STANDARDIZACE NANOTECHNOLOGIÍ A JEJÍ SOUČASNÝ STAV

Jan Hošek
ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav přístrojové a řídící techniky, Technická 4, Praha 6.

Donedávna neznámý pojmem nanotechnologie se v současnosti nestává pouhým předmětem zájmu vědců a výzkumníků, ale stále častěji se s ním setkává i technická a laická veřejnost. Tento trend je podtržen širokou škálou již několika tisíc komerčně dostupných produktů obsahující různé nanomateriály a nabízející zlepšení užitných vlastností výrobků oproti výrobkům využívající standardní technologie. Málokdo z potenciálních uživatelů, ale i výrobců, má detailní představu o tom, co vlastně nanotechnologie jsou a jaké výhody a případně i rizika mohou nanotechnologie jeho výrobkům či zákazníkům přinést.

Všeobecně uznávaná definice hovoří, že za nanotechnologie lze označit všechny takové materiály, systémy, jejich aplikace nebo způsoby tvorby struktur a materiálů, které splňují následující podmínky:

1. Mají alespoň jeden rozměr nebo svoji vnitřní strukturu v intervalu velikostí 1 – 100 nm (0,001 – 0,1 μm)
2. Využívají fyzikálních nebo chemických vlastností na úrovni atomů a molekul, takže mají neobvyklé charakteristiky v porovnání se stejným materiálem nebo systémem, který nemá složky s nanorozměry
3. Musejí být uměle připraveny, přičemž mohou být kombinovány tak, aby vytvářely větší struktury s využitelnými důsledky do makrosvěta

Uvedená obecná definice nanotechnologií tak zahrnuje obrovskou škálu materiálů, struktur, procesů a jejich použití ve všech možných oborech lidské činnosti, které nespadají pouze do období posledních 20 let, kdy se o nanotechnologiích hovoří, ale lidstvo ať již vědomě nebo nevědomě využívá nanotechnologie již od počátku našeho letopočtu. Navíc řada nanomateriálů vzniká zcela přirozenými přírodními procesy a nakonec živé organizmy sami o sobě využívají nanotechnologických procesů pro své vlastní životní potřeby.

Z uvedeného je patrné, že problematika nanotechnologií je velmi široká a překonávající současné hranice vědy a techniky, a proto je předmětem zájmu řady skupin lidské společnosti počínaje vědci a techniky, přes vojáky, podnikatele, ekonomy, zákazníky až po politiky a další zainteresovaná uskupení. První komerční produkty vědomě využívající nanotechnologie začaly být dostupné od roku 1992 a od té doby neustále roste trh s těmito produkty, rozšiřuje se, a stal se tak zajímavý i v ekonomické a politické oblasti. Zde je s růstem ekonomického trhu a know-how nanotechnologií spojen růst trhu pracovních příležitostí, ale také otázky bezpečnosti práce, zdravotních rizik a dalších aspektů.

Všechny tyto zmiňované oblasti jsou ve všech oborech lidské činnosti upraveny standardizačním procesem, a proto i všechny oblasti týkající se oboru nanotechnologií se staly předmětem standardizace. Pro zajištění bezproblémového růstu celého oboru nanotechnologií a zejména pro zajištění možnosti bezpečného řízení rizik těchto nových technologií vznikají po celém světě na popud vládních a dalších organizací v polovině desátých let 21. století standardizační komise zabývající se problematikou nanotechnologií. V srpnu 2004 tak vzniká ANSI-NSP Nanotechnology Standards Panel a v červnu 2005 vzniká v rámci ISO samostatná technická komise ISO/TC 229 – Nanotechnologies. Obdobně k problematice přistoupila i Evropská komise, která v roce 2004 iniciovala vznik pracovní skupiny WG166 v rámci CEN, jejímž úkolem byl celoevropský průzkum potřeb standardizace pro obor nanotechnologií a na základě tohoto průzkumu byla v roce 2006 ustavena nová technické komise CEN/TC 352 – Nanotechnologie. Na základě výzvy ISO k založení zrcadlových národních standardizačních komisí pro přípravu a přejímání přijatých norem jednotlivými členskými státy ISO byla i v České republice ustavena zrcadlová komise při ČNI TNK 144 – Nanotechnologie a to v roce 2007.

Přehled mezinárodních aktivit ke standardizaci nanotechnologií:

Rozsah zájmu zmiňovaných národních i mezinárodních standardizačních komisí je vesměs obdobný. Protože se jedná o zcela nový vědní a technický obor, je třeba vybudovat kompletní standardizační systém od samého základu, tedy zejména standardizovat terminologii a nomenklaturu oboru, dále pak charakterizovat přístrojové vybavení a způsoby měření jednotlivých nanomateriálů, včetně definování referenčních materiálů. V neposlední řadě jsou jejich zájmem také problematika modelování nanomateriálů, včetně otázek bezpečnosti těchto materiálů a jejich potenciální vliv na lidské zdraví a životní prostředí obecně.

Největší komplikací pro proces standardizace nanotechnologií je fakt, že obor nanotechnologií svým rozsahem zasahuje do řady již standardizací pokrytých oblastí, avšak pro charakterizaci vlastností a zejména vlivu potenciálních rizik jednotlivých nanomateriálů nelze tyto již zavedené standardizované postupy většinou použít. Pro mezinárodní standardizaci je pro nás relevantním zdrojem standardizačních dokumentů ISO/TC 229 – Nanotechnologies, která za dobu svého působení vydala do současné doby celkem 21 normalizačních dokumentů:

ISO/TS27687:2008 Nanotechnologies -- Terminology and definitions for nano-objects -- Nanoparticle, nanofibre and nanoplate
ISO/TR 12885:2008 Nanotechnologies -- Health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies
ISO 10801:2010 Nanotechnologies -- Generation of metal nanoparticles for inhalation toxicity testing using the evaporation/condensation method

ISO 10808:2010 Nanotechnologies -- Characterization of nanoparticles in inhalation exposure chambers for inhalation toxicity testing
ISO/TS 10867:2010 Nanotechnologies -- Characterization of single-wall carbon nanotubes using near infrared photoluminescence spectroscopy
ISO/TS 11251:2010 Nanotechnologies -- Characterization of volatile components in single-wall carbon nanotube samples using evolved gas analysis/gas chromatograph-mass spectrometry
ISO/TR 11360:2010 Nanotechnologies -- Methodology for the classification and categorization of nanomaterials
ISO/TR 12802:2010 Nanotechnologies -- Model taxonomic framework for use in developing vocabularies -- Core concepts
ISO 29701:2010 Nanotechnologies -- Endotoxin test on nanomaterial samples for in vitro systems -- Limulus amebocyte lysate (LAL) test
ISO/TS 80004-1:2010 Nanotechnologies -- Vocabulary -- Part 1: Core terms
ISO/TS 80004-3:2010 Nanotechnologies -- Vocabulary -- Part 3: Carbon nano-objects
ISO/TS 80004-4:2011 Nanotechnologies -- Vocabulary -- Part 4: Nanostructured materials
ISO/TS 80004-5:2011 Nanotechnologies -- Vocabulary -- Part 5: Nano/bio interface
ISO/TS 80004-7:2011 Nanotechnologies -- Vocabulary -- Part 7: Diagnostics and therapeutics for healthcare
ISO/TS 10798:2011 Nanotechnologies -- Characterization of single-wall carbon nanotubes using scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectrometry analysis
ISO/TS 10868:2011 Nanotechnologies -- Characterization of single-wall carbon nanotubes using ultraviolet-visible-near infrared (UV-Vis-NIR) absorption spectroscopy
ISO/TS 11308:2011 Nanotechnologies -- Characterization of single-wall carbon nanotubes using thermogravimetric analysis
ISO/TS 11888:2011 Nanotechnologies -- Characterization of multiwall carbon nanotubes -- Mesoscopic shape factors
ISO/TS 12805:2011 Nanotechnologies -- Materials specifications -- Guidance on specifying nano-objects
ISO/TR 13121:2011 Nanotechnologies -- Nanomaterial risk evaluation
ISO/TS 13278:2011 Nanotechnologies -- Determination of elemental impurities in samples of carbon nanotubes using inductively coupled plasma mass spectrometry

Kromě těchto již publikovaných dokumentů je však v rámci jednotlivých pracovních skupin, a ve spolupráci s dalšími technickými komisemi, připravováno k publikaci dalších 23 normativních dokumentů. Typickým příkladem propojenosti problematiky oblasti nanotechnologií do dalších technických normalizačních komisí je například i standardizace problematiky fotokatalýzy, tedy procesu využívajícího především vlastností nanomateriálů, v rámci technické komise ISO/TC 206 – Fine ceramics, TC206/WG37 - Test methods for photocatalytic materials, kde je za ČR aktivním expertem i dr. František Peterka, předseda české subkomise pro fotokatalýzu při TNK 144.

Přehled evropských aktivit ke standardizaci nanotechnologií:

Z pohledu evropského procesu normalizace nanotechnologií je nejvýznamnější institucí pro standardizaci CEN – Comité Européen de Normalisation a v její působnosti technická komise CEN/TC 352 Nanotechnologies. Tato komise byla od svého založení v roce 2006, stejně jako i ISO/TC 229, vedena sekretariátem při BSI - British Standards Institution a předsedou obou těchto komisí byl dr. Peter Hatto. Pro harmonizaci světových a evropských norem a zamezení duplicity jejich přípravy je pro přípravu norem, i v rámci CEN/TC 352, využívána úzká technická spolupráce mezi ISO a CEN, tak jak je zakotvena ve Vídeňské dohodě z roku 1990. Vždy je tedy předem dohodnuto, které standardizační projekty budou řešeny pod ISO a které pod CEN vedením a po jejich vypracování budou přijaté standardizační dokumenty schváleny současně v obou partnerských organizacích. Do současné doby pak byly členskými státy pracujícími technické komisy CEN/TC 352 Nanotechnologies schváleny a publikovány čtyři normativní dokumenty a to:

CEN ISO/TS 27687:2009 Nanotechnologies - Terminology and definitions for nano-objects - Nanoparticle, nanofibre and nanoplate (ISO/TS 27687:2008)
EN ISO 29701:2010 Nanotechnologies - Endotoxin test on nanomaterial samples for in vitro systems - Limulus amebocyte lysate (LAL) test (ISO 29701:2010)
EN ISO 10801:2010 Nanotechnologies - Generation of metal nanoparticles for inhalation toxicity testing using the evaporation/condensation method (ISO 10801:2010)
EN ISO 10808:2010 Nanotechnologies - Characterization of nanoparticles in inhalation exposure chambers for inhalation toxicity testing (ISO 10808:2010)

a na přípravě dalších se intenzivně pracuje. Význam CEN/TC 352 v rámci přípravy normalizačních dokumentů byl ještě umocněn přímým mandátem od Evropské komise M/461, ve kterém evropská komise požaduje, v úzké spolupráci s ISO a OECD, tvorbu normativních dokumentů zejména v těchto oblastech:

1. Charakterizace nanomateriálů a expozice nanomateriály

2. Zdraví, bezpečnost a prostředí (Health, Safety, and Environment)

V rámci tohoto mandátu je třeba v horizontu 3-12 let připravit:

a) plán (roadmap) pro tvorbu normativních dokumentů v rámci 37 nových normativních projektů;
b) finální výstup:

i. evropské normy pro metodologii určování vyráběných nanomateriálů a pro předběžné zkoušky toxicity a ekotoxicity;
ii. evropské normy pro vzorkování a měření expozice pracovních prostor, prostředí a uživatelů;
iii. evropské normy pro metody simulace expozic nanomateriály.

Témata požadovaná v mandátu EK jasně spějí zejména k vymezení potenciálních rizik nanomateriálů, což je ve své podstatě nejkomplikovanější téma problematiky nanotechnologií. Problematiku rizik nanotechnologií totiž nelze svázat pouze s chemickým složením materiálů, ale jak různé studie dokazují, je obecně funkcí velikosti nanočástic, jejich krystalické struktury, způsobu přípravy, metod stabilizace nanočástic, způsobem jejich použití a dalších vlastností, přičemž vliv těchto parametrů na hodnocení rizika jednotlivých nanomateriálů je obecně různý a v současné době jsou uvedené vlastnosti jednotlivých nanomateriálů teprve předmětem výzkumu. Z tohoto důvodu pak, dle uvedeného mandátu, CEN/TC 356 plní také důležitou roli spočívající v koordinaci práce různých ISO/TC a CEN/TC, kdy jsou vydávány standardizační dokumenty i dalšími technickými komisemi, kterých se ta která určitá část problematiky nanotechnologií týká. Příkladem může být například CEN/TC 137 - Assessment of workplace exposure to chemical and biological agents, která již vydala dokument:

EN ISO 28439:2011 Workplace atmospheres - Characterization of ultrafine aerosols/nanoaerosols - Determination of the size distribution and number concentration using differential electrical mobility analysing systems.

V souvislosti s realizací zmíněného mandátu Evropské komise byl na posledním jednání CEN/TC 352 rozšířen počet pracovních skupin této komise na tři a to: WG1 Tribology, WG2 Nanoparticle measurement and testing a WG3 Enviromental problems a byly zahájeny práce na šesti nových standardizačních projektech a další jsou intenzivně připravovány. Zároveň byly jednotlivé členské země požádány o navržení jednotlivých expertů do těchto pracovních skupin a případně navržení styčných osob pro spolupráci s technickými komisemi dané mandátem EK.

Standardizace nanotechnologií na národní úrovni České republiky:

Přestože národní technická normalizační komise vznikla při ČMI jako zrcadlová komise ISO/TC 229 již v roce 2007, tak kromě svého ustavujícího zasedání se po celou dobu svého tříletého funkčního období tato komise již nikdy nesešla. Přesto se projevila samostatná aktivita jednotlivých expertů této technické komise a to jak v ISO, tak i v CEN, a nakonec i nástupní organizace po ČMI – UNMZ, zejména pak v roce 2010, kdy se BSI vzdalo sekretariátu CEN/TC 352. V tomto roce byly prováděny překlady jednotlivých, již přijatých, normativních dokumentů ISO a CEN pro jejich zavedení do ČSN. Mimo to na základě dobré vědeckotechnické a i začínající průmyslové základně firem v ČR podalo UNMZ kandidaturu na sekretariát a předsednictví v technické komisi CEN/TC 352 – Nanotechnologie. I přes nepřehlédnutelnou konkurenci na předsednictví ze strany AFNOR – Francie, DIN – Německo a NEN – Holandsko, byl nakonec zástupci jednotlivých členských státu CEN pro nový sekretariát CEN/TC 352 zvolen twinningový sekretariát ve spolupráci AFNOR a UNMZ. Tato volba pak dostala reálnou podobu při přípravě prvního zasedání pořádaného novým twinningovým sekretariátem 24.2.2011 v Bruselu, kde byli zvoleni nový předseda TC za Francii a místopředseda za Českou republiku.

Vlastní realizace standardizace oboru nanotechnologií v České republice započala v březnu 2011, kdy byla UNMZ vydána první norma týkající se nanotechnologií a do současné doby bylo pod ČSN přijato celkem 5 norem a to v pořadí:

ČSN P CEN ISO/TS 27687 Nanotechnologie - Termíny a definice nanoobjektů - Nanočástice, nanovlákno a nanodeska;
ČSN EN ISO 29701 Nanotechnologie - Endotoxinová zkouška vzorků nanomateriálu systémy in vitro - Zkouška Limulus amebocyte lysate (LAL)
ČSN EN ISO 10808 Nanotechnologie - Charakteristika nanočástic v inhalačních komorách na zkoušku toxicity po inhalaci
ČSN EN ISO 10801 Nanotechnologie - Generování nanočástic kovů pro zkoušení inhalační toxicity pomocí odpařovací/kondenzační metody
ČSN P ISO/TS 80004-3 Nanotechnologie - Slovník - Část 3: Uhlíkové nanoobjekty

Na přípravě dalších norem týkající se nanotechnologií se v současné době dále pracuje.

Závěr:

Tento článek měl za cíl přinést aktuální přehled o stavu technické standardizace nově zavedeného, velmi širokého technického oboru, jakým je nanotechnologie. Díky svému intenzivnímu rozvoji a jeho všeobecným dopadům do všech oborů lidské činnosti je standardizace tohoto oboru jednou z priorit řady vlád zemí po celém

světě. I přes všechny doposud neznámé faktory spojené s nanotechnologiemi jsou odpovídající normativní dokumenty intenzivně a systematicky připravovány experty z celého světa. Význam technologického zázemí oboru nanotechnologií v České republice také dopomohl k získání twinningového sekretariátu v technické komisi CEN/TC 352 – Nanotechnologie pro UNMZ. To naopak českému průmyslovému sektoru nabízí přímý kontakt s problematikou normalizace nanotechnologií na evropské úrovni a možnost přímé účasti na práci v jednotlivých pracovních skupinách technických komisí. Obecně se lze tedy připojit k výzvě CEN a UNMZ k zapojení odborníků jednotlivých firem v ČR do práce na připravovaných normativních dokumentech, protože právě standardizace jejich vlastních produktů jim může přinést konkurenční výhody a jistotu bezpečnosti použití jejich výrobků.

Seznam použité literatury:

[1] M. Solar, kap. 8. Standardizace v oblasti nanotechnologií, T. Prnka, J. Shrbená, K.Šperling, *Nanotechnologie v České republice 2008*, Česká společnost pro nové materiály a technologie, 2008.
[2] http://www.iso.org/
[3] http://www.cen.eu/
[4] http://www.unmz.cz/
[5] EC mandate M/461
[6] J. Hošek: *Úvod do nanotechnologie*, Vydavatelství ČVUT, 2010.