

## PRÍRODNÉ MATERIÁLY A ICH MULTIFUNKČNÉ POVRCHY

Viera KONSTANTOVÁ<sup>1</sup> – Martin KOVÁČIK – Tomáš VESELOVSKÝ

### *Multifunctional Surfaces of Natural Materials*

*Materiály, ktoré vyrábame nie sú tak dokonalé ako tie, ktoré vytvára príroda, a preto môže štúdium prírodných materiálov prispieť k možnému rozšíreniu súčasných konštrukčných materiálov. Povrchy prírodných materiálov plnia rôzne funkcie potrebné pre život organizmov a rastlín. Mnohé z týchto povrchov sa v súčasnosti už v technike využívajú a plnia ak nie rovnaké tak podobné funkcie čím prispievajú ku zvýšeniu kvality výrobkov.*

**KLúčové slová:** bionika, prírodné materiály, multifunkčnosť, povrchy

*Materials which we produce are not as excellent as materials which are produced by nature. The study of these natural materials can be useful for the widening of present (already known) constructional materials. The nature material surfaces fill different functions necessary for maintaining the life of animals and plants. Huge amount of these surfaces are already fully used and in technical praxis they have fulfilled same or similar functions in improvement quality of products.*

**Key words:** bionics, natural materials, multifunction, surfaces

### 1. ÚVOD

Medzi najznámejšie bionické princípy, ktoré sa v súčasnosti využívajú v rôznych odvetviach patria: lotosový efekt - samočistiaci povrch, žraločia koža - zníženie trenia resp. „drag coefficient“ a gekon efekt - systém pripevňovania. No menej známe sú širšej verejnosti bionické princípy ako napríklad princíp pestrého sfarbenia krídel motýľov, vytváranie zvuku pozorovaný u niektorých druhov hmyzu, termoregulácia a odolnosť voči zmáčaniu pomocou štetín a srstí respektíve sfarbenia a v neposlednom rade odolnosť kože „Sand Fish - Jašterice púštnej“ voči oteru. Tieto, ale aj mnohé ďalšie prírodné systémy sú zdrojom inšpirácie pre nové technické systémy prípadne zdrojom pre inováciu súčasných technických systémov a materiálov využívaných v rôznych odvetviach.

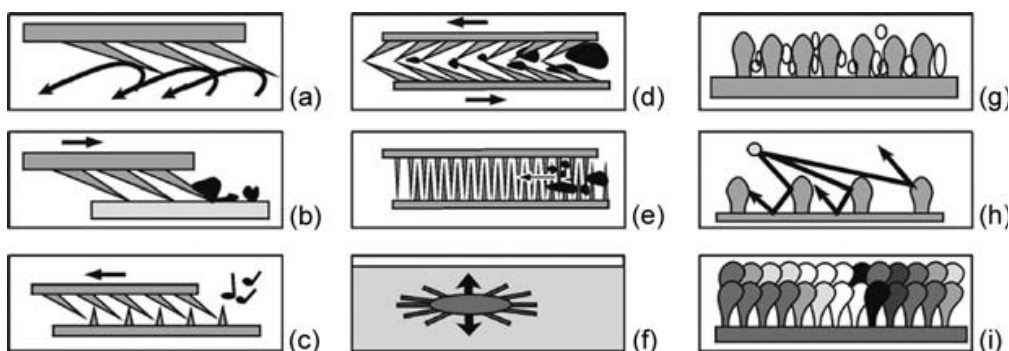
Inteligentné prírodné povrchy však nie sú jediné čo robí prírodné systémy dokonalými. K dokonalosti prírodných systémov prispieva samozrejme ich tvar, usporiadanie a schopnosť prispôbovať sa situácii a okoliu. Preto pri hľadaní riešení technických problémov v prírode, musíme analyzovať prírodné systémy komplexne, nekopírovať presne len to čo vidíme, ale inšpirovať sa aj ideami, ktoré nám poskytujú.

---

<sup>1</sup> Ing. Viera KONSTANTOVÁ, PhD., KKČS, SjF ŽU v Žiline,  
Ing. Martin Kováčik, PhD., UKaI, ŽU v Žiline,  
Ing. Tomáš Veselovský, KKČS, SjF ŽU v Žiline,  
Recenzent: prof. Ing. Štefan Medvecký, KKČS, SjF ŽU v Žiline.

## 2. FUNKCIE PRÍRODNÝCH POVRCHOV

Povrchy prírodných/biologických materiálov predstavujú rozhranie medzi živým organizmom a prostredím, pričom majú rôzne funkcie. Obmedzujú rozmery, často dávajú tvar organizmom a zaobstarávajú mechanickú stabilitu tiel. Poskytujú bariéru voči suchému, vlhkému, studenému alebo horúcemu prostrediu. Zúčastňujú sa dýchania, prenose rôznych výlučkov a slúžia ako zásobník pre ukladanie metabolických produktov. Rôzne špecializované povrchy so špecifickou štruktúrou sú časťami mechanických a chemických receptorov. Sfarbenie a rôzne chemické zloženie povrchov sú dôležité pre funkcie ako je termoregulácia a systémy komunikácie. Množstvo špecializovaných štruktúr povrchov slúži aj pre iné funkcie ako napríklad: zadržiavanie vzduchu, mletie jedla, čistenie tela, atď. Existuje početné množstvo publikácií, v ktorých sú popísané a zobrazené mnohé biologické povrchy použitím svetelnej alebo rastrovacej elektrónovej mikroskopie. Biologické povrchy sú však štruktúrne a chemicky zložité, a preto boli ujasnené len niektoré funkcie povrchov pre niekoľko systémov [1]. Využitie atómovej silovej a konfokálnej mikroskopie je o niečo zložitejšie, no poskytuje otvorený priestor pre výskum v tejto oblasti. Avšak biologické povrchy prírodných materiálov skrývajú v skutočnosti nekonečný potenciál technologických myšlienok pre vývoj nových materiálov a technických systémov. Rozsiahla rôznosť funkcií, inšpirácií z biologických povrchov môže byť zaujímavá pre vedu a výskum v oblastiach ako adhézia, trenie, oteruvzdornosť, mazanie, filtrovanie, senzory, zvlhčovanie, samočistenie, termoreguláciu, optiku a iné [1]. Schematické znázornenie vyššie uvedených funkcií biologických povrchov je zobrazené na Obr. 1.



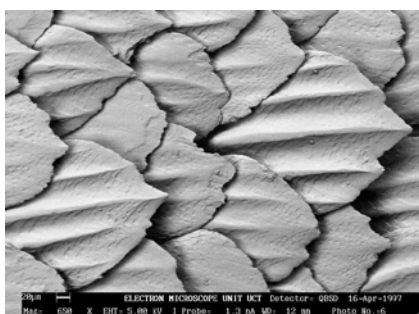
Obr. 1. Schematické znázornenie funkcií prírodných povrchov: (a) aerodynamicky aktívne povrchy, (b) čistenie česaním, (c) generovanie zvuku, (d) mletie potravy, (e) filtrácia, (f) hydrodynamicky aktívne povrchy (g) zadržiavanie vzduchu, (h) termoregulácia, a (i) sfarbenie tela [1]

Biologické povrchy sú multifunkčné a z tohto dôvodu sú pre odbor Bionika nesmierne zaujímavé. Je dôležité poznamenať, že biologické povrchy majú špeciálne, pre nami v súčasnosti používané materiály nedosiahnuteľné vlastnosti. Rastú aj bez prerušenia plnenia ich funkcie, sú schopné prispôbovať sa okoliu a samé sa opraviť. Tieto posledné vlastnosti sú pre inžinierov, ktorí používajú neživé teda kovové a nekovové materiály stále nedostupné.

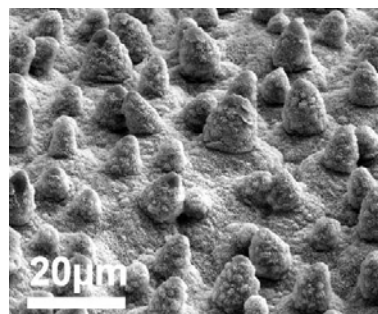
## 3. VYBRANÉ PRÍKLADY PRÍRODNÝCH SYSTÉMOV A ICH POVRCHOV

Evolučnými procesmi boli adaptované aj organizmy, ktoré plávajú a lietajú. Efektívne sa prispôbilo vzájomné pôsobenie ich povrchu tela a okolitého prostredia, v ktorom sa pohybujú.

Redukcia koeficientu trenia povrchu tzv. „drag coefficient“ v hraničných vrstvách blízko povrchu tela je jedným z prispôbení sa. Kožné sekréty, poddajný materiál kože, šupiny a stupeň drsnosti, môžu ovplyvniť stupeň gradientu rýchlosti prúdenia, typ prúdenia a hrúbku hraničnej vrstvy okolo zvierat a môžu zvýšiť alebo znížiť ich „drag coefficient“. Kombinácia elastických alebo viskoelastických štruktúr v koži niektorých zvierat zapríčiňuje výsledok tlmenia v hraničnej vrstve [1]. Povrch tela delfínov pokrýva veľmi hladká a relatívne jemná koža, ktorá má dokonalý hydrodynamický tvar. Má dve základné funkcie: chrániť pred pôsobením vodných parazitov a vyrovnávať turbulencie vodného prúdu. Koža pôsobí dojomom, akoby bola z gummy. Táto poddajná vrstva kože môže v kombinácii s tukovou vrstvou tlmiť turbulenciu vo vode a pomáha tak zachovať malý odpor tela pri pohybe vo vode. Toto pasívne tlmenie je ešte doplnené aktívnou zložkou, ktorú predstavujú svaly v tukovej vrstve, ktoré môžu aktívne vyrovnávať turbulentné prúdenie, ktoré vzniká pri pohybe vo vode. Mnoho rýb má vyvinuté iné mechanizmy redukcie trenia (nad 60% u niektorých druhov) v hraničnej vrstve formou napr. sekrétu kože, ktorý je v okolí tela čiastočne rozpustený [1]. Koža chrupavkovitých rýb (žralok, raja, hlavonožce) je pokrytá drobnými doštičkovými šupinkami. Základ týchto kostených šupiniek je zapustený v kolagénovej vrstve nachádzajúcej sa hlbšie v koži označovanej ako kompaktná vrstva, pričom vrcholky šupiniek smerujú do vody (Obr. 2). Šupinky na väčšine povrchu tela rýchlo plávajúcich žralokov sú obzvlášť malé veľmi jemné a pravidelne usporiadané pozdĺž chrbta, osi tela. Tieto drobné šupinky sa líšia rôznou veľkosťou a tvarom podľa umiestnenia na tele žraloka ale aj samotným druhom žraloka. Šupinky na nábehových hranách a plutvách sú pevnejšie zapustené do kože a úplne hladké v porovnaní s tými, ktoré pokrývajú väčšinu tela žraloka. Predchádzajúce štúdie potvrdili, že šupinky niektorých rýchlo plávajúcich žralokov sú pri dotyku posuvné do rôznych uhlov [2]. Navrhnutých bolo niekoľko teórií, ktoré opisujú mechanizmy na kontrolu hraničných vrstiev žraločej kože, avšak dodnes bol testovaný iba jeden. Ak šupinky zotrvávajú ploché, chrbát každej šupinky vyčnievajúci do prúdu tak v dôsledku toho pôsobí ako rebrovanie, ktorého výsledky v redukcii turbulentného povrchového trenia sú dobre známe [2, 3, 4]. Využitie týchto prírodných systémov sa v súčasnej dobe využíva v leteckom a lodnom priemysle, ako aj u športového oblečenia plavcov.



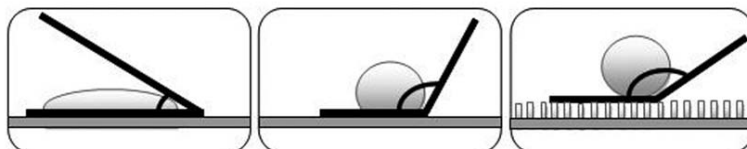
Obr. 2 Žraločia koža – šupinky, REM [5]



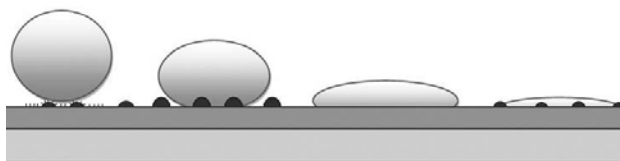
Obr. 3 Povrch listu lotosu, REM [6]

Ďalším nesmierne zaujímavým a v súčasnosti využívaným biologickým povrchom je povrch lotosu, na základe ktorého bol vynájdený bionický princíp nazývaný „Lotus Effect“ (Bartholott W., Neinhuis CH., 1997, University of Bonn), tzv. samočistiaci, resp. nezmáčavý povrch (Obr. 3). Povrch lotosu tvorí výstupkovitá štruktúra pokrytá kryštálmi vosku o rozmeroch 10 až 100 nm, ktorý sa skladá z dlhých uhlovodíkových reťazcov: primárneho a sekundárneho alkoholu, aldehydov a triterpenu [6]. Tento povrch je možné pozorovať v prírode aj na mnohých ďalších (13 000 ks) rastlinách. Nezmáčavé povrchy je možné pozorovať aj u hmyzu, iných zvierat a vtákov, kde je nezmáčavosť zabezpečená jemným ochlpením na častiach tela, srstou alebo perím

a ďalších látok. Tieto princípy si však vyžadujú osobitú pozornosť, pretože systém fungovania týchto prírodných princíпов je z hľadiska mikro a nano analýzy rozdielny. Princíp samočistaceho povrchu je jednoduchý, guľôčky vody, ktoré sa na takomto povrchu vytvárajú strhávajú so sebou nečistoty a tak zanechávajú povrch čistý. U rastlín môžeme pozorovať rôzne povrchy, ktorých zmáčanlivosť je možné vyjadriť uhlom zmáčania respektíve kontaktným uhlom „contact angle – CA“ kvapaliny s povrchom. V podstate ide o fyzikálny základ možného rozdelenia druhov povrchov rastlín (Obr. 4 a 5).



Obr. 4 Schematické znázornenie povrchu a uhlu zmáčania „contact angle - CA“, zľava doprava: hydrofilný (menej ako 30°), hydrofóbný (CA = viac ako 90°) a super-hydrofóbný povrch (CA = viac ako 150°) [6]



Obr. 5 Schematické znázornenie štruktúry povrchu rastlín a ich zmáčavosti povrchu, zľava doprava: super-hydrofóbný (menej alebo rovné 150°), hydrofóbný (menej ako 150° až 90°), hydrofilný (rovné 90° až 10°), super-hydrofilný (menej ako 10° až 0°) [6]

### ZÁVER

Príspevok bol vypracovaný s podporou projektov VEGA 1-0564-10: Výskum štruktúr, morfológií povrchov a vlastností prírodných materiálov ako zdroj inšpirácie pre nekonvenčné konštrukčné materiály a LPP 0242-09: Spoznajme Bioniku – Technické inovácie inšpirované prírodou, ktoré rieši kolektív zo Žilinskej univerzity v Žiline a Jesseniovej lekárskej fakulty UK v Martine.

### LITERATÚRA

- [1] BAR-COHEN, Y.: *Biomimetics: Biologically Inspired Technologies*, Florida: CRC Press Taylor & Francis Group, 2006, 579 s.
- [2] BECHERT, D. W. - BRUSE, M. - HAGE, W.: *Experiments with Three-Dimensional Riblets as an Idealized Model of The Shark Skin*, Exp. Fluids 28, 2000a, 403–12 p., and BECHERT, D. W. - BRUSE, M. - HAGE, W. - MEYER, R.: *Fluid Mechanics of Biological Surfaces and Their Technological Application*, Naturwissenschaften 80, 2000b, 157 - 712 p.
- [3] SANDERS, R. - RUSHAL, B. - TOUSSAINT, H. - STAGER, J.- TAKAGI, h.: *Bodysuit Yourself: But First Think About It*, Dostupné 17.6.2010 z www: <http://coachsci.sdsu.edu/swimming/bodysuit/fiveauth.htm>
- [4] SCHOLLE, M. - RUND. A. - AKSEL, N.: *Drag Reduction and Improvement of Material-Transport in Creeping Films*, Arch. Appl. Mech. 75, 2006, 93 - 112 p.
- [5] Dostupné 17.6.2010 z www: <http://sbio.uct.ac.za/Webemu/gallery/descriptions.php>
- [6] B KARTHICK, B. - MAHESHWARI, R.: *Lotus-Inspired Nanotechnology Applications*, RESONANCE, December 2008, 1141 - 1145 p.