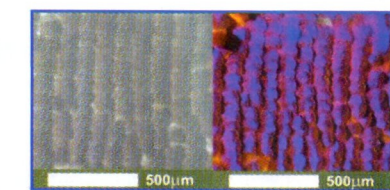
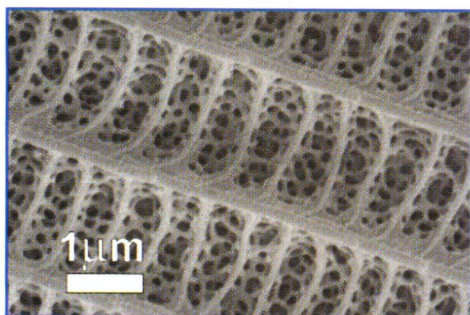


SZÍNES ÉS ACÉLKEMÉNY POROK

Folytatjuk sorozatunkat a Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet nyári táborában részt vett diákok beszámolóiból. Ezúttal is nagyon érdekes kutatásokról számolnak be a lepkék színével, illetve a portechológiás acélgártással kapcsolatban.

Szerkezeti színek a természetben

Kék vagy lila, ami valójában barna. Vajon hogyan lehetséges ez? A köztudattal ellentétben a színeket nem csak kémiai színezőanyagok, festékek okozhatják, de speciális szerkezeti struktúrák is. A legismertebb példa talán a vízen úszó vékony olajfolt, mely a szivárvány minden színében pompázhat. A szép színek ott úgy jönnek létre, hogy a vékony olajhártyában föl-le verődő fényhullámok a hártya vastagságának és törésmuta-



Lepke színének változása folyadék hatására

Lepke szárnyán található fotonikus szerkezet

tójának függvényében (az interferencia révén) bizonyos frekvenciákon erősítik, másokon meg gyengítik, vagy kioltják egymást. A hatást szándékosan is előidézhetjük pl. különféle optikai elemek úgynevezett reflexiógátló bevonatainál, ahol az a cél, hogy a szemből haladó fény minél nagyobb részben áthaladjon, az oldalról érkező pedig visszaverődjön. De nem az ember az első, aki ismeri ezt a trükköt! Több élőlény is használ úgynevezett fotonikus kristályt, melynek törésmutatója periodikusan változik valamely irányban (a fényével összemérhető hullámhosszal), ezért a fehér fényből ki tud választani bizonyos hullámhosszakot, s a különböző irányokból különböző színűnek mutatkozhat. Legjellemzőbb a törésmutató periodikus változása, egyszerűen úgy, hogy a kristály valamilyen elrendezésben szerkezeti tartalmaz nanométeres nagyságrendű lyukacsákat vagy gömböcskéket.

A nyáron egy hetet töltöttem a szerkezeti színek tanulmányozásával az MFA Nyári Iskolájában. Először az optikai spektrométerrel ismerkedtem meg, amelyet talán a mikroszkópnál is többet használtunk. Ez a készülék képes megállapítani, hogy az adott tárgy milyen hullámhosszú fénysugarakat bocsát ki magából, vagy ver vissza. Az egyes színösszetevők arányát is képes megállapí-

tani. A műszerrel való ismerkedés keretében először fényforrásokot vizsgáltam: a közönséges 75 Wattos izzó, a neoncső, aztán az újabb energiatakarékos kompakt fénycsövek, végül különböző lézerek és ledek fényét vizsgáltam.

Környezetünkben a legtöbb dolog színét festékanyagok okozzák, míg egyes lepkéfajokét a fizikai szerkezet. Ezeknek általában irizáló színe van, leggyakrabban kék vagy zöld, de előfordul más is. Ezt fotonikus kristályok okozzák. Ilyen lepkék színeit is megmértük a spektrométerrel! A mintákat egy diffúz, standard fehér teflonhoz viszonyítottuk, amire azért volt szükség, hogy máskor és más berendezéssel is megismételhető legyen a vizsgálat ugyanolyan pontossággal. Itt is megfigyelhető volt a spektrumok eltérése. Például a *Mercedes atnius* fényvisszaverési maximuma 450 nanométer kör-

nyékén volt, így kékes az árnyalata, míg a *Lycaena euridame* jellemző hullámhossztartománya úgy helyezkedik el, hogy narancssárgát látunk. Részletes színvizsgálattal különösebb biológiai ismeretek nélkül is elég jól meghatározható egy-egy lepkéfaj. Érdekes megfigyelni, ahogy a fényforrás irányának változtatásával változik a szín is. Mi ezt az *Apatura ilián* figyeltük meg. A fenti ábrán az első esetben felülről, míg a jobb oldali képnél oldalról világítottuk meg a szárny felszínét. A képen is látható, hogy az eltérés igen nagy. Így tehát e lepke pigmentjének a színe barna, a szerkezeti színe pedig lila. A szerkezeti színek jellegzetessége az is, hogy folyadékot rácseppentve megváltozik a fotonikus kristály színe. A „kék morph” színe például alkohol és kloroform hatására közel azonos zöldes színű lett, mert a kis lyukacsákat kitöltötte a folyadék és ezzel megváltoztatta a kristály törésmutatóját, s vele a viselkedését.

A nyáron részt vettem még egy Tisza túrán is, ahol a szép környezetben felfedeztem a nyári iskola ideje alatt vizsgált lepkék közül az *Apatura ilián*. Jó érzés volt tudni, hogy miért is változik a lepke színe minden szárnyacsapáskor...

TUZA RÉKA

Hegylakó az MFA-ban

A fegyverforgatókat már évezredek óta foglalkoztatja a tökéletes, törhetetlen kard készítésének titka. Az emberek valószínűleg meteorit formájában találtak először a vassal. Az egyiptomiak is mágikus erőt tulajdonítottak ennek a bronzot felváltó fémnek, majd jött az acélpenge és a damaszkolt kard, melynek különlegessége, hogy több vaslemez hajtogatnak egybe magas hőfo-



Attritor malom



A szemcseméret elektronmikroszkópos meghatározása

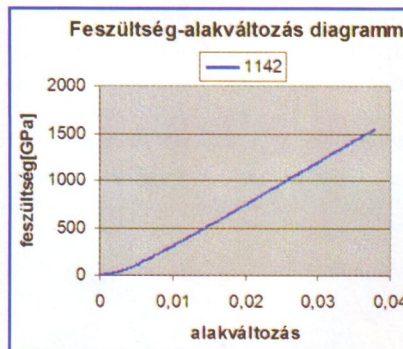
kon. A magyar kardkészítés virágkora a negyvennyolcas szabadságharc időszaka, melyből számos míves hárszablya maradt fenn. Connor MacLeod mai utódai azonban a kovácsüllőt már régen felcserélték a laboratóriumra, s 2010 nyarán az MFA nyári tudományos táborában két tucat magyar középiskolásnak lehetősége is nyílt bepillantást nyerni e modern boszorkányműhelyébe. Az én feladatomban a tábort G-07-es szekciójában a nanoszerkezetű acél előállításáról volt, portechológiáról.

Az acél szerkezetének kutatása már nagyon régi probléma. Legfontosabb összetevője a vas, de kihagyhatatlan ötvözője a szén is, amelyből azonban legfeljebb 2,11 tömegszázalékot tartalmazhat. A szén megnöveli az acél szilárdságát, egyben csökkenti képlékenységét. A különböző fajtájú vagy mennyiségű ötvözőkkel az acélnak olyan tulajdonságait lehet megváltoztatni, mint a keménysége, rugalmassága, hajlékonysága, szilárdsága, hőállósága, savállósága vagy a korrózióállósága. A tömegacél előállítása a széntartalom csökkentésével és később a konverter megalkotásával vált lehetővé. Az ívkemencék és az inox acél megjelenése már a XX. század találmánya. A fémkohászat és kompozitgyártás sajátos közös területe a porkohászat és a nanokompozitok gyártása. Ezzel is foglalkozik az MFA kutatóintézete.

Előzetes elvárásunk szerint az anyagok őrlésével rugalmasabb szerkezetet, és ebből fakadóan szélesebb körű hasznosíthatóságot remélhetünk, mert így csökken az anyag szemcsemérete, s ezért a szemcsehatárok menti rugalmatlan deformációk is, s így szívósabb készterméket tud előállítani belőle a kohászat, például az atomreaktorok számára. Ennek érdekében a módszerünk szerint először is nano méretű szemcséket hoz-

tunk létre, majd megvizsgáltuk ezek méretkvantált tulajdonságait. Ez a mérettartomány ugyanis már határvonal a klasszikus fizika és a kvantumfizika között. Minduntalan olyan jelenségek bukkanak fel, amelyek merőben eltérnek az anyag klasszikusan várható viselkedésétől. Egy sor fizikai tulajdonság nagyon meredeken, rezonanciaszerűen változik a nanométeres nagyságrendű méret függvényében. Ezek az úgynevezett méretkvantált tulajdonságok. A nanoszerkezetű acélok átlagos szemcsemérete 100 nm alatti, vagy legalábbis más ilyen jellemző méretű szerkezeti, geometriai egységekkel rendelkeznek. Ezen speciális acélok portechológiával való előállításátörténeke az MTA MFA intézetében.

Mi a kiindulási fémekhez ausztenitet vagy martenzitet kevertünk, majd ezeket függőleges és vízszintes tengelyű forgókaros golyós őrlőmalmokkal, különböző módszerekkel megőröltük. Malmaink speciálisan grafit- és acélpórt finomítására kiképezett szerkezetek, melyek magas fordulatszámokon kerámia vagy



A szilárdsági vizsgálatok eredménye

fémkorongok segítségével őrlik a vizsgálni kívánt porokat. Az így keletkezett anyagokat aztán pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatnak vetettük alá, ami megmutatta nekünk, hogy a száraz őrléssel kerekded részeket kaptunk, a nedves őrlés (a kiindulási anyaghoz alkohol adva) pedig kisebb lemezeket eredményezett, míg a vegyes őrlés (előbb száraz, majd nedves őrlés) még ennél is parányibb, mindössze 60 nm jellemző méretű acélőrleményt produkált.

Ezek után a keletkezett porból fémmintákat sajtoltunk, majd megmértük a keménységüket, amihez az úgynevezett Vickers-féle keménységmérő módszert használtuk, és hajlító vizsgálatot is végeztünk. Az őrlendő acélt az ipari gyakorlatot tekintve soknak számító 1% kerámia hozzáadásával őrlöttük, és azt reméltük, hogy a végző acélgártmány a szemcsék határára kiült fémoxid szemcsék révén majd hosszú élettartamú lesz olyan körülmények között, ahol rendkívüli mechanikai igénybevételnek teszik ki.

A Hegylakó modern utódaiként tehát mi is készíthetnénk – ha méregdrágán is – úgyszólván törhetetlen damaszkuszi kardot.

SIMON ANDRÁS