

# UHLÍKOVÉ NANOTRUBIČKY

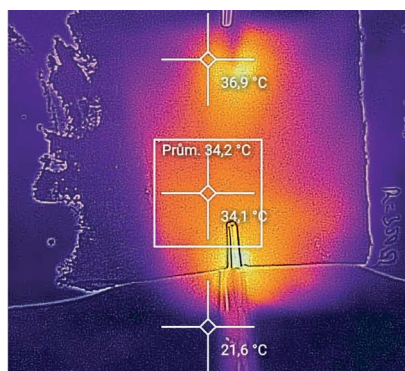
## současnost, budoucnost a komerční potenciál

Uhlíkaté materiály jsou v současné době studovány jak v oblasti základního výzkumu tak i praktických aplikacích. **Uplatnění postupně**

**nacházejí všechny typy uhlíkatých struktur od sazí přes grafity až po grafen, či uhlíkové nanotrubičky (CNT~ carbon nanotubes).**

Uhlíkové nanotrubičky mají mimořádné vlastnosti jako je vysoký poměr podélnosti, velký specifický povrch, vysoká pevnost a tuhost, elektrická a/nebo tepelná vodivost, díky kterým slibují vysoký aplikační potenciál zejména v oblasti nanotechnologií, elektroniky a optiky. CNT jsou spolu s grafenem popisovány jako nejsilnější, nejlehčí a nejvodivější materiál známý člověku. Přestože mají vlákna CNT více jak 5krát nižší hustotu než ocel, jsou přibližně 200krát pevnější a 5krát pružnější. Zároveň dosahují 5násobku elektrické vodivosti, 15násobku tepelné vodivosti a 1 000násobku tepelné kapacity mědi.

Uhlíkové nanotrubičky jsou v podstatě pláty grafenu stočené do cylindrické formy, která tvoří dlouhá vlákna (1,5 – 5 µm) s malým průměrem (1,5 – 10 nm). Pro srovnání papír o plošné hmotnosti 100 g/m<sup>2</sup> má tloušťku 100 000 nm (0,1 mm), průměr lidských vlasů je asi 40 000–80 000 nm (0,04–0,08 mm) a DNA v lidské buňce má průměr asi 2 nanometry. Jednotvářné uhlíkové nanotrubičky (SWCNT) jsou tvořeny pouze jednou vrstvou grafenu, kdežto vícevářné nanotrubičky



■ Buckypaper, jako ohřívací prvek, záznam z termokamery

(MWCNT) se skládají z několika koncentrických vrstev grafenu.

### VYUŽITÍ CNT V POLYMERECH

Povrch uhlíkatých nanostruktur je příliš hydrofobní pro vybrané polymerní systémy a proto mají neupravené uhlíkové nanostruktury značnou tendenci se v polymerní matici agregovat a následně pak i sedimentovat. Vlivem rozsáhlé agregace nanostruktur dochází k zhoršení některých rozhodujících vlastností (pevnost

v tahu, lomová houževnatost, bariérový efekt atd.) v porovnání se samotným pojivovým systémem. Perkolační práh (koncentrace nezbytná ke skokovému nárůstu teplotní a elektrické vodivosti) je také silně závislý na obsahu agregátů a s kvalitou dispergace významně klesá. Z výše zmíněných důvodů je tedy žádoucí upravit povrch uhlíkatých nanomateriálů tak, aby byl kompatibilní s vybraným cílovým polymerním systémem.

Odborníkům v SYNPO se podařilo vhodně modifikovat CNT a připravit koncentráty, které lze lehce zapracovat do cílové polymerní matrice. Tyto koncentráty lze využít jak pro výrobu probarvených antistatických nátěrů, tak pro inovativní antikorozní systémy či speciální materiály tzv. buckypapers, které mohou najít uplatnění jako ohebné vodiče, nositelná elektronika, elektrody pro baterie, jako ochrana před bleskem (letecký průmysl), tahové senzory (odpor vs. deformace), senzory ohybu, stínění proti elektromagnetickému rušení, topné systémy, popř. jako tepelně vodivé systémy pro odvod tepla, porézní systémy pro filtrace, či nehořlavé polymerní kompozity.



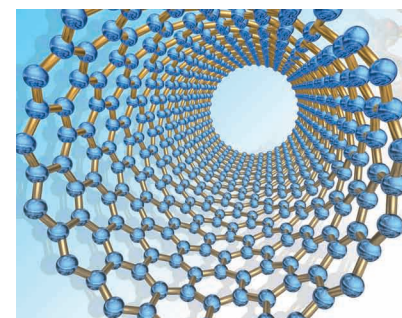
■ Buckypaper připravený z disperze SWCNT



■ Ukázka nátěrových hmot pro antistatické podlahové systémy



■ Aplikace antistatické podlahoviny

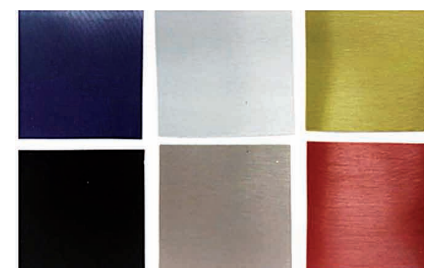


■ Struktura jednotvářné SWCNT

### ANTISTATICKÉ NÁTĚROVÉ SYSTÉMY

Antistatická úprava podlahy se provádí v prostorách, kde je nutno zabránit vzniku statického elektrického náboje na povrchu podlahoviny, nebo na předmětech a lidech, kteří se v těchto prostorách nacházejí. Antistatická podlahy je poměrně složitý vícevrstvý sendvičový systém, jehož správná funkce závisí na pečlivosti provedení. Důležité je také důkladné uzemnění svodové sítě na zemnicí body. Uzemnění vodivých nebo staticky dissipativních podlah je obvykle dosaženo fyzickým připevněním vodivého nebo dissipativního materiálu (např. vodivý nebo dissipativní epoxidový nátěr) na certifikované uzemnění pomocí rastru měděných pásků nebo zemnicích vodičů. Konečné proměření vlastností se provádí za 2 týdny od položení podlahy.

Vodivý nebo dissipativní podlahový nátěr může zahrnovat řadu různých pryskyřic např., epoxidy, urethany, polyaspartáty, methylmethakrylát, vinyestery. První antistatické povlaky byly pryskyřice plněné vysokými koncentracemi uhlíku nebo grafitu. Tyto podlahy fungovaly extrémně dobře a obvykle byly instalovány v místech pro manipulaci s municí a výbušninami. Nevýhodou byla jejich černá barva. V průběhu let s postupujícími požadavky na aplikace antistatických povrchových úprav byla řešena potřeba barevných možností. Tento požadavek splňovalo zavedení vícevrstvého nátěrového systému, kdy byl polovodivý vrchní nátěr aplikován na mnohem vodivější vrstvu. Stejně jako u technologie 1. generace byla základní



■ Příklady probarvených antistatických nátěrů (odpor 10<sup>3</sup> až 10<sup>6</sup> Ohm) – systémy SYNPO

vodivá vrstva přeplněna sazími nebo grafitem. Vrchní tenká vrstva byla pak probarvená. Správně navržené a instalované povlaky 2. generace, poskytují elektrické odporové vlastnosti ve vodivém i statickém dissipativním rozsahu. Tato technologie je v současné době nevíce rozšířená, nicméně má i svoje úskalí. Rizikem může být nerovnoměrné rozložení vodivých částic v krycím nátěru nebo nekonzistentní tloušťka vrchního nátěru. U některých poruch pak může být rizikem opětovné použití vrchního nátěru na již dříve aplikovaný vrchní nátěr. Příliš velká tloušťka pak může být riziková pro správnou funkci povrchové úpravy.

### BEZKONKURENČNÍ VODIVOST

Tyto nedostatky odstraňuje nová aditivní technologie na bázi uhlíkových nanotrubiček, která umožňuje vyrábět plně vodivé probarvené vrchní nátěry 3. generace, a to barevně i čiré.

Ve srovnání s uhlíkovými vlákny a vodivou slídou umožňují nanotrubičky získat požadovanou vodivost při mnohem nižších koncentracích. Neexistuje žádné jiné vodivé plnivo schopné dosáhnout stejné vodivosti při tak nízkých dávkách. Minimální dávkování nanotrubiček oproti konvenčním plnivům jen málo ovlivňuje barvu antistatické podlahy. Toto aditivum umožňuje instalovat vodivou podlahu, která vyžaduje standardní betonový základní nátěr a pouze jednu vrstvu vrchního nátěru.

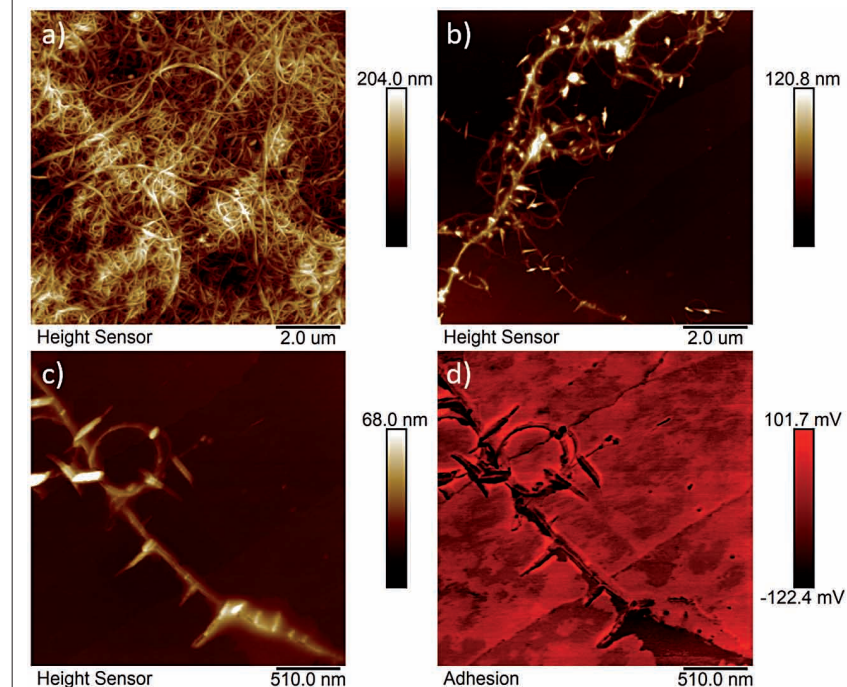
Největší výhodou tohoto řešení je vrch-

### O SPOLEČNOSTI SYNPO

SYNPO, akciová společnost je již více než 70 let čelným představitelem aplikovaného výzkumu v oblasti pryskyřic, laků, nátěrových hmot, lepidel, tmelů a polymerů. Mimo jiné se zabývá smluvním výzkumem a vývojem a formulacemi v oblasti syntetických polymerů, nátěrových hmot, kompozitů a lepidel, dále výrobou vlastní řady průmyslových nátěrových hmot či výrobou a prodejem speciálních pryskyřičných systémů a lepidel a také zakázkovou výrobou specialit v oblasti polymerní chemie a nanochemie.

ní probarvená vodivá vrstva. Vodivost je na povrchu a může poskytnout povlak s extrémně nízkými triboelektrickými vlastnostmi (triboelectric charging: nabíjení třením, přesněji dotykem dvou těles a jejich oddělením). Tenčí vrchní nátěr poskytuje další výhodu spočívající v tom, že je méně náchylný k tvorbě puchýřů vlivem betonového substrátu s vysokou relativní vlhkostí. V případě, že takováto podlahy vyžaduje opravu lze novou vrchní vrstvu aplikovat přímo na stávající podlahu nebo její část. Nátěry 3. generace lze po broušení nanášet přímo na staré nátěry. To u staré technologie vodivých povlaků není možné. Neopominutelnou výhodou je však i spotřeba materiálu a realizace antistatické podlahy pouze ve dvou technologických krocích. ■

Ing. Kateřina Zetková, Centrum nanostrukturovaných polymerů, SYNPO



■ Snímky pořízené mikroskopem atomárních sil (AFM) nemodifikované, aglomerované CNT (a), CNT modifikované pracovníky SYNPO (b,c), kde modifikace zlepšuje jejich dispergovatelnost i stabilizaci v polymerní matici; jiný typ zobrazení (mapa adhezních vlastností modifikovaného materiálu) (d).

FOTO: ARCHIV K ZETKOVÁ, P. KNOTEK V. ZIMA, SYNPO, AKCIOVÁ SPOLEČNOST, ESD, FELICKR, M. BOHÁČOVÁ, SHUTTERSTOCK, WIKIPEDIA