań było:

- określenie parametrów obróbki: prędkości skrawania v i prędkości posuwu p , przy których już nie występują przypalania powierzchni przekroju i wypływki materiału,
- wyznaczenie wskaźników:
 - powierzchniowej wydajności względnej K_F

$$K_F = \frac{F_m}{F_n} \quad \text{mm}^2/\text{mm}^2 \quad (1)$$

gdzie:

F_m - pole powierzchni przeciętego przekroju, mm^2 ,

F_n - pole powierzchni zużytej czołowej powierzchni średnicy, mm^2 ,

- liczby cięć IC

$$IC = \frac{\text{liczba cięć przekroju S49}}{\Delta D_n} \frac{\text{liczba cięć S49}}{\text{mm}} \quad (2)$$

gdzie:

ΔD_n - ubytek średnicy ściernicy w wyniku jej zużycia, mm ,

- energochłonności powierzchniowej e_F

$$e_F = \frac{E_{cc}}{F_m} \quad \text{J}/\text{F}_m \quad (3)$$

gdzie:

E_{cc} - energia całkowita cięcia, J ,

F_m - jak w zależności (1),

- wyznaczenie liczby cięć szyny S49 jedną ściernicą elektrokorundową o średnicy początkowej $D_n = 600$ mm.

Przedmiot badań

Szyna kolejowa S49 o polu powierzchni przekroju $F_m = 6300$ mm² w stanie surowym.

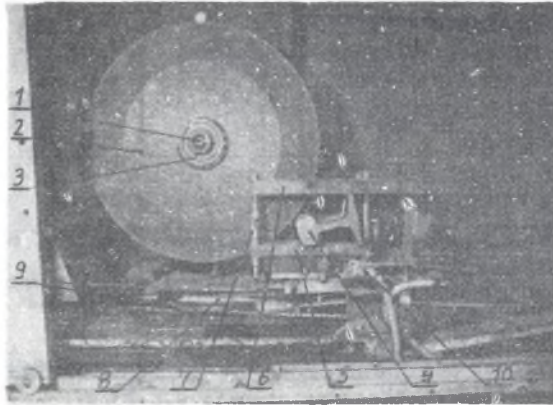
Narzędzie

W badaniach użyto ściernic do przecinania produkcji Fabryki Materiałów i Wyrobów Ściernych "KORUND" w Kole o następujących charakterystykach:

- T1A 600 x 76 x 6 A24TBNA 80 m/s,
- T1A 600 x 76 x 7 A24RBNA 80 m/s.

Stanowisko badawcze

Badania cięcia szyn przeprowadzono na istniejącym w Instytucie stanowisku, wyposażonym w silnik napędu głównego o mocy 45 kW napędzający poprzez przekładnię bezstopniową wrzeciona 1 (rys. 2). Na wrzecionie 1 osad-



Rys. 2. Komora cięcia ściernicą $D_n = 600$ mm

Fig. 2. Cutting off chamber with the aid of cut-off wheel $D_n = 600$ mm

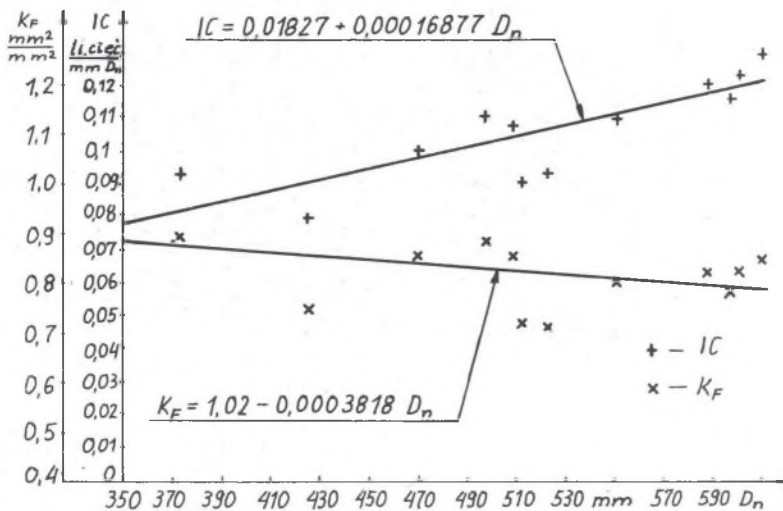
dzona była ściernica 2 pomiędzy tarczami 3. Szyna 4 była mocowana przez jej dociśnięcie do płyty 5 dociskami 6 za pomocą śrub 7. Ruch posuwowy szyny 4 nadawany był przez sanie 8 łańcuchem 9. Łańcuch ten z kolei był napędzany przez motoreduktor i przekładnię gitarową z kół zębatach (niewidoczne). Sterowanie automatyczne układem posuwowym było możliwe dzięki użyciu łączników drogowych 10 i specjalnego układu sterowania elektrycznego. Stanowisko wyposażone zostało również w zestaw aparatury składający się z: wzmacniacza tensometrycznego, czasomierza cyfrowego, układu pomia-

ru mocy i prądu w obwodzie silnika głównego i oscylografu. Zestaw ten umożliwił rejestrację: czasu trwania cięcia, przemieszczeń suportu i prądu w silniku głównym oraz pomiar mocy skrawania.

Wyniki badań

W czasie prób cięcia tego kształtownika zmieniano prędkość skrawania v w granicach 66–80 m/s, prędkość posuwu $p = 10,5\text{--}17,5$ mm/s, średnicę ściernicy $D_n = 613,3\text{--}351$ mm. Próby wykonano bez stosowania dodatkowego chłodzenia. W wyniku przeprowadzonych badań osiągnięto wyznaczone na wstępie cele ustalając, że:

- przypalenia powierzchni przekroju oraz wypłytki materiału nie występują przy prędkości skrawania $v = 80$ m/s i przy prędkości posuwu $p = 17,5$ mm/s. Czas cięcia t_c dla podanych wyżej parametrów obróbki wynosił ok. 12 s,
- wskaźnik powierzchniowej wydajności względnej K_F (rys. 3) zawierał się w granicach $0,72\text{--}0,997$ mm²/mm². Wskaźnik ten wzrastał dla malejących w wyniku zużycia średnic D_n ściernic, co świadczyło o polepszaniu się warunków pracy ziarn w strefie skrawania na skutek zmniejszania się jej długości,
- wskaźnik liczby cięć IC oscylował w granicach $0,079\text{--}0,13$ liczby cięć/mm D_n i zmniejszała swoją wartość w miarę zmniejszania się średnicy D_n ściernicy (rys. 3),



Rys. 3. Zależność wskaźników: wydajności względnej K_F i liczby cięć IC od średnicy D_n ściernicy

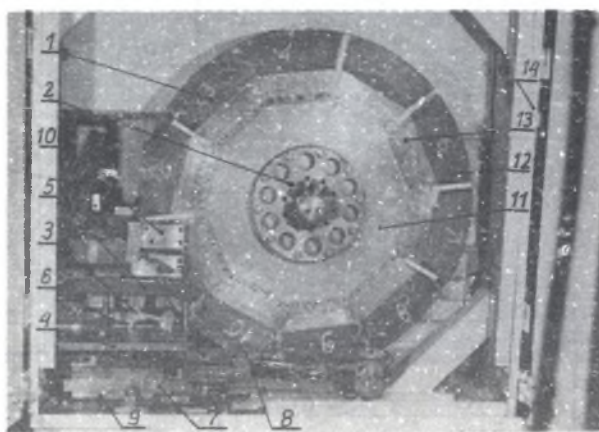
Fig. 3. Factors interdependence: relative removal rate K_F and amount of cuts IC as a function of diameter cut-off wheel D_n

- wskaźnik energochłonności powierzchniowej e_F osiągnął swoją wartość w granicach 67-106,3 J/mm² dla energochłonności całkowitej $E_{cc} = 422,55-696,3$ kJ. Natomiast całkowity pobór mocy silnika głównego wahał się w granicach 24-66 kW w zależności od chwilowej długości strefy skrawania przecinanego przekroju szyny i średnicy D_n ściernicy.

Po scałkowaniu wyznaczonego dla $IC = f(D_n)$ równania regresji (rys. 3) w granicach $D_n = 351-613,7$ mm otrzymano 26 przecięć szyny S49 jedną ściernicą dla prędkości skrawania $v = 80$ m/s, prędkości posuwu $p = 17,5$ mm/s i czasu cięcia $t_c = 12$ s.

3. PRZECINANIE SZYN S49 SEGMENTOWA ŚCIERNICA ELEKTROKORUNDOWA O ŚREDNICY $D_n = 1300$ mm

W badaniach użyto praprototypu wielkośrednicowej ściernicy segmentowej do przecinania, zaprojektowanej i wykonanej w Instytucie wyłącznie z materiałów dostępnych w kraju [12, 13]. Zasadniczo konstrukcja tej ściernicy predysponuje ją do przecinania materiałów o dużych przekrojach sposobem oscylacyjnym (rys. 4). Ściernica ta pozwala na wcięcie się w materiał na głębokość w granicach 265-450 mm w zależności od stopnia jej zużycia.



Rys. 4. Komora cięcia ściernicą segmentową $D_n = 1300$ mm

1 - ściernica, 2 - tarcza zaciskowa, 3 - szyna S49, 4 - płyta, 5 - docisk, 6 - śruba, 7 - sanie, 8 - łańcuch, 9 - prowadnica, 10 - układ dysz powietrznych, 11 - metalowy korpus nośny, 12 - segment ścierny, 13 - wkładka metalowa, 14 - ściana osłonowa

Fig. 4. Cutting of chamber with the aid of segmental cut-off

1 - wheel, 2 - clamping disk, 3 - rail S49, 4 - plate, 5 - clamp, 6 - clamping screw, 7 - slide, 8 - driving chain, 9 - slide way, 10 - air jets system, 11 - metallic body, 12 - abrasive segment, 13 - metallic insert, 14 - protective wall

Ze względu na istniejące aktualnie w Instytucie uwarunkowania, próby cięcia na tak dużą głębokość były niemożliwe, więc do ich przeprowadzenia użyto próbek o mniejszych rozmiarach w tym i szyn kolejowych, dających jednakże warunki zbliżone do warunków docelowych: długość strefy skrawania, obciążenia segmentów, konieczność wchodzenia wkładek metalowych w szczelinę cięcia i inne.

Celami tych prób były między innymi:

- weryfikacja doświadczalna założeń konstrukcyjno-technologicznych wielkośrednicowej ściernicy segmentowej do przecinania z materiałów dostępnych w kraju,
- określenie wskaźników użytkowych przecinania ściernicowego takich jak:
 - powierzchniowej wydajności względnej K_F - z zależności (1),
 - energochłonności powierzchniowej e_F - z zależności (3),
 - zużycia energii całkowitej E_{cc} ,
 - start materiałowych ze względu na wielkość szczeliny przecięcia.

Przedmiot badań

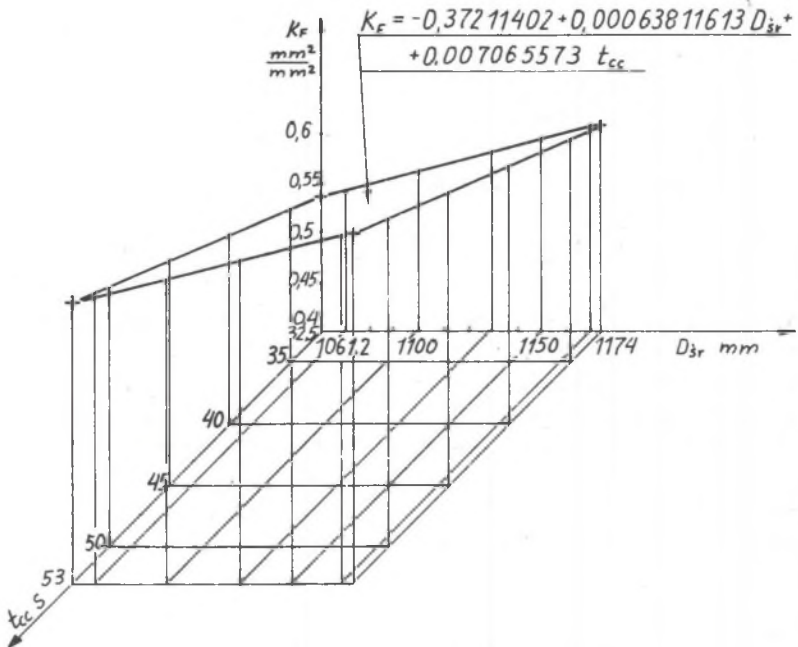
Szyna kolejowa S49 o polu powierzchni przekroju $F_m = 6300 \text{ mm}^2$ w stanie surowym.

Narzędzie

Jako narzędzia użyto praprototypu ściernicy segmentowej do przecinania o średnicy zewnętrznej $D_n = 1300 \text{ mm}$, średnicowym zapasie na zużycie $\Delta D_n = 350 \text{ mm}$ i o wysokości grubości segmentów $H = 7 \text{ mm}$ (rys. 4). Zasadniczym celem podjęcia prac nad jej konstrukcją i technologią wykonania było zwiększenie zakresu wymiarów gabarytowych przekrojów przecinanych materiałów, dzięki ponad dwukrotnemu zwiększeniu średnicy D_n krajowej ściernicy D_n krajowej ściernicy z 600 mm do $\varnothing 1300 \text{ mm}$, przy niezmienionej jej wysokości $H = 7 \text{ mm}$. Wysokość ta będąc prawie dwukrotnie niższą od wysokości jednolitych ściernic zagranicznych [2, 7], pozwoliłaby na uzyskanie o tyleż mniejszych strat materiałowych, energochłonności procesu, a także mniejszej koniecznej mocy silnika głównego. Ściernica ta powstała przez osadzenie na metalowym korpusie nośnym 11 segmentów ściernych 12 za pośrednictwem wkładek metalowych 13. Wkładki metalowe 13 są tak zamontowane w segmentach ściernych 12, że mogą wraz z korpusem nośnym 11 wchodzić w szczelinę cięcia w ślad za segmentami ściernymi 12. Takie rozwiązanie ma umożliwić zużycie segmentów ściernych 12 do wkładek metalowych 13 bez powstawania ich części odpadowych.

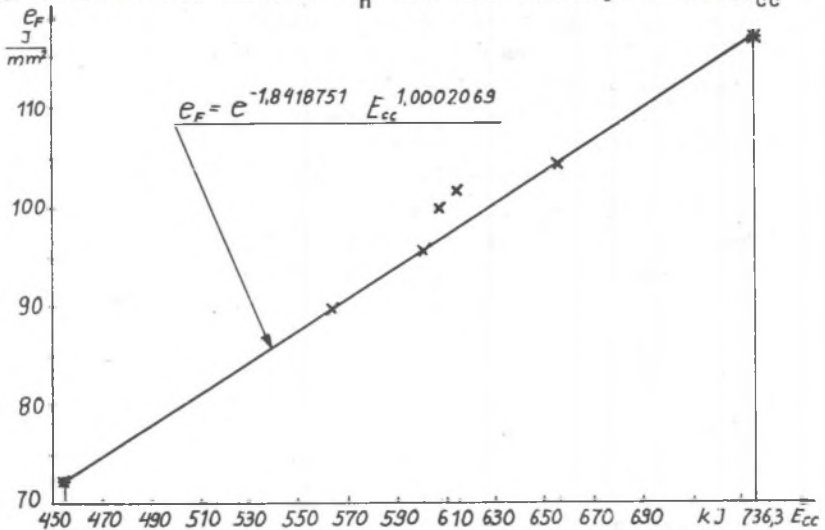
Stanowisko badawcze

Stanowisko badawcze zostało zaprojektowane i zbudowane w Instytucie w celu wykonania montażu, prób ruchu jałowego i roboczego ściernicy segmentowej. Wyposażono je w ściany osłonowe 14 (rys. 4), które pozwoliły na bezpieczne przeprowadzenie "próby dynamicznej ściernicy na rozrywanie"



Rys. 5. Zależność wskaźnika powierzchniowej wydajności względnej K_F od średniej średnicy D_{3r} ściernicy i całkowitego czasu cięcia t_{cc}

Fig. 5. Interdependence among surface relative removal rate factor K_F , mean cut-off wheel diameter D_n and total cutting off time t_{cc}



Rys. 6. Zależność wskaźnika energochłonności powierzchniowej e_F od całkowitej energii E_{cc} cięcia

Fig. 6. Interdependence between surface energy-consuming factor e_F and total cutting of energy E_{cc}

z prędkością przecięcia $v = 113,11$ m/s [14]. Układ napędowy wrzeciona w tej próbie składał się z silnika o mocy 22 kW sprzęgniętego ze zdalnie sterowaną, mechaniczną przekładnią bezstopniową. Na czas prób ruchu roboczego ściernicy, napędowy układ bezstopniowy pełnił rolę mechanicznego rozrusznika napędu głównego o mocy 70 kW. Stanowisko ponadto wyposażono w mechaniczny, automatycznie sterowany napęd ruchu posuwowego opisany w p. 2 (rys. 2).

Oprzyrządowanie aparaturowe składało się z układów pomiarowo-rejestrujących: pobór mocy i prądu silnika napędu głównego, czas trwania próby i przemieszczenie układu posuwowego materiału.

Wyniki badań

W czasie prób cięcia szyn S49 ściernicą segmentową zmieniano prędkość skrawania v w granicach 81,4–47,43 m/s, prędkość posuwu $p = 17,5$ –11,29 mm/s, średnicę ściernicy $D_n = 1304$ –1057,6 mm. Próby cięcia wykonano bez chłodzenia.

W wyniku tych prób ustalono, że:

- ze względu na wystąpienie amplitudy drgań stanowiska badawczego na poziomie "bardzo niebezpiecznym" [15] dla prędkości skrawania $v = 81,4$ m/s nastąpiło częściowe uszkodzenie ściernicy, pomimo dokonania przecięcia przekroju szyny. Po usztywnieniu konstrukcji układu posuwowego, zastosowaniu dysz powietrznych 10 (rys. 4), obniżeniu prędkości obrotowej wrzeciona n z 1192 do 854 o/min i zmniejszeniu prędkości posuwu z 17,5 do 11,29 mm/s, próby przebiegały z normalnym zużyciem ściernicy. Czas cięcia t_c dla podanych wyżej parametrów obróbki wynosił ok. 20 s
- wskaźnik powierzchniowej wydajności względnej K_F zawierał się w granicach 0,53–0,7 mm²/mm² i był zależny od średnicy $D_{\acute{e}r}$ ściernicy oraz całkowitego czasu t_{cc} cięcia (rys. 5). Średnia średnica $D_{\acute{e}r}$ była połową z sumy średnic D_n narzędzia przed i po cięciu, natomiast całkowity czas t_{cc} cięcia jest czasem, w którym występował pobór mocy w napędzie głównym przewyższający pobór mocy dla ruchu jałowego,
- wskaźnik energochłonności e_F osiągał wartości od 72,19 do 116,9 J/mm² przy zużyciu energii całkowitej E_{cc} na jedno cięcie w granicach 454,8–736,3 kJ (rys. 6),
- straty materiałowe ze względu na wielkość szczeliny cięcia wynosiły średnio 6,91 mm i zasadniczo nie odbiegały od nominalnej wysokości segmentów ściernych $H = 7$ mm.

3. Wnioski

1. Przecinanie szyn S49 ściernicą elektrokorundową o średnicy $D_n = 600$ mm pozwoliło na osiągnięcie:

- czasu jednego cięcia rzędu 12 s,
- wskaźnika powierzchniowej wydajności względnej $K_F = 0,72-0,997 \text{ mm}^2/\text{mm}^2$,
- energochłonności powierzchniowej $e_F = 67-106,3 \text{ J/mm}^2$,
- powierzchni przekroju bez przypaleń i wypływek,
- liczby cięć jedną ściernicą - 26.

2. Podczas prób przecinania szyn S49 elektrokorundową ściernicą segmentową o średnicy $D_n = 1300 \text{ mm}$ osiągnięto straty materiałowe i energochłonność procesu zbliżone do strat podczas cięcia ściernicą $D_n = 600 \text{ mm}$. Straty te są ok. 40% niższe od strat jakie powstałyby podczas cięcia szyn wielkośrednicowymi ściernicami zagranicznymi.

3. Dalszy wzrost trwałości ściernicy elektrokorundowej podczas cięcia szyn będzie można osiągnąć przez:

- wzrost prędkości skrawania v : do 100 m/s dla ściernic $\varnothing 600 \text{ mm}$ i do 150 m/s dla ściernic segmentowych,
- zastosowanie piynu obróbkowego,
- zmienną prędkość posuwu p , nadążną za zmianami długości strefy skrawania podczas cięcia zmiennego profilu przekroju.

LITERATURA

- 1 Feld M., Biegalski H.: Wskaźnik energochłonności e_F jako kryterium optymalizacji przecinania ściernicowego. III Ogólnopolska Konf. N-T nt.: "Technologia Cięcia Materiałów", Gorzów Wlkp.-Witnica 1986.
- [2] Technika szlifowania dla każdego. Prospekt ofertowy firmy Tyrolit Schleifmittelwerke Swarovski K.G. Wydanie E.
- [3] Materiały i narzędzia ściernic fabryki "KORUND". Katalog. WPM "WEMA", Warszawa 1986.
- [4] Materiały i narzędzia ściernic. Narzędzia z materiałów supertwardych oraz tygle grafitowe. Informator techniczno-handlowy Kombinatu "VIS". WPM "WEMA", Warszawa 1985.
- [5] Trennschleifen - ein zukunftsrichtiges Verfahren. Werkstatt und Betrieb 1981, nr 11, s. 820-825.
- [6] Bunge G.: Schnittqualität beim Ironschleifen. Fertigungstechnik und Betrieb 1966, Sept., s. 568-572.
- [7] Trennen mit TYROLIT. Prospekt ofertowy firmy Tyrolit.
- [8] Kappschnitt - Trennschleifmaschinen. Prospekt ofertowy firmy I. Braun's Söhne.
- [9] Biegalski J.: Stan przecinania ściernicowego materiałów prętowych w przemyśle krajowym. I Ogólnopolska Konf. N-T nt.: "Technologia Cięcia Materiałów", Gorzów Wlkp. 1981.
- [10] Hot and Cold Abrasive Cut-off Machines. Voest-Alpine System Wirth. Prospekt ofertowy.
- [11] Biegalski H.: Przecinanie materiałów konstrukcyjnych w przemyśle krajowym. Praca ITB: PG niepublikowana, 1983.
- [12] Biegalski H.: Sposób wykonania segmentu ściernic-metalowego ściernicy do przecinania. Zgłoszenie patentowe UPPRL Nr P-256957 z d. 1985. 12.10.

- [13] Biebałski H.: Segment ścierniwo-metalowy ściernicy segmentowej. wzór użytkowy UPPRL Nr 42870 z d. 1987.08.25.
- [14] Vortrag für INTERGRIND 1976. Tyrolit Schleifmittelwerke Swarovski K.G.
- [15] Cempel Cz.: Podstawy wibroakustycznej diagnostyki maszyn. PWN, Warszawa 1982.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Eugeniusz Świtoński

Wpłynęło do Redakcji 14.09.1989 r.

РЕЗКА РЕЛЬСОВ С49 АБРАЗИВНЫМИ КРУГАМИ ИЗ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Р е з ю м е

В работе дается результаты резки рельсов С49 абразивными кругами из окиси алюминия диаметром \varnothing 699 и \varnothing 1300 мм.

CUTTING OFF RAILS S49 WITH THE AID OF ALOXITE CUT-OFF WHEELS

S u m m a r y

Results of cutting off experiments, carried on rails S49, with the aid of aloxite cut-off wheels, with diameter \varnothing 600 and \varnothing 1300 mm are presented.