

Bionika w rozwoju procesów obróbki skrawaniem

Bionic in cutting manufacturing processes development

ADAM RUSZAJ*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.234

Wraz z rozwojem bioniki pojawiają się inspirowane biologicznie koncepcje rozwoju procesów obróbki skrawaniem. Najbardziej zaawansowane są inspirowane biologicznie zmiany w konstrukcji obrabiarek oraz rozwiązania dotyczące operacji cięcia i wiercenia w badaniach geologicznych na Ziemi i w kosmosie.

SŁOWA KLUCZOWE: struktury bioniczne, obrabiarki, narzędzia, właściwości mechaniczne, samoostrzenie

Together with Bionic development the inspired biologically conceptions of cutting processes development occur. The most advantageous are biologically inspired improvements in machine tools design and special operations of cutting and drilling in geological investigations on our Earth or in space.

KEYWORDS: bionic structures, machine-tools, tools, mechanical properties, self-sharpening

Wyniki badań w dziedzinie bioniki znajdują szerokie zastosowanie, począwszy od zagadnień technicznych przez medycynę do zagadnień informatycznych i organizacyjnych [1, 2]. Bionika inspirowane również rozwiązania w zakresie cięcia miękkich tkanek, ścinania zboża, uprawy gleby, rozdrabniania materiałów czy wiercenia w skałach i glebie na Ziemi albo w kosmosie – w tym ostatnim przypadku próbki pobierają specjalne automaty. Uważa się, że bioniczne rozwiązania w wymienionych operacjach wpłyną korzystnie na rozwój procesów kształtowania materiałów w warunkach przemysłowych [3÷8].

Bioinspiracje w rozwoju urządzeń i procesów

W zasadzie każdy organizm żywy czy proces występujący w przyrodzie może być inspiracją w działalności inżynierskiej. Właściwości mechaniczne urządzeń, ich zespołów czy elementów – takie jak sztywność, wytrzymałość, zdolność tłumienia drgań – można istotnie ulepszyć i równocześnie zmniejszyć masę tych urządzeń, wzorując się na budowie roślin (drzew, pędów bambusa i innych traw, pędów kaktusa, kwiatów) oraz zwierząt (szkieletach i kościach ptaków czy ssaków, dziobach tukana czy dzięcioła o strukturach tłumiących drgania) [2]. Z kolei właściwości igieł czy nożyc chirurgicznych, ostrzy niszczarek czy wiertła górniczych do pracy w trudnych warunkach można poprawić, podpatrując budowę kłujek moskitów, zębów piranii, gryzoni oraz niegładkie struktury powierzchni skrzydeł, tułowia czy głowy żuka gnojowego [3, 4, 9]. Nowe sposoby wykonywania otworów powstały w oparciu o metody drażenia otworów przez korniki czy dżdżownice [6÷8].

Właściwości mechaniczne obrabiarek

W zależności od rodzaju elementu i wzorca biologicznego opracowano bioniczne konstrukcje, które charakteryzowały się zwiększeniem wytrzymałości o 53÷124%,

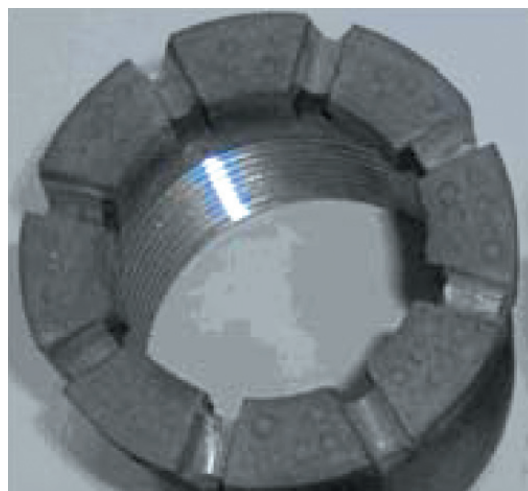
sztywności o 21÷43% i zmniejszeniem masy o 3÷43%, a odkształceń o 16÷44%. Bioniczne konstrukcje charakteryzowały się ponadto zwiększoną odpornością na drgania [2].

Zwiększenie trwałości współpracujących elementów maszyn uzyskuje się przez zastosowanie na powierzchniach współpracujących struktury bionicznej wzorowanej np. na strukturze skrzydeł czy tułowia żuka gnojowego. W przypadku próbek wykonanych z żeliwa szarego strukturę bioniczną wykonuje się laserowo, a następnie bada odporność na zużycie zmęczeniowe. Dla wszystkich próbek ze strukturą bioniczną zużycie zmęczeniowe było mniejsze w stosunku do powierzchni próbek gładkich [3]. Podobnie w przypadku próbek stalowych – dzięki zastosowaniu wykonanej laserowo struktury siatkowej typu „re-seau” istotnie poprawiono właściwości mechaniczne ich warstwy wierzchniej [4].

Wiertła górnicze

Niegładka struktura powierzchni występuje niemal we wszystkich oddziaływaniach pomiędzy glebą a powierzchnią ciała zwierząt żyjących pod ziemią. Na przykład żuk gnojowy wykonuje prace koparko-spycharki. Jego przednie kończyny przystosowane są do kopania. Wykopana nimi (rozdrobniona) gleba przemieszcza się najpierw wzdłuż jego głowy, a następnie tułowia, których powierzchnie posiadają specjalną strukturę.

Zainspirowani tą strukturą badacze opracowali samoostrzący się materiał kompozytowy składający się z ziaren diamentowych i osnowy. Sekret samoostrzenia powierzchni wiertła polega na odpowiednim dobraniu materiału osnowy i relacji jej zużywania się w stosunku do szybkości wykruszania się fazy diamentowej. W momencie wyrywania ziaren diamentu osnowa się zużywa, aby na bieżąco odślawiać nowe, ostre ziarna diamentu. Badania doświadczalne i eksploatacyjne wskazują, że stosowanie



Rys. 1. Końcówka robocza wiertła górniczego [5]

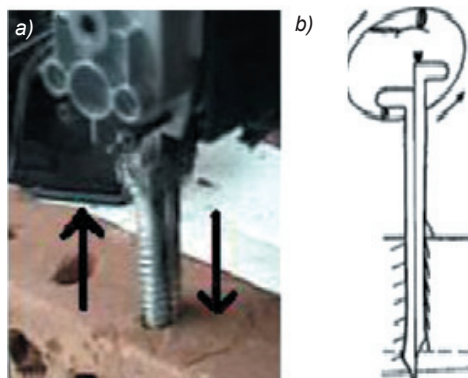
* Prof. dr hab. inż. Adam Ruszaj (ruszaj@mech.pk.edu.pl) – Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji Politechniki Krakowskiej

wiertel z bioniczną samoostrzącą się powierzchnią roboczą umożliwia zwiększenie prędkości wiercenia o 43% i zmniejszenie zużycia nawet o 74% [5].

Specjalne procesy wiercenia

W warunkach słabej grawitacji (np. na księżycu, asteroidach) trudno jest uzyskać siłę osiową niezbędną do wykonania otworu i pobrania próbki materiału konwencjonalną metodą wiercenia obrotowego. Wiercenie udarowe daje dobre efekty przy małej prędkości wiercenia, a tym samym małej wydajności [1, 6]. W wyniku obserwacji takich zwierząt, jak korniki czy dżdżownice, zostały wypracowane nowe rozwiązania bioniczne tych problemów.

Korniki wykonują otwory w drewnie ruchem posuwisto-zwrotnym [1, 6]. Prototyp urządzenia do wykonywania otworów ruchem posuwisto-zwrotnym przedstawiono na rys. 2. Narzędzie jest dwuczęściowe i ma ostrza pochylone w kierunku przeciwnym do kierunku wykonywania otworu. Skutkiem tego opory ruchu w kierunku materiału są małe. Natomiast przy ruchu w górę (od materiału) występuje duży opór w wyniku oddziaływania ostrzy narzędzia z materiałem obrabianym. Przy usuwaniu jednej połówki narzędzia powstaje siła rozciągająca przeciwdziałająca usunięciu wiertła z materiału. Równocześnie w drugiej połówce narzędzia powstaje taka sama siła, ale o przeciwnym zwrocie, wciskająca drugą połowę wiertła (narzędzia) w głąb materiału. Siła wiercenia otworu jest więc generowana pomiędzy dwoma połówkami narzędzia bez potrzeby dodawania siły zewnętrznej. Takie bioniczne wiercenie jest lekko naciskowe (0,5 kG, moc ~3 W) i umożliwia wykonanie otworów o głębokości 1÷2 m. Próby, w których wykorzystano uproszczony prototyp narzędzia, przedstawiono na rys. 2a.



Rys. 2. Schemat wzorowanego na ruchu kornika narzędzia do wykonywania otworów ruchem posuwisto-zwrotnym dwuczęściowym urządzeniem; prototyp urządzenia (a) oraz narzędzie (b) [według: 1, 6]

Wzorując się na perystaltycznym pełzaniu dżdżownicy, które wymaga mniej przestrzeni niż inne formy przemieszczania się, opracowano prototypowe urządzenia, których ruch w glebie jest realizowany w wyniku zmiany grubości segmentów [7, 8].

Przedstawione koncepcje wykonywania otworów wzorowane na ruchu korników i dżdżownic opracowano na potrzeby badań pozaziemskich obiektów kosmicznych, ale zdaniem ich twórców mogą być one racjonalnie wykorzystane również w procesach obróbkowych i wytwarzaniu.

Narzędzia biomedyczne

Wiele organizmów żywych jest wyposażonych w ostre elementy konieczne do obrony i przetrwania [1, 9]. Są to: igły u kaktusa, klujki u moskitów, zęby u drapieżników

lądowych i wodnych. Bioniczne metody cięcia powstały w wyniku analizy żądła moskitów, zębów gryzoni oraz zębów piranii. Klujka moskita była wzorem do opracowania np. strzykawki z igłą umożliwiającą łatwe i prawie bezbolesne przebicie skóry człowieka. Zęby piranii posłużyły do zaprojektowania nożyc chirurgicznych z ostrzami o zarysie ząbkowym do cięcia tkanek miękkich. Do posługiwania się tymi nożycami potrzeba mniej siły, a brzoży przecięcia są bardziej równomierne niż w przypadku ostrzy tradycyjnych o zarysie prostoliniowym.

Siekacze gryzoni (np. szczurów i królików) same się ostrzą. Podczas żucia pokarmu przez szczury najpierw zużywa się stosunkowo miękki tył zęba (miażdga), który odsłania nowe sekcje twardego szkliwa. Na tej podstawie opracowano samoostrzące się ostrza niszczarki do papieru [9]. W trakcie pracy niszczarki najpierw zużywa się stosunkowo miękka część ostrza wykonana z węgla wolframu (na osnowie z kobaltu), odsłaniając twarde ostrze wykonane z azotku tytanu. W ten sposób ostrze podlega ciągłemu procesowi samoostrzenia.

Podsumowanie

Przedstawione przykłady pokazują, że wykorzystanie bioinspiracji może istotnie poprawić wytrzymałość czy sztywność elementów przy równoczesnym zmniejszeniu masy i zwiększeniu odporności na drgania. Bioniczne struktury na powierzchniach współpracujących elementów pozwalają istotnie zmniejszyć ich zużycie. Również w rozwoju narzędzi rozwiązania inspirowane biologicznie umożliwiają dokonanie istotnego postępu w rozwoju ich konstrukcji i procesów wytwarzania. Dotyczy to m.in. narzędzi do zabiegów lekarskich, narzędzi do niszczarek papieru, tarczy tnących maszyn rolniczych, wiertel do prac geologicznych czy operacji wiercenia wykonywanych przez roboty w trakcie badań Księżyca i planet. Na szczególną uwagę zasługują nowe operacje wykonywania otworów bez stosowania ruchu obrotowego za pomocą narzędzi wzorowanych na zachowaniu korników oraz dżdżownic.

LITERATURA

- Shu L.H., Ueda K., Chiu I., Cheong H. "Biologically inspired design". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 60 (2010): pp. 673-693.
- Ruszaj A. "Bionic Impact on Industrial Production Development". *Advances in Manufacturing Science and Technology*. Vol. 39 (2015): pp. 5-22.
- Chen Z., Lu S., Song X., Zhang H., Yang W., Zhou H. "Effects of bionic units on the fatigue wear of grey iron surface with different shapes and distributions". *Optics & Laser Technology*. 66 (2015): pp. 166-174.
- Lu J., Yang Ch., Zhang L., Feng A., Jang Y. "Mechanical Properties and Microstructure of Bionic Non-Smooth Stainless Steel Surface by Laser Multiple Processing". *Journal of Bionic Engineering*. 6 (2009): pp. 180-185.
- Gau K., Sun Y.-H., Ren L.-Q., Cao P.-L., Li W.-T., Fan H.-K., "Design and Analysis of Ternary Coupling Bionic Bits". *Journal of Bionic Engineering*. Suppl. 5 (2008): pp. 53-59.
- Gao Y., Ellery A., Jaddou M., Vincent J., Eckersley S., "Planetary Micro-Penetrator Concept Study with Biomimetic Drill and Sampler Design". *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*. 43, 3 (2007): pp. 875-885.
- Nakamura T., Kato To., Iwanaga T., Muranaka Y., "Development of a Peristaltic Crawling Robot Based on Earthworm Locomotion". *Journal of Robotics and Mechatronics*. 18, 3 (2006): pp. 299-300.
- Kubota T., Nagaoka K., Tanaka S., Nakamura T. "Earth-Worm Typed Drilling Robot for Subsurface Planetary Exploration". *Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Biomimetics*. Sanya, China, December 15-18 (2007): pp. 1394-1399.
- Meyers M., Lin A., Olevsky E., Georgalis S., "The cutting edge: Sharp Biological Materials". *Journal of the Minerals, Metals and Materials Society*. 60, 3 (2008): pp. 19-24. ■