

# Narzędzia z obrotowymi krawędziami skrawającymi – klasyfikacja i terminologia

## Tools with rotary cutting edges – classification and terminology

JANUSZ CIELOSZYK  
BOLESŁAW FABISIAK\*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.8-9.100>

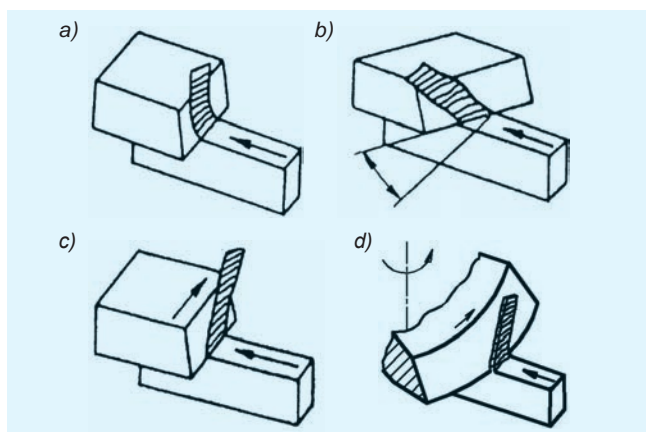
Na tle stanu wiedzy, analizy literatury i własnych doświadczeń w badaniach narzędzi z ostrzami obrotowymi przedstawiono stosowaną terminologię i klasyfikację tych narzędzi w procesach obróbki frezowaniem, toczeniem, rozwiercaniem i powiercaniem. Na podstawie tej analizy zaproponowano skorygowaną i ujednoliconą terminologię i klasyfikację.

**SŁOWA KLUCZOWE:** narzędzia z ostrzami obrotowymi, narzędzia z ostrzami samoobrotowymi, narzędzia z wymuszonym obrotem płytki

*Research focuses on unconventional tools with the rotary edges (RET – rotary edges tools) type self-propelled rotary edges tool (SPRET) and driven rotary edges tools (DRET). Based on the analysis, corrected terminology and classification are presented.*

**KEYWORDS:** rotary edges tools, SPRET, DRET

W ostatnich latach w wiodących technologicznie krajach z sukcesem wraca się do koncepcji obróbki narzędziami ze zmienną czynną krawędzią skrawającą, zwłaszcza w zakresie obróbki materiałów trudnoobrabialnych [1–4]. W przypadku procesów obróbki takich materiałów za pomocą tradycyjnych metod napotyka się bowiem wiele trudności. Narzędzia te mają określoną liczbę krawędzi skrawających (np. 3, 4, 6, 8 lub 12), niezmiennych w czasie skrawania (rys. 1a i b).

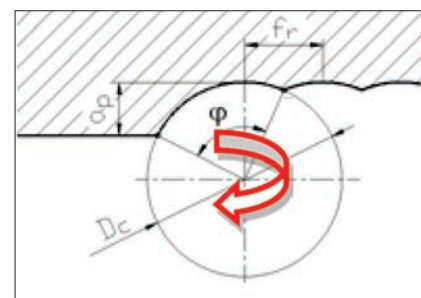


Rys. 1. Odmiany skrawania z niezmienną krawędzią: ortogonalne (a) i skośne (b); skrawanie ze zmienną czynną krawędzią skrawającą: prostoliniową (c) i obrotową (d)

W przypadku skrawania ze zmienną czynną krawędzią skrawającą kolejne fragmenty krawędzi skrawającej wchodzi w strefę obróbki w sposób ciągły w całym procesie skrawania, aż do osiągnięcia stanu stępienia – w przypadku wkładki z pojedynczą krawędzią skrawającą jest to równoznaczne z jej żywotnością, a w przypadku wkładki dwustronnej – z podwójną trwałością. Tak realizowany proces obróbki można więc określić jako skrawanie ze

zmienną aktywną krawędzią skrawającą (rys. 1c i d). Dla tego sposobu obróbki i tego rodzaju narzędzi charakterystyczne są dwa czynniki: wkładka (płytką) okrągła, stosowana we wszystkich przypadkach bez względu na sposób i odmianę realizowanej obróbki, oraz jej obrót (rys. 2).

Rys. 2. Czynna krawędź skrawająca



Za twórcę narzędzi z obrotowymi ostrzami skrawającymi uchodzi James Napier [10]. Nie zachowały się żadne jego projekty ani konstrukcje, jednak w 1868 r. w swoich pismach przewidywał i przedstawiał ogromne możliwości takich narzędzi w zastosowaniach przemysłowych.

Klasyfikacja omawianych narzędzi, która adekwatnie oddawałaby obecny stan ich rozwoju i zastosowań, w zasadzie nie istnieje. Zaproponowano więc, jako efekt badań własnych [1, 2], studium literatury przedmiotu i patentów [3–9] oraz wprowadzenie systematyki w dziedzinie konstrukcji tych narzędzi i ich zastosowań. Wydaje się to uzasadnione również w kontekście ich historycznego rozwoju. Początkowo występowały one jako narzędzia specjalne, a w ostatnich latach stają się narzędziami handlowymi.

### Narzędzia obrotowe czy narzędzia z ostrzami obrotowymi?

W badaniach doświadczalnych i praktyce przemysłowej narzędzia te określa się często jako narzędzia obrotowe, a procesy z ich użyciem – obróbką narzędziami obrotowymi. Wynika to głównie z prostego tłumaczenia naukowych publikacji, opisów patentowych i opracowań wdrożeniowych. Przykładowo, w języku rosyjskim pojęcia te brzmią: *ротационное резание, ротационные инструменты*, a w języku angielskim: *rotary tools (RT), rotary cutting* [4–6]. Najbardziej popularna grupa narzędzi z ostrzami obrotowymi to narzędzia tokarskie, tradycyjnie realizujące ruch posuwowy, nieobrotowy (tabl. I). Ich nazwa w języku angielskim i akronimy (*self-propelled rotary tools* – SPRT) wskazywałyby, że mamy do czynienia z narzędziami obrotowymi. W rzeczywistości jedynie samo ostrze obraca się na skutek działania siły wywołanej tarcieniem wióra o powierzchnię natarcia. Ruch ten jest możliwy dzięki różnym rozwiązaniom łożyskowania wkładki skrawającej.

Potrzeba poprawnego określenia tych narzędzi wynika również z konieczności uproszczenia i przyspieszenia wyszukiwania treści w katalogach, artykułach czy opisach

\* Dr hab. inż. Janusz Cieloszyk ([janusz.cieloszyk@zut.edu.pl](mailto:janusz.cieloszyk@zut.edu.pl)), dr inż. Bolesław Fabisiak – Instytut Technologii Mechanicznej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

patentowych dostępnych w sieci internetowej. Wpisanie w wyszukiwarce internetowej hasła *rotary tools*, *rotary cutting*, *ротацонное резание* czy *ротацонные инструменты* zazwyczaj naprowadza na treści dotyczące typowych procesów skrawania i typowych obrotowych narzędzi skrawających, jak frezy, wiertła i rozwiertaki. Wydaje się więc, że bardziej precyzyjna nazwa to: narzędzia z ostrzem obrotowym/ostrzami obrotowymi. W języku angielskim odpowiednie nazwy i akronimy brzmią: *rotary cutting edge tools* – RCET, *rotary edge tools* – RET, *tools with rotary cutting edge* – TRCE. Jednakże w literaturze anglojęzycznej (np. w Japonii, Chinach, Korei, USA) spotyka się uproszczony, niedoskonały skrót RT (*rotary tools*), mimo że bardziej czytelny byłby akronim RET (*rotary edge tools*) lub RE (*rotary edge* – w domyśle: *tool*).

### Klasyfikacja narzędzi z ostrzami obrotowymi

Ogólnym wyróżnikiem klasyfikującym narzędzia z ostrzami obrotowymi (tabl. I) jest mechanizm uzyskiwania obrotu płytki skrawającej. Obrót płytki w odmianie kinematyki przedstawionej na rys. 1d można uzyskać następującymi sposobami:

- obrót „samoczynny” – pod wpływem układu sił działających podczas skrawania na powierzchnie czynne ostrza. Narzędzia tego rodzaju będą nazywane narzędziami z ostrzami samoobrotowymi i oznaczane akronimem SPRET (*self-propelled rotary edge tool*);
- obrót wymuszony – przez zastosowanie zewnętrznego mechanizmu napędowego. Narzędzia tego rodzaju będą oznaczane akronimem DRET (*driven rotary edges tool*) lub DRE.

Możliwy jest również wariant z okresowym obrotem płytki, odbywającym się poza strefą obróbki. Ten wariant roboczo oznaczono jako SPRET-Interrupt. Obrót płytki realizowany byłby w odstępach czasu pomiędzy wyjściem ostrza z materiału obrabianego i kolejnym wejściem w materiał (w operacjach frezarskich) lub pomiędzy kolejnymi przejściami noża (w operacjach tokarskich). Mechanizm wymuszający okresowy obrót płytki można zbudować z wykorzystaniem mediów stosowanych powszechnie w obróbce skrawaniem, takich jak sprężone powietrze lub płyn chłodziwo-smarujący podawany pod wysokim ciśnieniem (np. przez wrzeciono frezarki).

**TABLICA I. Wybrane konstrukcje narzędzi tokarskich z ostrzami obrotowymi – RET (*rotary edge tools*)**

a)	Nóż SPRT japońskiej firmy Mitsubishi Carbide, prawy, typu RRSDR3232P12. Płytki wymienne o średnicy $D_c = 12,7$ mm, np. RDGH120400-M4 TF15	
b)	Nóż SPRT japońskiej firmy Mitsubishi Carbide, lewy, typu RRNL3232 P19. Płytki wymienne o średnicy $D_c = 19,05$ mm, np. RNGJ190600-M5 US735	
c)	Nóż SPRT firmy Rotary Technologies Corporation (USA) typu CLT-15RH z wymienną kasetą rotacyjną. Płytki wymienne o średnicy $D_c = 27$ mm. Narzędzie w wersji handlowej pojawiło się na rynku w 2008 r.	
d)	Wytaczadło SPRT własnej konstrukcji, przystosowane do badań doświadczalnych z wymiennymi kasetami rotacyjnymi lub stacjonarnymi	

Wprowadzenie wymuszonego napędu płytki skrawającej (DRET) komplikuje i podraża konstrukcję narzędzia, jednak pozwala na celowe sterowanie ważnym parametrem kinematycznym, a mianowicie obrotami płytki skrawającej. Wymuszony napęd w narzędziach DRET może poprawiać niektóre efekty eksploatacyjne narzędzi [4–6] i jest niezbędny w obróbce złożonych geometrycznie zarysów, a więc wtedy, gdy istnieje możliwość wystąpienia niestabilnego obrotu płytki skrawającej. Ze względów technicznych i ekonomicznych narzędzia DRET były dotychczas badane i stosowane sporadycznie.

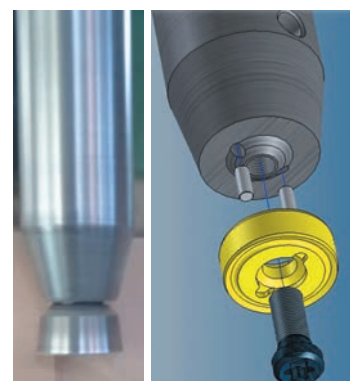
We wszystkich wariantach narzędzi RET istotnym elementem jest łożyskowanie obrotowego ostrza. Sposób rozwiązania węzła łożyskującego jest wyróżnikiem klasyfikującym narzędzia na łożyskowane: ślizgowo, tocznie i w sposób mieszany. Studiując historię rozwoju tych narzędzi, można jednoznacznie stwierdzić, że właśnie problem łożyskowania był główną przeszkodą w ich rozwijaniu. Narzędzia RET z układem łożyskowania pracują w warunkach dynamicznie zmiennych sił, wysokiej temperatury i często w środowisku chłodziwa oraz różnych postaci wiórów. Zapewnienie spełnienia wymagań dotyczących wytrzymałości, odporności termicznej i chemicznej, a zwłaszcza wysokiej dokładności geometrycznej (bicia) i bezłuzowej pracy łożysk, było i jest zadaniem trudnym technicznie. Dodatkową trudnością jest ograniczona przestrzeń, w której węzeł łożyskowy powinien się mieścić. Narzędzia lub kasety rotacyjne, które w wystarczającym stopniu spełniają stawiane im wymagania, są obecnie konstruowane na bazie łożysk wałeczkowych, odbierających stopnie swobody zarówno w kierunku promieniowym, jak i osiowym. Inne odmiany łożyskowań są akceptowalne jedynie w narzędziach RET, przeznaczonych do obróbki materiałów łatwo obrabialnych, niemetalowych.

Od niedawna przed narzędziami z wymuszonym obrotem ostrza typu DRET, przeznaczonymi do centrów tokarskich CNC sterowanych w wielu osiach, otworzyły się zupełnie nowe perspektywy [2, 8, 9]. Tym samym pojawiła się możliwość zastąpienia złożonego mechanizmu napędzającego płytkę skrawającą, montowanego w korpusie każdego narzędzia z osobną, mechanizmem napędowym odpowiedniej osi – sterowanej numerycznie – nowoczesnej obrabiarki.

### Narzędzia z obrotowym ostrzem napędzane przez wrzeciono obrabiarki



Jest to szczególna grupa narzędzi DRET (roboczo nazywana przez autorów nożami czołowymi obrotowymi), w której nie występuje problem trudnego łożyskowania krawędzi skrawającej (rys. 3), a to upraszcza konstrukcję narzędzi zarówno jednolitych (tabl. II pkt d), jak i składanych.

Rys. 3. Noże czołowe napędzane – DRET (*driven rotary edge tools*)





**TABLICA II. Konstrukcje jedno- i wieloostrowych narzędzi z ostrzami obrotowymi (RET)**

a)	Głowica frezowa SPRET o oznaczeniu C80-4 firmy RTC (USA) z wymiennymi kasetami rotacyjnymi, również z możliwością stosowania dodatkowej kasety z płytką wygładzającą o krzywiznie prostoliniowej	
b)	Narzędzie SPRET do powiercania firmy RTC (USA), wykonywane na specjalne zamówienie	
c)	Głowica łuszczarska z kasetami rotacyjnymi w wersji specjalnej	
d)	Nóż czołowy własnej konstrukcji do zastosowań na tokarkach CNC wieloosiowych lub na specjalnych przystawkach do obrabiarek konwencjonalnych. Wersja z geometrią przystosowaną do obróbki drewna i innych materiałów miękkich	

Obróbka tymi narzędziami przypomina proces frezotoczenia. W obu przypadkach przedmiot i narzędzie wykonują ruch obrotowy, a dodatkowo narzędzie albo przedmiot wykonuje ruch posuwowy. Istnieje jednak zasadnicza różnica w kształtowaniu powierzchni: nóż czołowy charakteryzuje stała, nieprzerwana obecność tego samego ostrza w materiale.

Zaproponowana nazwa noża jest również akceptowalna w innych językach. Stanowi analogię do frezowania czołowego (*face milling*) – *face rotary turning tools* (FRTT).

W ostatnich latach w literaturze anglojęzycznej [2, 8, 9] tej technologii przypisano indywidualną nazwę *spinning – turning spinning tool technology*. Obie nazwy mogą funkcjonować równolegle także w języku polskim: toczenie nożem czołowym (FRTT) lub toczenie spinowe. W przyszłości – wraz z rozwojem tej technologii oraz zwiększaniem częstotliwości i obszaru jej zastosowania – może utrwalić się jedna z tych nazw.

Należy podkreślić, że w wariancie wykorzystania tokarek CNC sterowanych w wielu osiach narzędzie może pracować zarówno jako SPRET, jak i DRET. Jedyne warunki zmiany z wariantu SPRET na DRET jest taki, że opory obrotu wrzeczona przy odłączonym napędzie muszą być mniejsze niż moment jego obrotu spowodowany siłą tarcia wióra na powierzchnię natarcia. Dodatkowo siłę tarcia można zwiększać lub zmniejszać przez zmianę kąta ustawienia osi narzędzia.

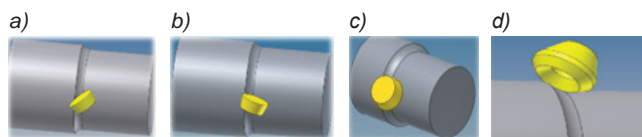
### Narzędzia z obrotowym ostrzem w różnych rodzajach obróbki

Podstawowym wyróżnikiem klasyfikującym narzędzia z ostrzami obrotowymi jest rodzaj obróbki, do której są przeznaczone. Rozwijane są konstrukcje narzędzi RET do operacji:

- toczenia powierzchni zewnętrznych i czoł (tabl. I pkt a–c),
- wytaczania (tabl. I pkt d),
- frezowania (tabl. II pkt a),
- powiercania (tabl. II pkt b),
- łuszczenia (tabl. II pkt c).

Ważnym wyróżnikiem narzędzi RET, charakteryzującym ich kinematyczne właściwości skrawania, jest

orientacja płytki skrawającej względem przedmiotu obrabianego, określająca położenie powierzchni natarcia, przyłożenia oraz położenie osi obrotu płytki. Na rys. 4a i b pokazano najczęściej stosowane warianty ustawień płytki skrawającej względem przedmiotu obrabianego, różniące się znakiem kąta pochylenia osi płytki skrawającej względem płaszczyzny podstawowej. Przyjęcie poboczniczy stożka (lub walca) jako powierzchni natarcia mniej ogranicza przestrzeń, w której można umieścić węzeł łożyskowy. Ten wariant stosowany był w konstrukcjach narzędzi o dużych gabarytach, budowanych z wykorzystaniem łożysk kulkowych. Odmiana płytki skrawającej pokazana na rys. 4d (tzw. *frustum*), obecnie rozwijana i badana w firmie RTC (USA), charakteryzuje się korzystniejszym odprowadzaniem wiórow z strefy skrawania oraz dobrą wytrzymałością ostrza.



Rys. 4. Wybrane warianty położenia płytki skrawającej względem przedmiotu obrabianego: a–b) powierzchnią natarcia jest podstawa stożka (lub walca), c) powierzchnia natarcia jest pobocznicą stożka, d) odmiana geometrii płytki skrawającej nazywana *frustum*

### Podsumowanie

Proponowana terminologia i klasyfikacja stanowi jedynie próbę usystematyzowania znanych (lub możliwych) rozwiązań konstrukcyjnych narzędzi o obrotowej krzywiznie skrawającej, które są stale rozwijane i doskonalone.

Przegląd rozwiązań konstrukcyjnych wraz z ich charakterystyką może być cenną inspiracją zarówno dla konstruktorów narzędzi, jak i technologów planujących wykorzystanie tych narzędzi (RET) w nowoczesnych procesach obróbki.

### LITERATURA

1. Cieloszyk J., Zasada M. "The Self-Propelled Rotary Tools-Future Conception In Metal Cutting?". *The 15th DAAAM International Symposium Intelligent Manufacturing & Automation: Globalisation – Technology – Men – Nature*, 3–6<sup>th</sup> November 2004, Vienna, Austria, s. 075–077.
2. Cieloszyk J., Zasada M., Wieloch G. „Właściwości i perspektywy zastosowań aktywnie napędzanych noży obrotowych ADRT na wieloosiowych centrach obróbkowych”. *Innovative Manufacturing Technology 2*. Ed.: Rusek P. Kraków: IZTW, 2012, ISBN 978-80-228-2385-2, s. 29–39.
3. Dessoly V., Melkote S.N., Lescailier C. "Modeling and verification of cutting tool temperatures in rotary tool turning of hardened steel". *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 44 (2004): s. 1463–1470.
4. Ezugwu E.O. "High speed machining of aero-engine alloys". *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, ABCM*. XXVI, 1 (2004): s. 532–539.
5. Ezugwu E.O. "Key improvements in the machining of difficult-to-cut aerospace superalloys". *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. 45 (2005): s. 1353–1367.
6. Kishawy H.A., Becze C.E., McIntosh G.G. "Tool performance and attainable surface quality during the machining of aerospace alloys using self-propelled rotary tools". *Journal of Materials Processing Technology*. 152 (2004): s. 266–271.
7. Kishawy H.A., Wilcox J. "Tool wear and chip formation during hard turning with self propelled rotary tools". *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. 43 (2003): s. 433–439.
8. Nakajima K. et al. "Effect of rotary cutting tool posture on machining performance utilizing multi-tasking lathe". *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*. 2, 2 (2008): s. 532–539.
9. Sasahara H., Kato A. et al. "High-speed rotary cutting of difficult-to-cut materials on multi tasking lathe". *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 48, 7–8 (2008): s. 841–850.
10. Shaw M.C., Smith P.A., Cook N.H. "The rotary cutting tool". *Transactions of the ASME*. 1952, s. 1065–1076.