

JACEK FRANCKA\*, STANISŁAW LEGUTKO\*\*

## PRÓBA WYKONANIA OSTRZY DŁUTAKA MODUŁOWEGO METODĄ WYCINANIA ELEKTROEROZYJNEGO

### TRIAL OF MAKING OF GEAR SHAPER CUTTER WEDGES BY USING WIRE – ELECTRODISCHARGE MACHINING

#### Streszczenie

W niniejszej pracy przedstawiono próbę wykonania ostrzy dłutaka modułowego za pomocą wycinania elektroerozyjnego. Uzyskano ostrza poprawne pod względem wymiarowo – kształtowym. Cięcie elektroerozyjne jednakże znacząco wpływa na zmniejszenie twardości wykonywanych ostrzy narzędzia.

*Słowa kluczowe: dłutak modułowy, cięcie elektroiskrowe*

#### Abstract

The trial of making of gear shaper cutter wedges with using wire – electrodischarge method has been presented in the paper. One gained very good accuracy of the wedges. However wire – electrodischarge method influences on the decreasing of hardness of the wedges.

*Keywords: gear shaper cutter, wire – electrodischarge machining*

\* Mgr inż. Jacek Francka, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa Kalisz, WSK „PZL-Kalisz” S.A.

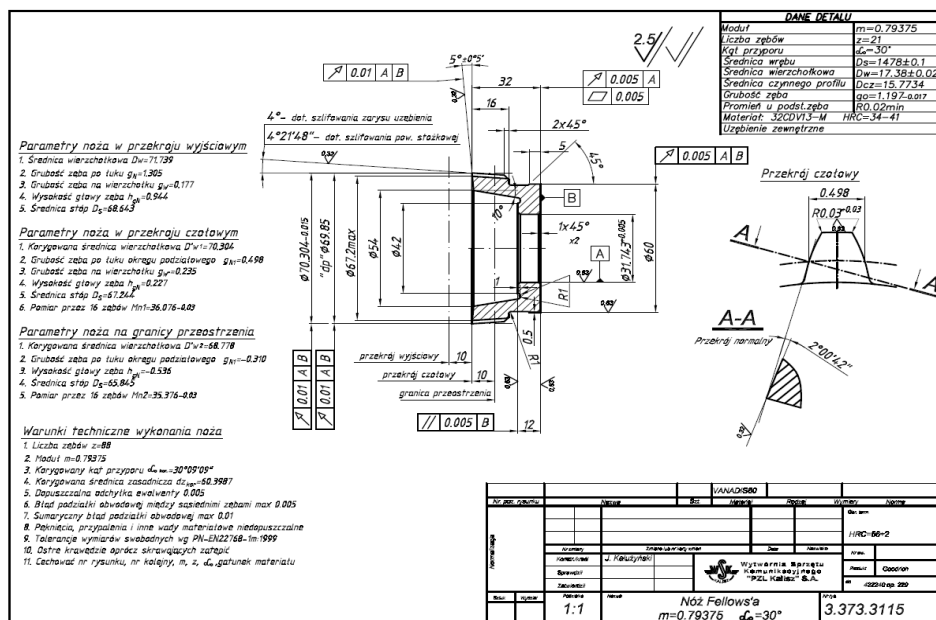
\*\* Prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko, Instytut Technologii Mechanicznej, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Politechnika Poznańska.

## 1. Wstęp

Dłutki modułowe są narzędziami trudnymi w konstrukcji, a ich wykonanie w „metalu” jest czasochłonne. Należą również do narzędzi drogich. Dlatego też po opracowaniu konstrukcji poszukuje się dobrych i przystępnych cenowo wykonawców narzędzi. Jednakże czas dostawy gotowych części wymaga przyspieszenia wykonania narzędzia, na co niejednokrotnie nie zgadzają się firmy narzędziowe. Długi czas oczekiwania na narzędzie jest związany z procesem wykonywania ostrzy narzędzia. W związku z tym poszukuje się takiej metody wykonania ostrzy narzędzia, która skróciłaby czas oczekiwania na gotowe narzędzie. W WSK „PZL-Kalisz” S.A. zdarzają się takie przypadki, i w niniejszym artykule opisano próbę wykorzystania metody elektroerozyjnego cięcia za pomocą drutu do wykonania uzębienia noża Fellowsa.

## 2. Technologia wykonania specjalnego dłutaka

W artykule zostanie pominięty cykl konstruowania narzędzia, ponieważ został on szczegółowo omówiony w literaturze [1]. Tok obliczenia i konstruowania narzędzia opisany w wymienionej pozycji jest wykorzystywany podczas projektowania narzędzi specjalnych. Stosownie do parametrów uzębienia części zamówionej przez zleceniodawcę została opracowana konstrukcja specjalnego nasadzanego noża Fellowsa. Konstrukcję tego narzędzia pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Rysunek konstrukcyjny specjalnego nasadzanego noża Fellowsa

Fig. 1. Special gear shaper cutter drawing

Zamawiającemu zależało na pilnej dostawie gotowych kół zębatych, jednakże wykonawca, z którym współpracuje WSK „PZL-Kalisz” S.A., nie mógł zagwarantować odpowiedniego terminu wykonania narzędzia. Podjęto więc decyzję o równoległym samodzielnym wykonywaniu narzędzia. Do ostatecznego wykonania ostrzy wytypowano obrabiarkę do elektroerozyjnego cięcia za pomocą drutu FANUC ROBOCUT. Jest ona nową obrabiarką w przedsiębiorstwie i części wykonywane za jej pomocą cechują się dużą dokładnością wykonania.

W obrabiarce tej stosuje się jako elektrodę cienki przesuwający się drut, a cięcie umieszczonego na stole XY obrabianej części odbywa się za pomocą wyładowań elektroiskrowych. Stół XY jest sterowany za pomocą układu CNC. Maszyna ta składa się z pięciu bloków:

- blok główny,
- układ sterowania numerycznego,
- układ zasilania,
- zespół płynu dielektrycznego,
- zespół chłodzenia płynu dielektrycznego.

Ogólny widok obrabiarki pokazano na rysunku 2.



Rys. 2. Wygląd zewnętrzny obrabiarki FANUC ROBOCUT

Fig. 2. General view of FANUC ROBOCUT machine tool

Podstawowe dane techniczne:

1. Maksymalne wymiary części obrabianej: 650 x 450 x 250 mm.
2. Płyn dielektryczny: woda demineralizowana.
3. Średnice drutu: 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 mm.
4. Maksymalna grubość obrabianej części: 300 mm.
5. Rodzaje wykorzystywanego drutu:
  - mosiężny,

- z materiału specjalnego (wolfram lub molibden),
- powlekany (rdzeń wykonany z mosiądzu lub żelaza powleczone, np. tlenkiem cynku).

Po przygotowaniu „otoczki” narzędzia przystąpiono do wykonania ostrzy na wymienionej obrabiarce. Nóż Fellowsa ze względu na rodzaj materiału obrabianego został wykonany ze stali proszkowej VANADIS 60. Jest to wysokostopowa stal szybko tnąca z domieszką kobaltu. Jej skład chemiczny jest następujący: C – 2,3%, Cr – 4,2%, Mo – 7,0%, W – 6,5%, V – 6,5%, Co – 10,5%, Fe – reszta. Twardość narzędzia po obróbce cieplnej to 62-64 HRC. Parametry wycinania ostrzy w nożu Fellowsa:

1. Zastosowano drut mosiężny miękki o średnicy  $\varnothing$  0,10 mm (uwarunkowane to zostało promieniem na wierzchołkach ostrzy narzędzia).
2. Naprężenie drutu: 220 G.
3. Szybkość przesuwu drutu: 12 m/min.



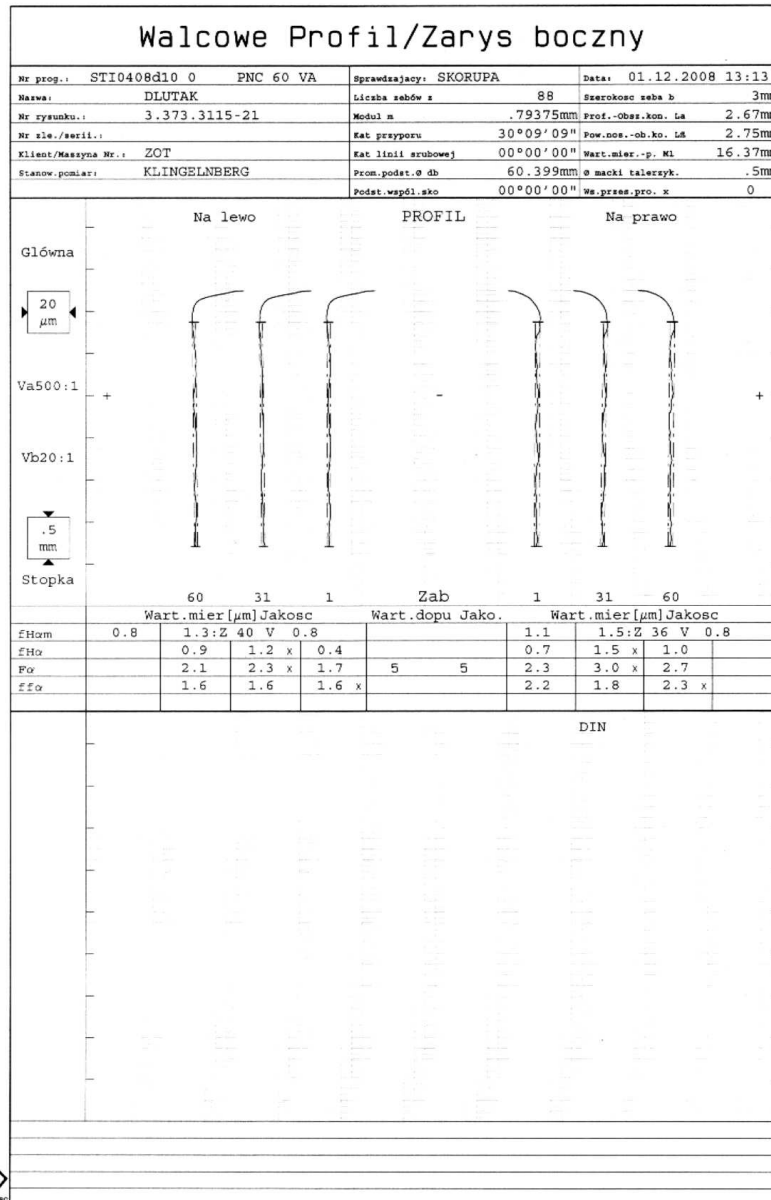
Rys. 3. Dłutak modułowy z ostrzami wykonanymi metodą elektroiskrowego cięcia: widok na powierzchnię natarcia (na lewo), widok z boku (na prawo)

Fig. 3. Gear shaper cutter with wedges made by wire – electrodischarge machining: view on the rake face (left), side view (right)

Nóż Fellowsa z ostrzami wykonanymi metodą wycinania elektroerozyjnego pokazany jest na rysunku 3.

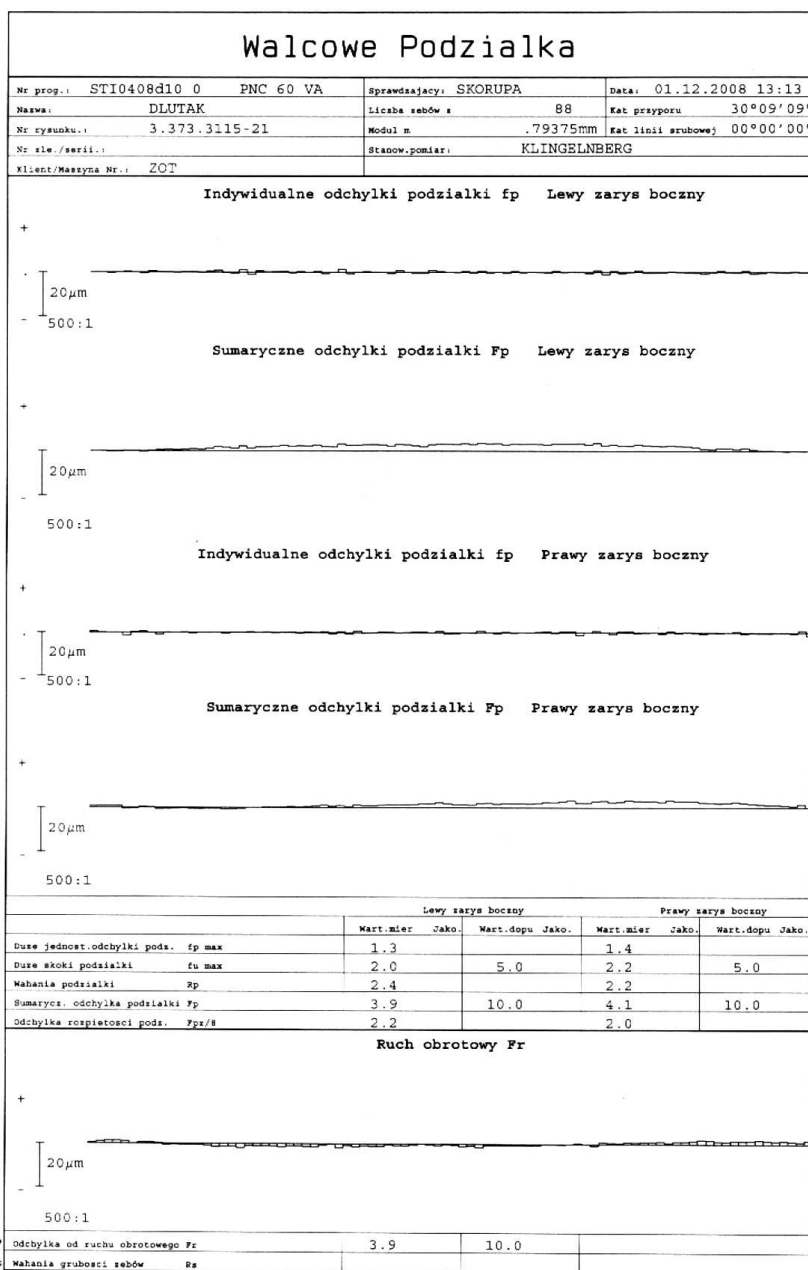
Przed skierowaniem nowego noża Fellowsa do użytkowania jest on, zgodnie z obowiązującą procedurą, sprawdzany na zgodność z rysunkiem konstrukcyjnym. Pomiaru narzędzi specjalnych do kół zębatach dokonuje się w WSK „PZL-Kalisz” na maszynie pomiarowej PNC 60VA Klingelberg. Urządzenie to pozwala na pomiar podziałki międzyostrzowej, ewolwenty oraz średnicy czynnego zarysu ostrzy narzędzia. Wyniki pomiarów otrzymuje się w formie wydruku. Przykłady przedstawiono na rysunkach 4 i 5.

Analizując wykresy, stwierdzono prawidłowe pod względem wymiarowym i geometrycznym wykonanie ostrzy noża Fellowsa. Wyniki pomiarów potwierdziły poprawność wykonania narzędzia i możliwość wykorzystania go do obróbki zamówionych kół zębatach.



Rys. 4. Wynik pomiaru ewolwenty i średnicy czynnego zarysu ostrza rozpatrywanego noża Fellowsa

Fig. 4. The result of involute and the diameter of active profile of wedge measurement of investigated gear shaper cutter



Rys. 5. Wynik pomiaru podziałek ostrzy rozpatrywanego noża Fellowsa

Fig. 5. The result of measurement of wedges pitches of investigated gear shaper cutter

### 3. Warunki użytkowania badanego dłutaka modułowego

Wielowypust wykonywany opisywanym nożem Fellowsa znajduje się na części typu „wałek” (rys. 6).



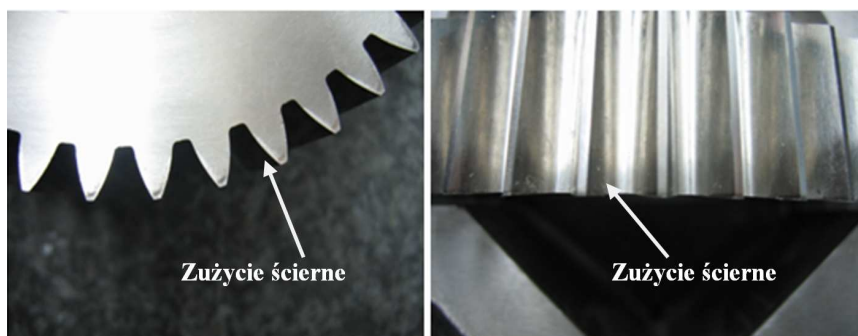
Rys. 6. Wielowypust wykonywany opisywanym nożem Fellowsa na części typu „wałek”

Fig. 6. Spline made by described gear shaper cutter on the machine part type „shaft”

Część obrabiana jest wykonana z materiału 32CDV13-M. Jest to stal stopowa konstrukcyjna o składzie chemicznym: C – 0,34%, Mn – 0,55%, Cr – 3,00%, Mo – 0,90%, V – 0,28%. Przed nacinaniem wielowypustu wałki zostały poddane obróbce cieplnej i zahartowane do 38 HRC.

Parametry obróbkowe nacinania wielowypustu:

- liczba skoków narzędzia w 1. przejściu:  $n_1 = 198$  skok x2/min,
- liczba skoków narzędzia w 2. przejściu:  $n_2 = 298$  skok x2/min,
- głębokość warstwy skrawanej w 1. przejściu:  $a_p = 1,2$  mm,
- głębokość warstwy skrawanej w 2. przejściu:  $a_p = 0,1$  mm,
- posuw obwodowy w 1. przejściu:  $f_o = 50$  mm/min,
- posuw obwodowy w 2. przejściu:  $f_o = 38$  mm/min,
- posuw promieniowy w 1. przejściu:  $f_r = 0,3$  mm/min,
- posuw promieniowy w 2. przejściu:  $f_r = 0,09$  mm/min,
- długość skoku narzędzia:  $L = 16$  mm,
- obróbka z chłodzeniem.



Rys. 7. Obraz zużycia ostrzy noża Fellowsa: na powierzchni natarcia (po lewej) i na powierzchni przyłożenia (po prawej)

Fig. 7. Wear of gear shaper cutter wedges: on the rake face (left) and on the flank face (right)



Po nacięciu przez opisywane narzędzie pierwszego wielowypustu stwierdzono, że wykonanie jest poprawne wymiarowo i geometrycznie. Przystąpiono do obróbki kolejnego wielowypustu. Po jego wykonaniu zaobserwowano znaczne zużycie ściernie, zarówno na powierzchni natarcia, jak i powierzchni przyłożenia ostrzy dłutaka modułowego. Pokazano to na rysunku 7. Nie jest to zjawisko normalne dla tego typu narzędzi po wykonaniu drugiej sztuki części obrabianej. Narzędzie poddane zostało więc pomiarom i badaniom.

#### 4. Badania cech dłutaka modułowego

Do badań dostarczono nóż Fellowsa, na którym ostrza wykonano na elektrodrążarce drutowej. Pomiaru twardości ostrzy na wykonanym narzędziu nie dokonano, ponieważ WSK „PZL-Kalisz” nie ma możliwości technicznych wykonania takiego pomiaru na narzędziu wykonanym na gotowo. W związku z powyższym dokonano badawczego cięcia za pomocą elektrodrążenia na próbce wykonanej ze stali szybko tnącej, z której został wykonany rozpatrywany nóż Fellowsa, by mieć punkt odniesienia do dalszych badań samego narzędzia. Zmierzone twardość na powierzchni cięcia, jak i poza strefą cięcia: twardość na powierzchni cięcia wynosi  $680 \text{ HV}_{0,3}$ , co odpowiada 59 HRC, twardość poza strefą cięcia wynosi  $960 \text{ HV}_{0,3}$ , co odpowiada 68 HRC.

Następnie wycięto próbki z badanego dłutaka i wykonano badania mikroskopowe. W wyniku, czego stwierdzono występowanie na powierzchni cięcia białej przetopionej warstwy o grubości od 0,004 do 0,01 mm, co pokazano na rysunku 8.



Rys. 8. Mikrostruktura stali VANADIS 60 z widoczną na powierzchni cięcia warstwą przetopioną, powiększenie 500 X

Fig. 8. Microstructure of VANADIS 60 steel with the penetration layer on the surface being cut, magnitude 500X

Następnie dokonano pomiaru twardości na przekroju próbki wyciętej z badanego noża Fellowsa. Uzyskano następujące wyniki:

- twardość na powierzchni cięcia wynosi  $650 \text{ HV}_{0,3}$ , co odpowiada 57 HRC,
- na głębokości 0,05 mm pod warstwą przetopioną twardość  $723 \text{ HV}_{0,3}$  – około 60 HRC,
- na głębokości 0,01 mm pod warstwą przetopioną twardość  $774 \text{ HV}_{0,3}$  – około 63 HRC,



- na głębokości 0,15 mm pod warstwą przetopioną twardość 793 HV<sub>0,3</sub> – około 64 HRC,
- na głębokości 4,00 mm pod warstwą przetopioną twardość 892 HV<sub>0,3</sub> – około 66 HRC.

## 5. Wnioski

W wyniku badań opisywanego dłutaka modułowego, którego uzębienie wykonano metodą wycinania elektroerozyjnego za pomocą drutu, stwierdzono, co następuje:

1. Dzięki tej metodzie można uzyskać poprawnie wykonane pod względem wymiarowym i geometrycznym ostrza narzędzia.
2. Metoda ta jednakże znacząco wpływa na zmniejszenie twardości wykonywanych ostrzy narzędzia, co ostatecznie dyskwalifikuje tak wykonane narzędzie. Należałoby wobec tego przeprowadzić badania z zastosowaniem innych metod poprawy właściwości warstwy wierzchniej [2].

## Literatura

- [1] Romanow W.F., *Narzędzia skrawające do uzębień*, WNT, Warszawa 1972.
- [2] Ruszaj A., *Niekonwencjonalne metody wytwarzania elementów maszyn i narzędzi*, IOS, Kraków 1999.