

XVI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2011. március 24–25.

A MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNY GYAKORLATORIENTÁLT OKTATÁSI STRUKTÚRÁJA

BITAY Enikő, BAGYINSZKI Gyula

Abstract

On the field of engineering material science the interpretation of the accumulated huge experience and wide knowledge should be the systematized practice oriented (practical approach completed with exercises) education. This publication gives a schematic overview of the topics of the education of the engineering material science (firstly its mechanical engineering approaches) as a possible teaching structure with the help of illustrated figures.

Key words:

structural materials, material properties, material structure, damaging of material, materials selection

Összefoglalás

A műszaki anyagtudomány területén felhalmozott nagy mennyiségű és szerteágazó ismeret áttekintésének célszerű megoldása lehet a rendszerező szemléletű, gyakorlatorientált (praktikus megközelítésű, gyakorlatokkal kiegészített) oktatás. A cikk rendszerező ábrákkal illusztrálva, vázlatosan áttekinti a műszaki – azon belül is elsősorban a gépészet-i irányultságú – anyagtudomány oktatása során tárgyalandó témaegységeket mint egy lehetséges oktatási struktúrát.

Kulcsszavak:

szerkezeti anyagok, anyagjellemzők, anyagszerkezet, anyagkárosodás, anyagkiválasztás

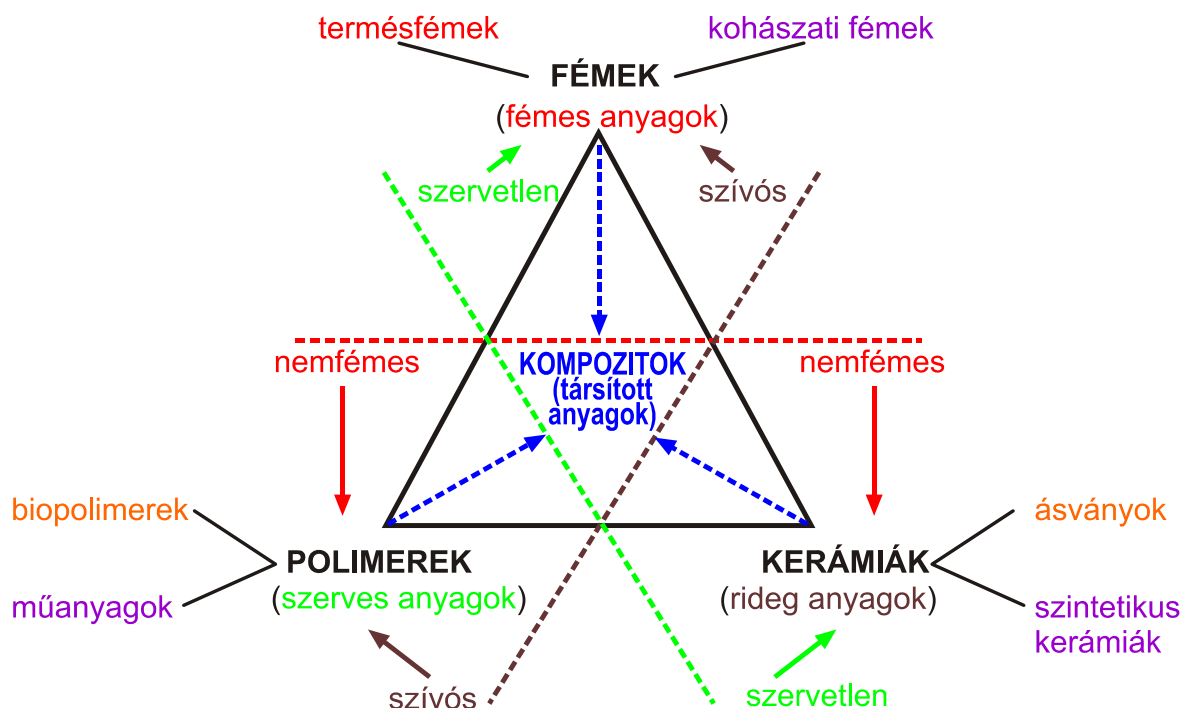
1. Bevezetés

A műszaki anyagtudomány tantárgyi keretében elsősorban azokkal a szilárd anyagokkal foglalkozunk, amelyek használati tárgyaink, eszközeink, szerszámaink, háztartási, illetve ipari berendezéseink, járműveink, épületeink és építményeink készítésére alkalmasak lehetnek. Ezen ún. szerkezeti anyagok különböző mechanikai, termikus, elektromos, mágneses, optikai és akusztikai, egyszóval fizikai tulajdonságai fontosak, azok teszik célszerű felhasználásra alkalmassá őket. A többi halmazállapot annyiban érdekes, amennyiben hozzájárulnak e szilárd szerkezeti anyagok, illetve a belőlük létrehozandó félgyártmányok (félkész vagy részben megmunkált termékek) és késztermékek előállításához.

2. Anyagok választéka

A szerkezeti anyagok (fizikai anyagok) köre szerves és szervetlen anyagokat egyaránt tartalmaz (1. ábra). A szerves (organikus) anyagok élő szervezetek (élőlények) produktumaiból, bontás- vagy bomlástermékei-

ből származnak, melyek alapvetően szénvegyületek. Nem tartoznak ezek közé a szerves szén-oxidok és a karbonátok, de így is igen nagyszámú variációt reprezentálnak, mivel egy szénatom négy másik atommal (köztük további szénatomokkal) tud kötést létesíteni, ami az anyagfelépítés lehetőségeit rendkívüli mértékben megsokszorozza.



1. ábra. Szerkezeti anyagok rendszerezése

A szerves anyagok bioanyagok és műanyagok – közös elnevezéssel polimerek – lehetnek. A biopolimerek (szerves természeti anyagok) az állat- és növényvilág (fauna és flóra) közvetlenül nyerhető származékai. A szintetikus polimerek (szerves mesterséges anyagok) vagy műanyagok előállíthatók bioanyagokból (természetes alapú műanyagok), illetve leggyakrabban kőolaj-feldolgozási termékekből (mesterséges alapú műanyagok).

A szerves anyagok a különböző kémiai elemek és a vegyületeik, kivéve a már említett szerves vegyületeket. A szerves szilárd anyagok két nagy csoportja a többnyire jól alakítható (képlékeny, szívós), elektromosan vezető (kis fajlagos elektromos ellenállású) fémek és az alakíthatatlan (törékeny, rideg), többnyire elektromosan szigetelő (nagy fajlagos elektromos ellenállású) nemfémes kerámiák. Ezek részben a természetben is megtalálhatók felhasználható állapotban mint természetes fémek, illetve ásványok, részben különböző technológiák segítségével, bányászott földkéregbeli anyagokból állíthatók elő, mint kohászati fémek, illetve szintetikus kerámiák.

A szerkezeti anyagokat az alkotó atomcsoportjaikban lévő atomok száma szerint is megkülönböztethetjük. Nagyszámú atomot tartalmazó vegyületek alkotják a szerves természetes és mesterséges polimereket. Néhány atomot tartalmazó szerves vegyületek képezik a kerámiák csoportjának tagjait, míg a fémek jellemzően elemeket (esetleg nagyon egyszerű szerves vegyületeket) tartalmaznak.

A polimerek csoportján belül nagyobb részt fát, növényi és állati eredetű rostokat, szálakat, azaz biopolimereket dolgoznak fel. A különféle – általános vagy speciális alkalmazásokra kifejlesztett – szintetikus polimerek képezik a felhasznált polimerek mennyiségileg kisebb hányadát.

A keramikai anyagok esetében is hasonlóak az arányok, a természetes kerámiák (kőzetek, homok stb.) mellett a szintetikus úton előállítottak mennyiségi hányada kisebb, de minőségi választéka nagyobb. Míg a természetes kerámiák zömmel oxidosak, addig a mesterséges kerámiák választékában sokféle nemoxidos vegyület is fellelhető.

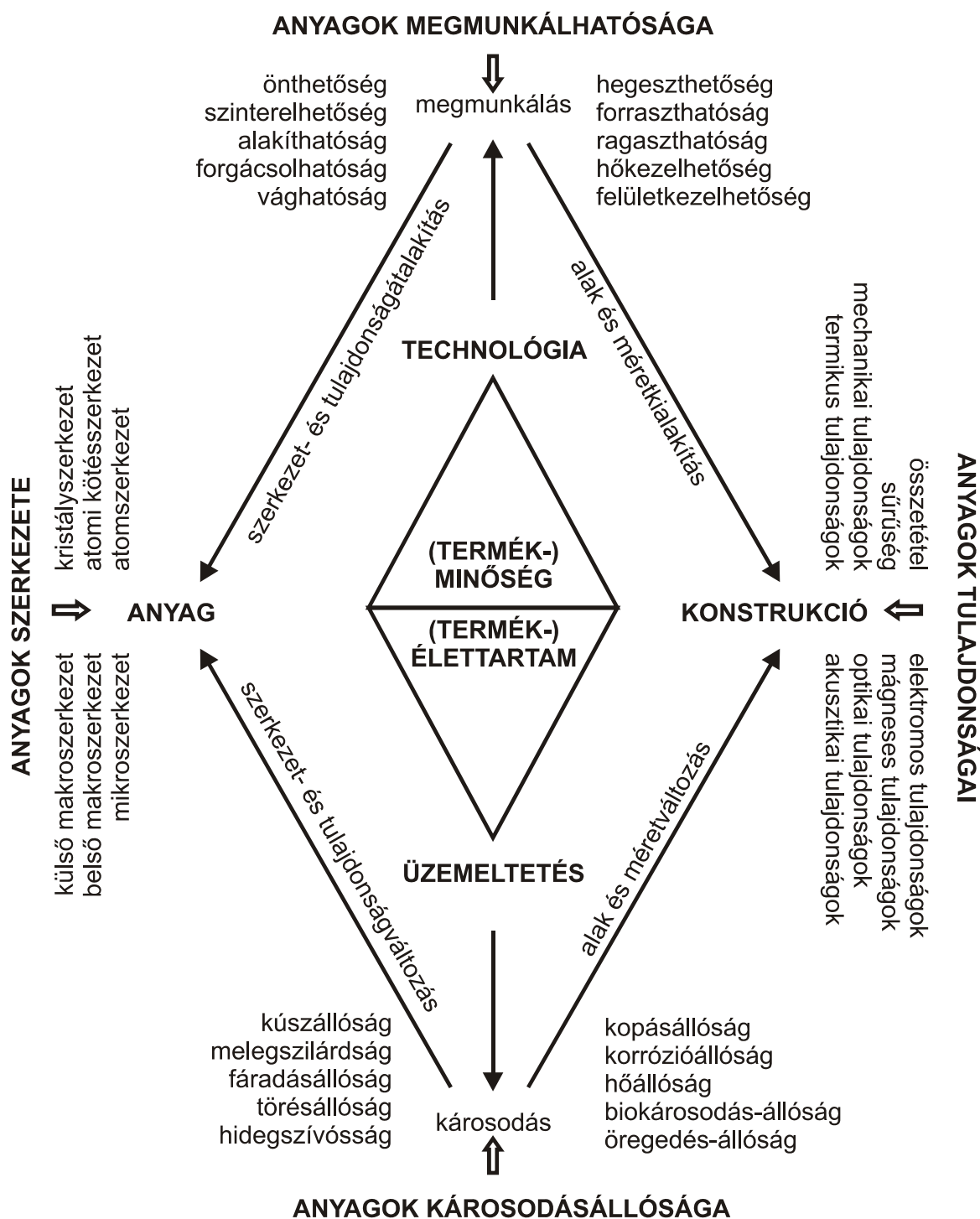
A fémek közül nagyon kevés és igen kis mennyiségben fordul elő tiszta formában a természetben, így ipari méretekben csak emberi beavatkozással előállított (kohászati) fémekről beszélhetünk. A felhasznált fémek körén belül a vasötvözetek dominálnak, jóval megelőzve az alumínium- és a rézötvözeteket. A többi fém együttes részesedése a fémfelhasználásból csak néhány százalékot tesz ki.

Nagyon különböző szerkezetű anyagok társítása, tulajdonságaik kombinálása során a különböző halmazállapotok adta lehetőségek is kihasználhatók. Ha az egyik szilárd, a másik olvadási állapotban van, akkor az olvadási állapotot a szilárd anyag szemcséivel összekeverve vagy kimerevített szálai közé öntve vagy hidrosztatikus nyomással folyamatosan bejuttatva (infiltráció) és megdermesztve szemcsés, illetve szálak kompozit hozhatunk létre. Ha az egyik anyag szilárd, a másik gőz állapotban van, akkor a gőzt a szilárd anyag felületére lecsapva (kondenzálva) bevonatos kompozit nyerhető. Ha mindkét anyag szilárd állapotban van, akkor a köztük juttatott kötőanyaggal pl. réteges kompozit gyártható.

3. Anyagok jellemzői

A szerkezeti anyagokból tervezett konstrukciókat készítünk különféle megmunkálási, gyártási folyamatokkal (technológiákkal). A létrehozott (termék)minőséget tehát a felhasznált anyag(ok), a kialakított konstrukció és az alkalmazott technológiá(k) határozzák meg. A megfelelőnek tartott anyaggal, konstrukcióval és technológiával a gyártó („eladó”) által létrehozott minőség önmagában nem tudja biztosítani a tervezett (termék)élettartamot. Tekintetbe kell venni a felhasználó („vevő”) általi üzemeltetést is, melynek során elhasználódási, károsodási folyamatok indulnak meg. Ezen termékminőség- és élettartam-tényezők kapcsolatrendszerét és egyben az anyagtudomány oktatásának javasolt témaegységeit szemlélteti a **2. ábra**.

Tehát célszerű, illetve szükséges foglalkozni az anyagok szerkezetével, választékával, konstrukciós tervezéshez alapot adó fizikai tulajdonságaival, technológiai szempontú megmunkálhatóságával, valamint üzemeltetés közbeni károsodásállóságával és ezek mérhetőségét, számszerűsíthetőségét, ellenőrizhetőségét – azaz az anyagminősítést – lehetővé tevő fontosabb vizsgálati módszerekkel. Ezeknek megfelelően – a **2. ábra** szellemében – állítható össze egy lehetséges gyakorlatorientált oktatási struktúra, melynek fő fejezetei a következők:



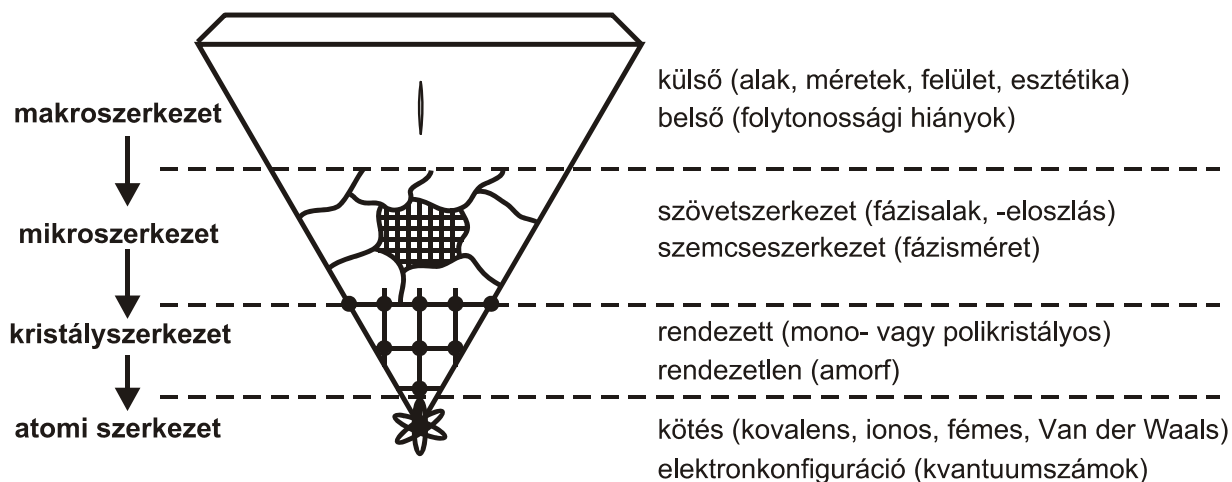
2. ábra. Anyagtudomány oktatási struktúrája

3.1. Anyagok szerkezete és szerkezetvizsgálata

A szilárd (fizikai) anyagok szerkezete pl. az egésztől a rész(let)ek felé (a nyilvánvalótól a kevésbé egyértelműig) haladva tekinthető át, hozzárendelve az anyagszerkezet egyes szintjeihez a jellemző szerkezetvizsgálati módszereket. Az anyagszerkezet vizsgálata magában hordja azt az igényt, hogy közvetlenül, vagy közvetetten (vizsgálóeszközök felhasználásával) „láthatóvá” tegyük az anyagfelépítés különböző szintjeit, illetve az azokra valamilyen formában utaló jeleket és a kapott információk alapján értelmezzük

az anyagok tulajdonságait.

A vizsgálóeszköz felbontóképességéhez igazodva szokás makroszkopikus, mikroszkopikus, szubmikroszkopikus és atomi szintű szerkezetről beszélni (3. ábra). Ezek az emberi szem, a fénymikroszkóp és a különböző elektronmikroszkópok felbontóképességével észlelhető részletekre utalnak.



3. ábra. Anyagok szerkezeti szintjei

A makroszerkezet értelmezhető az anyag(darab) külső megjelenésére (geometria) mint külső makroszerkezetre és belsejére (folytonosság) mint belső makroszerkezetre. Tovább részletezve beszélhetünk a mikro-szerkezetről, majd a mikroszerkezetet boncolgatva eljutunk a szubmikroszkopikus kristályszerkezethez. Végül az anyag számunkra fontos tulajdonságait még lényegesen befolyásoló atomi szintű kötés szerkezethez, illetve az atomszerkezethez érünk.

A szerkezetvizsgálatok, illetve azok technikai háttere ismertetésének célja vizsgálati elvek bemutatása és ezen keresztül annak igazolása, hogy az anyag szerkezetének különböző szintjei megfelelő eszközökkel észlelhetők, azaz nem csak modelleken, feltételezéseken alapulnak. A vizsgálati eszközök, illetve módszerek noha eléggé különbözőek, abban közősek, hogy információjuk előállítója, illetve hordozója valamilyen sugárzás, ami kétféle lehet: elektromágneses (fény-, röntgen-) vagy korpuszkuláris, azaz részecske- (elektron-, neutron-) sugárzás. A vizsgálatok nagyobb része az anyagminta felületén (külső felszínen), kisebb része annak térfogatán (belső egészen) végezhető el. A felület lehet az anyagi test külső határa, belsejét láttató metszete vagy törete.

3.2. Anyagtulajdonságok és minősítésük

Az anyagok konstrukciós tulajdonságai és az azokhoz kapcsolódó vizsgálati módszerek a tervezési (anyagkiválasztási) követelményeket elégítik ki, továbbá lehetőséget adnak összehasonlításra, illetve a szabványosítást is szolgálják (4. ábra). A szerkezeti anyagok fizikai anyagok, ezért tulajdonságaik közül a fizikai (mechanikai, termikus, elektromos, mágneses, optikai, akusztikai) tulajdonságaik szolgálnak minősítésük alapjául.



4. ábra. Szabványos anyagminősítés tulajdonságegyüttese

Mivel színállapotban (nagy tisztasággal) kevés anyag áll rendelkezésre, sőt legtöbb esetben többalkotós anyagok előállítására törekszünk, így fontos a szerkezet- és tulajdonságbefolyásoló összetétel ismerete is. Szintén nagy jelentőségű az anyagszerkezetből következő sűrűség is, mely meghatározza a készítendő termék tömegét, és lehetőséget ad az anyagkiválasztáshoz, összehasonlításokhoz fajlagos mutatók (pl. szilárdság és sűrűség hányadosaként értelmezett fajlagos szilárdság) számítására.

Szerkezeteink jelentős része összetett igénybevételeknek van kitéve, az összetevők elemzésénél el kell dönteni, melyik közülük a mértékadó, azaz a stabilitást, biztonságot, élettartamot leginkább befolyásoló. Pl. egy hídszerkezet esetében a statikus (időben állandó → önsúlyból származó) és dinamikus (időben változó → rajta lévő forgalom ingadozásából eredő) mechanikai igénybevételek a meghatározók, ha a termikus igénybevétel káros hatásának kiküszöbölését célozva az egyik megtámasztást görgősre tervezzük, hogy az akadályozott hőtágulásból ne keletkezzenek belső feszültségek, azaz a híd dilatációra (szabad „hőmozgásra”) legyen képes. A szintén fellépő, anyagvastagság-csökkentő hatású korróziós igénybevétel káros következményeit megelőzhetjük gondosan tervezett és kivitelezett védőbevonat-rendszer alkalmazásával.

Vagy pl. az elektromos távvezetékek anyagainak egyszerre kell megfelelniük elektromos, mechanikai, korrózióállósági és gazdaságossági követelményeknek. Elsődlegesnek tűnő szempont a minél jobb elektromos vezetőképesség, ami elsősorban színfémekre teljesül, viszont ezeknek kicsi a mechanikai terhelhetőségük, ráadásul közülük kevésbé jöhetnek szóba a nagyobb sűrűségű anyagok, hiszen a mechanikai terhelés nagyobb részét a sűrűséggel arányos önsúly jelenti. Tehát kisebb sűrűségű és a teherbírásnövelés céljából ötvözött (bár így rosszabb vezetőképességű) anyagokra van szükség. Ha ezeket figyelmen kívül hagyjuk,

akkor sűrűbben (jelentős többletköltséggel) kell a tartóoszlopokat telepíteni, hogy a maximálisan megengedett belógást ne lépjük túl. A korrózióállóság kevésbé jelent problémát, mert a jó elektromos vezetékanyagok általában jó korrózióállóságúak.

3.3. Anyag megmunkálhatósága és technológiai próbái

Az előállított szerkezeti anyagainkat rendszerint további technológiai műveleteknek vetjük alá, ezért az anyagok adott célra történő kiválasztásánál azok szükséges, illetve lehetséges technológiákkal való megmunkálhatóságára (technológiai tulajdonságaira) is tekintettel kell lenni (**5. ábra**).

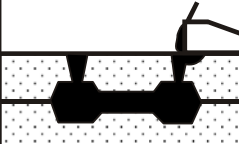
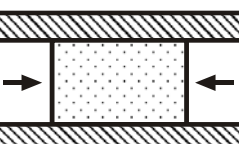
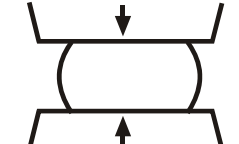
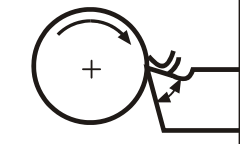
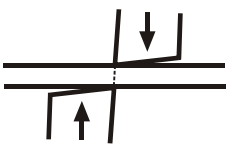
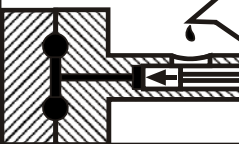
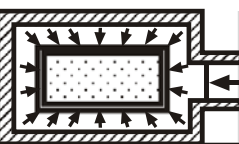
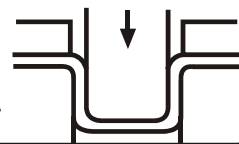
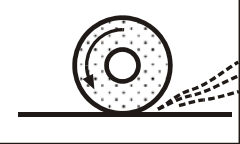
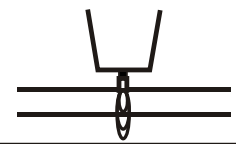
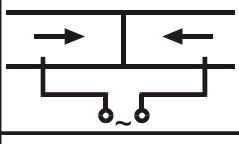
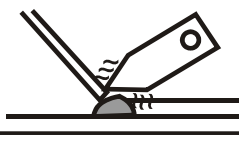


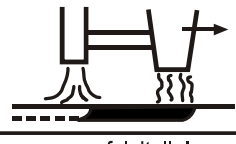
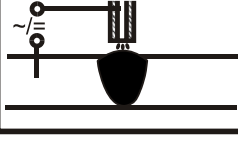
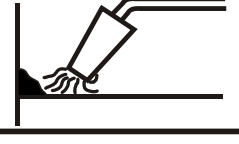
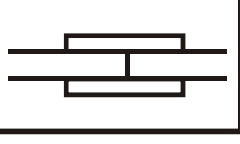
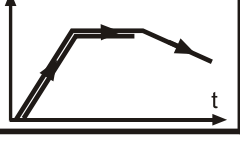

Az előállított alapanyagokból, illetve félkész gyártmányokból (előgyártmányokból, pl. rúd, lemez, cső, tömb, por) további megmunkálásokkal gyárthatók a különféle rendeltetésű késztermékek. Az alkalmazható anyagtechnológiák három nagy csoportja az alakadó, a kötő és a szerkezetváltoztató technológiák:

- az alakadó technológiák alkatrészek alapanyagokból vagy félkész termékekből kiinduló előállítására, illetve megmunkálására;
- a kötő technológiák alkatrészek egyesítésére, illetve szerelésére;
- a szerkezetváltoztató technológiák – az előző technológiák valamely szakaszán – az alkatrész anyaga szerkezetének és ezáltal tulajdonságainak módosítására irányulnak. Az egyes anyagtechnológiai folyamat szakaszok során különböző segédanyagok alkalmazására is szükség van, melyek elsősorban hűtő-kenő vagy védő funkciót ellátó, az egyes megmunkálások végtermékébe nem beépülő anyagok.

Az anyagok technológiai jellemzői sokszor nem adhatók meg számszerűen, képletek segítségével, mint az előzőekben említett fizikai tulajdonságok nagy része. A technológiákra való alkalmasság megítélése általában sokváltozós probléma, a minősítési célú technológiai vizsgálatok elsősorban adott körülményekre érvényes rangsor megállapítására (anyagok összehasonlítására), illetve relatív értékek képzésére adnak módot. Tulajdonképpen az anyagok megmunkálhatóságát minősítő technológiai vizsgálatok (próbák) jó része a technológia egyfajta – bizonyos szempontokat kiemelő – modellje, illetve bonyolult folyamatok helyettesítése egyszerűbben kivitelezhetővel.

3.4. Anyagok károsodásállósága és károsodásvizsgálatai

A technológiaként alkalmazott megmunkálási, gyártási folyamatokkal a megtervezett konstrukció alakját és méreteit alakítjuk ki, illetve a kiválasztott anyagok szerkezetét és tulajdonságait átalakítjuk a követelményeknek, igényeknek megfelelően.

MEGMUNKÁLHATÓSÁG ALAKADÓ TECHNOLÓGIÁKKAL				
önthetőség	szinterelhetőség	alakíthatóság	forgácsolhatóság	vághatóság
elvesző (keramikus keverékből készített) öntőformába	porkohászattal (fém és keramikus komponensekből)	térfogatalakítással („hosszú” félkész gyártmányból indulva)	szabályos szerszámokkal, ill. éllelrendezéssel	szilárd elmozduló vágóélekkel
elvesző (pl. viasz) vagy tartós (pl. fa) mintával kialakított formaüregbe	álötvetetek előállítása céljából	hidegen ($T_0 \leq T \leq T_{\text{rekr.}}$) vagy melegen ($T_{\text{rekr.}} \leq T \leq T_{\text{olv.}}$)	egyelű vagy többélű (egy vagy több ponton ható) szerszámmal	alakító vagy forgácsoló vágással
				
tartós (fém ötvözetből készített) öntőformába	porkeramizálással (csak keramikus komponensekből)	lemezalakítással („hosszú” félkész gyártmányból indulva)	szabálytalan szerszámokkal, ill. éllelrendezéssel	nem szilárd áramló vágóközegekkel
gravitációs, nyomásos vagy centrifugális kokillaöntéssel	szinterkeramiák előállítása céljából	hidegen ($T_0 \leq T \leq T_{\text{rekr.}}$) vagy melegen ($T_{\text{rekr.}} \leq T \leq T_{\text{olv.}}$)	egyelű vagy többélű (egy vagy több ponton ható) szerszámmal	eróziós vagy termikus vágással
				
MEGMUNKÁLHATÓSÁG KÖTŐ ÉS RÖGZÍTŐ TECHNOLÓGIÁKKAL			MEGMUNKÁLHATÓSÁG ANYAGSZERKEZET- VÁLTOZTATÓ TECHNOLÓGIÁKKAL	
hegeszthetőség	forraszthatóság	ragaszthatóság	hőkezelhetőség	felületkezelhetőség
kisebb T hőmérsékleten			anyagszerkezeti egyensúlytól eltérítő hatással	anyagfelvitel nélküli felületkezeléssel
$T \leq T_{\text{olv.}}$ hőmérsékletű sajtoló hegesztéssel	$T \leq 450^\circ\text{C}$ hőmérsékletű lágyforrasztással	$T \leq 100^\circ\text{C}$ hőmérsékletű hidegragasztással	általában nagyobb hőmérsékletre (gyors) hűtéssel	kezelendő felület olvasztásával vagy anélkül
				
nagyobb T hőmérsékleten			anyagszerkezeti egyensúlytól irányuló hatással	anyagfelvitellel járó felületkezeléssel
$T_{\text{olv.}} < T < T_{\text{forr.}}$ hőmérsékletű ömlesztő hegesztéssel	$450^\circ\text{C} < T < T_{\text{olv.}}$ hőmérsékletű keményforrasztással	$100^\circ\text{C} < T < 200^\circ\text{C}$ hőmérsékletű melegragasztással	általában kisebb hőmérsékletre (lassú) hevítéssel	kezelendő felület olvasztásával vagy anélkül
				

5. ábra. Anyagok megmunkálhatósági szempontjai

Az üzemeltetés során azonban olyan elhasználódási, károsodási folyamatok indulnak meg, melyek a gyártmány, termék élettartamát befolyásoló alak-, méret-, illetve szerkezet- és tulajdonságváltozásokat eredményeznek.

nyeznek. Az üzemeltetés tárgyi és személyi feltételeitől egyaránt függ, hogy ezek a változások mikor (a tervezett élettartamon belül vagy kívül) érik-e el a kritikus (használhatóságot megkérdőjelező) értéket. Például a repülőgép szárnyának fáradásállóságát – a változatos időjárási, légköri viszonyok miatt – a repülőgép útvonalai is befolyásolják. Egy tengerjáró hajó testének töréssel szembeni biztonságát – pl. a jéghegyek mechanikai és hőmérsékleti hatásai miatt – szintén befolyásolják az üzemeltetési útvonalak.

Az üzemelés során a terméket, illetve annak anyagát érő mechanikai, termikus, vegyi, biológiai, elektromos, mágneses, sugár- és hanghatások, igénybevételek által kiváltott elhasználódási, károsodási formák (**6. ábra**) sokfélék. A rövid üzemelés során fellépő károsodási folyamatok nem lehetnek meghatározók egyetlen termék esetében sem, ezek megelőzése alapvető tervezési, gyártási, üzemeltetési és ellenőrzési (állapotfelügyeleti) feladat.

A hosszabb üzemelés (tartós használat) során fellép(het)ő károsodás-felhalmozódási folyamatok érint(het)ik a termék anyagának egészét (nem lokalizáltak), vagy egy résztartományát (lokalizáltak), miközben a biztonságos üzemeltetés szempontjából eredetileg helyesen megválasztott anyagtulajdonságok megváltoz(hat)nak.

Ezen károsodás-felhalmozódási folyamatok vizsgálatával lehet az anyagok károsodásállóságát (károsodással szembeni ellenállását) megítélni, rangsorolni, illetve az ún. maradék-élettartamot (hátralévő üzemidőt) becsülni. A károsodásállóság – az anyagok megmunkálhatóságához hasonlóan – sok esetben nem jellemezhető konkrét mérőszámokkal, hanem a (rendszerint nagyszámú) befolyásoló tényezők segítségével háttértékeket, kritériumokat lehet felállítani, tervezési, gyártási és üzemeltetési szempontokat lehet megadni. Az igazán korrekt károsodásállósági jellemzőket nem modell- (próbatest-) kísérletekből, hanem üzemszerű (gyártmány-) vizsgálatokból lehet nyerni, egy-egy konkrét esetben.

4. Anyagkiválasztási szempontok

Az anyagkiválasztás szempontjai (**7. ábra**) egyrészt mérnöki (műszaki), másrészt menedzseri (gazdasági) oldalról közelíthetők meg. Ha egy termék funkcióját nem, vagy nem a megkövetelt biztonsággal vagy nem az elvárható élettartamig képes ellátni, akkor a gazdaság(osság)i megfelelésége ellenére a piac elutasítására talál. Természetesen a műszakilag tökéletes termék gyártásának is akkor van értelme, ha annak előállítási költségét vagy a vele elérhető költségmegtakarítást a piac az árban elismeri, azaz a termék vevőre talál. Például növelt szilárdságú könnyűfém-ötvözetekből készült járművekben az elért súlycsökkenés jelentős üzemanyag-megtakarítást s ezáltal kisebb üzemeltetési költségeket, sőt károsanyag-kibocsátás csökkentést tesz lehetővé, mindemellett az ilyen ötvözetek újrahasznosítása is nagyobb arányú szokott lenni.

rövidebb üzemelés során fellépő, makroszkopikusan lokalizált károsodási folyamatok				hosszabb üzemelés során fellépő, makroszkopikusan nem lokalizált lokalizált károsodás-felhalmozódási folyamatok	
tervezési, kivitelezési hibával és/vagy nem rendeltetésszerű használattal összefüggő folyamatok				fizikai elváltozásokkal és/vagy kémiai átalakulásokkal összefüggő folyamatok	folytonossági hiányok keletkezésével és/vagy növekedésével összefüggő folyamatok
rugalmas		képlékeny		anyagfolytonosság megszakadása	
nagy deformáció	instabilitás	nagy deformáció	instabilitás		
beszorulás	kihajlás	megfolyás	kontrakció	törés	<p>reológiai károsodás:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kúszás (alakváltozás) - relaxáció (feszültségváltozás) <p>melegsziárdság-csökkenés:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kilágylás (terhelhetőség csökken) - megeresztődés (kopásállós. csökk.) <p>öregedés:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sugárzásos ridegedés - klimatikus ridegedés <p>kopás:</p> <ul style="list-style-type: none"> - adhéziós kopás: <ul style="list-style-type: none"> - hideghegedéses kopás - meleghegedéses kopás - tribokémiai kopás: <ul style="list-style-type: none"> - kenésztéchnikai kopás - illesztéstéchnikai kopás - abrazív kopás: <ul style="list-style-type: none"> - forgácsoló kopás - erodáló kopás - fáradásos kopás: <ul style="list-style-type: none"> - pittingképződéses kopás - rétegfelbomlásos kopás <p>korrózió:</p> <ul style="list-style-type: none"> - felületi korrózió: <ul style="list-style-type: none"> - passzíváló korrózió - egyenletes korrózió - anyagon belüli korrózió: <ul style="list-style-type: none"> - szelektív korrózió - általános korrózió - behatoló korrózió: <ul style="list-style-type: none"> - lyukkorrózió - feszültségkorrózió - anyagok közötti korrózió: <ul style="list-style-type: none"> - réskorrózió - kontaktkorrózió <p>hőkárosodás:</p> <ul style="list-style-type: none"> - oxidáció - gyulladás - termikus fáradás - hősokk <p>biokárosodás:</p> <ul style="list-style-type: none"> - lebomlás (vegyhatásos károsodás) - elfogyás (rágásos károsodás) <p>fáradás:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kisciklusú ($N_f \leq 10^4$) fáradás - nagyciklusú ($N_f > 10^4$) fáradás <p>törés:</p> <ul style="list-style-type: none"> - képlékeny (stabil) törés - rideg (instabil) törés <p>hidegszívósság-csökkenés:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ütmunka-csökkenés - átmeneti hőmérséklet-növekedés

6. ábra. Anyagkárosodás formák

A 7. ábrán látható szempontok köre korántsem teljes, egy-egy konkrét esetben más fejlemények is felmerül(het)nek, vagy nem kell minden szempontot figyelembe venni a végső döntés mérlegelésekor, meghozatalakor.

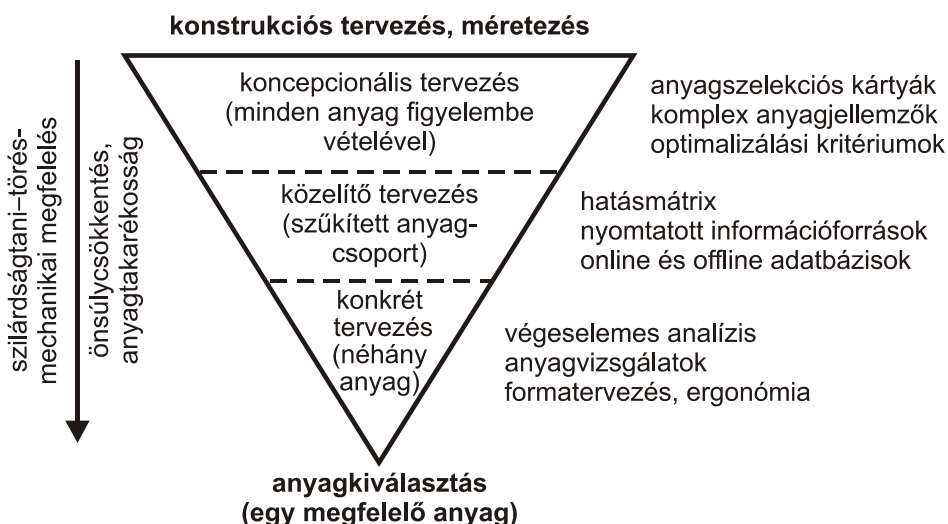
A szerkezeti anyagok úgymond piaci választéka igen nagy számú és folyton bővülő anyagféleséget jelent, amit hagyományos módszerekkel áttekinteni, elemezni gyakorlatilag lehetetlen. A problémát tovább bonyo-

<p>TERVEZÉSI SZEMPONTOK:</p> <p>Koncepcionális tervezéshez:</p> <ul style="list-style-type: none"> - komplex anyagjellemzők - anyagszelekciós kártyák - optimalizálási kritériumok <p>Közelítő tervezéshez:</p> <ul style="list-style-type: none"> - hatásmátrix módszer - nyomtatott információforrások - online és offline adatbázisok <p>Konkrét tervezéshez:</p> <ul style="list-style-type: none"> - végelelemes analízis - anyagvizsgálatok - formatervezés (design) 	<p>BIZTONSÁGI SZEMPONTOK:</p> <p>Biztonsági tényező:</p> <ul style="list-style-type: none"> - anyagtulajdonság várható értéke - igénybevétel várható értéke - várható értékek hányadosa <p>Meghibásodási valószínűség:</p> <ul style="list-style-type: none"> - antagtulajdonságok szórása - igénybevétel szórása - eloszlásfüggvény értéke <p>Megbízhatóság:</p> <ul style="list-style-type: none"> - teherbírás-variancia együtthatója - terhelésvariancia együtthatója - variancia-együtthatók különbsége
<p>SZABVÁNYÜGYI SZEMPONTOK:</p> <p>Szabványos anyagminőségek:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mechanikai tulajdonságok szerint - kémiai összetétel szerint - félgyártmány alak és méret szerint <p>Szabványos konstrukciók:</p> <ul style="list-style-type: none"> - alkatrészek - részegységek - szerkezetek <p>Szabványos jelölésrendszerek:</p> <ul style="list-style-type: none"> - MSZ (Magyar Szabvány) - (MSZ) EN (Euronorm) - (MSZ) ISO (International Standard) 	<p>MINŐSÉGÜGYI SZEMPONTOK:</p> <p>Szervezeti feltételek:</p> <ul style="list-style-type: none"> - működőképes minőségügyi rendszer - akkreditált beszállítók - üzemalkalmasság, referenciák <p>Személyi feltételek:</p> <ul style="list-style-type: none"> - vezetőség egyértelmű hatáskörökkel - megfelelő (szak)személyzet - minőségügyi megbízottak <p>Tárgyi feltételek:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beszállítói jegyzék - műbizonylat - jelölés, raktározás, kezelés
<p>ÖKOLÓGIAI SZEMPONTOK:</p> <p>Energiatartalom:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tömegegységre vonatkoztatva - térfogategységre vonatkoztatva - termékegységre vonatkoztatva <p>Reciklálási hányad:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mért újrahasznosítási mérték - becsült újrahasznosítási mérték - számított újrahasznosítási mérték <p>Környezetkonformitás:</p> <ul style="list-style-type: none"> - biomimetrikai kialakítás - biokompatibilitás - környezetszennyezés 	<p>ÖKONÓMIAI SZEMPONTOK:</p> <p>Anyagköltségek:</p> <ul style="list-style-type: none"> - nyersanyag - alapanyag - segédanyag <p>Feldolgozási költség:</p> <ul style="list-style-type: none"> - amortizáció (gép, eszköz, épület) - munkabér és járuléka - energia (elektromos, kémiai, hő) <p>Geológiai, politikai helyzet:</p> <ul style="list-style-type: none"> - szállítási távolság és lehetőség - hozzáférés, rendelkezésre állás - importkorlátozások

7. ábra. Anyagkiválasztási szempontok

nyolítja az anyagok piaci árának naponkénti változása, azaz az aktuális (naprakész) gazdasági helyzetkép gyakori hiánya. Természetesen az ma már nem lehet korrekt megoldás anyagkiválasztáskor, hogy mindig csak az anyagok egy szűk körében (pl. csak acélok) gondolkodunk.

Akár csak az élet számos más területén, úgy itt is az informatika fizikai és szellemi vívmányainak alkalmazása kínálja a megoldás kedvező lehetőségét. Ehhez számítógépes – tervezőrendszerekbe „lehívható” – anyagadatbázisok szükségesek, összekapcsolva a piaci ármozgások naprakész követését biztosító hálózati információforrásokkal. Önmagában azonban még ez is kevés, hiszen az adatokat fel kell dolgozni, meg kell határozni a köztük való szelektálás kritériumait, az optimális (vagy kvázioptimális) megoldáshoz való eljutás lépcsőit (8. ábra), szempontjait.



8. ábra. Anyagkiválasztás lépései

5. Összefoglalás, következtetések

A műszaki anyagtudomány oktatásának előzőekben felvázolt fejezetei olyan ismereteket foglalnak magukba, amelyek a gyakorlati tapasztalatokkal jól egyeztetethetők. Feldolgozásuk is könnyebb lehet, mivel nem (feltétlenül) igénylik a túlzottan elméleti tárgyalásmódot, ezáltal mind a BSc, mind az MSc képzésben tárgyalhatók. A kapcsolódó anyagadatbázisok, anyagkiválasztó szoftverek is egyszerűbben értelmezhetők a gyakorlatias ismeretek birtokában.

Irodalom

- [1] Horst Czichos és társai (szerk.): *Hütte: A mérnöki tudományok kézikönyve*. Springer Hungarica Kiadó Kft., Budapest, 1993.
- [2] Bagyinszki Gyula, Kovács Mihály: *Gépipari alapanyagok és félkész gyártmányok – Anyagismeret*. Nemzeti Tankönyvkiadó – Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2001.
- [3] Bagyinszki Gyula, Kovács Mihály: *Gépipari alapanyagok és félkész gyártmányok – Gyártásismeret*. Nemzeti Tankönyvkiadó – Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2002.
- [4] Michael F. Ashby, David R. H. Jones: *Engineering materials 1-2*. Pergamon Press, Oxford, 1986–1988.
- [5] Bagyinszki Gyula: *Anyagismeret és minősítés*. Budapesti Műszaki Főiskola, Budapest, 2004.
- [6] Bagyinszki Gyula: *Gyártásismeret és technológia*. Budapesti Műszaki Főiskola, Budapest, 2004.
- [7] Bagyinszki Gyula, Czinege Imre: *Fémek gyártási eljárása*. Széchenyi István Egyetem, Győr, 2007.
- [8] Michael F. Ashby: *Materials Selection in Mechanical Design*. Pergamon Press, Oxford, 1993.
- [9] Bagyinszki Gyula, Bitay Enikő: *Bevezetés az anyagtechnológiák informatikájába*. Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2007.

dr. Bitay Enikő, egyetemi docens

Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem
Műszaki és Humántudományok Kar
Marosvásárhely
E-mail: ebitay@gmail.com

dr. Bagyinszki Gyula, egyetemi docens

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
H-1081 Budapest, Népszínház u. 8, Hungary
E-mail: bagyinszki.gyula@bgk.uni-obuda.hu