

Wykorzystanie zgniotu powierzchniowego do polepszenia trwałości eksploatacyjnej trzoneków noży kombajnów górniczych

The use of burnishing process to improve the durability of steel body of picks of mining machines



*Dr hab. inż. Piotr Cheluszka,
prof. PŚI**



*Dr inż. Stanisław Mikula***



*Dr inż. Jarosław Mikula**

Treść: Urabianiu skał, zwłaszcza trudno urabialnych oraz silnie abrazyjnych, kombajnami górnymi towarzyszy intensywne zużycie narzędzi o różnym charakterze. Dominującymi formami uszkodzeń eksploatacyjnych noży kombajnowych jest zużycie ściernerozyjne ostrzy oraz wykruszanie węglików spiekanych. Narzędzia te poddawane są przy tym działaniu cyklicznie zmiennych, silnych obciążeń, nierzadko o charakterze udarowym. Prowadzi to niejednokrotnie do wskrośnego pęknięcia zmęczeniowego trzoneków noży w obrębie karbu konstrukcyjnego, jakim jest przejście pomiędzy kołnierzem oporowym i częścią chwytową trzoneka noża. Własności wytrzymałościowe zastosowanego materiału, postać konstrukcyjna oraz technologia wykonania noży kombajnowych zapewnić powinny dlatego możliwość przenoszenia dużej liczby cykli zmian obciążenia do wystąpienia pełnego przelomu zmęczeniowego. W artykule zajęto się możliwością wydatnego zwiększenia trwałości zmęczeniowej trzoneków noży dzięki wykorzystaniu zgniotu powierzchniowego wykonywanego na zimno. Przedstawiono opracowane w Katedrze Mechanizacji i Robotyzacji Górnictwa Politechniki Śląskiej wybrane rozwiązania urządzeń do umacniania trzoneków noży stycznie-obrotowych stosowanych w kombajnach górniczych, zwłaszcza w kombajnach chodnikowych metodą naporowego i dynamicznego ich nagniatania. Zaletą tych rozwiązań jest prosta konstrukcja, możliwość wykorzystania konwencjonalnego parku maszynowego oraz niski koszt takiego zabiegu.

Abstract: The cutting with mining machines, especially of hard and very abrasive rocks, is accompanied by various types of intensive wear and tear of the tools. The predominant types of wear and tear are abrasive and erosive wear of the picks and chipping of the carbide tips. These tools are subjected to the action of cyclically variable, strong and often impact loads. This often leads to fatigue cracking of the shank of the picks within the constructional notch, which is the transition between the thrust collar and the handle of the shank. The strength properties of the material used, the constructional form and the technology of cutting picks should therefore ensure the possibility of transferring a large number of cycles of load changes to the occurrence of a full fatigue break. The article looks at the possibility of significantly increasing the durability of mining machines picks due to the use of burnishing process. The selected solutions of devices for strengthening the shanks of conical picks used in mining machines, especially in roadheaders by means of static and dynamic burnishing developed at the Department of Mining Mechanization and Robotisation of the Silesian University of Technology are presented.

Słowa kluczowe:

noże kombajnowe, zużycie eksploatacyjne, pęknięcia zmęczeniowe trzoneków noży, obróbka nagniataniem, urządzenia do nagniatania trzoneków noży

Key words:

mining machines picks, wear and tear, fatigue cracks of picks shank, burnishing process, devices for picks shank burnishing

**) Politechnika Śląska, Gliwice*

***) Politechnika Śląska, Gliwice, emeryt*

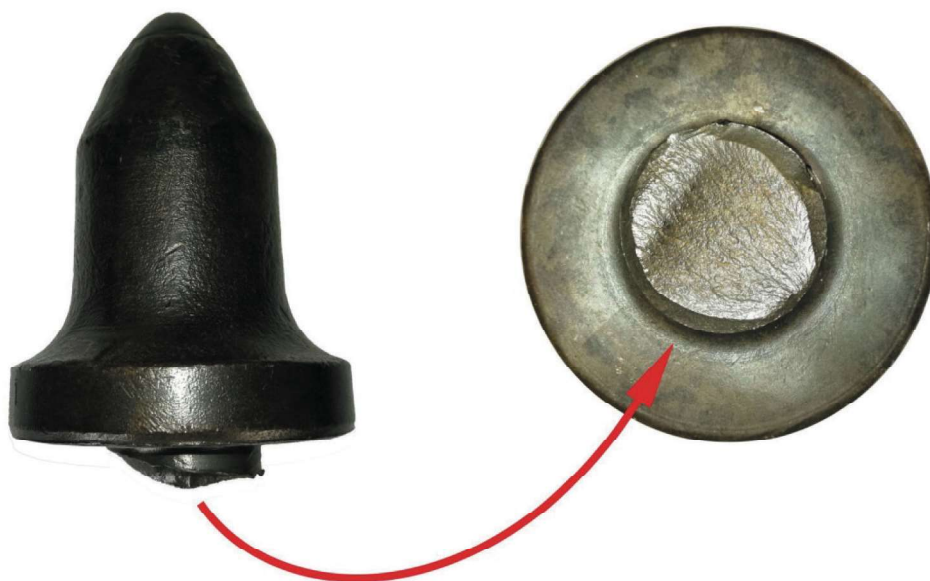
1. Wprowadzenie

Jako narzędzia skrawające w kombajnach górniczych eksploatowanych w kopalniach węgla kamiennego powszechnie stosowane są stycznno-obrotowe noże wykonane ze stali stopowych i uzbrojone ostrzami z węglików spiekanych (Kotwica, Klich 2011). Bardzo intensywne oddziaływanie eksploatacyjne, na jakie narażone są noże kombajnowe wywołują złożony mechanizm szybkiego ich niszczenia. Duże, zmienne obciążenie wynikające z charakteru pracy noży, zwłaszcza podczas urabiania skał trudno urabialnych oraz intensywne oddziaływanie ściernie skały powodują, że dominującymi formami uszkodzeń eksploatacyjnych jest zużycie ściernno-erozyjne ostrzy, wykruszanie węglików spiekanych oraz wskrośne pęknięcia zmęczeniowe trzonek noży (Dewangan i in. 2015, Gajewski, Jonak 2009, Krauze, Mucha 2016, Mann 2014, Thuro, Plinninger 1998, Yang i in. 2015). Pęknięcia zmęczeniowe trzonek noży (rys.1) mają udział silnie zróżnicowany w zależności od warunków pracy noży, stanowiąc od 2 do 7% przyczyn eliminacji z pracy noży stycznno-obrotowych (Kotwica 2018). Udział ten, chociaż zdecydowanie mniejszy od pozostałych form zniszczenia noży, ma duże znaczenie praktyczne. W przypadku pęknięcia trzonka noża, które następuje zawsze nagle bez uprzedzających symptomów, nóż natychmiastowo traci zdolność skrawania. Silnie wzrasta wówczas nierównomierność obciążenia pozostałych noży oraz przeciążenie noży sąsiadujących, gwałtownie przyspieszając ich niszczenie. Wzrastają nadwyżki dynamiczne w układzie urabiania kombajnu, generując niszczenie wielu jego elementów (Dolipski, Cheluszka 1997, Dolipski, Cheluszka 1999). W bardzo szybkim tempie po pęknięciu trzonka noża następuje niszczenie uchwytu nożowego, którego naprawa wymaga demontażu głowicy urabiającej kombajnu, powodując kosztowne straty postojowe. Pozostałe formy niszczenia noży mają charakter sukcesywnie narastający w czasie, co daje możliwość kontroli i podejmowania działań uprzedzających awarię o dużych skutkach technicznych i ekonomicznych. W opisanej sytuacji zniszczeniom zmęczeniowym trzonek noży należy zatem poświęcić szczególną uwagę.

W typowych warunkach eksploatacji kombajnów górniczych, zwłaszcza chodnikowych, pracujących w skałach trudno urabialnych, obciążenia robocze noży są na tyle duże, że pracują one w zakresie ograniczonej wytrzymałości zmęczeniowej. Oznacza to, że dla większości noży nastąpiłoby zmęczeniowe złamanie trzonek, gdyby liczba cykli zmian obciążenia (liczba cykli skrawania) była dostatecznie duża. Dlatego należy dążyć do tego, aby własności zmęczeniowe trzonek noży zdecydowanie przenieść w kierunku wysokich wartości liczby cykli zmian obciążenia, prowadzących do pełnego przelomu zmęczeniowego. Rezerwy po stronie doboru materiału i obróbki cieplnej w tym przypadku są praktycznie wyczerpane. Ekstensywne środki zwiększenia trwałości trzonek noży poprzez wzrost przekrojów nośnych są trudne do zaakceptowania z wielu względów: technicznych, ekonomicznych i ergonomicznych. Dlatego należy poszukiwać innych dróg polepszenia trwałości eksploatacyjnej trzonek noży. Możliwość tego rodzaju dają technologiczne zabiegi podnoszenia własności mechanicznych warstwy wierzchniej trzonek noży. Należy do nich wykorzystanie efektów zgniotu powierzchniowego wykonywanego na zimno. W artykule opisano wybrane propozycje z tego zakresu.

2. Użytkowe efekty obróbki nagniataniem

Ogólnie wszystkie technologie umacniania elementów maszynowych zgniotem powierzchniowym nazywane są nagniataniem, niezależnie od sposobu jakim zabieg ten jest wykonywany (Materiały ... 1980, Przybylski 1987). Nagniatanie polega na wywołaniu w warstwie wierzchniej elementów maszyn, a więc w warstwie głównie odpowiedzialnej za ich własności użytkowe, odkształceń plastycznych o określonym zasięgu w temperaturze poniżej temperatury rekryształizacji struktury materiału („na zimno”). Te odkształcenia plastyczne, mimo że sięgają na niewielką głębokość, nieprzekraczającą 1÷2 mm, a najczęściej jeszcze mniej, to w zasadniczy sposób zmieniają własności mechaniczne elementów maszyn, zwłaszcza wykonanych ze stali, staliwa



Rys. 1. Eksploatacyjne zniszczenie zmęczeniowe trzonka noża stycznno-obrotowego – zwraca uwagę typowy obraz pęknięcia zmęczeniowego trzonka noża przy umiarkowanym stopniu zużycia ściernego jego ostrz

Fig. 1. Fatigue damage to the conical pick shank – a typical picture of the fatigue crack of the pick shank with a moderate degree of abrasive wear of its carbide tip

i stopów nieżelaznych. W wyniku zgniotu powierzchniowego wzrasta twardość warstwy wierzchniej, tym silniej, im niższa jest twardość wyjściowa materiału (Kolman 1965). Skutkuje to wzrostem odporności na zużycie ściernie i wzrostem sztywności kontaktowej warstwy wierzchniej (Przybylski 1987). Innym efektem, dla którego stosuje się głównie nagniatanie jest formowanie trwałego stanu naprężeń własnych ściskających, sięgających w głąb warstwy wierzchniej na głębokość większą nawet o 100% niż zalegają odkształcone plastycznie struktury materiałów (Jeziński 1977). Naprężenia własne ściskające o zróżnicowanym rozkładzie po głębokości w bardzo znaczny sposób podnoszą odporność na zmęczenie, zwłaszcza przy rozciąganiu i zginaniu. Przy skręcaniu wpływ ten jest mniejszy. Zwiększenie trwałości po nagniataniu, a zwłaszcza powstanie stanu naprężeń własnych ściskających w przypadku elementów ze stali po obróbce cieplnej jest związane między innymi ze zmianami strukturalnymi, jakie występują w wyniku zgniotu. Obserwuje się przemianę austenitu szczytkowego, jaki powstaje często po obróbce cieplnej w martenzyt, która to struktura cechuje się dużą twardością i wysoką wytrzymałością przy obniżonej plastyczności. Istotną rolę odgrywa większa objętość właściwa struktury martenzytycznej, nawet do 1,5% w stosunku do objętości struktur wyjściowych (Głowacka 1996). Wzrost objętości właściwej sprzyja wywołaniu naprężeń własnych ściskających w warstwie wierzchniej, gdyż warstwy głębiej położone po zabiegu nagniatania pozostają w stanie niezmiennym. Wzrostowi objętości właściwej przy przemianie austenitu szczytkowego w martenzyt towarzyszy pewien wzrost wymiarów elementów po nagniataniu. Wzrost ten, chociaż niewielki, może być wykorzystany np. przy zabiegach regeneracji warstwy wierzchniej, częściowo zużytej już w toku eksploatacji w wyniku erozji lub korozji.

Dodatkowym efektem nagniatania jest uzyskanie swoistego korzystnego reliefu umocnionej powierzchni o bardzo zróżnicowanej charakterystyce w zależności od sposobu realizacji obróbki nagniataniem. W niektórych przypadkach nagniatanie powoduje dodatkowo zmniejszenie chropowatości obrabianej powierzchni, co służy poprawie własności zmęczeniowych i odporności ściernie-korozyjnej.

Do najczęściej stosowanych metod nagniatania należy śrutowanie polegające na uderzaniu strumieniem drobin (najczęściej kulek stalowych) w obrabianą powierzchnię (Przybylski 1987). Energia kinetyczna strumienia kulek zależy silnie od prędkości nadawana jest sprężonym powietrzem lub z wykorzystaniem wyrzutników mechanicznych. Niekiedy stosuje się też wyrzucanie strumienia kulek w cieczy nośnej. Uniwersalność śrutowania polega na możliwości obróbki różnych kształtów elementów tym samym urządzeniem. Śrutowanie ma jednak ograniczoną skuteczność w przypadku elementów stalowych o twardości polepszonej przez obróbkę cieplną lub cieplno-chemiczną. Wynika to z fizycznych ograniczeń przy pneumatycznym sposobie nadawania energii kinetycznej stalowym kulkom. W przypadku wyrzutników mechanicznych natomiast wzrost prędkości strumienia kulek wiąże się z intensywnym zużyciem kulek, wirników i dysz. Tworzący się wówczas metaliczny pył grozi przy tym wybuchem. Wzrost energii kinetycznej przez wzrost masy, a więc i średnicy kulek jest mało skuteczny, gdyż utrudniona jest wtedy obróbka w strefie ostrych karbów. Ponadto, wzrost średnicy kulek zmniejsza wielkość nacisków stykowych mających wywołać odkształcenia warstwy wierzchniej. Skuteczniejsze jest użycie kulek z materiałów o większej gęstości (np. z węglików spiekanych).

Dla uzyskania większej intensywności obróbki nagniataniem korzystne jest stosowanie nagniatania naporowego, to jest działaniem kulkami lub rolkami dociskany mechanicz-

nie. Najbardziej efektywne są jednak metody dynamicznego nagniatania (Kolman 1965, Materiały ... 1980).

Jeśli znana jest głębokość zalegania naprężeń własnych ściskających i ich wielkość, to można oszacować spodziewany efekt polepszenia trwałości zmęczeniowej po obróbce nagniataniem wyrażony zależnością (Mikuła 1978):

$$\frac{\Delta N}{N} = \left[\left(\frac{1}{1 - \frac{\sigma_w}{\sigma}} \right)^m - 1 \right] \cdot \frac{\ln \left(\frac{l_u}{l_o} \right)}{\ln \left(\frac{l_{kr}}{l_o} \right)}$$

gdzie:

- ΔN – przyrost trwałości zmęczeniowej wyrażony liczbą cykli naprężenia amplitudalnego s po umocnieniu w stosunku do trwałości zmęczeniowej elementu bez umocnienia N ,
- N – trwałość zmęczeniowa elementu bez umocnienia,
- s – amplitudalne naprężenia robocze,
- σ_w – uśredniona wielkość naprężeń własnych ściskających wywołanych nagniataniem,
- l_u – głębokość zalegania naprężeń własnych ściskających,
- l_o – głębokość wad powierzchniowych będących ogniskiem pęknięcia,
- l_{kr} – krytyczna wielkość (głębokość) pęknięcia, przy której następuje końcowy przełom zmęczeniowy elementu – wielkość ta określona jest z zależności mechaniki pęknięcia przy znajomości krytycznej wartości współczynnika intensywności naprężeń K_{Ic} , będącej stałą materiałową przy danym stanie strukturalnym stali (Kocańda 1972),
- m – wykładnik potęgowy określony doświadczalnie – dla elementów ze stali ulepszonej cieplnie poddanej zmiennemu odzerowo tętniącemu rozciąganiu można przyjąć $m = 3$ (Kocańda 1972).

Jak wynika z zależności (1) skuteczność nagniatania (mierzona procentowym przyrostem trwałości zmęczeniowej w wyniku nagniatania) jest tym większa, im większą wartość mają średnie naprężenia własne ściskające wywołane zabiegiem σ_w w stosunku do amplitudalnych naprężeń roboczych s , im większa jest głębokość umocnienia l_u w stosunku do głębokości defektów powierzchniowych materiału l_o i im mniejsza jest krytyczna głębokość pęknięcia l_{kr} w stosunku do głębokości defektów powierzchniowych l_o . Rolę defektów powierzchniowych spełniają rysy obróbcze, wtrącenia niemetaliczne powierzchniowe i podpowierzchniowe oraz inne defekty.

Z zależności (1) wynika, że należy dążyć do uzyskania w danych warunkach możliwie dużej głębokości nagniatania i dużych naprężeń własnych ściskających, to jest stosować sposoby nagniatania o dużej intensywności, nie dopuszczając jednocześnie do niekorzystnych zjawisk relaksacji naprężeń własnych ściskających i rekrytalizacji poddanych zgniotowi struktur, co może mieć miejsce przy nadmiernym wzroście temperatury w czasie nagniatania.

3. Przyrząd do naporowego nagniatania trzonek noży styczo-obrotowych

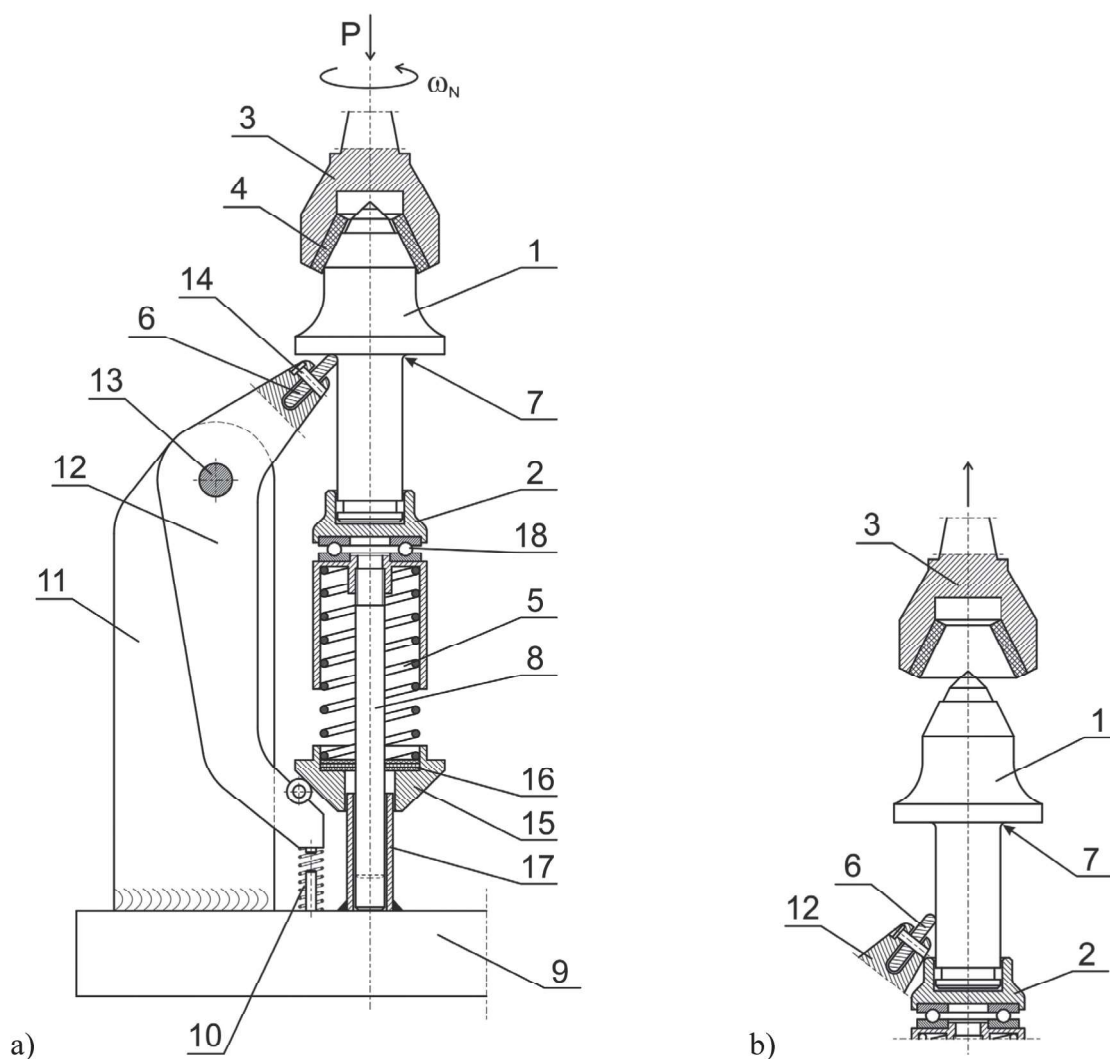
W Katedrze Mechanizacji i Robotyzacji Górnictwa Politechniki Śląskiej opracowano przyrząd, który w warunkach przemysłowych może być wykorzystany do nagniatania newralgicznych stref trzonek noży kombajnowych (rys.2) (Cheluska, Mikuła 2017). Przyrząd przystosowany jest do współpracy z dowolną obrabiarką o pionowym układzie wrze-

ciona, np. wiertarką słupową, stołową lub frezarką pionową. Podstawa przyrządu (9) ustawiona jest centralnie na stole obrabiarki. Do postawy (9) mocowane są zdwojone wsporniki (11), w których na osiach (13) osadzone są dźwignie uchylne (12) wyposażone w rolki nagniatające (6), łożyskowane obrotowo na osiach (14). W centralnej części podstawy (9) przymocowana jest tuleja (17) trzpienia prowadzącego (8) gniazda (2). Obrabiany nóż (1) wkładany jest w gniazdo (2) oparte na sprężynie (5) poprzez toczne łożysko wzdłużne (18). Sprężyna ta posadowiona jest za pośrednictwem podkładek regulacyjnych (16) na klinie stożkowym (15). Z nożem (1) współpracuje zabierak (3) z wysokocierną wykładziną (4) osadzony np. stożkiem Morse'a w głowicy obrabiarki. Przy obrocie zabieraka z prędkością kątową ω_N i jego wzdłużnym nacisku siłą P następuje nagniatanie cylindrycznej części trzonka noża (1) oraz strefy przejścia (7) pomiędzy kołnierzem oporowym i częścią chwytową trzonka noża. Strefa ta stanowi nierzalczną część trzonka noża, gdzie najczęściej występuje jego zmęczeniowe pęknięcie (por. rys.1).

Rysunek 2b ilustruje położenie obrabianego noża na początku i na końcu zabiegu nagniatania. Konstrukcja przyrządu

sprawia, że stopień umocnienia zgniotem powierzchniowym zmienia się stopniowo od zera w pozycji początkowej jak na rys.2b do wartości maksymalnej w strefie promienia przejściowego (7) – rys.2a. Dzięki temu nie występuje karb strukturalny na przejściu od strefy umocnionej w strefę bez umocnienia. Zastosowanie trzech równomiernie rozłożonych na obwodzie rolek nagniatających (6) zapewnia stałe wewnętrzne równoważenie się sił działających na trzonek noża. Parametry zabiegu mogą być regulowane w szerokich granicach, między innymi poprzez dobór charakterystyki sprężyny (5), zmianę profilu stożkowego klina (15), wielkości granicznej siły nacisku P na zabierak (3), profilu rolek (6) oraz liczby przejść obróbczych. Po zakończeniu nagniatania i zwolnieniu nacisku na zabierak sprężyna (10) odchyla dźwignie (12), co ułatwia wyjęcie obrabianego noża i włożenie kolejnego.

W trakcie nagniatania celowym jest stosowanie cieczy chłodząco-smarującej, np. emulsji olejowo-wodnej, co zapewni chłodzenie i służy polepszeniu parametrów powierzchni. Zmniejszenie chropowatości powierzchni dodatkowo polepsza własności zmęczeniowe trzonków noży.



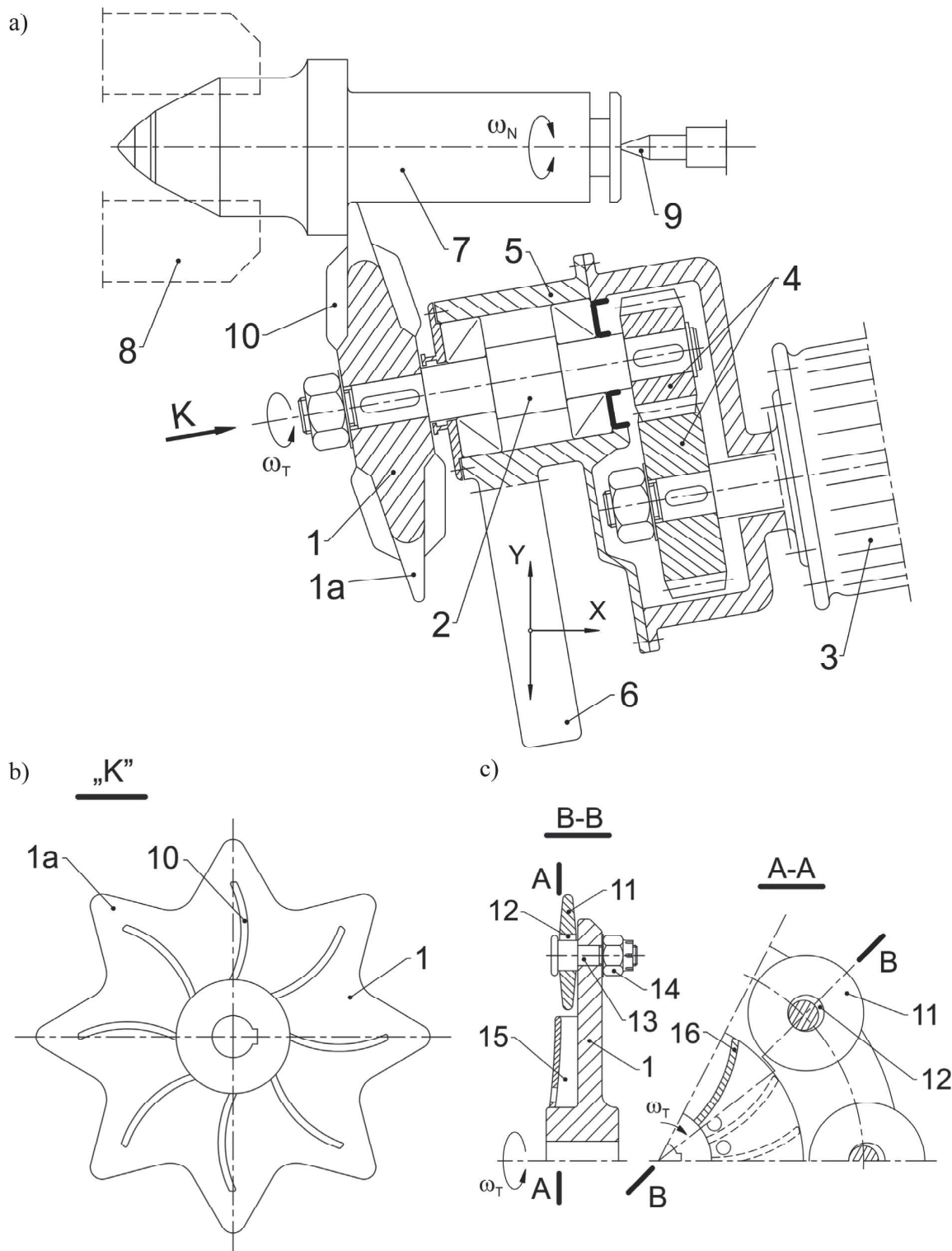
Rys. 2. Przyrząd do naporowego nagniatania trzonków noży rolkami: a) ogólny widok przyrządu z położeniem noża w trakcie nagniatania strefy promienia przejściowego pomiędzy kołnierzem oporowym oraz częścią chwytową trzonka noża, b) położenie noża na początku i na końcu zabiegu nagniatania (opis w tekście)

Fig. 2. The device for pressure burnishing of conical pick shanks with rollers: a) a general view of the device with the position of the pick during burnishing the transition radius zone between the stop collar and the shank part of the pick, b) position of the pick at the beginning and end of the burnishing operation (description in the text)

4. Urządzenia do dynamicznego nagniatania trzonek noży stycznno-obrotowych

Dynamiczne sposoby wywoływania zgniotu powierzchniowego umożliwiają uzyskanie większej skuteczności nagniatania dzięki osiągnięciu większej głębokości umocnienia. Rysunek 3 ilustruje propozycję urządzenia do dynamicz-

nego nagniatania opracowaną w Katedrze Mechanizacji i Robotyzacji Górnictwa Politechniki Śląskiej, które przystosowane zostało dla potrzeb umacniania noży kombajnowych (Cheluska i in. 2018). Urządzenie współpracuje z tokarką, w której uchwycie (8) mocowany jest obrabiany nóż (7). Urządzenie nagniatające stanowi integralny zespół mocowany w imaku tokarki, poprzez który nadawany jest posuw wzdłuż-



Rys. 3. Urządzenie wirnikowe do dynamicznego nagniatania trzonek noży stycznno-obrotowych (opis w tekście): a) przekrój płaszczyzną poziomą, b) widok wirnika z występami nagniatającymi, c) alternatywna postać konstrukcyjna wirnika z luźnymi rolkami do dynamicznego nagniatania

Fig. 3. Rotor device for dynamic burnishing of conical pick shanks (description in the text): a) horizontal cross-section, b) rotor view with burnishing projections, c) alternative rotor design with loose rollers for dynamic burnishing

ny i poprzeczny urządzenia. Wirnik (1) z występami nagniatającymi (1a) – rys.3.b – napędzany jest przez przekładnię multiplikującą (4) silnikiem elektrycznym (3) o regulowanej prędkości obrotowej. Wirnik ten osadzony jest na wale (2) przekładni, której obudowa (5) zamocowana jest w imaku nożowym tokarki za pośrednictwem uchwytu (6). Obrabiany nóż (7), podparty ewentualnie kłmem obrotowym (9), wiruje z prędkością kątową ω_N , natomiast wirnik urządzenia wiruje z prędkością kątową ω_T . Przez dosuw urządzenia w kierunku trzonka noża (w kierunku Y) następują uderzenia występów (1a) o powierzchnię trzonka noża przy wzdlużnym przesuwie w kierunku X. Prędkości wirowania: ω_N i ω_T są tak dobrane, że kolejne uderzenia występów wirnika nie następują nigdy w tym samym miejscu trzonka noża.

Rysunek 3c przedstawia alternatywną postać konstrukcyjną wirnika (1) wyposażonego w bijaki tarczowe (11) osadzone z luzem (12) na osiach (13) i zabezpieczone nakrętkami (14). Ten wariant wirnika pozwala na korzystniejsze kształtowanie siły uderzeń nagniatających i lepsze warunki chłodzenia strefy obróbki. Dodatkowo, chłodzenie bijaków i powierzchni nagniatanej zapewnia zintegrowany wentylator (15) z krzywoliniowymi łopatkami (16). Wariant wirnika z rys.3b wyposażony jest z kolei w łopatki (10) tworzące otwarty wirnik dwustronnego wentylatora. W wyniku intensywnego przepływu powietrza odbierane jest ciepło, na które zamienia się praca odkształcenia plastycznego przy nagniataniu materiału trzonka noża.

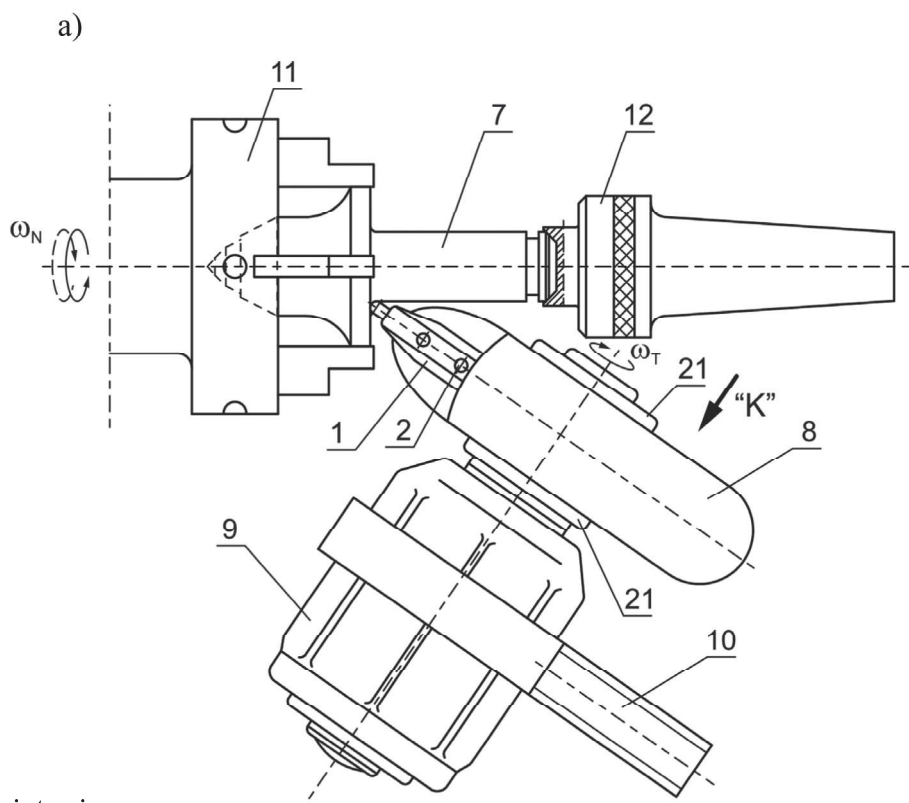
Rysunek 4 ilustruje urządzenie do dynamicznego nagniatania trzonków noży obrotowych (7) o zwiększonej energii uderzeń ruchomych bijaków (2) rozmieszczonych na obwodzie wirującej tarczy (1) ułożyskowanej w oprawie (21) i napędzanej silnikiem (9) (Cheluska i in. 2017). Bijaki (2) osadzone są w oprawach (4) i opierają się na sprężynach (3) posadowionych w gniazdach (22) na podkładkach regulacyjnych (13). Wykonane są one z utwardzonej stali lub z węglików spiekanych. Bijaki mają zaokrąglone końcówki, co pozwala na uzyskanie większych nacisków stykowych

w trakcie uderzeń. Skutkuje to większą skutecznością zabiegu nagniatania. Przez spiralne rowki (20) w poboczniczy bijaków następuje przepływ powietrza zasysanego przez skośne kanały (14) w czasie, gdy bijaki po uderzeniu cofają się w głąb tarczy. Dodatkowo, chłodzenie strefy nagniatania w sposób ciągły zapewniają kanały (15) i (16) wykonane w tarczy (1) między bijakami (rys.4c). Tarcza osłonięta jest osłoną (8), która króćcem (18) oraz przewodem (19) połączona jest ze ssawą. Ssawa ta służy intensywnemu chłodzeniu i odsysaniu produktów zużycia, jakie tworzą się w trakcie obróbki. Urządzenie zamocowane jest uchwytem (10) w imaku tokarskim, zaś obrabiany nóż kombajnowy zamocowany jest w uchwycie tokarskim (11) i podparty kłmem obrotowym (12).

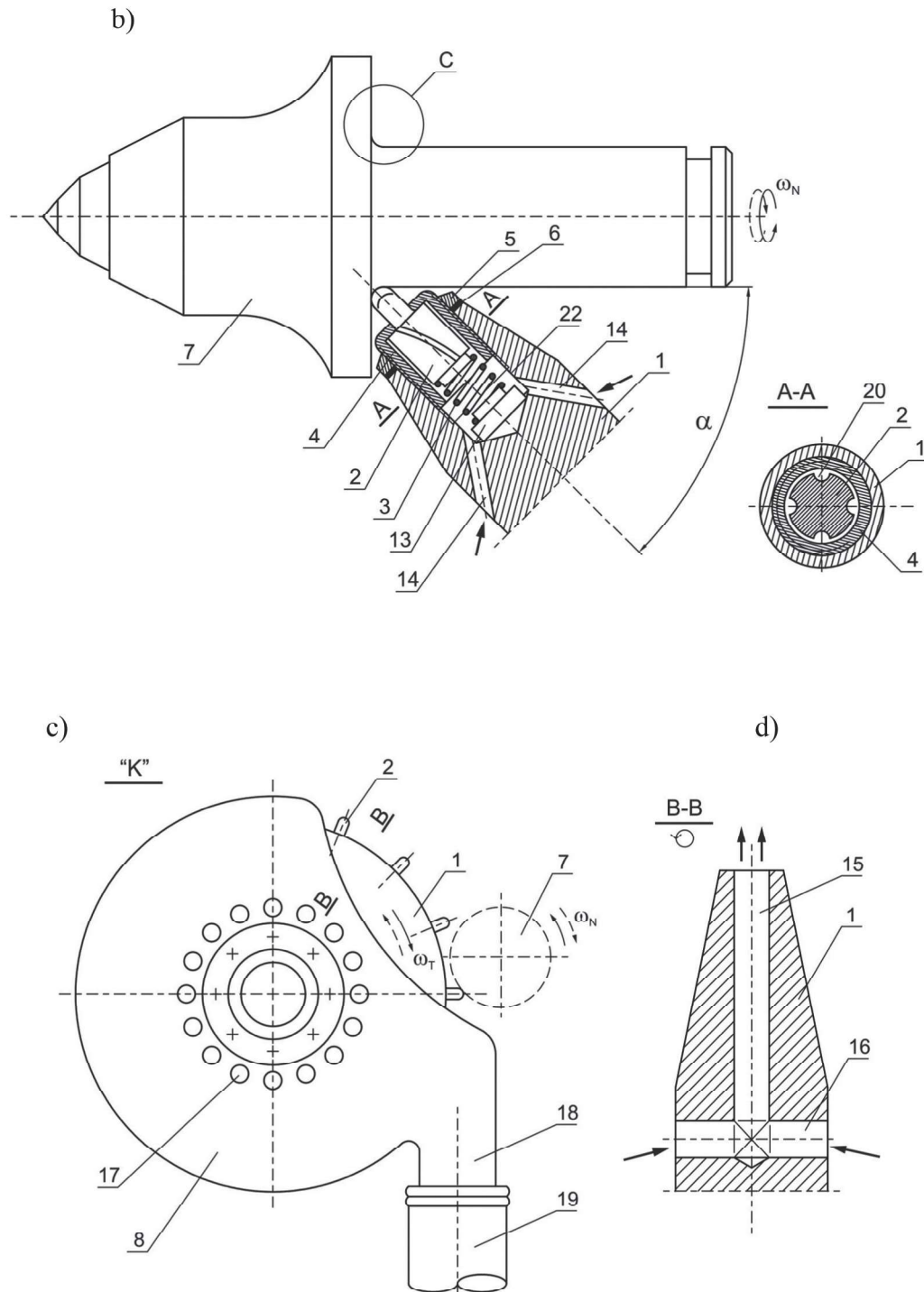
Urządzenia zaprezentowane na rys. 3 i 4 umożliwiają regulację parametrów nagniatania w szerokich granicach. Pozwala to na dobór najkorzystniejszych parametrów zapewniających wymagane efekty polepszenia własności użytkowych noży styczno-obrotowych ze szczególnym uwzględnieniem trwałości zmęczeniowej ich trzonków.

5. Podsumowanie

Zmęczeniowe pęknięcia styczno-obrotowych noży kombajnowych stanowią najbardziej krytyczną formę zniszczeń eksploatacyjnych noży urabiających, powodując natychmiastową utratę zdolności skrawania i szereg innych negatywnych następstw. Jednym z efektywnych sposobów polepszenia własności użytkowych noży kombajnowych górniczych, w tym przede wszystkim ich trwałości zmęczeniowej, jest wykorzystanie obróbki nagniataniem. W artykule zaprezentowano urządzenie, przy użyciu których można realizować umacnianie zgniotem trzonków styczno-obrotowych noży kombajnowych o różnym stopniu intensywności tej obróbki. Praktyczne ich wykorzystanie może przynieść znaczące korzyści techniczne i ekonomiczne podczas urabiania kombajnami górniczymi skał, zwłaszcza trudno urabialnych. Prosta konstrukcja propo-



Rys. 4. cd. na następnej stronie



Rys. 4. Bijakowe urządzenie do dynamicznego nagniatania trzonków noży (opis w tekście): a) widok ogólny urządzenia, b) szczegół współpracy bijaka z trzonkiem noża w newralgicznej strefie promienia przejściowego (strefa C), c) układ powietrznego chłodzenia strefy obróbki nagniataniem – powietrze zasysane otworami (17) w obudowie (8) kanałami (16) na mniejszym promieniu wirowania wypływa z tarczy przez promieniowe kanały (15) na obwodzie tarczy roboczej (1)

Fig. 4. Hammer device for dynamic burnishing of pick shanks (description in the text): a) general view of the device, b) detail of cooperation between the hammer and the pick shank in the sensitive transition beam zone (zone C), c) air cooling system of the burnishing zone – air sucked in through holes (17) in the housing (8) through the channels (16) at a smaller spin radius flows from the disk through radial channels (15) around the periphery of the working disk (1)

nowanych urządzeń oraz możliwość wykorzystania konwencjonalnych obrabiarek sprawia, że wprowadzenie do procesu produkcji noży kombajnowych tego dodatkowego zabiegu technologicznego nie wpłynie istotnie na wzrost kosztów ich wytwarzania, a przyczyni się wydatnie do podniesienia ich trwałości eksploatacyjnej.

Podziękowanie

Praca zrealizowana w ramach projektu pt.: „Sterowanie ruchem głowic urabiających kombajnu chodnikowego dla potrzeb obniżenia energochłonności urabiania i obciążeń dynamicznych” dofinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Badań Stosowanych (umowa nr PBS3/B2/15/2015).

Literatura

- CHELUSZKA P., MIKUŁA S. 2017 - Przyrząd i sposób umacniania obrotowych noży kombajnów górniczych. Zgłoszenie patentowe P.420 601
- CHELUSZKA P., MIKUŁA S., MIKUŁA J. 2017 - Urządzenie do umacniania noży obrotowych kombajnów górniczych. Zgłoszenie patentowe P.423 101.
- CHELUSZKA P., MANN R., MIKUŁA J., MIKUŁA S. 2018 - Wirnikowe urządzenie do nagniatania zwłaszcza obrotowych noży kombajnów górniczych. Zgłoszenie patentowe P.425 015.
- DEWANGAN S., CHATTOPADHYAYA S., HLOCH S. 2015 - Wear Assessment of Conical Pick used in Coal Cutting Operation. Rock Mechanics and Rock Engineering 48, Iss. 5, pp. 2129–2139, DOI: <https://doi.org/10.1007/s00603-014-0680-z>
- DOLIPSKI M., CHELUSZKA P. 1997 - Verbesserung des dynamischen Verhaltens von Streckenvortriebsmaschinen. Glückauf-Forschungshefte 58 Nr 4, s. 156–161.
- DOLIPSKI M., CHELUSZKA P. 1999 - Wrażliwość układu urabiania kombajnu chodnikowego na ubytki noży na głowicy urabiającej. „Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa” 37, nr 2, s. 5–8.
- GAJEWSKI J., JONAK J. 2009 - Badania zużycia noży stycznie-obrotowych. Motrol. Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, 11 C, s. 40–50.
- GŁOWACKA M.(red.) 1996 - Metaloznawstwo. Wyd. Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- JEZIEŃSKI J. 1977 - Metody obliczania głębokości warstwy umocnionej pod dogniataniem powierzchniowym. „Przeгляд Mechaniczny” nr 5, s.86–98.
- KOCAŃDA S. 1972 - Zmęczeniowe niszczenie metali. WNT, Warszawa.
- KOLMAN R. 1965 - Mechaniczne wzmacnianie powierzchni części maszyn. WNT, Warszawa.
- KOTWICA K., KLICH A. 2011 - Maszyny i urządzenia do drażenia wyrobisk korytarzowych i tunelowych. Wyd. Instytutu Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice.
- KOTWICA K. 2018 - Mechaniczne drażenie wyrobisk korytarzowych i tunelowych – problemy i propozycje ich rozwiązania. XXVI Międzynarodowa Konferencja Naukowo–Techniczna „Trwałość elementów i węzłów konstrukcyjnych maszyn Górniczych TEMAG”, Ustroń, s.113–130.
- KRAUZE K., MUCHA K. 2016 - Zwiększenie odporności na zużycie ścierny noży kombajnowych. „Przeгляд Górniczy” 72, nr 1, s. 63–67.
- MANN R. 2014 - Wpływ cech geometrycznych noży stożkowych na energochłonność urabiania kombajnami chodnikowymi. Monografia. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- MIKUŁA S. 1978 - Trwałość zmęczeniowa cięgien łańcuchowych górniczych maszyn urabiających i transportowych. Prace badawcze CMG KOMAG, Gliwice.
- MATERIAŁY II Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Technologie obróbki przez nagniatanie”, Bydgoszcz 1980.
- PRZYBYLSKI W. 1987 - Technologia obróbki nagniataniem. WNT, Warszawa.
- THURO K., PLINNINGER R.J. 1998 - Geological limits in roadheader excavation – Four case studies. 8th International IAEG Congress. Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 990 4, pp. 3545–3552.
- YANG D., LI J., DU C., LIU S., ZHENG K., JIANG H. 2015 - Wear performance of conical pick in rotary–drilling cutting process. Electronic Journal of Geotechnical Engineering 20, No. 8, pp. 2031–2040.

Artykuł wpłynął do redakcji – maj-czerwiec 2019
Artykuł akceptowano do druku – 29.11.2019



THIELE

Fabryka Łańcuchów Przenośnikowych
i Technicznych Kuźnia Matrycowa

- Łańcuchy ogniowe górnicze i ogniwa złączne
- Łańcuchy zawiesiowe i uchwyty transportowe
- Łańcuchy ogniowe nawęglane, kute i płytkowe



THIELE GmbH & Co. KG
Tel.: +49 2371-947 0

Werkstr. 3
Fax: +49 2371-947 295

58640 Iserlohn
info@thiele.de

Germany
www.thiele.de