

Dawid LATAŁA, Maksymilian MĄDZIEL

WYKORZYSTANIE SYSTEMU MTS DO PROJEKTOWANIA TECHNOLOGII OBRÓBKI WAŁU MASZYNOWEGO

W artykule porównano technologie wykonania wałka wielostopniowego z wykorzystaniem obrabiarek konwencjonalnych oraz maszyn CNC. Do symulacji pracy maszyn CNC wykorzystany został system MTS. Właściwa część artykułu przedstawia obróbkę wału maszynowego w systemie MTS w trzech zamocowaniach. Zestawiając opisane technologie wykonania badanego wałka wielostopniowego, stwierdzić można, że mniej czasochłonny, a tym samym korzystniejszy jest proces wytworzenia wałka na maszynach CNC.

WSTĘP

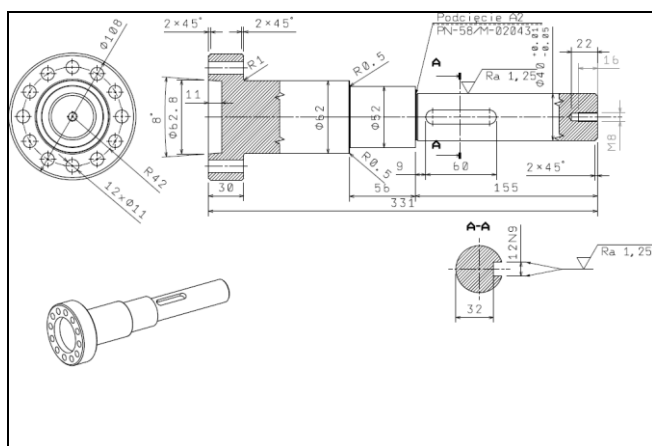
MTS jest to system dydaktyczno-przemysłowy służący do nauki programowania obrabiarek sterowanych numerycznie [2]. Producentem tego oprogramowania jest niemiecka firma Mathematisch Technische Software-Entwicklung GmbH z siedzibą w Berlinie. Firma ta została założona przez dr Hansa Joachima Pfeiffera w 1980 r. [1]. Program ten znalazł bardzo szerokie zastosowanie w szkolnictwie. Powodem dużej popularności jest możliwość nauki programowania CNC zarówno dla tokarek jak i frezarek oraz przeprowadzania różnego rodzaju pomiarów i symulacji w bogatym wizualnie interfejsie graficznym.

Praca przedstawia porównanie technologii wykonania wałka wielostopniowego z wykorzystaniem obrabiarek konwencjonalnych oraz maszyn CNC. Programem symulacyjnym, który posłuży jako przykład do obróbki na maszynach CNC będzie wspomniany wyżej system MTS.

1. PROJEKT TECHNOLOGII OBRÓBKİ WAŁKA

1.1. Charakterystyka części

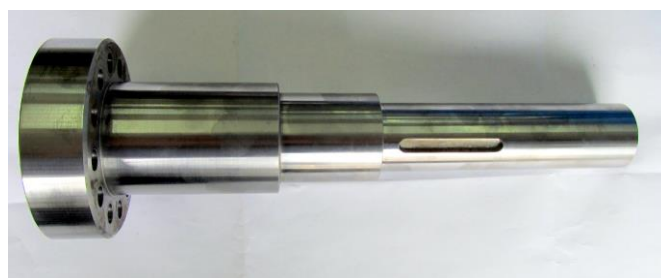
Częścią wybraną do przygotowania technologii obróbki jest wał wielostopniowy. Dla tego konkretnego wałka została utworzona dokumentacja technologiczna oraz program na obrabiarki CNC. Na rys. 1 przedstawiony został analizowany wałek.



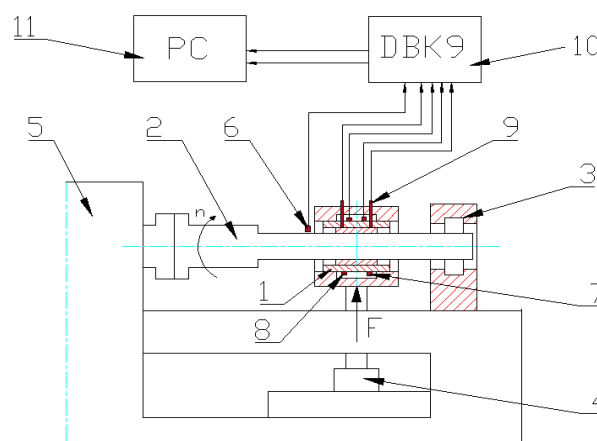
Rys. 1. Rysunek techniczny analizowanego wału maszynowego

Na rys. 2 przedstawiono gotowy wałek po przeprowadzonej obróbce w ramach wykonanych badań.

Wałek jest jednym z głównych elementów stanowiska do badań łożysk ślizgowych. Stanowisko to jest utworzone na łożu częściowo zdemontowanej tokarki rewolwerowej N-318E. Na rys. 3 przedstawiono ogólną koncepcję stanowiska do badań łożysk ślizgowych, którego składową jest badany wał maszynowy.



Rys. 2. Zdjęcie gotowego wału maszynowego



Rys. 3. Schemat stanowiska do badań łożysk ślizgowych o pełnym kącie opasania; 1 - łożysko badane, 2 - wał wraz z badaną tuleją, 3 - korpus łożyska podpierającego, 4 - siłownik hydrauliczny, 5 - tokarka rewolwerowa, 6 - czujnik obrotów i momentu, 7 - czujniki ciśnienia, 8 - czujniki temperatury, 9 - czujniki przemieszczenia, 10 - przetworniki, 11 - komputer sterujący

Zespół badawczy stanowi wał, na którym osadzona jest tuleja współpracująca tarciowo z panewką zamocowaną w oprawie. Wał

mocowany jest we wrzecionie obrabiarki i podparty na przeciwnym końcu w łożysku tocznym. Napęd przekazywany jest bezpośrednio z wrzeciona tokarki, zapewniając założony zakres prędkości w granicach 0-4000obr/min. Obciążenie siłą realizowane jest poprzez podnośnik hydrauliczny płaski o udźwigu maksymalnym 10t i skoku 11mm. Do pomiaru i rejestracji parametrów pracy węzła ślizgowego wykorzystano zestaw czujników i specjalnie opracowany program komputerowy LVBook2k0. Do pomiaru temperatury zastosowano czujniki platynowe na podłożu ceramicznym PT 100 o zakresie pomiarowym 200-800°C. Pomiar ciśnienia hydrodynamicznego w łożysku realizowany jest z wykorzystaniem czujników piezorezystywnych 40PC100G. Zakres pomiarowy czujników mieści się w zakresie 0-0,7MPa, a dokładność wskazań wynosi $\pm 0,8\%$. Przemieszczenia mierzone są indukcyjnymi przetwornikami liniowymi EDCT10 o zakresie pomiarowym $\pm 5\text{mm}$. W celu pomiaru momentu tarcia zastosowano momentomierz tensometryczny MT500 o zakresie pomiarowym 0-500Nm.

1.2. Technologia obróbki na obrabiarkach konwencjonalnych

Cały proces przygotowany jest na konwencjonalne obrabiarki takie jak:

- tokarka uniwersalna TUJ 50M,
- frezarka FWF 32J2,
- wiertarka WRS 32,
- szlifierka TOS BUB 50.

Proces technologiczny wałka został przygotowany zgodnie z ramowym procesem technologicznym dla części klasy wał bez obróbki cieplnej. Podczas tworzenia procesu zostały zachowane wszelkie aspekty technologiczne. Posłużyły do tego m. in. Polskie Normy przy doborze:

- wpustu – PN-70/M-85000,
- podcięcia – PN-58/M-02043.

Jako materiał na wał został wybrany pręt o śr. 110mm oraz długości 335mm wykonany ze stali 42CrMo4. Jest to stal konstrukcyjna o zawartości 0,3÷0,5 węgla, zawierająca dodatki pierwiastków stopowych takich jak Mn, Cr, Ni, Mo, Si. Stal ta jest bardzo często wykorzystywana w konstrukcji maszyn i pojazdów. Nadaje się ona również do ulepszenia cieplnego gdzie dzięki dodatkom stopowym poprawia się hartowność [4]. Poniżej w tab. 1. przedstawione są właściwości mechaniczne wybranej stali.

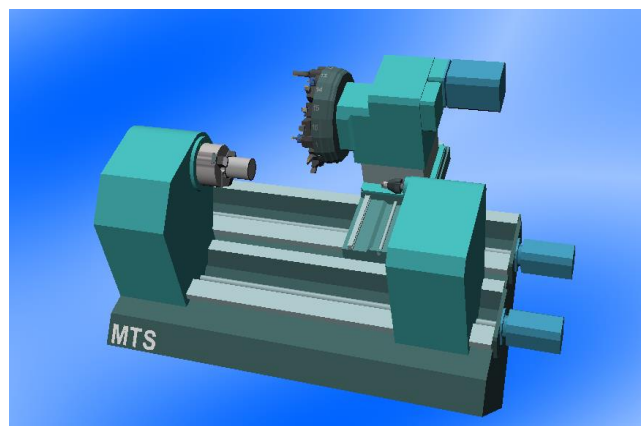
Tab. 1. Właściwości mechaniczne stali wybranej na materiał wału
Źródło: oprac. własne na podst. [3]

Stal 42CrMo4	Wartość
Wytrzymałość na rozciąganie Rm (MPa)	≥ 1030
Wydłużenie A5 (%)	≥ 10
Przewężenie Z (%)	≥ 45
Granica plastyczności Re (R0,2) (MPa)	≥ 880
Praca łamania KU2 (J)	≥ 56

Pierwszą operacją wykonywaną w tym procesie technologicznym jest operacja toczenia powierzchni czołowej a następnie wykonania nakielka. W miejscu jego wykonania wiercony jest otwór a następnie wykonany jest gwint M8. Kolejną operacją jest toczenie konturu zewnętrznego. Po wykonaniu tej operacji przedmiot zostaje odwrócony i przemocowany, tak aby możliwe było toczenie drugiej powierzchni czołowej oraz toczenie konturu wewnętrznego. Kolejną operacją jest operacja frezarska, która ma na celu wykonanie rowka wpustowego zgodnie z PN. Po wykonaniu rowka przedmiot obrabiany trafia na stanowisko wiertarskie gdzie wykonywane są otwory o śr. 11mm. Po wykonaniu otworów przedmiot obrabiany trafia na szlifierkę, gdzie szlifowana jest jedna z powierzchni. Po dokonaniu wszystkich operacji gotowy wałek trafia na stanowisko do kontroli, gdzie mierzone są jego wymiary oraz zadane parametry

1.3. Program obróbki wału w systemie MTS

Program obróbki został wykonany w oprogramowaniu Mathematisch Technische Software-Entwicklung GmbH w wersji 7.3.0.0. Obróbka wałka została przeprowadzona na wirtualnej obrabiarce MTS M-TMC-CYB R3 T16 VDI30 ze sterowaniem MTS-TurnMill-CYB. Obrabiarka, która charakteryzuje się możliwością operowania wzdłuż osi X,Y,Z oraz obrotu wokół osi Y(B) i wokół Z(C), dzięki możliwości założenia przedmiotów napędzanych, które umożliwiają dokonywanie operacji tokarskich jak i również frezarskich. Na rys.4 przedstawiono wykorzystaną obrabiarkę.



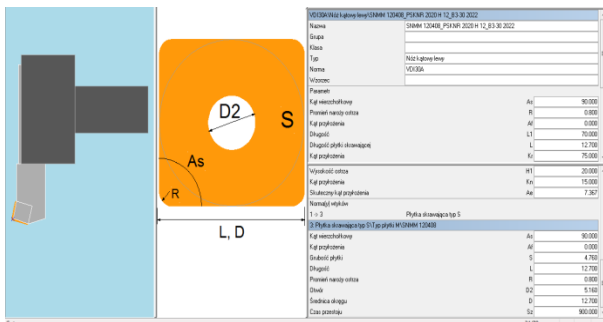
Rys. 4. Obrabiarka MTS M-TMC-CYB R3 T16 VDI30

Cały proces technologiczny został podzielony na trzy operacje (zamocowania). Jako półfabrykat został wybrany pręt o śr. 110mm i dł. 333mm. Narzędzia, które zostały wykorzystane w obróbce pochodzą z podstawowego katalogu narzędzi oprogramowania MTS. Prędkości skrawania oraz posuwu zostały odpowiednio wybrane z katalogów firmy Sandvik. W pierwszym zamocowaniu dokonywana jest obróbka powierzchni czołowej, nakielkowanie, wiercenie oraz gwintowanie. Drugie zamocowanie jest bardzo zbliżone do pierwszego lecz przedmiot obrabiany jest bardziej wysunięty i podparty konikiem. W tym zamocowaniu obrabiana jest powierzchnia zewnętrzna zgrubnie i wykańczająco oraz frezowany jest rowek pod wpust. Ostatnie zamocowanie polega na odwróceniu przedmiotu obrabianego w taki sposób aby możliwa była jego dalsza obróbka. Tutaj dokonana była obróbka powierzchni czołowej, powierzchni zewnętrznej, wiercenia oraz toczenia powierzchni wewnętrznej.

Zamocowanie I

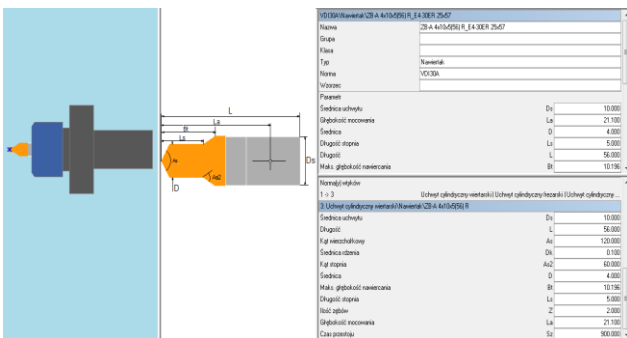
W pierwszym zamocowaniu półfabrykat w kształcie pręta o śr. 110mm i dł. 333mm został zamocowany w uchwycie trójściskowym samocentrującym. W taki sposób, żeby była możliwość toczenia powierzchni czołowej, wykonania nakielka, otworu a następnie nagwintowania tego otworu. Głębokość zamocowania wynosi 150mm dzięki czemu uzyskać można dokładniejsze pozycjonowanie otworu. Obróbka w pierwszym zamocowaniu przedmiotu obrabianego polegała na toczeniu powierzchni czołowej, następnie wykonania nakielka i w jego miejscu wykonania otworu o śr. 6,8mm na głębokość 22mm. Po wykonaniu otworu został wykonany gwint wewnętrzny M8 na długości 16mm.

Do toczenia powierzchni czołowej został wybrany nóż kątowy lewy, który ukazany jest na rys. 5, charakteryzujący się kątem wierzchołkowym równym 90°. Do tego narzędzia dobrano prędkość skrawania równą 150m/min, maksymalna prędkość obrotowa wrzeciona 1500obr./min oraz posuw 0,2mm/obr..



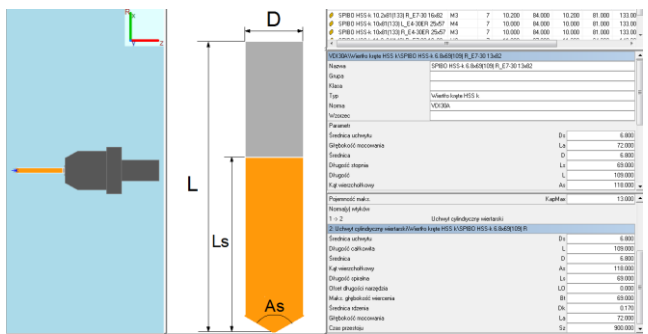
Rys. 5. Nóż kątowy lewy SNMM 120408_PSKNR 2020 H 12_B3-30 2022

Do wykonania nakielka został użyty nawiertak przedstawiony na rys. 6. Jego parametry wynoszą: posuw 80mm/min oraz maksymalna prędkość obrotowa wrzeciona 600obr./min.



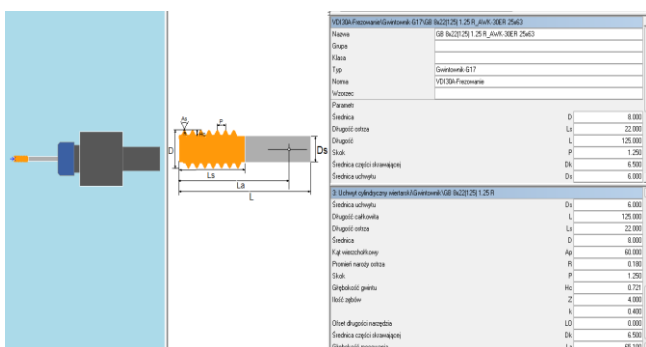
Rys. 6. Nawiertak ZB-A 4x10x5(56) R_E4-30ER 25x57

Kolejne narzędzie, które wykorzystano to wiertło kręte o śr. 6.8mm i dł. 108mm przedstawione na rys. 7



Rys. 7. Wiertło kręte SPIBO HSS-k 6.8x69(109) R_E7-30 13x82

Do wykonania gwintu wykorzystano narzędzie napędzane gwintownik M8 o skoku 1,25. Aby można było uzyskać gwint o skoku 1,25 zastosowano posuw 1250 mm/obr. oraz prędkość obrotową wrzeciona 100 obr./min. Gwintownik ukazano na rys. 8.



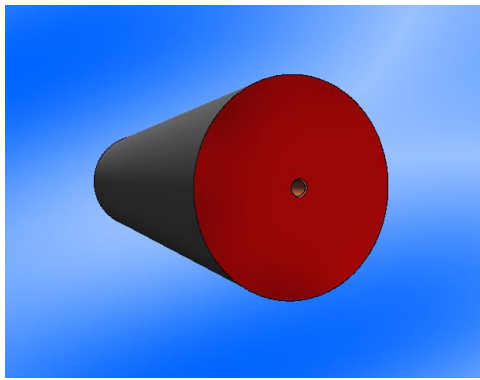
Rys. 8. Gwintownik G88x221(125)1.25R_AWK-30ER 25x63

Pierwszą operacją było toczenie powierzchni czołowej (planowania). Do tej operacji został użyty tokarski nóż kątowy lewy, oznaczenie SNMM 120408_PSKNR 2020 H 12_B3-30 2022, znajdujący się na 1 pozycji w magazynku narzędzi. Został on wywołany poprzez funkcję T0101. Obroty wrzeciona zostały ustalone na zgodne z ruchem wskazówek zegara poprzez funkcję M03. Do tej obróbki została ustalona stała prędkość skrawania na poziomie 150 m/min.. Natomiast prędkość obrotowa została ograniczona do 1500 obr./min dzięki funkcji G92. Po ustawieniu prędkości wywołania odpowiedniego narzędzia wywołano narzędzie G0 do pozycji Z0 i X112. Kolejnym krokiem był ruch roboczy G1 do pozycji X-0.8 Z2 przy posuwie równym 0,2 mm/obr.. Po wykonaniu planowania ruchem szybkim odjeżdżamy narzędziem do pozycji Z2 X112 i za pomocą funkcji G26 odwołujemy narzędzie pierwsze.

Po toczeniu powierzchni czołowej przechodzimy do wykonania nakielka, który posłużył w następnych etapach obróbki do podparcia konikiem. Do wykonania nakielka użyto nawiertaka ZB-A 4x10x5(56) R_E4-30ER 25x57, który zamocowano na trzeciej pozycji w magazynie narzędziowym. Nawiertak został wywołany poprzez funkcję T0303. Obroty wrzeciona ustalono na standardowe zgodne z ruchem wskazówek zegara funkcją M03. Używając kodu G97 odwołujemy stałą prędkość skrawania z wartości S150 na S600. Prędkość obrotowa została zapamiętana z poprzedniej operacji. Ruchem szybkim G0 ustawiamy nawiertak na pozycji Z2 i X0 i następnie wykonujemy nakielkę na głębokość 8mm funkcją G1. Po wykonaniu nakielka odjeżdżamy narzędziem na bezpieczną pozycję X0 i Z2 i następnie odwołujemy narzędzie poprzez funkcję G26.

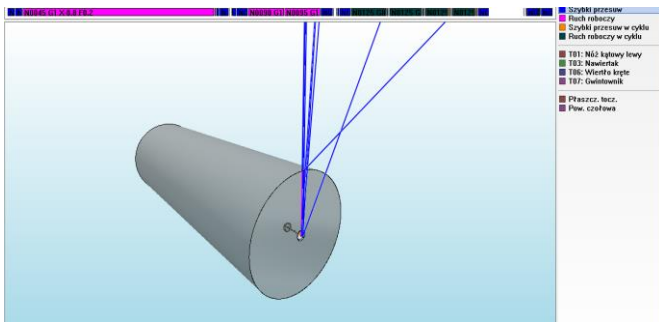
Po wykonaniu nakielka wywołujemy poleceniem T0606 wiertło kręte SPIBO HSS-k 6.8x69(109) R_E7-30 13x82 o śr. 6.8mm i dł. 108mm. Do wiercenia ustalona została stała prędkość skrawania 300 m/min, natomiast posuw został zapamiętany z nakielkowania. Po wywołaniu narzędzia ruchem szybkim G0 dojeżdżamy do pozycji X0, Z1, z której wykonano operację wiertarskie. Otwór wykonany został na głębokość 22mm, do jego wykonania został użyty kod G84 – cykl głębokiego wiercenia. Cykl głębokiego wiercenia został zaprogramowany w następujący sposób: pierwsze wiercenie wykonano na gł. 10mm, następnie wiertło zostaje wycofane ze względu na usunięcia wiórów. Głębokość zgłębienia (degresja) zmniejsza się o 6mm. Po wykonaniu otworu następuje wycofanie i odwołanie narzędzia.

Ostatnią operacją w pierwszym zamocowaniu było wykonanie gwintu wewnętrznego M8 na głębokość 18mm. Przed wykonaniem gwintu wywołujemy powierzchnie czołową funkcją G17. Gdy zostanie to zrobione, to wybrane zostaje z magazynku narzędzie gwintownik M8 o skoku 1,25 (T0707). Posuw ustawiono na 1250 mm/obr., prędkość obrotową wrzeciona 100 obr./min. Gwintownikiem ruchem szybkim dojeżdżamy do pozycji wstępnej X0 Y0 Z2 i następnie funkcją wiercenia G84 zagłębiono na 18mm. Do wykonania gwintu użyto funkcję wiercenia G84 oraz wywołanie w punkcie G79. Po wykonaniu gwintu odjeżdżamy i odwołujemy narzędzie funkcją G26. Ze względu na to, że to była ostanía operacja zakańczamy pierwszy program funkcją M30. Po wykonaniu całego programu obróbki dla zamocowania pierwszego wygląd wałka zaprezentowano na rys. 9.



Rys. 9. Przedmiot obrabiany po pierwszym zamocowaniu

Tory przejazdu narzędzi podczas obróbki w pierwszym zamocowaniu ukazano na rys. 10. Linie niebieskie ukazują nam ścieżki jakimi poruszało się dane narzędzie podczas szybkiego posuwu. Linia różowa ukazuje nam ruch roboczy, w badanym przypadku jest to planowanie, a linia pomarańczowa ukazuje szybki przesuw w cyklu. Zmierzona chropowatość powierzchni czołowej wynosi Ra 2,09.

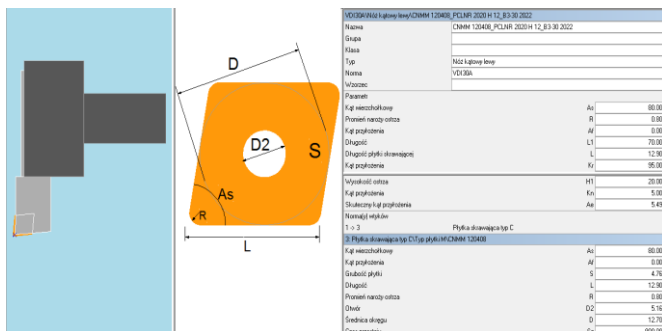


Rys. 10. Tory przejazdu narzędzi w pierwszym zamocowaniu

Zamocowanie II

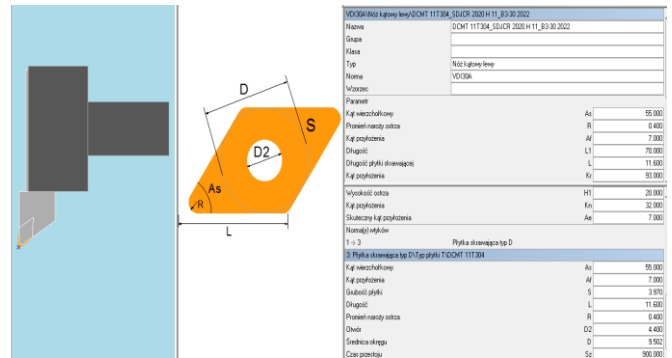
Drugie zamocowanie jest bardzo zbliżone do mocowanie pierwszego. Lecz głębokość zamocowania została zmniejszona do 24mm i wałek podparto konikiem. Narzędzia, które zostały użyte do obróbki są następujące.

Do obróbki zgrubnej zostały wybrany nóż kątowy lewy charakteryzujący się kątem wierzchołkowym równym 80°. Pokazany został na rys. 11.



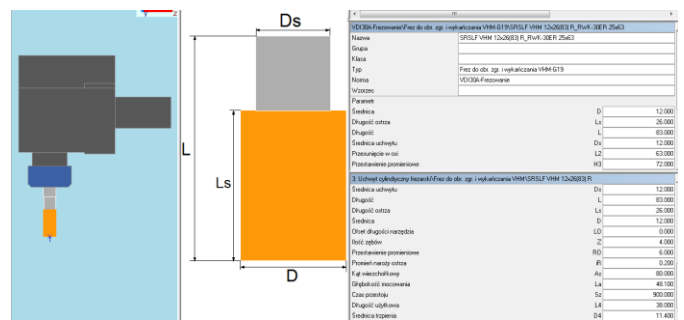
Rys. 11. Nóż kątowy lewy CNMM 120408_PCLNR 2020 H 12_B3-30 2022

Natomiast do obróbki zgrubnej wybrany został nóż kątowy lewy o kącie wierzchołkowym 55°. Przedstawiony został na rys. 12.



Rys. 12. Nóż kątowy lewy DCMT 11T304_SDJCR 2020 H 11_B3-30 2022

Narzędziem wybranym do wykonania rowka jest frez do obróbki zgrubnej i wykańczającej o śr. 12mm. Przedstawiony został na rys. 13.



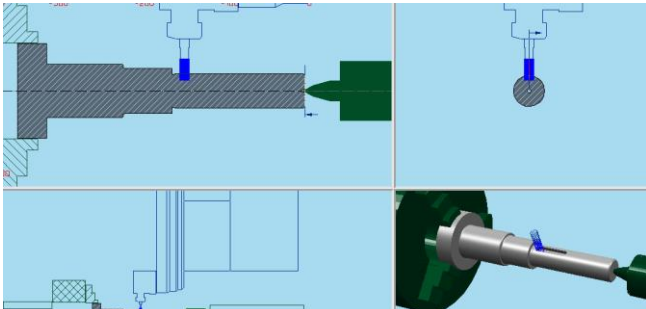
Rys. 13. Frez SRSFL VHM 12x26(83) R_RWK-30ER 25x6

W drugim zamocowaniu pierwszą operacją była obróbka zgrubna konturu zewnętrznego nożem kątowym lewym CNMM 120408_PCLNR 2020 H 12_B3-30 2022. Nóż ten znajduje się na pozycji pierwszej w magazynie narzędziowym i wywołujemy go poleceniem T0101. Obroty wrzeciona ustalono zgodnie z ruchem wskazówek zegara - M03. Funkcją G92 ograniczono obroty do 1500 obr./min, a prędkość skrawania na 150 m/min. Posuw został dobrany na poziomie 0,2 mm/obr.. Toczenie zgrubne wykonano cyklem toczenia zgrubnego wzdłużnego G81. Kontur został zaprogramowany zgodnie z dokumentacją i rysunkiem. Funkcje, które użyto do tworzenia konturu to funkcja ruch roboczy G1, G78 cykl podcięcia zgodny z normą DIN ISO 509 typ E/F oraz funkcje G72 i G73 do tworzenia ciągów konturowych (łuków).

Kolejnym zabiegiem było wykonanie obróbki wykańczającej. Do tego celu wykorzystano również nóż kątowy lewy, lecz z innym kształtem płytki - DCMT 11T304_SDJCR 2020 H 11_B3-30 2022. Narzędzie to znajduje się na pozycji dziewiątej w magazynie narzędziowym i zostaje wywołane przez polecenie T0909. Ograniczenie prędkości obrotowej jest identyczne jak w obróbce zgrubnej. Natomiast ustawienia prędkości skrawania i posuwu uległy zmianie w porównaniu do obróbki zgrubnej, ze względu na jakość uzyskanej powierzchni po obróbce wykańczającej - G96 S200 i F0,1. Obróbka wykańczająca jest taka sama jak obróbka zgrubna, lecz ze zmienionymi parametrami obróbki. Zaprogramowany kontur jest identyczny jak w obróbce zgrubnej. Dodatkowo w obróbce wykańczającej poprzez funkcję G42 zostaje włączona kompensacja promienia krawędzi skrawającej. Po skończeniu obróbki narzędzie jest odwołane - G26.

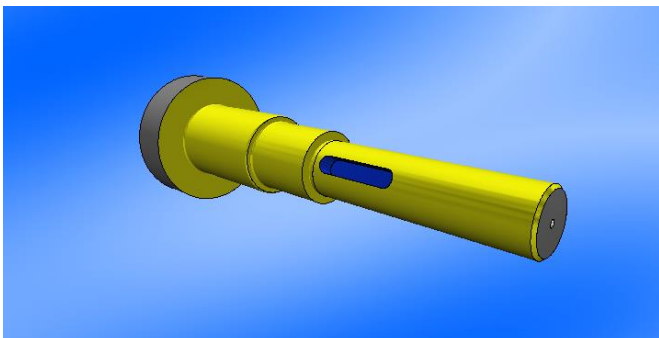
Po wytoczeniu konturu wałka, wykonano rowek wpustowy. W tym celu wykorzystano narzędzie napędzane - frez do obróbki zgrubnej jak i wykańczającej SRSFL VHM 12x26(83) R_RWK-30ER 25x63 o śr. 12mm. Aby wykonać rowek należy użyć poleceniem

G19 wywołać płaszczyna styczną (cięciwy). Po wywołaniu płaszczyny stycznej, dzięki poleceniu T1414 wywołano frez i ustawiono w pozycji nad obrabianym rowkiem wpustowym. Funkcją G97 odwołujemy stała prędkość skrawania i ustalamy ją na 700 m/min i zmieniamy posuw na posuw wyrażony w milimetrach na minutę. Posuw ustalony wynosi 50 mm/min. Do wykonania kieszeni użyto polecenia G87 – cykl frezowania kieszeni prostokątnej, przez podanie głębokości 8mm. Po wykonaniu kieszeni następuje odjazd narzędzia oraz jego odwołanie i zakończenie programu. Rys. 14 przedstawia fragment obróbki rowka wpustowego.

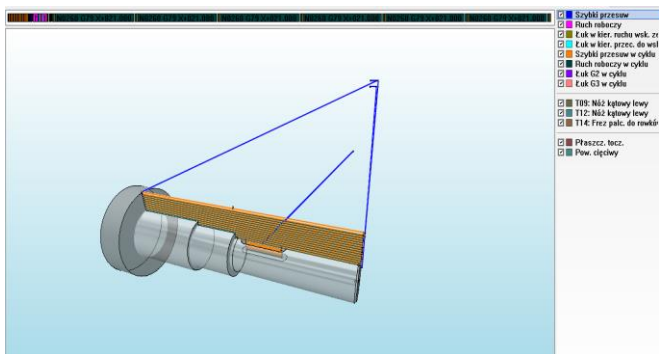


Rys. 14. Frezowanie rowka wpustowego w programie MTS

Rys. 15 przedstawia przedmiot obrabiany po zakończeniu programu drugiego. Natomiast rys. 16 przedstawia tory ruchu narzędzi użyte do realizacji procesu obróbki.



Rys. 15. Przedmiot obrabiany po zakończeniu obróbki w II zamocowaniu



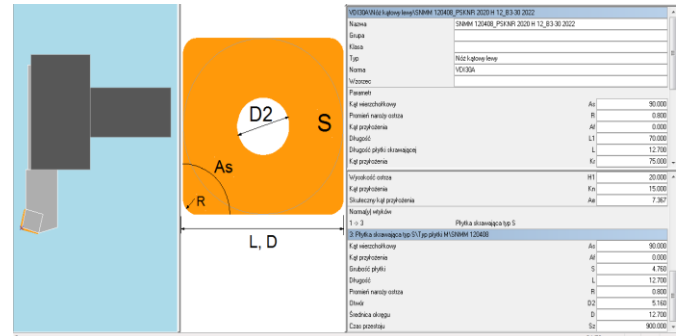
Rys. 16. Tory ruchu narzędzi w drugim zamocowaniu

Jednym z wymagań dokumentacji technologicznej było uzyskanie chropowatości równej Ra1.25 na powierzchni zewnętrznej współpracującej z innymi elementami. Dzięki wykorzystaniu narzędzia obliczania chropowatości, posuw został automatycznie obliczony przez kalkulator chropowatości tak aby uzyskać zbliżoną chropowatość do zamierzonej. Posuw dobrany przez program wyniósł 0,1236 mm/obr., a chropowatość uzyskana wyniosła Ra1.05.

Zamocowanie III

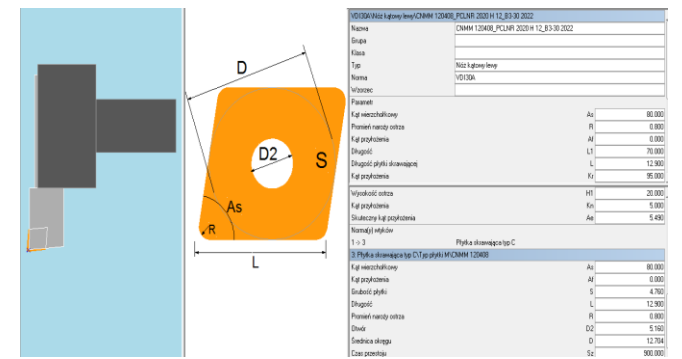
W trzecim zamocowaniu została obrobiona druga strona wałka. Obróbka polegała na toczeniu powierzchni czołowej, powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej oraz na wykonaniu 12 otworów o \varnothing 11mm.

Do toczenia powierzchni czołowej wybrany został nóż kątowy lewy charakteryzujący się kątem wierzchołkowym równym 90° . Został on przedstawiony na rys. 17. Do tego narzędzia dobrana została prędkość skrawania 150 mm/min., maksymalna prędkość obrotowa wrzeciona równa 1500 obr./min oraz posuw 0,2 mm/obr..



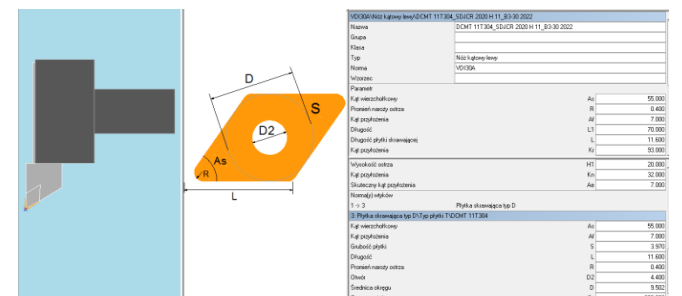
Rys. 17. Nóż kątowy lewy SNMM 120408_PSKNR 2020 H 12_B3_30 2022

Do obróbki zgrubnej wybrano nóż kątowy lewy, charakteryzujący się kątem wierzchołkowym 80° . Przedstawiony został na rys. 18.



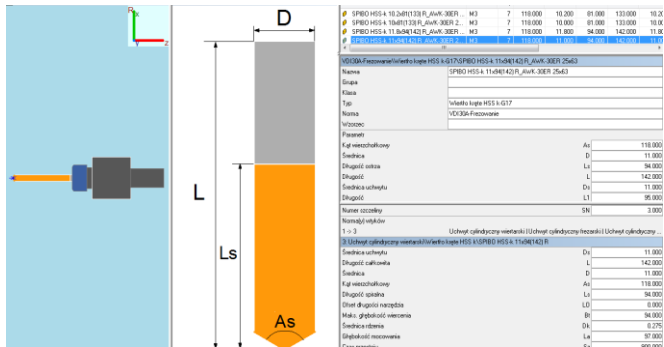
Rys. 18. Nóż kątowy lewy CNMM 120408_PCLNR 2020 H 12_B3_30 2022

Nóż do obróbki wykańczającej pokazano na rys. 19.



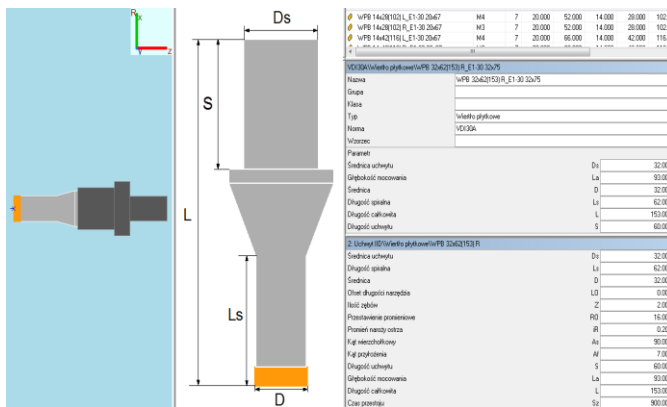
Rys. 19. Nóż kątowy lewy DCMT 11T304_SDJCR 2020 H 11_B3_30 2022

Do wykonania procesu wiercenia wykorzystano wiertło kręte przedstawione na rys. 20.

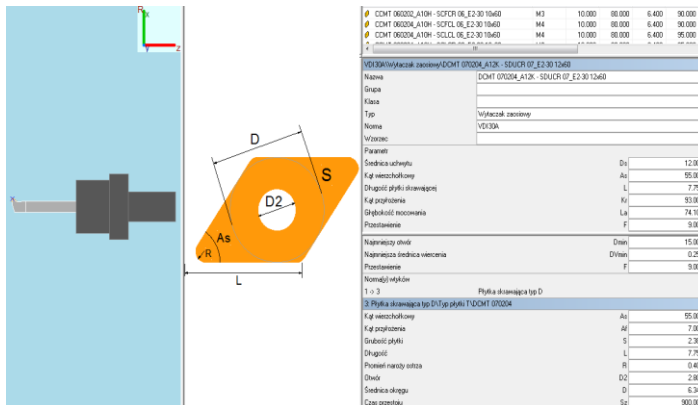


Rys. 20. Wiertło kręte SPiBO HSS-k 11x94(142) R_AWK-30ER 25x63

Użyte wiertło płytkowe pokazane zostało na rys. 21, natomiast wtyczak zaosiowy na rys. 22.



Rys. 21. Wiertło płytkowe WPB 32x62(153)R_E1-30 32x75



Rys. 22. Wtyczak zaosiowy DCMT 070204_A12K - SDUCR 07_E2-30 12x60

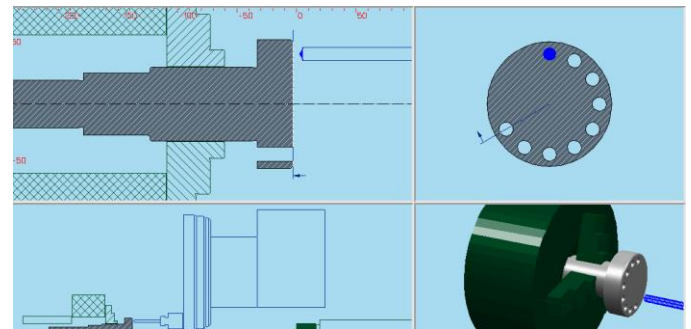
Pierwszą operacją w trzecim zamocowaniu było toczenie powierzchni czołowej. Narzędziem wykorzystanym do tego celu był nóż kątowy lewy SNMM 120408_PSKNR 2020 H 12_B3-30 2022, który wywołujemy poleceniem T0101. Prędkość skrawania ustalono na 150 m/min, prędkość obrotową na 1500 obr./min oraz posuw 0,4 mm/obr.. Po ustawieniu wszystkich parametrów ruchem szybkim G0 ustawiono nóż tuż nad przedmiotem obrabianym. Następnie ruchem roboczym G1 planujemy powierzchnie czołową wałka. Po wykonaniu toczenia odjeżdżamy narzędziem w bezpieczną pozycję i odwołujemy narzędzie.

Po wykonaniu planowania następną operacją jest toczenie powierzchni zewnętrznej zgrubnie. Do tego celu wykorzystano nóż kątowy lewy CNMM 120408_PCLNR 2020 H 12_B3-30 2022, prędkość skrawania oraz prędkość obrotowa pozostała ta sama jak

w przypadku planowania. Jednym zmiennym parametrem jest posuw, który wyniósł 0,3 mm/obr.. Nóż poruszał się wzdłuż zaprogramowanego konturu ruchem szybkim G1.

Po dokonaniu obróbki zgrubnej wykonano obróbkę wykańczającą. Właściwie w tym przypadku można było wykonać jedną obróbkę powierzchni zewnętrznej lecz ze względu na chęć uzyskania lepszej chropowatości podzielono tę obróbkę na zgrubną i wykańczającą. Do tej obróbki został wykorzystany nóż kątowy lewy DCMT 11T304_SDJCR 2020 H 11_B3-30 2022, o kącie wierzchołkowym płytki równym 55°.

Po obróbce powierzchni czołowej i powierzchni zewnętrznej wykonujemy wywiercenie 12 otworów przelotowych o śr. 84mm oraz o śr. 11. W tym celu wybrano wiertło kręte o śr. 11mm poleceniem T1515. Ustawiono posuw w mm/min i ograniczono prędkość obrotową na 500 obr./min. Następnie ruchem szybkim dojechano wiertłem w miejsce pierwszego otworu i następnie ruchem roboczym wykonano 12 otworów o śr. 11mm. Do tego celu wykorzystano kod G83, cykl głębokiego wiercenia z wywołaniem cyklu na promieniu R42. Po wykonaniu wszystkich otworów odjeżdżamy narzędziem i dokonujemy jego odwołania. Proces ten przedstawiono na rys. 23.

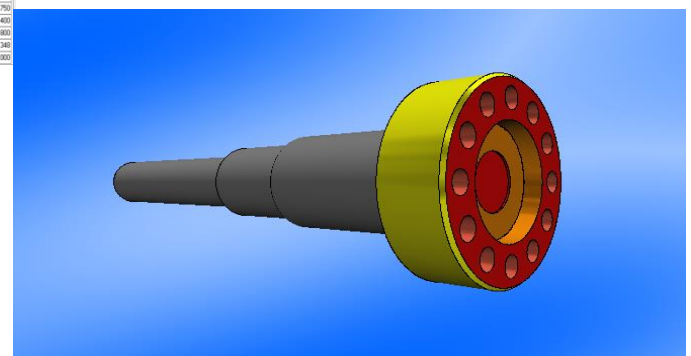


Rys. 23. Wiercenie 12 otworów o śr. 11

Przed przystąpieniem do wykonania obróbki wewnętrznej potrzebne jest wykonanie otworu w celu ułatwienia pracy zabieraka zaosiowego. W tym celu wykorzystano wiertło płytkowe o śr. 32mm.

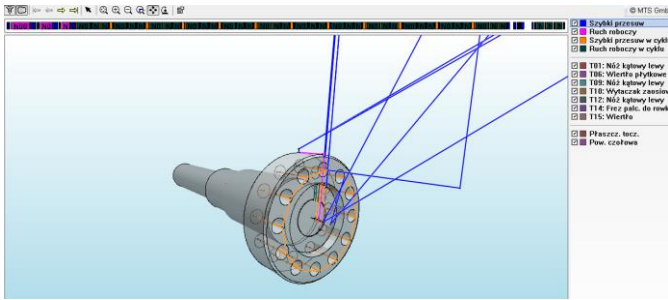
Po wcześniejszym wywierceniu możliwe jest przejście do ostatniej operacji w trzecim zamocowaniu. Jest to operacja toczenia wewnętrznego zgodnie z zaprogramowanym konturem wytaczakiem zaosiowym.

Na rys. 24. Przedstawiono przedmiot obrabiany po wykonaniu wszystkich operacji w trzecim zamocowaniu.



Rys. 24. Przedmiot obrabiany po zakończeniu trzeciego programu

Natomiast rys. 25. prezentuje ruchy toru narzędzi podczas obróbki w trzecim zamocowaniu.



Rys. 25. Tory ruchu narzędzi w trzecim programie

PODSUMOWANIE

Na rynku jest dużo programów dzięki którym możemy programować maszyny, lecz jest nisza programów wykorzystywanych w celach dydaktycznych. Większość programów edukacyjnych jest wyposażona w bardzo ubogi graficznie moduł symulacji. Program MTS jest jednym z najlepszych programów do nauki programowania maszyn sterowanych numerycznie, ponieważ wyposażony jest w narzędzie symulacyjne, które daje nam możliwość uprzedniego symulowania w widoku 3D.

Porównując zestawione technologie obróbki wałka wielostopniowego, można wnioskować, że wykonanie wałka jest procesem łatwiejszym na maszynach CNC. Na konwencjonalnych obrabiarkach proces technologiczny wykonywany jest na 4 osobnych maszynach, co wymaga posiadania sprzętu i odpowiedniej kadry pracowniczej. Natomiast na maszynach sterowanych numerycznie cały proces technologiczny dokonywany jest przy użyciu jednej tokarki z wykorzystaniem narzędzi napędzanych. Wcześniej napisany program testują się na symulatorach, dzięki czemu nie ma możliwości uszkodzenia obrabiarki. Duży plus dokonywania symulacji stanowi optymalizacja technologii, co generuje korzyści czasowe i finansowe. Atutem programów CNC jest duża elastyczność oraz możliwość nanoszenia zmian.

BIBLIOGRAFIA

1. Feld M., *Podstawy projektowania procesów technologicznych części maszyn*, WNT, Warszawa, 2006.
2. Habat W., *Obsługa i programowanie obrabiarek CNC- podręcznik operatora*. Krosno: Wydawnictwo i Handel Książkami KaBe, Krosno, 2010.
3. *Podstawy obróbki CNC*, REA, Warszawa, 2009.
4. Nosal S., *Wprowadzenie do symulacji toczenia CNC*, MTS GmbH, 2007.

Usage of the MTS system to designing of the treatment technology of machine shaft

The article compares the technologies of the multistage shaft creating with the usage of conventional machine tools and CNC machines. To simulate the work of CNC machines the MTS system was used. The relevant part of the article presents the treatment of the machine shaft in the MTS system in three anchorages. Comparing described technologies of the creating of multi-stage shaft, it can be stated that less time consuming and easier is to produce the shaft on CNC machines.

Autorzy:

mgr inż. **David Latała** – Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji

mgr inż. **Maksymilian Mądziel** – Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Katedra Silników Spalinowych i Transportu