



Po celou dobu lidské historie byl výrazný technologický pokrok vždy spojen s využitím nových a stále dokonalejších materiálů (kámen, bronz, železo, umělé hmoty, polovodiče) pro technické aplikace. Ve 20. století se tímto motorem staly elektronika a rozvoj informačních technologií. Díky nim se materiálový výzkum nepředstavitelně zrychlil a přináší stále nové a nové materiály se stále vzrůstající mírou inteligence. Lepší představu o světě chytrých technických materiálů si nyní můžete udělat i díky 21. STOLETÍ.



» Práce materiálových inženýrů v laboratořích mnohdy na první pohled připomíná práci mikrochirurgů. Využití nakonec nalezne i v tak »odlehých« oborech, jako je letecké konstruktérství.

Když se řekne chytrý...

Slovo »chytrý« (angl. *smart*) se v posledních letech stalo jedním z klíčových slovy v oblasti moderního vědecko-technologického pokroku. Mluvíme např. o chytrých telefonech, chytré elektrické rozvodné sítě či chytrých domácích spotřebičích. Méně se již ví o tom, že jistý stupeň »chytrosti« mohou vykazovat samotné technické materiály, které v současnosti vyvíjejí materiáloví inženýři v laboratořích celého světa, Česko pochopitelně nevyjímaje.

Řekněme si nejprve, co ve světě inženýrů, vyvíjejících a používajících chytré technické materiály, vlastně znamená být »chytrý«. Jsou tak nazývány v podstatě všechny látky, které mají schopnost rozpoznat vybranou změnu vnějších podmínek a výrazně na ni reagovat definovaným způsobem. Důležité je, aby se chovaly přesně tak, jak chtějí vědci, kteří materiál připravili a postupně odkoušeli jeho vlastnosti. Za »čáry« s chytrými technickými materiály je tak zodpovědná tradiční a dlužno říci, že ne vždy vysloveně oblíbená disciplína – stará dobrá fyzika.

Ten zlý z Terminátorů

Většina čtenářů 21. STOLETÍ jistě alespoň jednou v životě viděla film *Terminátor II*. Zlý robot z budoucnosti, Terminátor T-1000, má za úkol zabít Johna Connora, budoucího vůdce vzpoury lidí proti strojům. S obsazením role »hodného« Terminátora typu T-800 si režisér Cameron nemusel příliš lámat hlavu: celý film si vystačí s Arnoldem Schwarzeneggerem. S »modernějším« T-1000 to měl však již o dost horší. Nejenže musel vystřídat několik herců, ale s dotvořením dokonalé iluze vývojově pokročilého robota mu musela napomoci řada počítačových triků.

Stroj z chytrého kovu

T-1000 je totiž vyroben z »chytrého« kovu, kterému nedělá velký problém měnit svůj

tvar, skupenství, mechanické i další vlastnosti. Kov, z něhož je T-1000 vyroben, tak vlastně představuje sen materiálových inženýrů. Nejenže ochotně přizpůsobuje své vlastnosti vnějším podmínkám, velmi dobře si také »pamatuje« svůj původní tvar a je za každých okolností schopen se do něj sám vrátit (zahojit svá poranění), ale je navíc vybaven i vysokým stupněm inteligence, charakteristickým pro živou přírodu. I když jsou vědci od tohoto ideálu stále na míle daleko, dalo by se říci, že jejich kroky při vývoji chytrých materiálů směřují právě tímto směrem.

Jak na to jdou v laboratořích?

V současnosti existují dva protichůdné postupy, jak takové chytré materiály připravovat. První, a dejme tomu tradiční, využívá nejmodernější vědecké metody ke studiu fyzikálních jevů přirozeně existujících v některých látkách a snaží se připravit materiály mající na základě těchto jevů schopnost reagovat na vnější podněty žádaným způsobem. Příklady takových již využívaných chytrých materiálů jsou uvedeny v tabulce na následující straně. Druhý postup se snaží uměle připravit zcela nové chytré materiály, ať už pomocí cílené proměny vnitřní struktury látky (dnes především plastů), nebo ve formě cíleně navrhovaných kompozitních materiálů.

Chytré materiály, které mění svět

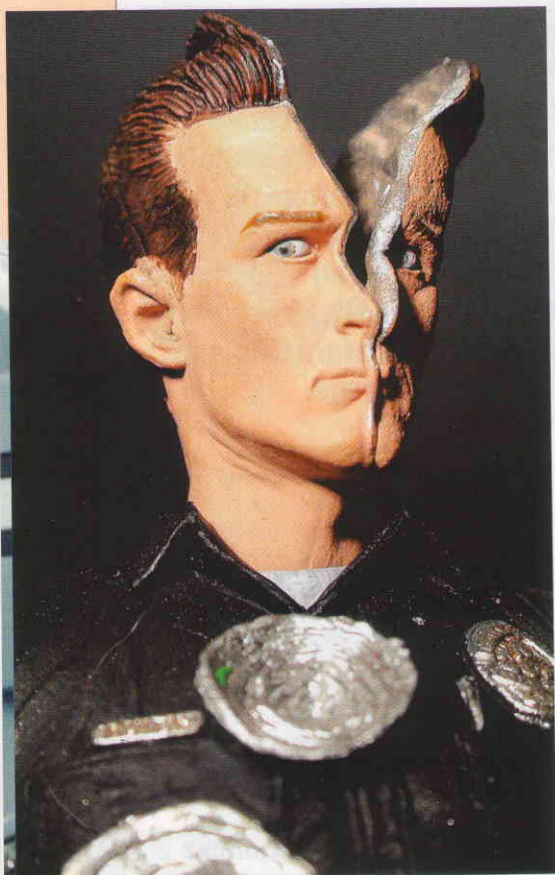


FOTO: FILMONIC.COM

Od teorie k praxi aneb Kam směřuje chytrost?

Ve fázi výzkumu může práce vědců připadat laikovi jako jakési nezávazné »hračičkování«. Množství patentů, které z jejich laboratoří v posledních letech prakticky jen »prší«, však dokazuje, že to, co vypadá v laboratoři samoúčelně a možná i zcela nepotřebně, nalezne své využití v překvapivě širokém množství zcela praktických aplikací.

Možná i vy máte právě na stole »chytrý« termochromický hrneček se skrytým obrázkem, na nose máte brýle s chytrými skly či obroučkami, které můžete ohýbat podle libosti, či sportujete v obuvi či oblečení z funkčních textilních materiálů. Počet patentů v oblasti chytrých materiálů jde dnes do milionů a jen prostý výčet jejich aplikací v dnešních technologiích by jistě zabral

nejen celé číslo 21. STOLETÍ, ale dost možná i několik objemných knižních svazků.

Jelikož náš výčet nemůže být úplný, soustředíme se na chytré technické materiály, pokusíme se upozornit na oblasti, které lze už dnes považovat za perspektivní, a ilustrovat je několika příklady úspěšných technických aplikací.

I. CHYTRÉ TEXTILIE PRO KAŽDOU PŘÍLEŽITOST

Oblast využití: textilie měnící barvu, citlivé na pH, teplo někdy pohlcující a jindy vydávající, pohlcující pachy, samočisticí a antiseptické povrchy, s vlastnostmi elektronických obvodů atd.

Jaké materiály: optická vlákna (křemíková či polymerová), vodivá vlákna, fázově transformující materiály, nanotechnologické povlaky vláken, textilie s kovovými nebo polymerními vlákny s tvarovou pamětí, nanovlákna atd.

Funkční versus chytrý

Tradiční textilie, kterým dnes odborníci přezdírají »konvenční«, provádějí lidstvo prakticky od doby, kdy se začalo věnovat systematickému zemědělství. V průběhu druhé poloviny 20. století se začaly objevovat první vlašťovky textilií funkčních, tedy takových, které k očekávaným vlastnostem přidávají ještě nějakou nečekanou navíc (např. velmi známý materiál Gore-tex, který nepropouští

» Pletená hybridní textilie z vláken NITI a skelných vláken vytvarovaná tepelnou úpravou

FOTO: FYZIKÁLNÍ ÚSTAV AV ČR



» Speciální slitina, z níž je vyroben Terminátor T-1000, umožňuje robotovi, aby se jeho zranění opravovala sama

Inspirace od přírody

Přístup, známý jako biomimetika, hledá v tomto směru inspiraci v mikrostruktuře materiálů, které již připravila a úspěšně využívá matka příroda. Vývoj kovových či keramických chytrých materiálů s uměle integrovanými funkcemi na atomové úrovni, tedy sen materiálových inženýrů, je však přece jen stále oborem v plenkách. Vyžaduje totiž technologické postupy a procesy aplikovatelné v rozměrech 10^{-9} m, tedy v dnes stále častěji zmiňovaném nanosvětě. Protože se však na »dobývání nanosvěta« v současnosti soustředí pozornost materiálůvých vědců celého světa, má vývoj nových chytrých materiálů velkou šanci stát se oborem budoucnosti. <

PŘÍKLADY CHYTRÝCH MATERIÁLŮ

Definice »chytrých materiálů« je natolik široká, že do této oblasti lze bez problémů zahrnout **bádání ve velmi rozličných fyzikálních, ale i chemických oblastech** a je velmi obtížné sestavit jejich kompletní seznam. V principu lze chytré materiály rozdělit do dvou oblastí: na takové, které mění vlastnosti, a takové, které dokážou »chytrým« způsobem přeměňovat energii.



1 Materiály měnící barvu.

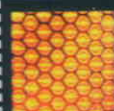
Vnější popudem ke změně barvy může být široká škála fyzikálního působení, např. reakce na proměnu vlnové délky dopadajícího světla, změna teploty, průchod elektrického proudu nebo vložení do elektrického pole, mechanická deformace či reakce na proměnu chemického prostředí.



2 Materiály vydávající světlo (luminescence).

Vyzařování světla je v přírodě většinou spojeno s vyzařováním tepla. Luminescenční látky jsou však natolik »chytré«, že dokážou tepelné ztráty minimalizovat. Luminescenční schopnosti lze v materiálech povzbudit např. světlem různých vlnových délek, svazkem rychle letících elektronů, elektrickým polem,

ionizujícím zářením či chemickou reakcí.



3 Feroelektrické materiály.

V některých slitinách, keramických materiálech či syntetických hmotách dochází za určitých teplot ke spontánnímu rozložení elektrického náboje, polarizaci. Řízení tohoto efektu elektrickým polem je možné využívat např. při konstruování počítačových pamětí.

FOTO: HITREVIEW.INFO, P.WHOLESAL.COM A UJ FOTO 21

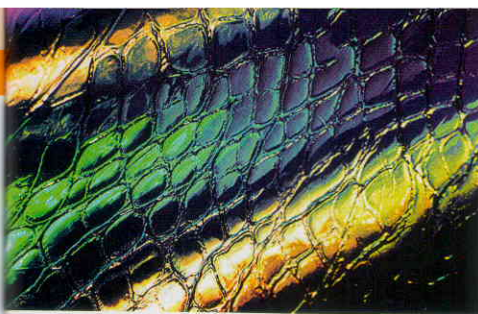


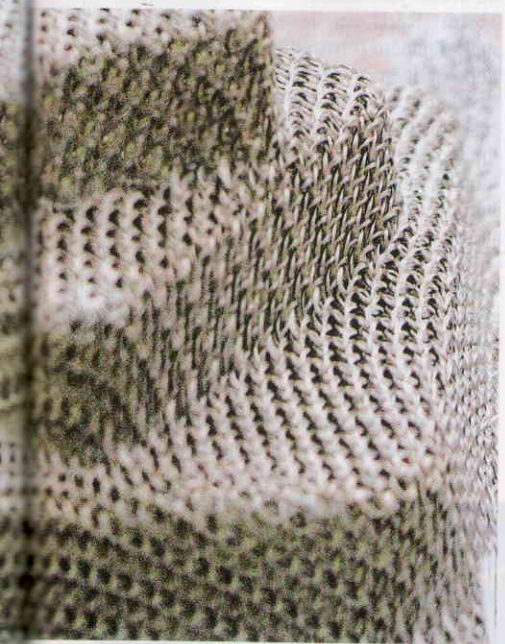
FOTO: LIBRARY.THINKQUEST.ORG

» Tzv. »chameleonské textilie« dokážou měnit svou barvu v závislosti na teplotě

vodu, ale dobře větrá, je založen na speciální membráně vložené do textilie).

Co je chytrá textilie?

Později se objevily aktivní chytré textilie mající v sobě zabudovány jak senzory (čidla reagující na změnu v prostředí), tak aktuátory. Trendem současné doby je s pomocí vodivých vláken vyvíjet takové funkční textilní materiály, které budou reagovat na vnější podněty nejen pasivně, ale jejich vlastnosti bude možné cíleně řídit, nebo dokonce budou schopny se samy rozhodovat (od senzoru tepu, pohybu či dechu přes antény, dotykové displeje až po tzv. nositelné počítače – e-textiles, integrující procesor, obrazovku a klávesnici počítače v textilii).



» Chytré materiály se již ve světě medicíny velmi zabydly. Napomáhají např. jako materiály k implantátům, mikronástrojům či jako rozvozci léků.

II. CHYTRÉ MATERIÁLY DO ŽIL I NAMÍSTO SVALŮ

Oblast využití: lékařské implantáty, nástroje pro mikroinvasivní operace, rovnátka a ortodontické pomůcky, biodegradabilní polymerní a kovové implantáty, které tělo po ukončení funkce vstřebá nebo vyloučí, inteligentní povrchy sloužící jako nosiče léčiv, mikropumpy a dávkovače léků atd.

Jaké materiály: vodivé polymery, polymerní gely, dielektrické elastomery, kovové slitiny a kompozity s tvarovou pamětí

Obrovská škála aplikací

Jen málokterá oblast je tak mimořádně vhodná k uplatňování chytrých materiálů jako medicína. Důležitou oblastí aplikací jsou právě nejrůznější technické textilie, které nacházejí využití při filtrování, inteligentním dávkování léků, odpuzování choroboplodných zárodků či při diagnostikování různých chorob. Velkou kapitolou materiálového inženýrství je také příprava materiálů pro náhradu lidských svalů z elektricky vodivých polymerů či dielektrických elastomerů. (I když v dnešní době jsou stále hlavními »zákazníky« spíše roboti.)

Superelastické »vychytávky«

Chytré materiály pro využití v medicíně musí být tzv. biokompatibilní, tedy musí se vel-

mi dobře snášet s prostředím lidského organismu. To se týká např. i již našich dobrých známých superelastických materiálů ze slitiny NiTi, které se v minulých dvaceti letech prosadily jako jeden z klíčových materiálů

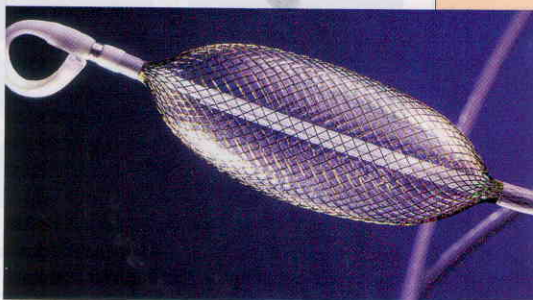


FOTO: NEWSBLAZE.COM

» Katetry, vyrobené ze superelastických slitin, nejsou v dnešní medicíně žádnou velkou vzácností

pro implantáty a mikroinvasivní operace. Svou cestu do světa medicíny si našly nejdříve ve formě drátů, trubiček a stentů (cévní náhrady ve formě struktur buď vyřezávaných laserem z trubiček, nebo pletených z tenkých drátů). Dále se používají pro dráty do zubních rovnátek, katetry (trubičky k výplachu dutin či napojení cév). V poslední době byly v USA a Izraeli vyvinuty i aplikace pouze několik mikrometrů tlustých NiTi vrstev v umělém srdci.



4 Materiály s řízenou viskozitou. Na přítomnost magnetického nebo elektrického pole

reagují některé látky tím, že promění svou viskozitu, tedy schopnost téct. V praxi to vypadá tak, že se z kapaliny takřka vmžiku stane téměř tuhá látka a naopak, což lze s výhodou využít např. pro aktivní tlumení mechanických vibrací budov při zemětřeseních.



5 Materiály s tvarovou pamětí. Některé kovy, plasty či keramika mají schopnost navrátit se po deformaci do žádaného tvaru v reakci na změnu vnějších podmínek. Jev často souvisí s fázovými změnami v pevném stavu a jeho dalšími projevy jsou například superelastická využíváná v mikroinvasivních operacích, tepelně vyvolaná ak-

tuace nebo aktivní tlumení mechanických vibrací (viz dále).



6 Elektroaktivní polymery a polymerní gely. Tyto syntetické látky se mohou např. snadno smršťovat či měnit svůj objem v reakci na změnu elektrického napětí. Jsou velmi nadějnými materiály pro výrobu syntetických náhražek svalů.



7 Piezoelektrické materiály. Při mechanickém působení (např. stlačování, kroucení atd.) na určité materiály se objevuje elektrický náboj, který je možné dále využívat. Platí to ale i obráceně – střídavé elektrické pole může v materiálu vyvolávat tvarové změny s vysokou opakovací frekvencí.

FOTO: EUROFLEX-GMBH-DE, IASAGR, FINDTARGET.COM A THECOOLGADGETS.COM

III. ENERGETICKÁ SKLIZEŇ DÍKY CHYTRÝM MATERIÁLŮM

Oblast využití: přeměna sluneční energie, přebytečného tepla či mechanické energie na elektrickou

Jaké materiály: fotovoltaické materiály, termoelektrická keramika, piezoelektrické materiály, kovové materiály s tvarovou pamětí atd.

Sběr energetických odpadků

Fyzikové již delší dobu znají pozoruhodnou vlastnost některých materiálů – totiž to, že dokážou převést jednu formu energie v jinou (např. energii tepelnou, fotonů slunečního světla

či mechanickou v energii elektrickou). Energetické »přebytky« je možné pomocí chytrých materiálů využívat. Ne, nebojte se! Zákon o zachování energie platit nepřestává. »Přebytky« energie pochopitelně nevznikají. Chytré materiály však dokážou »zachytit« energii, která by jinak zmizela v nenávratnu, např. ve formě tepla. Po vyčerpání fosilních zdrojů energie bude vedle jaderné energetiky a obnovitelných zdrojů naše energetická budoucnost do

značné míry záviset na úspěšnosti, s jakou budeme schopni tyto energetické zbytky sklízet a využívat.

Stačí jen zahřát či zakroutit...

Přebytky energie se vyskytují jak spontánně v přírodě, tak v nejrůznějších technických zařízeních. Většinou se jedná o přebytečné teplo nebo mechanické jevy, např.



» Řada chytrých materiálů získává své využití v oblasti »energetické sklizeň«. Jedním z mnoha příkladů je i fotovoltaika.



FOTO: DUPONT.COM

vibrace způsobené namáháním materiálů (např. při běhu v botách či v oblečení, při vibracích nejrůznějších konstrukcí).

Vhodným příkladem za všechny může být například dobíjení akumulátorů pomocí funkčních materiálů, například termoelektrických, jejichž vývojem se zabývá většina světových automobilek. Firma General Motors R&D v nedávné době získala nemalé finanční prostředky na vývoj jedinečného zařízení využívající přebytečné teplo vznikající při činnosti motoru, které mění tvar součástky ze slitiny s tvarovou pamětí. Opakované tvarové změny by pak měly pohánět generátor, díky němuž se třeba dobíjí baterie.

IV. CHYTRÁ ARCHITEKTURA BUDOUCNOSTI

Oblast využití: tlumení vibrací, reakce na sluneční světlo, teplo, vlhkost, získávání energie z vnějšího prostředí, proudění vzduchu v domě

Jaké materiály: slitiny a kompozity s tvarovou pamětí, fotochromní a termochromní materiály, materiály s řízenou viskozitou, piezoelektrické materiály

Ochrana domů před zemětřesením

Architektoničtí vizionáři, kteří již dnes ve svých hlavách vytvářejí budoucí podobu domů i celých měst, mají chytré materiály pochopitelně ve velké oblibě. Velkým optimistou je např. německý vědec Axel Ritter. Budovy budoucnosti by podle něj mohly měnit svou barvu, velikost, tvar i třeba míru průhlednosti či průsvitnosti stěn. V této souvislosti se jako slibné jeví aplikace chytrých slitin pro tlumení vibrací budov, kde dokážou účinně »vychytávat« vibrace vzniklé např. přejezdem vozidel či při zemětřesení. Z pochopitelných důvodů do výzkumu seizmických aplikací slitin SMA investují hlavně v USA, Japonsku a Itálii.

Chytřejší bydlení

Kromě takovýchto zatím spíše sci-fi projektů je nejslibnější oblastí aplikace chytrých materiálů v architektuře oblast ekologického bydlení. Chytré materiály mohou být využívány k přímému získávání energie (např. z energie tepelné či solární), k vylepšení »omyvatelnosti« (např. nešpinící se taš-

ky či obložení), zvyšování komfortu řízením proudění vzduchu a reakcí na světlo a teplo a nakonec i pohlcování škodlivých látek. Ritter sám nyní pracuje na projektu domu, který reaguje na déšť. Chytrý materiál se díky vodě roztáhne a později zase smrští. Tuto vlastnost lze využít například při získávání energie.

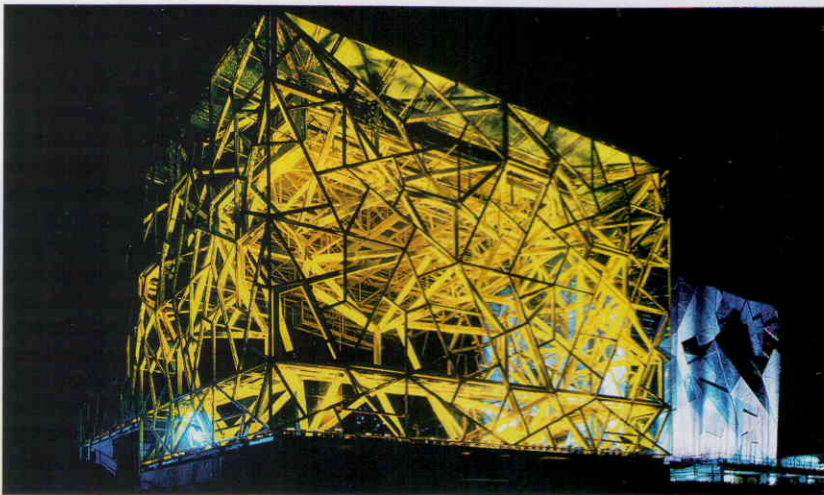


FOTO: URBAMA.COM

» Jedním z oborů, v nichž mají chytré materiály zelenou, je i architektura. Svě uplatnění zde najdou např. slitiny s tvarovou pamětí.

Čím to je, že si materiály pamatují tvar?

Funkční materiály jsou studovány a využívány i v Čechách a na Moravě. Jedním z neaktivnějších pracovišť je Fyzikální ústav AV ČR, kde před několika lety vzniklo přímo Oddělení funkčních materiálů. Protože toto pracoviště se vydělilo z Oddělení kovů, pracují zde především s kovovými slitinami s tvarovou pamětí, ale i s jinými materiály, například s polymery či látkami kombinovanými, tzv. kompozity.



» Tkaná textilie z vláken slitiny s tvarovou pamětí NITl zaujímá při ohřevu svůj předem nastavený tvar i proti působení vnějších sil

» Součástka zvaná »chevron«, vyrobená z chytré slitiny, se uplatňuje při snižování hluku motoru letadel

V. STARÉ DOBRÉ KONSTRUKTÉRSTVÍ V NOVÉM KABÁTKU

Oblast využití: spojovací součástky, odhlučňování, tepelné či elektricky aktivované SMA aktuátory, vytěšňovací prvky reagující na teplotu, tlumení vibrací

Které materiály: slitiny a kompozity s tvarovou pamětí, piezoelektrické materiály

Prozaický svět součástek

I když jsou konstruktéři a technici v mnoha ohledech poněkud konzervativní, chytré materiály si už dokázaly nalézt cestu i do jejich hájemství. Piezoelektrické materiály se již staly běžnými v systémech pro snímání či aktivní řízení vibračních konstrukcí. První úspěšná masová konstrukční aplikace slitin SMA přišla již v roce 1971, kdy firma Raychem začala ze slitiny NiTi vyrábět inteligentní spojky na trubky. Spojka je roztažena při nízké teplotě v tzv. martenzitickém stavu (viz následující kapitola). Při zahřátí nad teplotu zpětné transformace do austenitu se smrští a trubky do sebe zapadnou jako klíč do zámku. Tento systém rychlospojek dnes již běžně využívají instalatéři na ponorkách a letadlových lodích. Stejný jev se později uplatnil i při výrobě spojky pro hydraulický systém stíhaček Lockheed Aircraft Corporation F-14.

Pomoc s odhlučněním – chevrony

Slovo »chevron« obecně označuje cokoliv na světě, co má tvar podobný písmenu V. Jeden z jeho významů pomohli nedávno naplnit také vědci a konstruktéři z NASA a firmy Boeing. Součástka ve tvaru V je součástí odtokové hrany horkého vzduchu motoru. Dokáže výrazně snížit jeho hlučnost díky tomu, že zamezí turbulencím vzduchu. Problém je v tom, že tato součástka se v motoru hodí zejména při startu. V momentě, kdy je stroj v oblacích, je hlavním zřetelem jeho maximální výkon. Chevron vyrobený ze slitiny s tvarovou pamětí dokáže tomuto dvojitému požadavku ideálně vyhovět. Trendem současnosti je vývoj slitin s tvarovou pamětí pro použití v automobilových a leteckých motorech při teplotách 200 °C–1000 °C. <

Materiály, které mají paměť, nám mohou sloužit jako krásný příklad jednoho z odvětví vývoje funkčních materiálů. Takové látky nás vlastně obklopují, aniž si to příliš uvědomujeme. Stačí připomenout záznamové pásky audio- i videotechniky, nebo i magnetické a polovodičové paměti počítačů. Do těchto médií je ukládána informace a pak zase čtena. Dnes dovedeme připravit i chytré materiály, jež si pamatují tvar, který jim vtiskneme. Mohou být nejrůznější – od polymerů přes kovy po keramiku, o organických látkách ani nemluvě. Oblast výzkumů paměťových materiálů, jimž se fyzikové z Oddělení funkčních materiálů zabývají, je relativně široká, má však společného jmenovatele – je jím schopnost materiálů vyvolávat mechanický pohyb.

Když se řekne změna...

Se změnou vnějších podmínek se mění každý materiál, tu více, tu méně. Zatímco změ-

nu mechanických vlastností ocelové tyče mezi 5 a 30 °C nevnímáme (ale víme, že k ní dochází, neboť praskání kolejnic v mrazích bývá častým obsahem televizních zpráv), změna vlastností másla v tomto teplotním intervalu je značná a v závislosti na stravovacích návycích i dosti otravná na to, abychom ji vedli v patrnosti. Srovnatelnou změnu mechanických vlastností prochází i měď při teplotách blízkých 1084 °C – její teplotě tání. Jen málokdo však má s jejím chováním při těchto teplotách přímou zkušenost. V kovové slitině s tvarovou pamětí NiTi (viz rámeček) však podobně výrazná změna nastává třeba u pokojové teploty a to už je něco zcela jiného. Vložíme-li lžičku z takové slitiny do horké polévky, ohne se. Zajímavých vlastností chytrých materiálů si zkrátka povšimneme, probíhají-li při teplotách blízkých pokojové teplotě a vůbec za podmínek neohrožujících život pozorovatele.

MALÝ POHLED DO HISTORIE

• Již v roce 1931 objevil jev »tvarové paměti« švédský vědec **Arne Ölander** (1902–1984), a to při zkoumání vlastností slitiny zlata s kadmíem (AuCd). Jeho objev však zapadl a na výsluní zájmu se tyto vlastnosti začaly dostávat až v 50. letech minulého století.

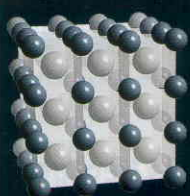
• Skutečný průlom v dějinách výzkumu materiálů s tvarovou pamětí však na-

stal až v roce 1962, kdy v laboratořích amerického námořnictva ve White Oaku v Marylandu prováděli své experimenty William Buehler a Frederick Wang. Společnými silami se podíleli na výzkumu vlastností slitiny, kterou lze od té doby považovat za pomyslného krále mezi »chytrými kovy« – **nitinolu** (NITl – na snímku). Tento materiál proto ve svém názvu stále

nese památku na místo svého vzniku. Zkratka nitinol pochází ze série anglických slov Nickel Titanium Naval Ordnance Laboratory, tedy něco jako niklo-titanová slitina z laboratoří amerického námořnictva. <<

ILLUSTRACE WIKIMEDIA.ORG

DVA JSOU VÍC NEŽ JEDE



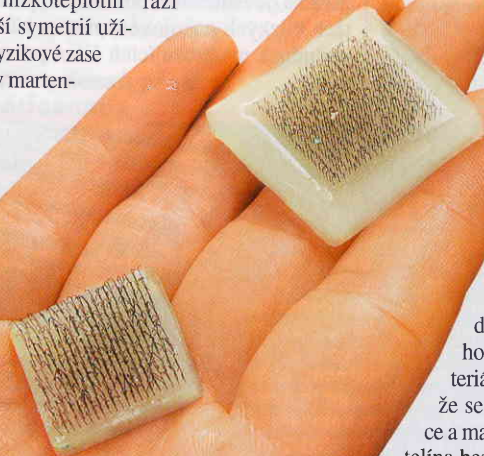
Materiály s jedinečnými vlastnostmi, které je možné «chytře» využívat, se zřídka kdy vyskytují přímo v přírodě. Jedním z úkolů vědců je proto tyto

uměle vyrábět a poté studovat jejich vlastnosti. Mezi kovovými materiály jsou nejstarším a dodnes velmi často využívaným příkladem tzv. **intermetalika neboli uspořádané slitiny**. Tyto slitiny mají většinou chemické složení v poměru celých čísel (1 : 1, 3 : 1 apod.) a zcela jiné vlastnosti než čisté kovy, ze kterých se skládají. Využívá se jich celá řada, jmenujme například **bronz** a **mosazi** (CuSn, CuZn), **amalgámy** – slitiny rtuti se stříbrem, mědí a cínem pro zubní výplně, **slitiny niklu s hliníkem** pro tryskové motory a turbíny (NiAl) či konečně **slitiny vykazující jev tvarové paměti** NiTi nebo **magnetické slitiny** NiMnGa. Vlastnosti materiálu je také možné změnit či znásobit jeho kombinací s látkou úplně jiné povahy, například spojením kovové slitiny s keramikou. Takové kombinace látek označují vědci jako **kompozity**. <<

Jedna fáze, druhá fáze...

Proměna materiálu, kterou zaregistrujeme pouhým okem, tedy takzvaná proměna makroskopická, je často odrazem proměn ve struktuře, kam dohlédnou svými přístroji a modely již pouze ti nezasvěcenější. Mezi mikroskopické změny, které mají velmi nápadné a důležité makroskopické projevy, patří i mezi fyziky a metalurgie velmi oblíbený jev, který odborníci nazývají »martenzitická transformace«. Co se za tímto poněkud záhadným spojením slov vlastně skrývá? Řečeno jazykem fyziků se jedná o jeden z typů tzv. bezdifúzního přechodu mezi dvěma odlišnými fázemi uspořádání atomů v krystalové mřížce. Vysokoteplotní fáze s vyšší symetrií se nazývá austenit, pro nízkoteplotní fázi s nižší symetrií užívají fyzikové zase název martenzitu.

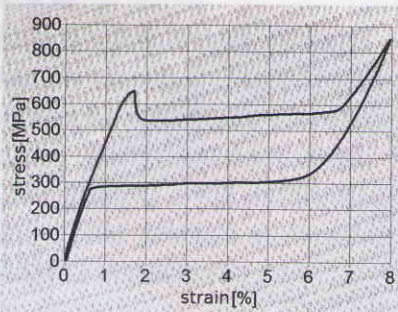
FOTO: FYZIKÁLNÍ ÚSTAV AV ČR



21. STOLETÍ doplňuje:

Pojmy **austenit** a **martenzitu** patří do běžného slovníčku badatelů v oblasti metalurgie a odvozují se od slavných badatelů v této oblasti, první po Angličanu **Williamu Chandlerovi Roberts-Austenovi** (1843–1902), druhý pak po Němci **Adolfu Martensovi** (1850–1914).

GRAF: FYZIKÁLNÍ ÚSTAV AV ČR



>> **Superelastická křivka napětí deformace 0,1 mm tenkého vlákna ze slitiny NiTi (vysvětlení v textu)**

Pohled do nitra kovu

Tyto fáze mají dosti odlišné vlastnosti, které způsobuje změna teploty nebo mechanické napětí. U kovů s tvarovou pamětí je na rozdíl od ostatních kovů (například železo-uhlíkových slitin) tato fázová transformace vratná a její průběh lze řídit změnou teploty či napětí. Tento jev, jehož popis zní na první poslech možná složitě, si lze ve skutečnosti poměrně jednoduše představit. Například u slitiny NiTi přechází kubická (krychlová) krystalová mřížka z austenitu při zchlazení a stlačení do martenzitu. Původní austenitická krychlička se v důsledku drobného, ale koordinovaného pohybu všech atomů jakoby našikmí a namísto krychličky se navenek objeví různé kosé (martenzitické) kvádry. Záleží jen na tom, jak moc budeme na krystal tlačit. Ohřevem do kubického austenitu vyrobíme ze všech kvádrů zpátky tu původní krychličku, jejíž symetrický tvar si chytrá slitina velmi dobře pamatuje.

Cesta tam a zase zpátky

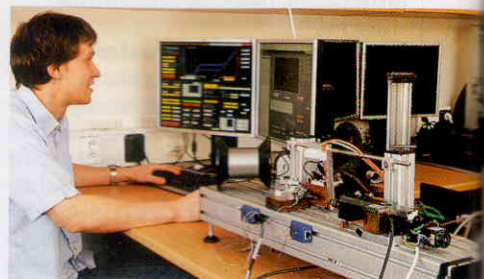
Relativně hladký vratný přechod mezi austenitem a nejrůznějšími podobami martenzitu dává šikovným slitinám řadu jedinečných termomechanických vlastností. Snad nejdůležitější z nich je tzv. **superelastická**. Superelastické materiály zatěžované vnější silou se nejprve chovají stejně jako běžné kovy, tedy elasticky. Při překročení určité hodnoty mechanického napětí v materiálu pak ale najednou dojde k tomu, že se spustí martenzitivní transformace a materiál se začne »táhnout« jako plastelína bez toho, abychom museli zvyšovat

>> **Vzorek pro zkoušky pevnosti tichého suchého zipu s háčky ze superelastických vláken NiTi**

silu, s jejíž pomocí jej deformujeme. Při odlehčení se celá deformace při nižší hodnotě síly vrátí. Zatímco běžné materiály je takto možné vratně zdeformovat jen v řádu desetin procent, superelastická slitina se dokáže vratně tvarově proměnit až o celých 15 %. V praxi to vypadá tak, že se kov chová podobně jako guma – ohne se, natáhne se a zase vrátí zpět.

Rozvíjej se, kuličko...

Jev tvarové paměti, který zajistil speciálním chytrým slitinám největší slávu, pak spočívá ve vlastně »jednoduchém« figlu. Tvar, jenž se materiálu podařilo vtisknout za vysokých teplot (fyzik by dodal, že v austenitické fázi), může materiál získat znovu. Stačí k tomu jediné – zahřát jej nad určitou teplotu přechodu mezi oběma fázemi. „*K látkám, které dokážou »chytře« reagovat na změny teploty, patří zejména široká škála polymerů s tvarovou pamětí (SMP), kovové slitiny (SMA), případně kompozitní materiály složené z obojího, nazývané hybridy s tvarovou pamětí (SMH).*“ vysvětluje vedoucí Oddělení funkčních materiálů Fyzikálního ústavu AV ČR, RNDr. Petr Šittner, CSc.



>> **Ing. J. Pilch navrhl metodu a sestavil zařízení sloužící k nekonvenční úpravě funkčních vlastností vláken NiTi krátkodobým ohřevem pomocí pulzů řízeného elektrického výkonu**

Přejete si příklady? Neforemná kulička zmačkaných martenzitivních drátů se v kosmu po ohřátí slunečním zářením sama rozvine do krásné antény, košile Oricolco, navržená italskou firmou Grado Zero z hybridní textilie se zabudovanými drátky nitinolu, upravuje zase svůj tvar podle teploty a žehlí se pouze proudem teplého vzduchu.

Drát proudem zahřátý

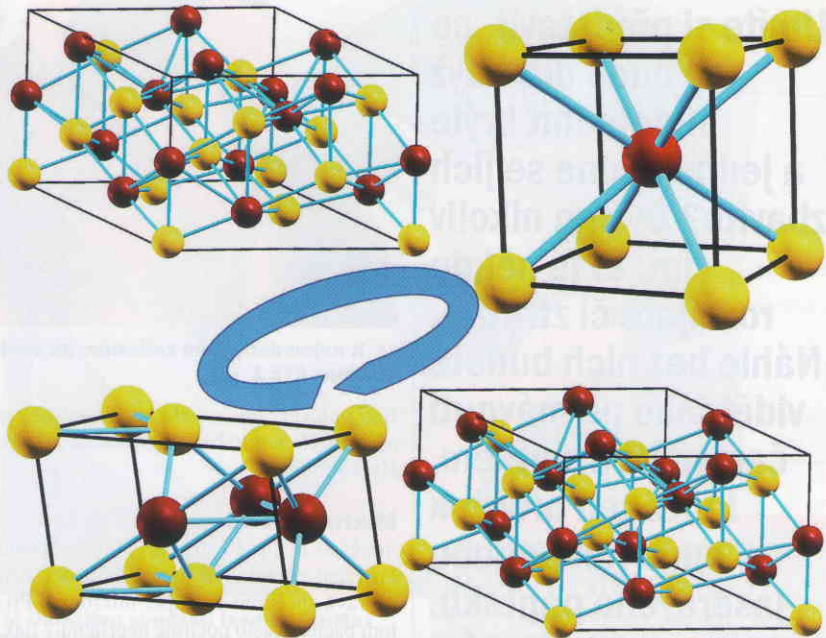
Schopnost pamatovat si svůj tvar musí tedy fyzikové »zasít« do materiálu tepelnou úpravou. K tomuto cíli může vést, jak ostatně není ve vědě nijak vzácné, několik cest. Ten nejběžnější způsob finální tepelné úpravy probíhá tak, že vlákno při pomalém převíjení z cívky na cívku prochází dlouhou trubkovou vzduchovou pecí. „*V našem ústavu jsme však vyvinuli podstatně rychlejší a také levnější způsob. Silně zdeformovanou mikrostrukturu vlákn dokážeme definovaně upravit pomocí krátkodobého ohřevu Jouleovým teplem. To nám umožňuje velice přesně nastavit funkční vlastnosti vláken za extrémně krátký časový interval. Oproti původním mi-*

nutám jsme schopni dojít ke stejnému cíli v řádu mikrosekund,“ popisuje jeden z největších úspěchů práce vědeckého týmu jeden z jeho členů, Ing. Jan Pilch. A o čemže to vlastně inženýr Pilch mluví? Princip objevu je opět vlastně poměrně jednoduchý. Průchodem proudu vzniká Jouleovo čili ohmické teplo, jímž se vodič krátkodobě zahřeje nad teplotu 300 °C. Zahřátím se nevratně změní jeho vnitřní struktura, a tudíž i vlastnosti úplně stejně jako ve vzduchové peci.

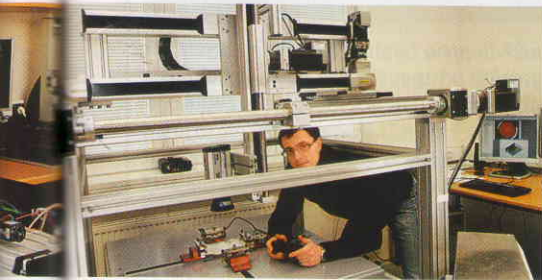
Na kovy s magnetem

K proměně vnitřní struktury, a tím i tvaru však zdaleka nemusí docházet jen díky změně teploty, ale také např. působením síly, dokonce i síly vyvolané bezkontaktním způsobem. K možnostem, které dala vědcům do ruky sama příroda, patří totiž i síly vyvolané působením elektrického či magnetického pole.

„Na rozdíl od účinného působení elektrického napětí přivedeného k prvku vodiči má magnetické pole výhodu v tom, že žádné přívodní dráty nejsou potřeba. Může působit a vyvolat pohyb na dálku i skrz jinak nepronikatelnou zeď či přepážku (nebo lidské tělo),“



» Modely uspořádaných krystalových struktur austenitu a martenzitu ve slitině s tvarovou pamětí (nahore) a mikrostruktura polykrystalické slitiny s natočenými zrny – barvy jsou umělé, charakterizují natočení krystalové mřížky jednotlivých zrn (dole)



» Robotický systém pro termomechanické zkoušky textilií s tvarovou pamětí

vysvětluje další z výzkumných pracovníků Oddělení funkčních materiálů RNDr. Oleg Heczko, Ph.D., který pracoval ve vědeckém týmu, jenž byl v roce 1999 u zrodu studia materiálů s magnetickou tvarovou pamětí. Zatímco na úplném počátku dosáhli vědci v tzv. Heuslerově slitině niklu, manganu a galia magnetickým polem aktivovanou vratnou deformaci okolo 0,2 %, dnes už se pohybují na hodnotách okolo 10 %.



» A. Martens



» W. Chandler Roberts-Austen

Kde pomohou magnetické materiály?

Šikovně proměňování tvaru díky působení magnetického pole může nalézt uplatnění v řadě různých oblastí. Zatímco jev magnetické tvarové paměti je vhodný pro pohony strojů, obrácený,

tedy inverzní jev (díky Faradayovu indukčnímu zákonu) může být použit pro senzory a získávání (sklizeň) energie, například z mechanických vibrací. Významné pohlcování energie je možné využít i pro tlumení vibrací. <<

PŘIPRAVIL MICHAL ANDRLE

TEXTIL DO ŽIL A TICHÉ SUCHÉ ZIPY

Mezi další velmi důležité vlastnosti nitinolu patří i to, že přestože obsahuje toxický nikl, relativně velmi dobře se snáší s lidským tělem. To z něj v kombinaci se superelasticitou a tvarovou pamětí v textilní formě pochopitelně dělá skutečně žhavého kandidáta pro využití v lékařství pro nejrůznější umělé »opravy« organismu. „Proto se pozornost probíhajících výzkumů upírá ke studiu a využití hybridních textilií kombinujících

nitinolová a polymerní vlákna ve spolupráci s lékaři a výrobci lékařských implantátů“ uvádí Ing. Luděk Heller, Ph.D., který koordinuje projekt NiTi-TEX, na němž spolupracují vědci z Oddělení funkčních materiálů



Fyzikálního ústavu AV ČR s Textilní univerzitou v Liberci a ČVUT.

Příkladem využití textilních NiTi vláken v jiném oboru je například realizace a odkoušení alternativního

suchého zipu, vyrobeného z tenkých vláken NiTi. „Namísto vláken, za která se u běžných

suchých zipů zachytávají háčky, jsou u našeho suchého zipu tvarované háčky z vláken NiTi na obou stranách. Fungují stejně, ale na rozdíl od běžných suchých zipů jsou ty naše výrazně tišší a pevnější. Pevnost spoje navíc roste s teplotou a vlastností spoje lze velmi přesně nastavit v širokém rozsahu,“ popisuje jeden z důležitých výsledků autor vynálezu, Ing. David Vokoun, CSc. K tomu, aby se nový typ suchého zipu objevil v praxi, zbývá už jen »malíčkovat« – najít někoho, kdo se jej rozhodne vyrábět. <<