

APARATURA BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Projekt urządzenia do profilowania ściernicy ze sterowaniem CNC

ARTUR BEŁZO, LESZEK SKOCZYŁAS

**POLITECHNIKA RZESZOWSKA IM. I. ŁUKASIEWICZA,
WYDZIAŁ BUDOWY MASZYN I LOTNICTWA,
KATEDRA TECHNOLOGII MASZYN I INŻYNIERII PRODUKCJI**

Słowa kluczowe: szlifowanie, profilowanie, obciąganie, ściernica

STRESZCZENIE:

W artykule przedstawiono koncepcję urządzenia przeznaczonego do profilowania ściernicy za pomocą obciągaczy diamentowych. Omówiono jego budowę oraz sposób funkcjonowania i sterowania. Zaprezentowano także metodę bazowania elementu obrabianego, uwzględniając przy tym możliwość współpracy z innym przyrządem.

The design of the instrument for profiling the grinding wheel with CNC control

Keywords: grinding, profile, dressing, grinding wheel

ABSTRACT:

The article presents the device concept for profiling grinding wheel using a diamond dressing tools. Its built, way of function and control were discussed. Method of gauge, taking into account the possibility of cooperation with another device was also presented.

1. WSTĘP

Obróbka uzębienia kół zębatach to jeden z istotniejszych obszarów technologii. W większości przypadków realizowana jest na specjalnych obrabiarkach z wykorzystaniem profesjonalnych narzędzi [5]. Współczesny rozwój techniki udostępnia szereg nowych możliwości, w związku z czym podejmowane są próby obróbki uzębienia kół z wykorzystaniem uniwersalnych obrabiarek ze sterowaniem CNC oraz uniwersalnych narzędzi [4, 6]. Jedną z grup przekładni zębatach to przekładnie ślimakowe. W ich przypadku wykonanie kół przebiega odmiennie dla ślimaka i ślimacznicy. Klasyczna obróbka wykończeniowa zwojów ślimaka prowadzona jest na szlifierce do gwintów z odpowiednio przygotowaną ściernicą. Z perspektywy kinematyki jest ona podobna do obróbki tokarskiej. Tak więc doposażając tokarkę uniwersalną w odpowiedni przyrząd pozwalający na napędzanie oraz odpowiednie ustawienie ściernicy, można podjąć próby szlifowania zwojów ślimaka. Takie podejście uprościłoby znacznie proces produkcji tych elementów, gdyż nie wszystkie zakłady posiadają na wyposażeniu szlifierkę do gwintów. Należy podkreślić, że zarys ślimaka w przekładniach ślimakowych może przyjmować dowolny kształt, co wymaga odpowiednio zaprofilowanej ściernicy. Pozostaje więc dodatkowo przygotowanie przyrządu do profilowania ściernicy. Prezentowane opracowanie jest początkiem prac związanych z budową przyrządu do wykańczającej obróbki zwojów ślimaka na tokarce uniwersalnej i dotyczy fragmentu projektu związanego z odpowiednim zaprofilowaniem ściernicy [4].

Ślimaki o wklęsłym zarysie zwoju wykazują dużą użyteczność, ponieważ przekładnie, w których pracują, cechują się znacznie większą nośnością oraz sprawnością, w stosunku do standardowych reduktorów ze ślimakami o wypukłym zarysie zwoju. Mają na to wpływ mniejsze naprężenia stykowe w obszarze kontaktu zęba ślimacznicy ze zwojem ślimaka [4]. Mimo wielu zalet, rozwiązania te nie są popularne w przemyśle. Wpływa na to istotny problem dotyczący produkcji tych ślimaków, bowiem narzędzia potrzebne do nacięcia ich zwojów są bardzo trudne do wykonania oraz drogie. W przypadku toczenia ślimaków obróbkę można przeprowadzić na tokarce uniwersalnej, natomiast narzędzie przygotować za pomocą obrabiarki CNC, bowiem zarys krawędzi skrawającej odpowiada zarysowi zwoju ślimaka. Ułatwia to

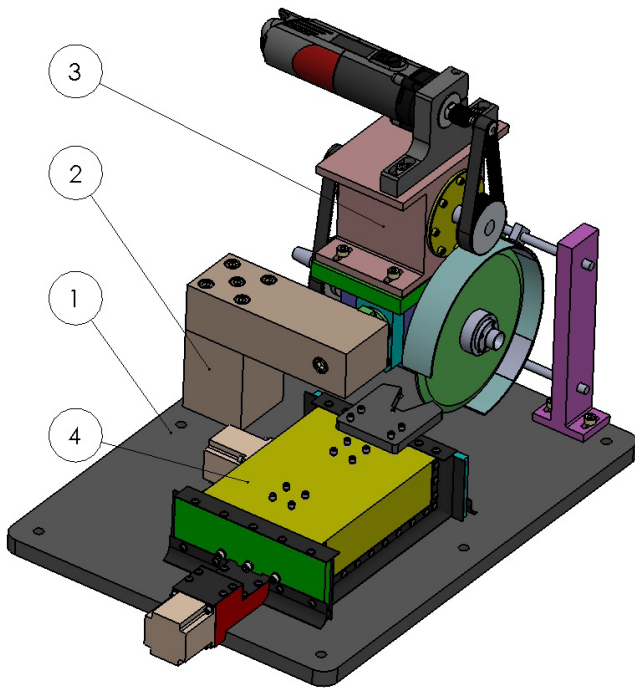
nieco zadanie, jednakże w praktyce ta metoda jest rzadko stosowana, ze względu na małą wydajność oraz niską jakość uzyskiwanej powierzchni śrubowej. Niemożliwe jest także kształtowanie ślimaków utwardzonych [3, 4]. Pomimo tego do celów badawczych ślimaki zostaną przygotowane zgrubnie tym sposobem. Właściwy zarys doświadczalnych ślimaków będzie nadawany za pomocą projektowanego przyrządu metodą szlifowania przy użyciu ściernic krążkowych. Następnie przeprowadzone zostaną badania, mające na celu określenie wpływu różnych zarysów zwoju na parametry pracy ślimaka.

Ściernice krążkowe są powszechnie stosowane do szlifowania ślimaków ze względu na ich zalety. Są relatywnie tanie, wykazują ponadto dużą sztywność, dużą powierzchnię czynną i zapewniają wysoką wydajność szlifowania [1]. Stąd też w tym przypadku, oprócz uzyskania cech typowych dla operacji szlifowania, jak odpowiednia chropowatość czy ograniczenie błędu bicia uzwojenia [2, 3], nadawany będzie również zamierzony zarys zwoju ślimaka. Jednak ściernice narzucają też pewne ograniczenia. Wymagają bowiem stosowania złożonych systemów kształtowania. Ponadto zarys powierzchni śrubowej w danym przekroju zależy nie tylko od zarysu powierzchni czynnej narzędzia, ale również od jego średnicy oraz położenia osi narzędzia względem osi obrabianej powierzchni [1]. Stanowi to kolejny problem do rozwiązania, ponieważ narzędzie w trakcie obróbki będzie zużywało się w naturalny sposób, skutkiem czego zmniejszeniu ulegnie jego średnica. Konieczne staje się więc zastosowanie napędu umożliwiającego dostosowanie prędkości obrotowej wrzeciona do aktualnej średnicy narzędzia.

W opisie patentowym [7] opracowano już metodę kształtowania nieprostoliniowego zarysu ściernicy, jednakże dotyczy ona ściernic o kołowo wklęsłej powierzchni roboczej, stosowanej jedynie do szlifowania ślimaków o wypukłym zarysie zwoju. Konstrukcja przyrządu przygotowywanego w niniejszym opracowaniu ma za zadanie umożliwienie nadania dowolnego profilu ściernicy, a co za tym idzie, dowolnego zarysu zwoju ślimaka. W dalszych etapach prac zostanie przebadana chropowatość powierzchni oraz dokładność zarysu zwoju uzyskanego proponowanym sposobem.

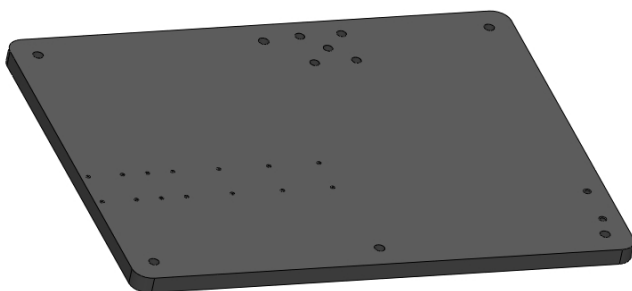
2. Projekt urządzenia

Projekt urządzenia przedstawiono na Rysunku 1. Przewiduje się, że podczas użytkowania urządzenia będzie ono przykręcone śrubami łączącymi podstawę (1) stojącą na wybranej powierzchni „stojaka”. Wskazane jest przy tym zabezpieczenie stabilnego podłoża. Prawidłowo unieruchomiona, masywna płyta wykonana ze stopu aluminium, zaprezentowana na Rysunku 2, powinna zapewnić urządzeniu wymaganą sztywność.



Rysunek 1 Urządzenie do profilowania ściernicy:

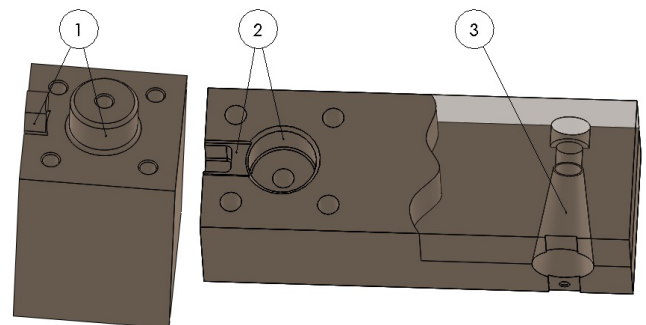
- 1 – podstawa,
- 2 – korpus mocujący
- 3 – mechanizm przeniesienia napędu,
- 4 – mechanizm profilowania ściernicy



Rysunek 2 Podstawa urządzenia do profilowania ściernicy

Korpus mocujący (2, Rys. 1) złożony zostanie z dwóch elementów przedstawionych na Rysunku 3. Na obu częściach zostaną wykonane powierzchnie bazujące (1 i 2, Rys. 3), które umożliwią dokładne i sztywne skręcenie oraz zapobiegą ich przemieszczeniu się względem

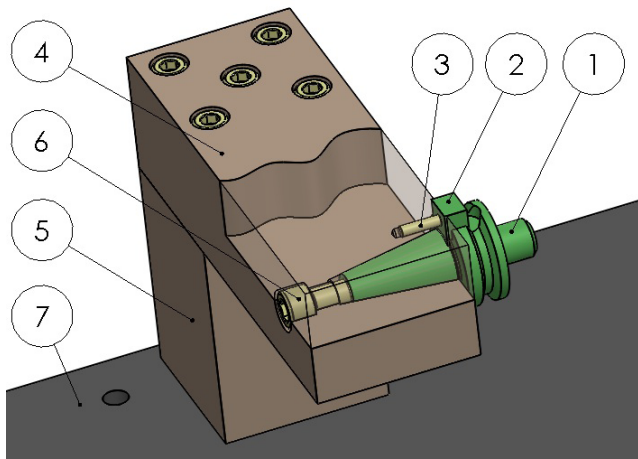
siebie podczas pracy. Złożony uchwyt zostanie przykręcony od spodu do podstawy. Dodatkowo jego położenie zostanie dokładnie ustawione za pomocą kołków ustalających. Rolą korpusu jest stabilne utrzymanie wrzeciona wraz ze ściernicą i zespołem napędowym (3, Rys. 1), które po zakończeniu obróbki będą przenoszone na inne urządzenie, zamontowane na tokarce, gdzie posłużą do szlifowania zwojów ślimaka. Konieczne jest zatem jak najdokładniejsze zachowanie baz między konstrukcjami. W tym celu druga część korpusu będzie zawierała otwór stożkowy (3, Rys. 3), przeznaczony do zamontowania oprawki narzędziowej, pełniącej rolę elementu bazującego.



Rysunek 3 Korpus mocujący:

- 1 – powierzchnie bazujące części pierwszej,
- 2 – powierzchnie bazujące części drugiej,
- 3 – otwór stożkowy – powierzchnia bazująca oprawki narzędziowej

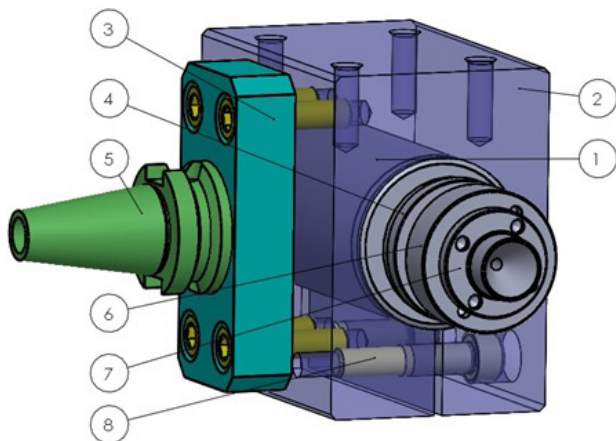
Stożek narzędziowy MAS 403 BT (1, Rys. 4) będzie osadzany w stożkowym gnieździe korpusu (4, Rys. 4). Będzie on pełnił rolę elementu bazującego zarówno na prezentowanym przyrządzie, jak i na przyrządzie do szlifowania ślimaków. Do niego będzie przymocowany cały podzespół przeniesienia napędu (3, Rys. 1). Ściernica podczas profilowania musi znajdować się w pozycji pionowej. Jej dokładne położenie zapewni klin (2, Rys. 4) ustalający stożek narzędziowy. Z kolei podczas szlifowania ściernica musi zostać pochylona względem osi ślimaka o kąt odpowiadający kątowi wzniosu jego linii śrubowej. Pochylenie będzie dokonywane również za pośrednictwem tego stożka, poprzez jego obrót w analogicznym otworze w konstrukcji zamontowanej na tokarce. Dokręcenie śruby (5, Rys. 4) spowoduje „dociągnięcie” stożka i koncentryczne osadzenie wewnątrz otworu. Uzyskana w ten sposób samohamowność połączenia powinna zapewnić dokładne oraz sztywne zamocowanie mechanizmu przeniesienia napędu.



Rysunek 4 Osadzenie stożka w korpusie:

- 1 – stożek narzędziowy MAS 403 BT,
- 2 – klin ustalający, 3 – śruba mocująca klin,
- 4 – część korpusu z gniazdem stożkowym

Wspomniany stożek jest częścią handlową, łatwo dostępną na rynku, jednak wymaga on wykonania modyfikacji przedniej strony w celu umieszczenia na nim płyty przejściowej (3, Rys. 5), pośredniczącej w połączeniu z korpusem wrzeciona (2, Rys. 5).



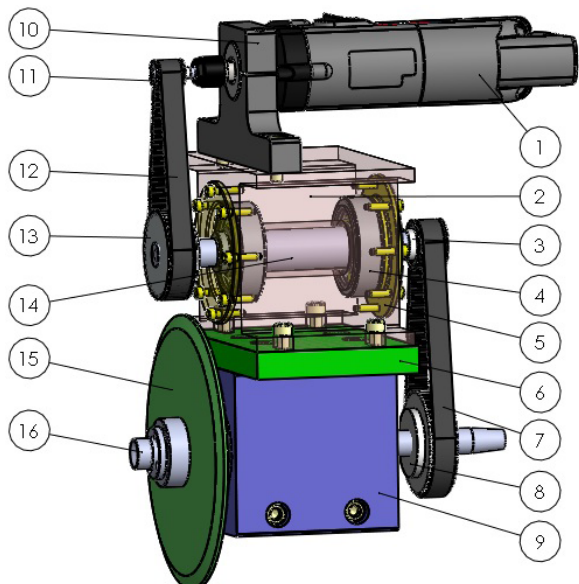
Rysunek 5 Płyta przejściowa i korpus wrzeciona zamocowane do stożka MAS 403 BT:

- 1 – wrzeciono,
- 2 – korpus wrzeciona,
- 3 – płyta przejściowa,
- 4 – pierścień bazujący,
- 5 – stożek narzędziowy MAS 403 BT,
- 6 – pierścień dociskowy,
- 7 – pierścień kontruujący,
- 8 – śruby zaciskowe

Przeznaczona do profilowania ściernica umieszczana będzie na osi wrzeciona wyprodukowanego przez Fabrykę Łożysk Toczyńskich – Kraśnik S.A., model SWB 60.110. Nieruchomy pierścień bazujący (4, Rys. 5) pozwoli na dokładne ustalenie pozycji ściernicy, która zostanie do niego dociśnięta

za pomocą pierścienia dociskowego (6, Rys. 5). Tym sposobem jej jedna powierzchnia boczna, skierowana do wrzeciona, zawsze będzie znajdowała się w tym samym położeniu, niezależnie od szerokości ściernicy. Ponadto wrzeciono powinno zapewnić możliwie małe bicie tarczy oraz jej sztywne zamocowanie. Pierścień kontruujący (7, Rys. 5) zabezpieczy mocowanie ściernicy przed rozkręcaniem się podczas pracy, natomiast śruby dociskowe (8, Rys. 5) zacisną wrzeciono w specjalnie przygotowanym uchwycie (2, Rys. 5). Producent wrzeciona udostępnia także wyposażenie dodatkowe, m.in. przedłużki, które ułatwią dobór oraz montaż zębatego koła pasowego.

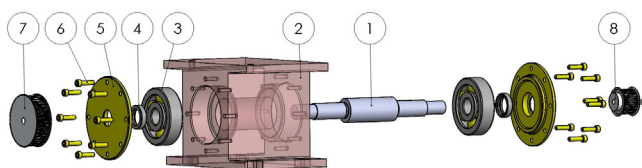
Aktualnie do napędu wrzeciona przewidywane jest elektrowrzeciono firmy KRESS, model 1050 FME (1, Rys. 6) o mocy 1050 W, którego prędkość obrotowa jest regulowana w zakresie od 5000 do 25000 obr/min, nie ogranicza to jednak możliwości zastosowania innego źródła napędu. Nawet najniższa wartość podanego wcześniej zakresu obrotów dla niektórych przewidzianych do użycia tarcz szlifierskich może okazać się zbyt wysoka, by możliwe było zastosowanie napędu bezpośredniego. Zachodzi zatem potrzeba wykonania dodatkowego przełożenia, zmniejszającego prędkość obrotową wrzeciona. Stąd pomiędzy wrzecionem, a elektrowrzecionem przewidziano umieszczenie wałka pośredniczącego (14, Rys. 6). Napęd z regulacją prędkości obrotowej jest konieczny ze względu na fakt, że w trakcie obróbki narzędzie będzie zużywało się w naturalny sposób, skutkiem czego zmniejszeniu ulegnie jego średnica. Przewiduje się stosowanie ściernic o średnicach w przedziale od 200 do 100 mm. Dla zachowania jednakowej prędkości szlifowania konieczne będzie odpowiednie zwiększenie prędkości obrotowej częściowo zużytej tarczy. Ponadto planowane jest prowadzenie badań polegających na szlifowaniu ślimaków tą samą ściernicą przy różnych prędkościach szlifowania. Ten wymóg również obliuguje do zastosowania elektrowrzeciona zapewniającego regulację obrotów wrzeciona. Napęd przenoszony będzie za pośrednictwem paszków zębatych i kół. Oprócz redukcji obrotów rozwiązanie to umożliwi skasowanie ewentualnych błędów niewspółosiowości współpracujących ze sobą komponentów. Omawiany mechanizm przeniesienia napędu przedstawiono na Rysunku 6.



Rysunek 6 Mechanizm przeniesienia napędu:

- 1 – elektrowrzeciono KRESS 1050 FME,
- 2 – obudowa wałka pośredniego,
- 3, 8, 13, 11 – pasowe koła zębate,
- 4 – łożysko kulkowe,
- 5 – pokrywa łożyska,
- 6 – płyta przejściowa,
- 7, 12 – paski zębate,
- 9 – uchwyt wrzeciona,
- 10 – mocowanie elektrowrzeciona,
- 14 – wałek pośredni,
- 15 – ściernica,
- 16 – wrzeciono

Po zakończeniu profilowania ściernica nie będzie zdejmowana z wrzeciona, lecz przenoszona wraz z całym podzespołem napędowym na przyrząd tokarski. Widoczny na powyższym rysunku wałek pośredni (14, Rys. 6) wraz z łożyskami kulkowymi i innymi elementami zostanie zamontowany tak jak pokazano na Rysunku 7.

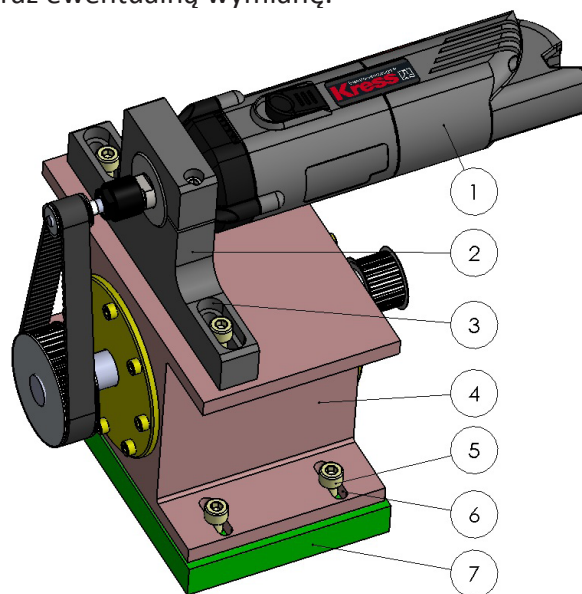


Rysunek 7 Mocowanie wałka:

- 1 – wałek pośredni,
- 2 – obudowa wałka,
- 3 – łożysko kulkowe,
- 4 – pierścień uszczelniający,
- 5 – pokrywa łożyska,
- 6 – śruby mocujące pokrywę,
- 7 i 8 – pasowe koła zębate

Nad obudową wałka przewidziano miejsce dla elektrowrzeciona. Zostanie ono zamocowane w uchwycie (2) pokazanym na Rysunku 8, który będzie posiadał specjalne otwory montażowe

(3, Rys. 8) umożliwiające naciągnięcie pasków zębatych. Całość przykręcana będzie za pośrednictwem płyty pośredniej (7, Rys. 8 oraz 6, Rys. 6) do uchwytu wrzeciona. Zastosowane koła zębate są częściami handlowymi, co ułatwia ich dobór oraz ewentualną wymianę.

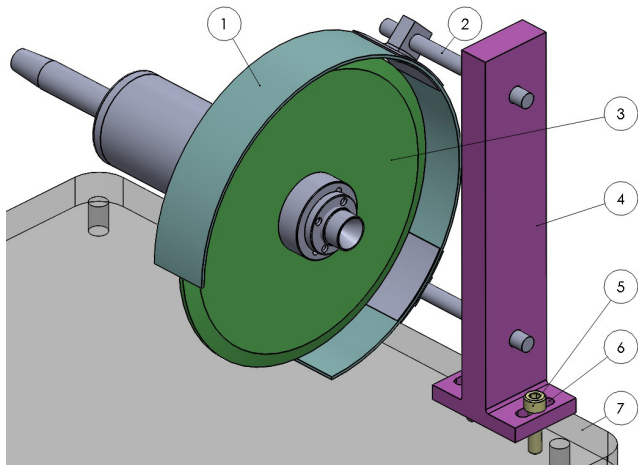


Rysunek 8 Mocowanie elektrowrzeciona:

- 1 – elektrowrzeciono KRESS 1050 FME,
- 2 – mocowanie elektrowrzeciona,
- 3 i 6 – otwory montażowe,
- 4 – obudowa wałka pośredniego,
- 5 – śruby mocujące,
- 7 – płyta przejściowa

Producenci tarcz szlifierskich zawsze podają maksymalne, dopuszczalne parametry pracy swoich produktów. Wartości te mogą się nieco różnić, ale zazwyczaj oscylują w podobnych przedziałach. Ze względów bezpieczeństwa przyjęto, że dla tarczy o średnicy 200 mm prędkość skrawania nie będzie przekraczała 40 m/s, a prędkość obrotowa 3820 obr/min. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że wraz z kolejnymi przejściami obciążacza, średnica ściernicy będzie się zmniejszała, co spowoduje konieczność odpowiedniego zwiększenia jej prędkości obrotowej. Przewiduje się eksploatację ściernicy do średnicy około 100 mm. W związku z tym za dopuszczalne przyjęto wartości prędkości w przedziale 3000–6000 obr/min. Osłona ściernicy (1, Rys. 9) to istotny element wyposażenia ze względów bezpieczeństwa. Aby możliwe było zdemontowanie całego zespołu napędowego i przeniesienie go wraz z zaprofilowaną ściernicą na przyrząd szlifierski, osłona będzie przesuwana na bok po prowadnicach (2, Rys. 9) przytwierdzonych do specjalnego wspornika (4, Rys. 9). Otwory montażowe wspornika (6, Rys. 9)

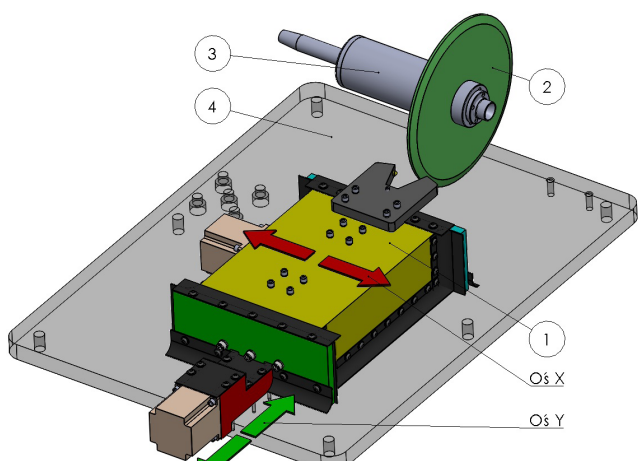
zapewnią możliwość dopasowania jego położenia do tarczy.



Rysunek 9 Osłona ściernicy (1):

- 2 – prowadnice,
- 3 – ściernica,
- 4 – wspornik,
- 5 – śruby montażowe,
- 6 – otwory montażowe,
- 7 – fragment podstawy

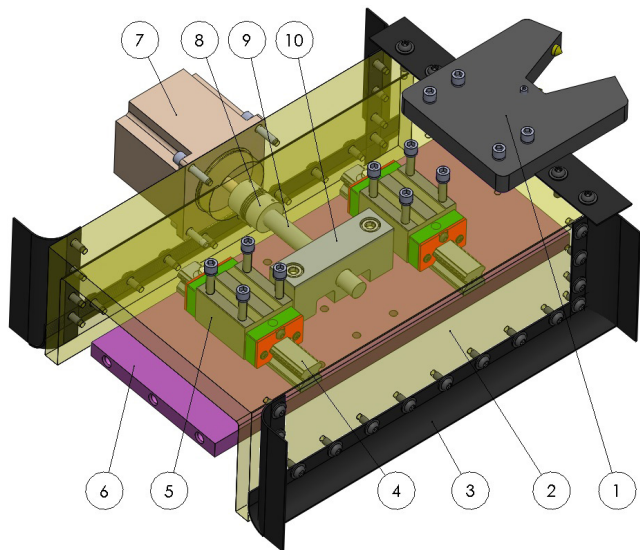
Mechanizm profilowania ściernicy przedstawiony na Rysunku 10 odpowiada za przemieszczanie diamentowych obciągaczy po zewnętrznych powierzchniach obracającej się tarczy szlifierskiej. Podczas profilowania zostaje zdjęta niewielka warstwa materiału ściernicy. Szereg kolejnych przejść obciągaczy spowoduje nadanie zamierzonego profilu. Ich ruch będzie odbywał się w jednej płaszczyźnie wzdłuż osi X, która jest równoległa do osi wrzeciona, oraz osi Y, prostopadłej do osi wrzeciona (Rys. 10).



Rysunek 10 Mechanizm profilowania ściernicy (1):

- 2 – ściernica,
- 3 – wrzeciono,
- 4 – podstawa przyrządu, osie X i Y – kierunki przemieszczania się mechanizmu

Wyznaczenie krzywoliniowego zarysu ściernicy jest matematycznie złożone, zważywszy, że zarys ten zależy też od zmieniającej się średnicy ściernicy w trakcie obróbki. Do wyznaczenia wspomnianego zarysu zostanie wykorzystany model matematyczny zarysu narzędzia krążkowego, opracowany w literaturze [4], który umożliwi wygenerowanie kodu NC sterującego mechanizmem obciągaczy. Wykonanie kodu numerycznego zostanie przeprowadzone za pośrednictwem programu MACH 3 zainstalowanego na komputerze. Tak więc sterowanie przyrządu będzie realizowane za pośrednictwem komputera, natomiast sam przyrząd posłuży jedynie do fizycznego wykonania profilowania.

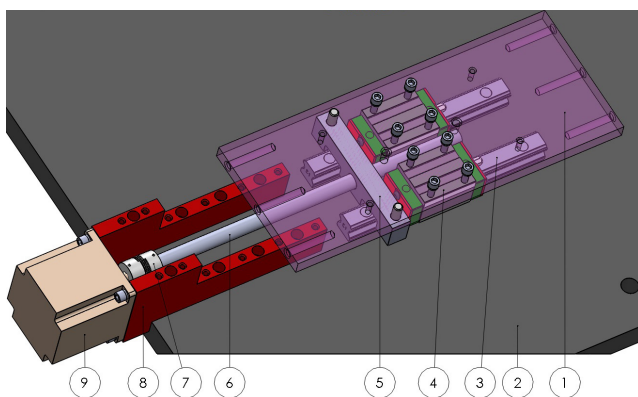


Rysunek 11 Płyta górna (2):

- 1 – uchwyt obciągaczy,
- 3 – gumowe osłony,
- 4 – szyna profilowa,
- 5 – wózek przesuwający,
- 6 – płyta dolna,
- 7 – silnik krokowy,
- 8 – sprzęgło elastyczne,
- 9 – kulowa śruba pociągowa,
- 10 – uchwyt z nakrętką kulową

Rysunek 11 przedstawia mechanizm napędu płyty górnej (2). Płyta zostanie przykręcona bezpośrednio do wózków (5), które będą przesuwały się po prowadnicach (4) przykręconych do płyty dolnej (6). Napęd przesuwu zapewni silnik krokowy (7), który będzie połączony za pomocą sprzęgła elastycznego (8) z kulową śrubą pociągową (9). Śruba z kolei będzie przechodziła przez kulową nakrętkę przykręconą za pośrednictwem obudowy (10) do płyty dolnej (6). Śruby kulowe cechują się bezluzową pracą, dzięki czemu możliwe będzie bardzo precyzyjne przemieszczanie

obciągaczy. Obrót śruby będzie powodował zmianę położenia silnika względem zamocowanej na stałe nakrętki, co z kolei spowoduje przesuwanie płyty górnej, do której ten silnik będzie przykręcony. Uchwyt obciągaczy (1) zamocowany zostanie na powierzchni płyty górnej. Usunięty materiał ściernicy w postaci drobnych ziaren stwarza trudne warunki pracy dla urządzenia, gdyż ostre cząstki powodują szybkie zużycie bądź uszkodzenie delikatnych elementów, jakimi są prowadnice, wózki i silniki. Stąd wszelkie szczeliny występujące pomiędzy płytą a elementami składającymi się na napęd przesuwu obciągaczy zostały osłonięte gumowymi kurtykami (3).



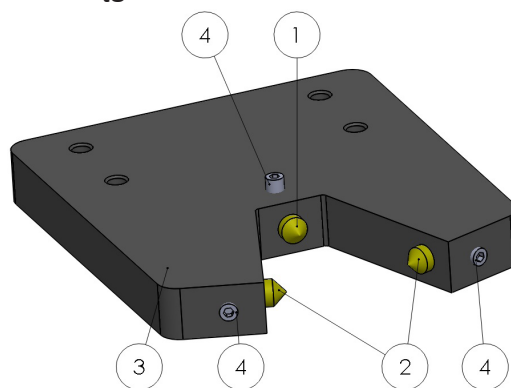
Rysunek 12 Płyta dolna (1):

- 2 – fragment podstawy przyrządu,
- 3 – szyna profilowa,
- 4 – wózek przesuwny,
- 5 – uchwyt z nakrętką kulową,
- 6 – kulowa śruba pociągowa,
- 7 – silnik krokowy,
- 8 – uchwyt silnika krokowego,
- 9 – silnik krokowy

Mechanizm napędu płyty dolnej przedstawiono na Rysunku 12. Silnik krokowy zostanie zamocowany na stałe do podstawy przyrządu (2) za pomocą specjalnego uchwyty (8). Płyta dolna przykręcona będzie do wózków (4) przemieszczających się po prowadnicach (3). Nakrętka kulowa będzie znajdowała się w uchwycie (5) zamocowanym od spodu do płyty dolnej (1). Śruba kulowa (6) będzie połączona z silnikiem krokowym (9) za pomocą sprzęgła elastycznego (7). Obrót śruby zostanie przełożony na przesuw nakrętki, a tym samym przesuw płyty dolnej w kierunku prostopadłym do osi wrzeciona.

Do profilowania ściernicy będą służyły trzy obciągacze diamentowe, jednoziarnowe. Wszystkie zostaną osadzone w odpowiednich gniazdach obudowy (3) i unieruchomione przy użyciu śrub dociskowych (4), jak pokazano na Rysunku 13.

Obciągacz środkowy (1) posłuży do zaprofilowania czoła ściernicy oraz nadania jej pożądanej średnicy, natomiast obciągacze boczne (2) zostaną użyte do ukształtowania powierzchni bocznych ściernicy. Zastosowanie trzech obciągaczy pozwoli wyeliminować konieczność zmiany ich ustawienia przed obróbką każdej powierzchni ściernicy osobno. Szerokość ich rozstawu została przyjęta z pewnym nadatkiem, tak aby w razie potrzeby możliwe było profilowanie ściernic szerszych niż dziesięciomilimetrowe, przewidziane do zwykłego użycia. Każda powierzchnia robocza ściernicy będzie obciągana osobno.



Rysunek 13 Zespół obciągaczy:

- 1 – obciągacz środkowy,
- 2 – obciągacze boczne,
- 3 – uchwyt obciągaczy,
- 4 – śruby dociskowe

3. PODSUMOWANIE

Przedstawione opracowanie jest fragmentem prac związanych z przygotowaniem specjalnego przyrządu tokarskiego do szlifowania powierzchni śrubowych na tokarkach uniwersalnych. Po fizycznym wykonaniu przyrządu przeprowadzone zostaną badania dotyczące dokładności obróbki powierzchni śrubowych zaprezentowanym sposobem. Uzyskanie zadowalających efektów pozwoli na prowadzenie obróbki wykończeniowej zwojów bez posiadania specjalnej obrabiarki. Należy również podkreślić, że prezentowane podejście wpisuje się w aktualny trend dotyczący maksymalizacji realizowanych zabiegów na jednym stanowisku roboczym. Chodzi tutaj o operacje toczenia, frezowania, szlifowania itp. wykonywane na jednej obrabiarence uniwersalnej. Wpływa to zarówno na koszty, jak i na czas procesu obróbki. Projektowany przyrząd ma również za zadanie umożliwienie nadania dowolnego profilu ściernicy, co powinno przełożyć się na możliwość szlifowania ślimaków o dowolnym zarysie zwoju.

LITERATURA

- [1] Kacalak W., Szafraniec F., Analiza kształtu i położenia strefy obróbki w procesie szlifowania powierzchni śrubowych ślimaków stożkowych. *Mechanik* nr 8-9, 2015.
- [2] Kornberger Z., Przekładnie ślimakowe: konstrukcja, wykonanie, sprawdzanie. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1971.
- [3] Marciniak T., Technologia przekładni ślimakowych. Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Łódź 2013.
- [4] Skoczylas L., Synteza geometrii zazębienia walcowych przekładni ślimakowych ze ślimakiem o dowolnym zarysie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2010.
- [5] http://meftech.com.pl/pdf/SG_500_PL.pdf
- [6] http://www.depo-gmcd.com/wp-content/uploads/2015/12/DEPO-CAM-Prospekt-V13_D.pdf
- [7] Opis patentowy 130 889: Sposób szlifowania ślimaków o wypukłym zarysie zębów.