

WYBRANE ASPEKTY BIOINSPIRACJI W INŻYNIERII PRODUKCJI

Prof. dr hab. inż. Adam Ruszaj

Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji Politechniki Krakowskiej

Część II

Wszechświat funkcjonuje zgodnie z prawami fizyki, które tworzą sztywne relacje pomiędzy zjawiskami. Istniejący od miliardów lat stan quasi równowagi został naruszony przez negatywne oddziaływanie zanieczyszczeń przemysłowych i komunalnych na środowisko naturalne. Rosnący poziom zanieczyszczeń stanowi zagrożenie dla środowiska naturalnego a tym samym funkcjonowania człowieka oraz wszystkich organizmów żywych i dalszego rozwoju naszej cywilizacji.

Część pierwsza ukazała się w numerze 10-12/2015. Dzisiaj kontynuacja artykułu.

Rozwój niektórych algorytmów komputerowych jest stymulowany przez badania zachowań i układu nerwowego much owocówek [15].

Inspiracją dla projektowania i rozwoju systemów wentylacji i klimatyzacji w wieżowcach może być kopiec termitów. Termity, choć są praktycznie ślepe, potrafią budować prawdziwie imponujące konstrukcje – mistrzowskie pod względem inżynierijnym.

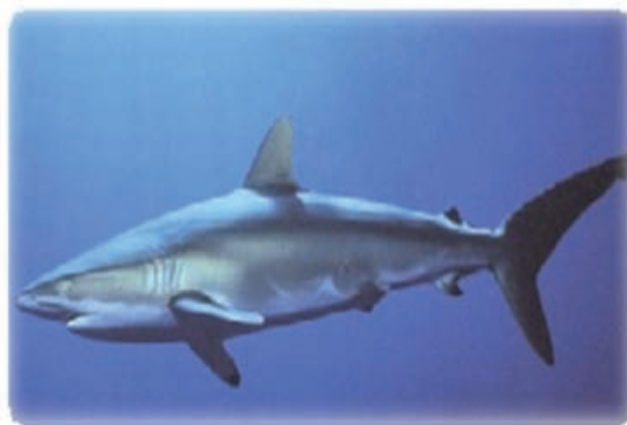
Kolejne przykłady wykorzystania osiągnięć bioniki to zmniejszanie oporu ruchu przez odpowiedni kształt kadłuba samolotu czy karoserii samochodu, specjalną strukturę poszycia oraz zmniejszenie masy przez odpowiednie rozwiązania konstrukcyjne wzorowane na strukturze niektórych roślin (np. bambus) i wykonane z materiałów lekkich. Inżynierowie z Firmy Mercedes Benc wzorując się na rybie z rodziny kosterowatych, która jest wybitnie uzdolnioną pływaczką i, która pomimo pudełkowatego kształtu, odznaczała się zadziwiająco małym współczynnikiem opływu.



Rys. 1. Tropikalna ryba „boxfish” – występująca w Morzu Czerwonym o współczynniku oporu ruchu zaledwie 0,06, którą wykorzystano jako model do budowy bionicznego samochodu. Dzięki doskonałym parametrom aerodynamicznym (C_d 0,19), samochód bioniczny odznacza się największą wydajnością aerodynamiczną w tym segmencie rynku motoryzacyjnego [motogazeta.moje auto.pl/Premiery/Rybo-Mercedes].

W przemyśle lotniczym obserwacja kształtu ciała pingwinów i delfinów połączona z wspaniałymi umiejętnościami pływackimi zasugerowała inżynierom, że samoloty powinny mieć opasłe kadłuby. Następnie badania wykazały, że wspaniałe osiągi w pływaniu delfiny, czy rekiny uzyskują dzięki specyficznemu

pokryciu ciała. Wzorując się na budowie skóry rekina opracowano poszycie samolotu znacznie zmniejszające opór jego ruchu. Kolejne wyzwanie dla przemysłu lotniczego to zmniejszenie masy samolotów przy zachowaniu albo nawet zwiększeniu sztywności i ogólnego bezpieczeństwa [15, 16, 17].



Rys.2. Rekin, świetny pływak osiągający prędkość do 60 km/godz., którego niezwykła skóra zainspirowała nowe poszycia dla Airbusa [www.bing.com, 16].

Jeśli przez silne szkło powiększające obejrzymy powierzchnię skóry rekina, łatwo dostrzeżemy, że jest pokryta delikatnymi łuskami, a na łuskach widać wiele leżących blisko siebie równoległych rowków, biegnących wzdłuż ciała zwierzęcia. Specjaliści od hydrodynamiki, na podstawie szeregu doświadczeń wykonanych w basenach badawczych, stwierdzili, że rowki te zmniejszają opór, jaki stawia woda opływająca rybę. Dzięki owym wyżłobieniom rekin pływa bardzo szybko, zaoszczędzając sporo energii. Gdyby wyposażyć samoloty i łodzie podwodne w podobną powierzchnię to przy zachowaniu tego samego zużycia paliwa mogłyby szybciej latać czy pływać. Jednak o wiele ważniejsze jest, by przy tej samej prędkości zużywały mniej paliwa, a tym samym produkowały mniej gazów potęgających efekt cieplarniany, jak np. dwutlenek węgla. Wychodząc z tego założenia, zdecydowano się okleić Airbusy rowkowaną folią. Zużycie paliwa spadło, a poczynione oszczędności doceniły przede wszystkim towarzystwa lotnicze. Lufthansa włączyła się do badań powłok mających zmniejszyć opór samolotów pasażerskich. Fragmenty dwóch jej Airbusów A340 zostaną pokryte powłoką naśladującą skórę rekina.

Inspirowane biologicznie metody cięcia [16] zostały rozwinięte na podstawie badań żądła moskitów, zębów gryzoni oraz piranii. Badania żądeł moskitów zainspirowało również opracowa-

nie strzykawki, z igłą umożliwiającą łatwiejsze przechodzenie przez tkankę skóry człowieka i zmniejszenie bólu. Badania właściwości zębów piranii stanowiło podstawę do opracowania nowoczesnych narzędzi chirurgicznych do cięcia tkanek miękkich. Badania właściwości zębów szczurów i królików wykorzystano do zaprojektowania niszczarki z samo ostrzącymi się krawędziami tnącymi.

Inspiracje biologiczne w rozwiązywaniu problemów w technologii maszyn dotyczą zarówno projektowania procesów wytwarzania jak i maszyn. I tak badania nowych metod wiercenia są inspirowane przez badania procesu drażenia otworów w drewnie przez korniki oraz w glebie przez dżdżownice [16]. Jednak obecnie najważniejszym obszarem inspiracji biologicznej jest projektowanie i wytwarzanie lekkich konstrukcji (np. korpusów maszyn, czy elementów lotniczych). Efekt zmniejszenia masy elementów, często z równoczesną poprawą sztywności i wytrzymałości, uzyskiwany jest w wyniku stosowania lekkich materiałów oraz wzorowania się konstruktorów na budowie i strukturze makro, mikro a nawet nano niektórych roślin: np. bambus, rabarbar, żdźbła trawy oraz struktur typu „plastra miodu” czy pancerzy okrzemek [17, 18].



Rys.3. Bioniczny model elementu lotniczego wykonany odlewaniem metodą wytapianego modelu [17].



Rys.4 Bioniczny model ramy samolotu; struktura umacniająca została wykonana frezowaniem NC [17].

Przedstawione powyżej metody bionicznego projektowania lekkich konstrukcji stosuje się również do projektowania korpusów obrabiarek skrawających.

5. Podsumowanie

Problemy zagrożeń dla środowiska naturalnego stały się problemem publicznym od roku 1962 gdy ukazała się książka „The silent Spring” (Milcząca wiosna) autorstwa Rachel Carson.



Szlifierki do płaszczyzn

długość szlifowania: 380-1560 mm

szerokość szlifowania: 178-610 mm



Szlifierki do wałków i otworów

długość szlifowania: 500 i 1000 mm

średnica. szlif. zewnętrznego: 280 i 320 mm

średnica szlifowanego otworu: 200 mm

WYBRANE ASPEKTY BIOINSPIRACJI W INŻYNIERII PRODUKCJI

Prof. dr hab. inż. Adam Ruszaj

Część II

→ Dokończenie ze str. 17

W 1972 roku D. Meadow z Massachusetts Institute of Technology przedstawił opinii publicznej opracowanie pt. „Beyond the Limits: (Poza granicami) stanowiące analizę propozycji Klubu Rzymskiego. Od tego momentu zaczęły się dyskusje, badania i działania na rzecz ochrony Środowiska naturalnego. Doprowadziło to powstania wielu aktów normatywnych oraz prawnych wymuszających działania w każdym obszarze gospodarki zgodne z zasadami rozwoju zrównoważonego. Wszystkie działania zakładu przemysłowego niezgodnie z tymi zasadami prowadzą do sankcji finansowych i mogą być przyczyną wyeliminowania z rynku. Dlatego sytuacja poprawia się w wielu obszarach, w których takie działania są możliwe. Sprawą nierozwiązaną zadawalająca jest np. globalne ocieplenie wynikające między innymi z nadmiernej emisji dwutlenku węgla. Problem dla wielu regionów świata jest poważny. W Europie wprowadzane są limity na dopuszczalną emisję dwutlenku węgla, co jest bardzo niekorzystne dla polskiej gospodarki, która jest uzależniona od pozyskiwania energii w wyniku procesu spalania węgla. Ale skuteczność takich ograniczeń jest tylko częściowa bo takie państwa jak USA, Chiny czy Rosja nie stosują limitów na ograniczenie emisji CO₂. Sytuacja jest bardzo poważna bo w wyniku ocieplenia klimatu na obszarach wiecznej zmarzłoty zaczyna się obserwować wzrost emisji metanu, którego ogromne ilości są zmagazynowane pod powierzchnią lodu i zamrożonej gleby. A metan jest gazem potęgującym efekt cieplarniany w wielokrotnie większym stopniu niż CO₂. Co będzie dalej? Czy potrafimy zatrzymać postępujące ocieplenie klimatu, które może w konsekwencji załamać rozwój naszej cywilizacji? Byłoby wielką szkodą zmarnowanie tego co osiągnęliśmy i tego co moglibyśmy osiągnąć. Ważne jest, że problem ten jest dostrzegany i podejmowane są działania naprawcze.

Natomiast drugi niezwykle ważny aspekt środowiskowy jest wciąż zaniedbywany. Dotyczy on wykorzystania w naszym rozwoju „osiągnięć Natury” w projektowaniu obiektów i realizacji procesów wytwarzania, co jest przedmiotem badań „bioniki”. Homo sapiens od początku swojego istnienia musiał w miarę możliwości wzorować się na organizmach i zjawiskach występujących w przyrodzie. Już w starożytnej legendzie o „Dedalu i Ikarze” zawiera się zainteresowanie lataniem wynikające zapewne z obserwacji ptaków. Wybitni uczeni jak Leonardo da Vinci, Johannes Kepler, Luigi Galvani czy Jean Louis Marie Poiseuille, z racji realizowanych prac uważani są dzisiaj za prekursorów bioniki. Jednak oficjalnie za początek rozwoju bioniki uważa się sympozjum „Living prototypes of artificial organs”, która odbyło się w Dayton USA w 1960 r. [11]. Dotychczasowe badania w tym zakresie potwierdzają możliwości naśladowania natury w rozwiązywaniu problemów z każdego obszaru działalności człowieka. Najbardziej widoczne i spektakularne są te dotyczące inżynierii materiałowej, medycyny, budownictwa, przemysłu lotniczego, samochodowego czy maszynowego. Nie można tutaj pominąć rozwoju informatyki technicznej w coraz większym zakresie inspirowanej przez badania w obszarze informatyki biologicznej. Dzięki tym badaniom może zdołamy zbudować w przyszłości sztuczne systemy działające na tej samej zasadzie co biologiczne systemy informatyki i będziemy go mogli tak zaprogramować, aby zamiast białek wytwarzał np. cząstki tworzyw sztucznych czy innych materia-

łów i od razu organizował je w gotowe produkty, „kiełkujące” ze sztucznej cytoplazmy [18]. Należy również podkreślić, że „Natura” wytwarza obiekty przyrostowo. Dlatego ważny jest wszechstronny i dynamiczny rozwój metod wytwarzania przyrostowego. Opracowane i stosowane obecnie metody pozwalają na wytwarzanie elementów nie tylko w skali makro, ale również w skali mikro i nano [19]. Jeżeli przyjmiemy, że „Natura” wybrała racjonalny sposób budowania obiektów, to na rozwój metod wytwarzania przyrostowego powinien być położony szczególny nacisk.

Literatura

1. Heller M. *Granice nauki*, Copernicus Center Press, Kraków 2014.
2. De Grasse Tyson N., Goldsmith D., *Wielki początek - 14 miliardów kosmicznej ewolucji*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2004.
3. Gates E., *Teleskop Einsteina – w poszukiwaniu ciemnej materii i ciemnej energii we Wszechświecie*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2010.
4. Davies P., *Ostatnie trzy minuty*, Wydawnictwo CIS, Oficyna Wydawnicza MOST, Warszawa 1995.
5. *Historia Świata, Tom 1: Od początków ludzkości do 2350 r. p.n.e. – Początki dziejów ludzkości, pierwsze cywilizacje*, Wydawnictwo HACHETTE, 2005 A. Madany, *Fizyka atmosfery – wybrane zagadnienia*, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 1996.
6. A. Johanson: *Czysta technologia – środowisko, technika, przyszłość*; WNT – Warszawa 1997.
7. Jan Strzałko, Teresa Mossor-Pietraszewska: *Kompendium wiedzy o ekologii*; PWN – Warszawa Poznań 1999.
8. Tadeusz Umiński, *Ekologia środowisko przyroda*, WSiP. Warszawa 1999.
9. Adamczyk W., *Ekologia wyrobów – Jakość, Cykl życia, Projektowanie*; Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2004.
10. *Międzynarodowe zarządzanie środowiskiem: Tom I: Kramer M., Urbaniec M., Kryński A., Interdyscyplinarne założenia proekologicznego zarządzania przedsiębiorstwem; Tom II: Kramer M., Brauweiler J., Nowak Z., Kryński A., Instrumenty i systemy zarządzania; Tom III: Kramer M., Strebel H., Buzek L., Operacyjne zarządzanie środowiskiem w aspekcie międzynarodowym i interdyscyplinarnym*. Wydawnictwo C.H. Beck 2005.
11. Samek A., *BIONIKA. Wiedza przyrodnicza dla inżynierów*, Wydawnictwo AGH, Kraków 2010.
12. Tkacz E., Borys P.; *Bionika*, WNT, Warszawa, 2006.
13. Oczko K.E., Kawalec A., *Kształtowanie metali lekkich*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.
14. Walter L., Isenmann R., Moehrl M.G., *Bionic in patents – semantic based analysis for the exploitation of bionic principles in patents*, *Procedia Engineering* 9(2011) 620-632.
15. Lurie-Luke E., *Product and technology innovation: What can biomimicry inspire*, *Biotechnology Advances* 32 (2014), 1494-1505.
16. Shu L.H., Ueda K., Chiu I., Cheong H., *Biologically inspired design*, *CIRP Annals – Manufacturing Technology* 60 (2011), 673-693.
17. Ling Zhao, Jianfeng Ma, Ting Wang, Denghai Xing; *Lightweight Design of Mechanical Structures based on Structural Bionic Methodology*; *Journal of Bionic Methodology* 7 Suppl. (2010) S 224 – S231.
18. C. Emmelmann, P. Sander, J. Kranz, E. Wycisk; *Laser Additive Manufacturing and Bionics: Redefining Lightweight Design*; *Physics Procedia*, 12 (2011), p. 364 -368.
19. Węgrzyn S., L. Znamowski, *Zarys nanonauki i informatycznych molekularnych nanotechnologii*; Wydawnictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008.

Prof. dr hab. inż. Adam Ruszaj
Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji
Politechnika Krakowska