

# Elementy sprężyste fazowników samoczynnych

## Elastic elements of self-acting beveling tool

PIOTR CICHOSZ  
PAWEŁ KAROLCZAK  
MAREK KOŁODZIEJ  
MACIEJ KOWALSKI  
MIKOŁAJ KUZINOVSKI  
HUBERT SKOWRONEK  
KAMIL WASZCZUK \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.393

Przedstawiono wymagania, możliwości i uwarunkowania techniczne zastosowania różnych rodzajów sprężyn w fazownikach samoczynnych. Podano zalecenia do doboru sprężyn dla różnych rozwiązań konstrukcyjnych narzędzi.

**SŁOWA KLUCZOWE:** skrawanie, fazowanie, narzędzia, sprężyny

*The paper presents requirements, opportunities and technical conditions to use different types of springs in self-acting beveling tools. They were given instructions to the selection of springs for various tools design solutions.*

**KEYWORDS:** cutting, beveling, tools, springs

W technikach wytwarzania gratowanie krawędzi, a także wykonywanie fazek, zwłaszcza w trudno dostępnych miejscach, odgrywa dość ważną rolę, np. w przypadku kształtowania fazek w wielostopniowych otworach z licznymi kanałkami. Wymaga to w wielu wypadkach zastosowania narzędzi sterowanych lub mechatronicznych. Narzędzia te są jednak stosunkowo drogie i ich użycie może być opłacalne jedynie w produkcji wielkoseryjnej oraz wtedy, gdy fazka musi być wykonana z dużą precyzją. Zazwyczaj jednak

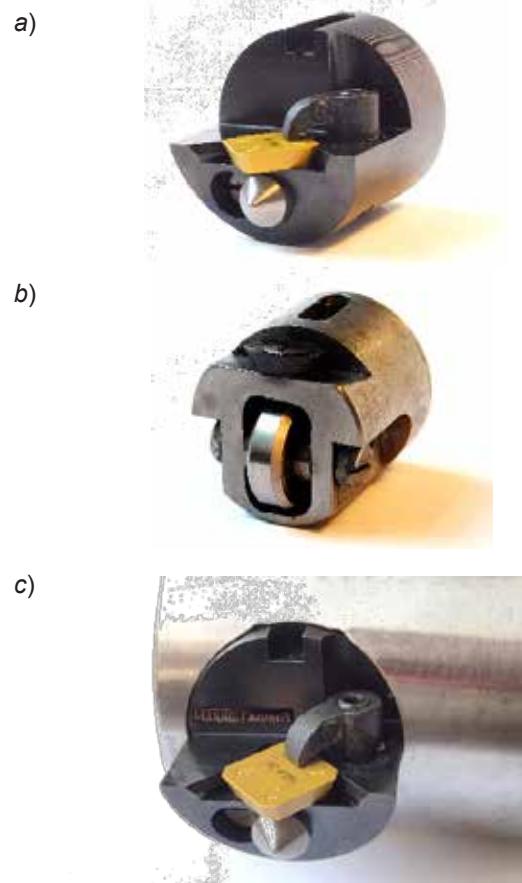


Rys. 1. Fazowniki samoczynne z ostrzem napędzanym elementem sprężystym: a) śrubowym, b) piórowym

\* Prof. dr hab. inż. Piotr Cichosz (piotr.cichosz@pwr.edu.pl), dr inż. Paweł Karolczak, dr inż. Marek Kołodziej, dr inż. Maciej Kowalski, mgr inż. Hubert Skowronek, mgr inż. Kamil Waszczuk – Katedra Obrabiarek i Technologii Mechanicznych, Politechnika Wroclawska; prof. dr inż. Mikołaj Kuzinovski, (mikolaj.kuzinovski@mf.edu.mk) – Wydział Mechaniczny Uniwersytetu w Skopje (Macedonia)

wymagania wobec fazek nie są szczególnie wysokie i wówczas można posłużyć się fazownikami samoczynnymi, których ostrza napędzane są różnego rodzaju elementami sprężystymi. Przykłady wielu takich rozwiązań narzędzi zostały szerzej przedstawione w publikacjach [3-6]. Widok fazowników sprężystych z ostrzami napinanymi sprężynami śrubowymi bądź talerzowymi przedstawia rys. 1a, a sprężynami piórowymi – rys. 1b. Na rys. 2a i b pokazano kasetki z rolkami prowadzącymi, a na rys. 2c widok fazownika z wbudowaną kasetką. Narzędzia przedstawione na rys. 1 i 2 zostały wykonane przez fabrykę PAFANA.

W pracy przedstawiono możliwości zastosowania wybranych rodzajów sprężyn do napędu ostrzy bądź kasetek z ostrzami w różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych fazowników samoczynnych.



Rys. 2. Fazowniki samoczynne z kasetką napędzaną elementem sprężystym: a-b) kasetki z rolkami prowadzącymi, c) narzędzie z kasetką

## Wymagania stawiane elementom sprężystym fazowników

Istota działania fazowników samoczynnych według własnych rozwiązań konstrukcyjnych [1÷2, 4÷6] polega w głównej mierze na tym, że ostrze wykonujące fazkę dociskane jest za pomocą elementu sprężystego w kierunku krawędzi z taką siłą, aby można było wykonać fazkę o zamierzonej wartości. W chwili, gdy fazka osiąga zakładany, ustawiony wymiar, płoza ślizgowa lub rolka prowadząca, opierając się o wykonaną fazkę, cofa samo ostrze (lub kasetkę z ostrzem), przerywając proces skrawania.

Wymagania stawiane elementom sprężystym fazowników i mechanizmów, które z nimi współpracują, są następujące:

- mechanizm napinania sprężyny powinien umożliwić bezstopniową regulację wartości początkowej siły i stwarzać warunki do nastawienia takiej jej wartości, która jest niezbędna do wykonania fazki o zakładanej wielkości w podstawowych materiałach konstrukcyjnych,
- sprężyna wraz z jej zabudową powinna mieć możliwie małe gabaryty, aby fazownik można było umieszczać także w narzędziach o małych średnicach, np. w wiertłach,
- kierunek wywieranej siły powinien być zgodny z kierunkiem działania siły odporowej skrawania, aby nie zachodziła konieczność stosowania mechanizmów (np. klinowych, dźwigniowych) zmieniających ten kierunek, co może komplikować samą konstrukcję narzędzia, wpływając także na jej niezawodność oraz cenę,
- siła odśrodkowa działająca na elementy ruchome fazownika, w tym na samo ostrze i sprężynę, nie powinna zbyt silnie zakłócać stanu równowagi, w jakim muszą się znajdować siły działające w obrębie fazownika i jego ostrza,
- sprężyny powinny mieć charakterystykę podatności na tyle „płaską”, żeby nie spowodować zbyt dużego przyrostu sił po dodatkowym cofnięciu się ostrza, koniecznym do schowania się płozy ślizgowej, bowiem zbyt duża wartość siły odporowej może powodować kaleczenie powierzchni wykonywanej fazki, jeśli materiał przedmiotu jest miękki,
- mechanizmy regulacyjne oraz sam element sprężysty powinny być ergonomicznie umiejscowione w korpusie narzędzia i umożliwiać proste ustawianie wymiaru fazki oraz siły koniecznej do jej wykonania,
- fazownik powinien być niewrażliwy na wióry, pyły oraz płyny obróbkowe,
- elementy fazowników służące do ustawiania i regulacji powinny być zabezpieczone przed niepożądanym rozregulowaniem się podczas pracy,
- sprężyny, zwłaszcza piórowe, powinny być tak skonstruowane, żeby naprężenia, jakie się w nich pojawiają, były w miarę równomiernie rozłożone na całej ich długości, bowiem nadmierna lokalna ich koncentracja może prowadzić do niedopuszczalnych odkształceń plastycznych, gdy chce się uzyskać maksymalne ugięcie sprężyny przy stosunkowo niewielkich jej gabarytach.

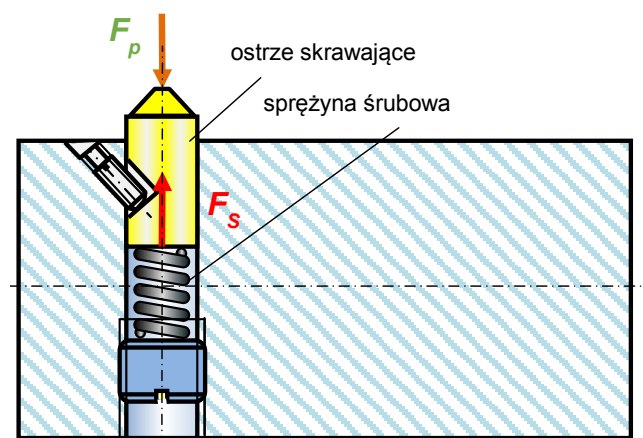
Na podstawie rozważań analitycznych stwierdzono, że elementami sprężystymi o względnie korzystnych właściwościach, nadającymi się do zastosowania przy wykonywaniu fazowników, mogą być sprężyny śrubowe, talerzowe oraz piórowe. W pracy przedstawiono zalety i wady tych sprężyn w kontekście wymienionych wcześniej wymagań, jakie są im stawiane.

## Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych elementów sprężystych fazowników samoczynnych

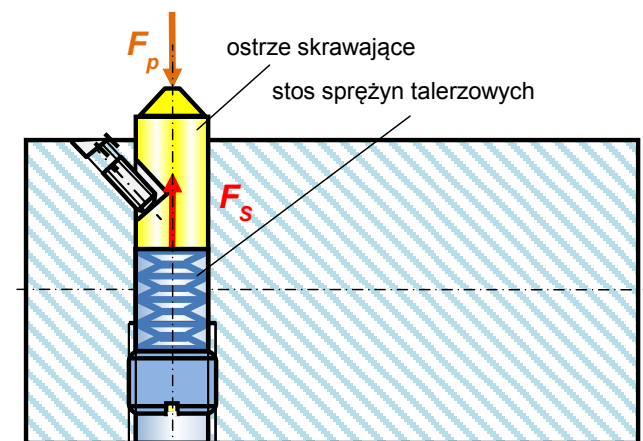
**Sprężyny śrubowe** mają chyba najwięcej zalet spośród wszystkich rodzajów sprężyn i są też najczęściej stosowane w rozwiązaniach konstrukcyjnych różnych mechanizmów. Ich zaletami z uwagi na warunki pracy fazowników są (rys. 3):

1. Równomierne wyężenie (skrętnie) materiału wzdłuż całej długości sprężyny.
2. Odpowiednio dobrana sprężyna nie może w zasadzie ulec odkształceniom plastycznym podczas jej ściskania, ponieważ w pewnym momencie zwoje osiadają na sobie, uniemożliwiając jej dalsze odkształcanie.
3. W stosunkowo małej objętości, jaką zajmuje sprężyna śrubowa, mieści się dość spory potencjał zakresu jej działania, wyrażony możliwością jej odkształcania i wywierania siły.
4. Charakterystyki podatności sprężyn śrubowych są liniowe.
5. Istnieje bogata oferta rynkowa sprężyn o różnych wymiarach i charakterystykach podatności, w tym wykonanych z różnych materiałów, z drutów o przekrojach okrągłych, prostokątnych i kwadratowych.

Wadą sprężyn śrubowych w kontekście ich zastosowań w fazownikach jest to, że siła, jaką mogą one wywierać, działa wzdłuż ich długości, co utrudnia, a nawet ogranicza możliwości jej prostopadłego usytuowania w stosunku do osi w narzędziach o małych średnicach, jeśli chce się zrezygnować z mechanizmu zmiany kierunku działania siły.



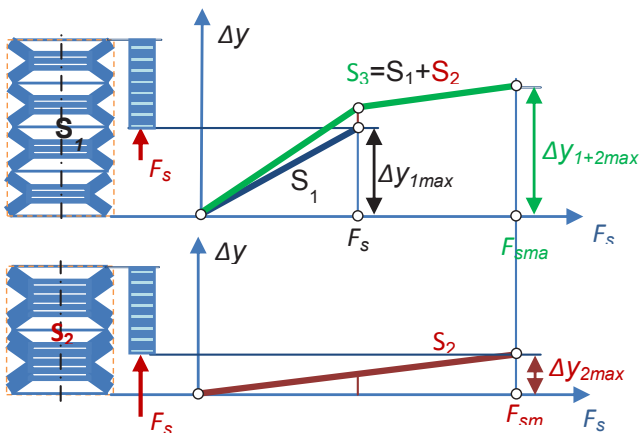
Rys. 3. Schemat działania fazownika samoczynnego ze sprężyną śrubową



Rys. 4. Schemat działania fazownika samoczynnego ze sprężyną talerzową

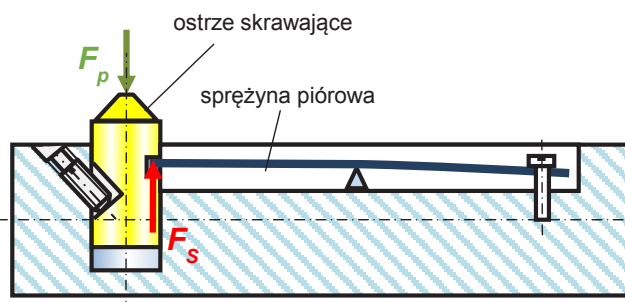
**Sprężyny talerzowe** (rys. 4) mają podobne zalety i wady jak sprężyny śrubowe, choć może w mniejszym od nich zakresie dysponują potencjałem zdolności do dużych odkształceń. Są też chętnie stosowane wtedy, gdy wymagana jest ich duża sztywność przy małych gabarytach. Istotną zaletą tych sprężyn jest duża możliwość konfigurowania ich z zestawów pojedynczych elementów talerzowych i uzyskiwania różnych charakterystyk podatnościowych, nawet jeśli sprężyny składają się z identycznych elementów. Korzystając natomiast z elementów o różnych grubościach i możliwości montowania ich w zmiennych liczebnie pakietach, można modyfikować i uzyskiwać dość złożone charakterystyki podatnościowe sprężyn. Na rys. 5 zilustrowano przykładowo możliwości uzyskania różnych charakterystyk sprężyn zestawianych z takich samych elementów. Sprężyny  $S_1$  i  $S_2$  składają się z ośmiu segmentów zestawionych pojedynczo lub podwójnie. Sprężyna  $S_3$  złożona jest z dwóch poprzednich sprężyn.

Co prawda ułożenie stosu sprężyn z podwójnie tak samo zestawionych segmentów zwiększy sztywność sprężyny dwukrotnie, to jednak dwukrotnie zmaleje możliwość jej maksymalnego odkształcenia, jeśli zachowa się tę samą liczbę segmentów. Natomiast zwiększając liczbę elementów i zachowując tę samą długość początkową sprężyny, uzyska się mniejszy zakres jej ugięcia dla maksymalnego obciążenia.



Rys. 5. Podatność sprężyn talerzowych o różnych kombinacjach ułożeń segmentów

**Sprężyny piórowe** (rys. 6) różnią się znacznie od omawianych wcześniej sprężyn śrubowych i talerzowych. Zasadniczą różnicą funkcjonalną jest inny kierunek odkształcania sprężystego, a co za tym idzie – kierunek wywierania siły. W tym przypadku jest on prostopadły do długościowego wymiaru sprężyny. Jest to istotna zaleta z uwagi na możliwość wbudowywania elementów sprężystych wzdłuż



Rys. 6. Schemat działania fazownika samoczynnego ze sprężyną piórową

osi narzędzi nawet o stosunkowo małych średnicach. Kolejną zaletą jest w miarę łatwa modyfikacja charakterystyk sprężyn poprzez stosunkowo proste zmiany ich szerokości wzdłuż długości.

Ugięcie sprężyny piórowej przedstawionej na rys. 6 i 7 jeśli ma ona stały przekrój poprzeczny ( $b \times h$ ), można zapisać wzorami na ugięcie  $f_c$  względem środkowej podpory:

$$f_c = \frac{F a^2 c^2}{3 E J l} \quad (1)$$

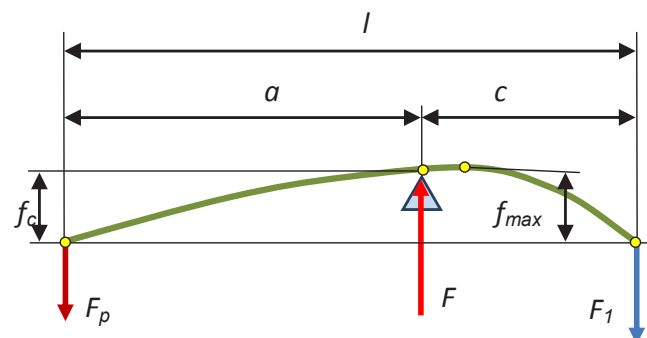
Maksymalne jej ugięcie wynosi:

$$f_{max} = \frac{F c}{3 E J l} \left( \frac{l^2 - c^2}{3} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

Moment bezwładności, występujący we wzorach (1) i (2) ma postać:

$$I = \frac{b h^3}{12} \quad (3)$$

Sprężyna piórowa o stałym przekroju poprzecznym (rys. 8a) ma jednakowy moment bezwładności (3) na całej swojej długości. Z punktu widzenia możliwości osiągnięcia maksymalnego ugięcia nie jest to korzystne, bowiem największy moment gnący pióra sprężyny ( $M_g = F_p a$ ) występuje na środkowej podporze. W tym miejscu przy zbyt dużym obciążeniu sprężyny może dojść do jej odkształcenia plastycznego i uszkodzenia. Przekrój sprężyny w tym miejscu determinuje możliwość wywierania przez nią maksymalnej siły. Im bardziej oddalimy się od środkowej podpory, tym liniowo maleje jej obciążenie momentem gnącym. Tak więc graniczne wyięcenie materiału wystąpi jedynie w okolicach środkowej podpory. Pozostała część sprężyny nie może być bardziej obciążana celem uzyskania jej maksymalnego ugięcia, bowiem przy zwiększaniu nacisku siłą  $F_p$  przekroczone zostanie dopuszczalne jej obciążenie w miejscu podpory. Gdyby zmniejszyć moment bezwładności sprężyny w takim samym stosunku, jak maleje moment gnący, uzyskałoby się jednakowe wyięcenie materiału sprężyny na całej jej długości. Pozwoli to wówczas uzyskać większe (maksymalne) odkształcenie sprężyny przy tej samej jej długości. Analizując wzór (3), można łatwo zauważyć, że aby liniowo zmieniać moment bezwładności przekroju prostokątnego, należy liniowo zmieniać szerokość sprężyny (rys. 8b) lub w trzeciej potęgze jej grubość (rys. 8c), co jest dość trudne technicznie, gdyż wymagałoby zastosowania szlifowania kształtowego.



Rys. 7. Schemat obciążenia sprężyny piórowej



Podczas szlifowania występują wysokie temperatury, co mogłoby doprowadzić do zmiany struktury umocnionego zgniotem materiału i pogorszenia jego właściwości sprężystych. Trzeba wspomnieć, że materiały na sprężyny nie są obrabiane cieplnie, lecz umacniane zgniotem.

Nadawanie sprężynie złożonego kształtu przedstawionego na rys. 8c, można też uprościć, zastępując ją sprężyną wielopiórową (rys. 8d). Z oczywistych powodów łatwiej jest to wykonać pierwszym sposobem, kształtując sprężynę w sposób pokazany na rys. 8b.

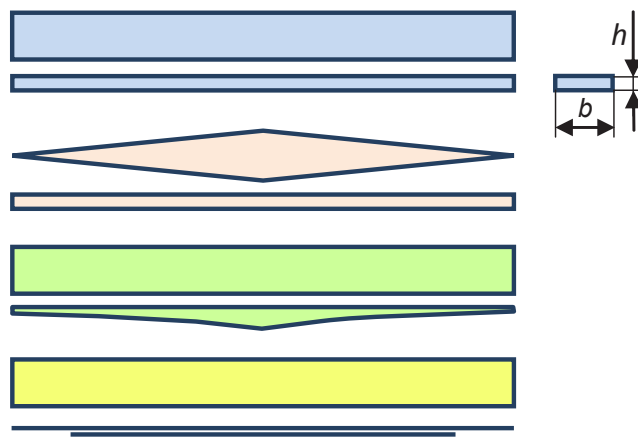
Operując wymiarami  $a$ ,  $c$ ,  $l$  (rys. 7), zmianą przekroju poprzecznego sprężyny ( $b \times h$ ) na jej długości, a także rodzajem jej materiału, można w dużym zakresie dopasowywać charakterystykę podatności elementu sprężystego fazownika do określonych potrzeb. Trzeba też wspomnieć, że podczas eksploatacji fazowników sprężystych istnieje możliwość, a nawet konieczność dopasowywania zakresu pracy sprężyny do różnych miejsc jej charakterystyki, czego dokonuje się za pomocą jej napięcia wstępnego.

W zastosowaniach do fazowników pewnym mankamentem sprężyn piórowych o zmiennej szerokości są trudności w zachowaniu szczelności między sprężyną a korpusem fazownika (w przypadku sprężyn śrubowych i talerzowych uszczelnianie mechanizmów jest zazwyczaj znacznie prostsze).

Brak dostatecznej szczelności może skutkować dostawaniem się mikrowiórów i innych zanieczyszczeń między przemieszczające się wzajemnie elementy i powodować ich wadliwe działanie, a nawet blokadę.

Zaletą sprężyn piórowych jest zazwyczaj łatwiejszy dostęp do elementów regulacyjnych i nastawczych, które muszą oddziaływać na samą sprężynę oraz położenie ostrza czy też kasetki z ostrzem. Wadą elementów sprężystych piórowych jest to, że w zasadzie nie da się ich w prosty sposób konstruować tak, aby nie można było ich przeciążyć, co mogłoby prowadzić do odkształceń plastycznych. Takiej wady nie mają sprężyny śrubowe i talerzowe. Mimo niewątpliwiej zalety sprężyn piórowych, jaką jest prostota konstrukcji, stanowi to z drugiej strony pewne jej ograniczenie. Ma ona bowiem mniejszy potencjał – w porównaniu ze sprężynami śrubowymi – wywierania znacznej siły przy jednocześnie dużych odkształceniach.

**Sprężyny składane** mogą być zbudowane z dwóch lub kilku elementów sprężystych o różnych zasadach działania, np. ze sprężyn piórowych i śrubowych. Można wówczas tworzyć układy sprężyste o różnych charakterystykach, w tym liniowe i nieliniowe – analogicznie jak w przypadku budowy wspomnianych sprężyn talerzowych (rys. 5). Jednak w przypadku dążności do minimalizacji objętości przestrzeni, wymaganej od fazowników wmontowanych w narzędzie, a także z racji obniżenia kosztów, konstrukcja narzędzia z zastosowaniem sprężyn składanych wydaje się nieuzasadniona.



Rys. 8. Przykładowe, możliwe kształty sprężyn piórowych

## Podsumowanie

Fazowniki samoczynne z elementami sprężystymi do napędu ostrza można konstruować w wielu wariantach. W zależności od rodzaju fazownika, jego wielkości i uwarunkowań zastosowania – jako narzędzia niezależnego lub wbudowanego w inne narzędzie, takie jak wiertło lub wytaczak – istnieje kilka możliwości zastosowań różnych odmian elementów sprężystych do napędu ostrza skrawającego. Z przeprowadzonej analizy wynika, że można tu podać kilka zaleceń konstrukcyjnych:

- dla fazowników o dużych średnicach można zastosować do napędu ostrza skrawającego sprężyny śrubowe, a przy dużych koniecznych wartościach sił – także stosy sprężyn talerzowych,
- dla narzędzi i fazowników o małych przekrojach poprzecznych korzystniejszym rozwiązaniem może być zastosowanie sprężyn piórowych lub śrubowych, przy czym w przypadku tych ostatnich należy się liczyć z prawdopodobną koniecznością zmiany kierunku wywierania siły na ostrze,
- aby uzyskać możliwe maksymalne odkształcenie sprężyny piórowej i jednocześnie możliwość wywierania za jej pomocą znacznej siły na element fazownika z ostrzem skrawającym, należałoby nadać jej zmienny przekrój wzdłuż długości, tak aby uzyskać możliwość równomiernego jej obciążenia, zbliżonego do dopuszczalnego.

## LITERATURA

1. Cichosz P. „Kasetka z ostrzem do samoczynnego wykonywania fazek”. Patent PL 213331. Zgłoszono 14.09.2009, udzielono patentu 28.02.2013.
2. Cichosz P. „Ostrze do samoczynnego wykonywania fazek”. Patent PL 213332. Zgłoszono 14.09.2009, udzielono patentu 28.02.2013.
3. Cichosz P. Kuzinovski M. „Metody wykonywania fazek i gratowania krawędzi. Cz.1 i 2”. *Mechanik*, nr 7 i 8–9, 2011.
4. Mat. inf. firmy Cogsdill Tool Products.
5. Mat. inf. firmy Ezbur
6. Rodziejewicz M. „Racjonalne sposoby usuwania zadziórów”. WNT, Warszawa 1968.