

# KAS JA MILLISEID MATERJALIUURINGUID OOTAB EESTI TTÜ MEHAANIKATEADUSKONNALT

*Priit Kulu*

Tallinna Tehnikaülikooli materjalitehnika instituut

## MILLEGA ON TEGELETUD VIIMASED 50 AASTAT?

Materjalid ja materjalitehnoloogiad on üks valdkondadest, mida on Eestis viljeletud tolleaegses Tallinna Tehnikainstituudis, nüüdses Tallinna Tehnikaülikoolis (TTÜ) selle loomisest peale, s.o alates 1936. aastast.

“...Nii oli TTÜ juures asuva Riikliku Katsekoja ülesandeks mehaaniliste ja füüsikaliste katsete, analüüside ja proovimiste, tehniliste mõõduriistade ja tööstusmasinate uurimise ja normimise läbiviimine. ...Katsekoja mehaanilise osakonna tegevus piirdus mitmesuguste tööstuses ja ehitustegevuses tarvitavate materjalide (teras, malm, tina, vask, pronks, tsement, lubi, betoon, looduslikud kivid, telliskivid ja muud kunstkivid, isolatsioonimaterjalid jm) katsetustega tellija ülesandel. ...Tähtsamaist lahendada tulnud küsimustest võiks mainida Eesti Rahvusliku Jõukomitee ülesandel läbiviidavaid mehaanilisi ja metallograafilisi uurimistöid vanade aurukatelde materjalidega, ehitatavate sildade ehitusel tarvitavate mitmesuguste materjalide kõlblikkuse uurimisi ja rida teisi.” [Eesti Vabariigi..., 1939].

Enne 1950ndaid puudusid Tallinna Tehnikaülikooli tolleaegsetel kateedritel kindlad uurimissu-

nad, seda ka mehaanikateaduskonna kateedritel. Aastat 1955 võib lugeda kulumisalaste uurimistööde alguseks TTÜs, mil avati aspirantuur ja võeti vastu aspirandid, kelle teemad olid seotud erosioonkulumisega.

Järjepidevalt on 50 aasta jooksul väitekirjade (üle 30) ja firmade poolt tellitud uurimistööde näol kujunenud mahukas teaduslik pagas, sealhulgas originaalne katsetusmetoodika ja -aparatuur ning energeetiline löögiteooria [Kulu, 2006].

Kulumisalase teadustemaatika kõrval käivitus 1960ndate aastate alguses teine kulumisega tiheidalt seotud – pulbermetallurgia ja kulumiskindlate pulbermaterjalide – temaatika, millele 1990ndate keskpaiku lisandus kulumiskindlate pinnete ja pinnatehnoloogia temaatika.

Viimatinimetatud temaatikad hõlmavad materjalide loomise põhimõtteid, uusi originaalseid kulumiskindlaid materjale ja pindeid, kulumise modelleerimist ja komposiitstruktuuriga materjalide erosioonkulumise teooriat. Ilmunud on 6 monograafiat ja arvukalt rahvusvaheliselt aktsepteeritud teaduspublikatsioone.

## MILLIST TEADUST VILJELEDA?

Kas seada eesmärgiks uuringute läbiviimine, kindlustamiseks heatasemelist õppetööd? Põhineb ju kvaliteetne ülikooliharidus tugeval teadustööl, tagades samas ka teaduse rahvusvahelise konkurentsivõime.

Või läbi viia uuringuid, mille peamiseks liikumapanevaks jõuks on Eesti, – s.o tehnika/tehnoloogiapõhised uuringud. Sel juhul on määravaks

majanduse konkurentsivõime arendamine, teaduse toetamine uute innovaatiliste toodete ja teenuste turuletoomiseks [Küttner, 2003].

Kas Eesti peaks kaasa lööma teaduse prioriteetsetes tehnoloogiavaldkondades (bio- ja geenitehnoloogia, info- ja kommunikatsioonitehnoloogia, materjalitehnoloogia) või eelkõige arendama valdkondi, mis on elutähtsad Eesti majandusele (ener-

geetika, transport, puidu- ja keskkonnatehnoloogiad)? Vastust küsimusele tuleks otsida suundu-

mustest materjalitehnoloogiate valdkonnas Euroopas.

## SUUNDUMUSED TEHNOMATERJALIDE VALDKONNAS EUROOPAS

Euroopas teaduse rahastamiseks mõeldud raamprogrammide kõrval on suured lootused pandud tehnoloogiaplatformidele. Tehnoloogiaplatform on suhteliselt uus organisatsioonivorm, mille eesmärgiks on viia erasektor kokku avaliku sektoriga. Eesmärk on arendada keskmise- ja pikemaajalisi teadus- ja uurimisprojekte ning tehnoloogiat ja luua turgu saavutatu mahamüümiseks.

Käesolevaks ajaks realiseerunud 30st erinevast tehnoloogiaplatformist on materjalitehnoloogiaga seotud:

- kolm energeetikat puudutavat platvormi (päikeseelemendid, vesiniku- ja kütuseelemendid, null-emissiooniga jõujaamad);
- kaks nanotehnoloogiat puudutavat platvormi (üks neist meditsiiniga seotud);
- nüüdistehnomaterjalide tehnoloogiaplatform.

Nüüdistehnomaterjalide tehnoloogiate (*Advanced Engineering Materials Technologies* – AEMT) platvormi EuMaT koostisosadeks on [EuMaT Roadmap, 2006]:

- üldtehnoloogiad (omased paljudele erinevale tehnoloogiaplatformidele);
- täiesti uute materjalisüsteemide arendamine (nano-, komposiit- ja multimaterjalid);
- materjalide degradatsiooni mehhanismidest arusaamine;
- materjalide ja toodete juhtimise kontseptsioonid;
- materjalitehnoloogiate rakendused.

EuMaT uurimistegevus on suunatud järgmiste nüüdistehnomaterjalide gruppidele:

- multifunktsionaalsed gradientsete omadustega tehnomaterjalid;
- tehnomaterjalid tööks ekstreemsetes tingimustes, sh kõrgetemperatuursus ja kergekaalulisus;
- multihübriidmaterjalide süsteemid (nüüdistmaterjalid kombinatsioonis tavamaterjalidega);

- kaasnevad materjalitehnoloogiad (nt töötlemine, liitmine);
- materjalide ja protsesside multiskaalal modelleerimine.

EuMaT põhitemaatika ja peamised arendusvaldkonnad on järgmised:

### MATERJALID ENERGIATOOTMISEKS JA KESKONNAKAITSEKS

- materjalid energia ülekandeks ja akumuleerimiseks;
- materjalid elektritootmiseks ja puhtad kütused;
- materjalide projekteerimine ja valik lähtudes uuendamise ja korduvkasutamisest;
- materjalid energia konserveerimiseks ja efektiivseks kasutamiseks.

### UUED MATERJALID JÄRGMISE GENERATSIOONI TRANSPORDI TARVIS

- uued kergmaterjalid sõidukikerede jaoks;
- uued interjöörimaterjalid;
- uued kergtraatmaterjalid;
- uued materjalid elektrirongide jaoks;
- kütuse transpordi jaoks energiaefektiivsete materjalide saamise protsessid;
- uued liite- ja montaaži/demontaažitehnoloogiad;
- uued nanostruktuursed materjalid integreeritud andurite ja aktuaatoritega;
- uued summutavate omadustega komposiitmaterjalid.

### NANOSTRUKTUURSED MATERJALID MIKROKOMPONENTIDE JA -SÜSTEEMIDE TARVIS

- keerukate nanoobjektide modelleerimine, projekteerimine ja maatriksid nanoobjektide jaoks;
- tehnoloogiate arendus nanoobjektide ja -materjalide tootmiseks ning kirjeldamiseks;
- nanoobjektid ja -materjalid autodusele, biomeditsiinile ning energeetikale.

## NÜÜDISTEHNOMATERJALIDE PROJEKTEERIMINE

Näeb ette uue “integreeritud multiskaalal koostöövõrgustiku” arendust, mille põhielementideks on keeled ja moodulid kompleksi

struktuur – omadused – töökindlus – protsessid kirjeldamiseks: strateegiamoodul, komplekteerimismoodul, moodulid spetsiifilisteks otstarveteks projekteerimiseks multiskaalal, andmete ja teadmiste ning visualiseerimise moodulid.

Nüüdimaterjalide tehnoloogiate platvormi EuMaT realiseerimisest oodatav kasu ja väljundid on elkkõige järgmised:

- intermetalliidid ekstreemseteks ja biomeditsiini rakendusteks;
- metall-keramikakomposiitmaterjalid;
- uued gradienttalitusomadustega materjalid ja multipinded;
- kasutusrisiki (purunemise tõenäosuse) vähendamine;
- nanostruktuursete materjalide projekteerimise ja kasutuse paindlikkus;
- “roheline projekteerimine” ideede toetamine.

## NÄGEMUS TTÜ TEADUS–ARENDUSTE GEVUSE LÄHIAJA SUUNDUMUSTEST TEHNOMATERJALIDE JA MATERJALITEHNOLOOGIATE VALDKONNAS

Oma materjalitehnoloogia arenguprogrammiga on TTÜ kindlaks määranud teadus- ja arendustegevuse prioriteedid uute teaduspõhiste materjalide ja tehnoloogiate väljatöötamiseks [Materjalitehnoloogia 2005–2008, 2005]. Nende materjalide ja tehnoloogiate valdkondadeks on kavandatud:

- mikro- ja nanotehnoloogilised materjalid (päikeseenergeetikamaterjalid ja -seadised);
- multimaterjalid ja -tooted (multifunktsionaalsed metall-keramikased ja keramikametalsed pulbermaterjalid, sh tribomaterjalid; toodete kiirvalmistustehnoloogiad; materjalide korduvkasutus);
- polümeer- ja komposiitmaterjalid;

- mineraalsed loodusmaterjalid (looduslike ehitusmaterjalide ja muude looduslike materjalide kasutusvaldkondade mitmekesistamine ja looduslike materjalide füüsikalise-keemiliste muutuste selgitamine).

Materjalitehnoloogia arenguprogrammi väljundiks on 4 baaslaborit ülnimetatud valdkondades. Põhiesmärgiks on rahvusvahelisel tasemel teadustöö ja ka oma osa andmine materjalidele ja materjalitehnoloogiale toetava ettevõtluse arengusse, innovatsiooni toetamine nii Eestis kui ka kogu maailmas, doktoriõppe toetamine ja selle kõrge efektiivsuse tagamine. See realiseerub aga vaid juhul, kui Eesti riik on valmis investeerima antud valdkonna infrastruktuuri.

## MILLIST TEADUST VAJAB EESTI VABARIIGI TÖÖSTUS?

Eesti majanduse vajadusi ja jätkusuutlikkust silmas pidades on märksõnadeks tootearendus, materjalide säästtehnoloogiad, materjali ringlus (korduv- ja taaskasutus). Seni eraldi vaadeldud tootearendust, tootmistehnikat, materjalitehnoloogiat käsitletakse tänaste arusaamade järgi ühe protsessina – toote kogu elutsükli realiseerimisena (*product realisation*), s.o projekteerimisest kuni kasutatud toote ümbertöötlemiseni.

Toodete disaini ja materjalide kõrval on oluliseks toodete valmistamine – innovatiivsete toodete ja

tootmistehnoloogiate evitamine tootmisse. Innovaatiivsed tööstustehnoloogiad – materjalide töötlemismeetodid (plasma-, laser-, vesi- jt hübriidtootlusmeetodid jm), kiirvalmistustehnoloogiad (sh töövahendite kiirvalmistamine, prototüüpide kiirvalmistamine) ning väikeseeriatootmise kaasaged tehnoloogiad (*Amino* tehnoloogiad, *Dieless NC* vormimine) – on valdkonnad, kuhu on suunatud põhitähelepanu lähiaastatel. Silmas peetakse mitte ainult nende loomist, vaid ka olemasolevate evitamist – tehnosiiret.

Materjalide säästkasutus ja säästtehnoloogiad haakuvad tihedalt selliste nähtustega nagu korrosioon ja kulumine. On ju ca 80%-l juhtudest detaili, masina või konstruktsiooni rivist väljalangemise põhjusteks korrosioon ja kulumine. Sellistes valdkondades nagu mäendus, paberi- ja tselluloositööstus jm, on ca 40% toote elutsükli kuludest seotud kulumise ja varuosadega, 25% energiaga, 5–10% tööjõukuludega ning ainult 15–20% esialgse soetus/kapitalikuludega [EuMaT Roadmap, 2006].

Kaitse korrosiooni ja kulumise vastu haakub otseselt uute gradienttalitusomadustega materjalide, kulumiskindlate tribomaterjalide (pinnamodifitseerimine, pinded, uued pindamistehnoloogiad; hõõrdematerjalide osas näiteks kõrgete hõõrdomadustega pidurikettad ning ka kergekaalulised, kõrgetemperatuuri- ja termoväsimuskindlad materjalid) loomisega.

Kulumine on valdkond, millega on TTÜs tegeletud enam kui 50 aastat. Need on uuringud kulumise mehhanismide ning kulumiskindlate materjalide ja pinnete valdkonnas, kus on saavutatud arvestatav rahvusvaheline tase. See on suund, mille jätkamist tuleb pidada otstarbekaks. Olgu see siis seotud:

- materjali pinnaomaduste ning kulumise pinna-mehhaanika uurimisega;
- uute metall-keramikiliste ja keramika-metallsete pulberkomposiitmaterjalide ja -pinnete loomisega;
- metallsete materjalide pinna modifitseerimise ja gradientomadustega materjalide loomisega;
- materjalidega põlevkivienergeetika tarvis.

EuMaT tehnoloogiaplatvormiga on TTÜ materjalitehnoloogidel koostöö kogemus, eelkõige läbi

## SUUNAD TEHNOLOOGIAARENDEUS- JA TIPPKESKUSTELE

Tänase teaduse puuduseks ühelt poolt tuleb lugeda selle liigset akadeemilisust, teiselt poolt tööstuse vähest huvi teadusuuringute tellimisel ja ka ülikooli tagasihoidlikkust ning vähest initsiatiivi rakendusuuringu vastu. Ülikoolihariduse (doktorriõppe) toetamisel tuleb suund võtta uute mater-

Soome firma METSO tütarfirma METSO *Powdermet*, mis tegeleb uute metall-keramikiliste komposiitmaterjalide ja -pinnete väljaarendamisega. See on ka EUMaTi üks põhivaldkondi.

Toodete elutsükkel ja materjalide ringlus on teine oluline valdkond, mis haakub “roheline projekteerimise” ideedega. Tooraine ja tehnomaterjalide ressursse silmas pidades (enamik metallide varudest ammendub lähema 30–50 aasta jooksul) on nii nende ringlus (aja ära elanud toodete korduvkasutus, ümbertöödeldud materjalide taaskasutus) kui ka materjalide säästtehnoloogiate kasutus muutumas üha aktuaalsemaks.

Kui senine tegevus antud valdkonnas on olnud põhiliselt suunatud materjalide ja toodete tugevdamisele (kaitse kulumise ja korrosiooni vastu), kasutatud materjalide uute ümbertöötlusseadmete ja -tehnoloogiate väljatöötamisele (desintegraator-jahvatussüsteemid, jahvatusseadmete töökindlus), siis tulevikus tuleb põhirõhk suunata materjalide ja toodete kogu elutsükli – materjali saamisest ja sellest toote valmistamisest kuni nende utiliseerimiseni välja.

Eesti masinaehituse, metallitööstuse ning aparaadi- ja elektroonikatööstuse ettevõtete huvi kasvab selliste tehnoloogiate vastu nagu:

- uued materjalid ja tooted (sh komposiit- ja multimaterjalidest tooted), nende ümbertöötlustehnoloogiad;
- uutest materjalidest toodete valmistamise säästtehnoloogiad (kõrg- ja ülitäppistöötlustehnoloogiad, täppisvalu, PM/HIP-tehnoloogia, uued survetöötlus- ja liitetehnoloogiad, kiirvalmistustehnoloogiad);
- teise jäätmetoorme kasutus (uued kasutusvaldkonnad, uute toodete loomine).

jalide ja innovatiivsete toodete turuletootmisele ja seda läbi riikliku või rahvusvahelise tippkeskuse.

TTÜ innovatsioonisüsteemi arendamiseks ning tehnoloogia ja oskusteabe siirdeks tuleks oluliselt panustada teaduse ja tootmise vahelistesse struk-

tuuridesse. Olgu näitena toodud 1999. a loodud Sihtasutus TTÜ Materjalitööstustehnoloogiate Siirdekeskus või juba mõnda aega kavandatud eelkõige masina- ja aparaadiehitusele orienteeritud tehnoloogiaarenduskeskus (TAK). Tõsi küll, esimeses TAKde voorus ei osutunud see väljavali- tuks, aga TTÜ mehaanikateaduskond ja Eesti Ma-

## VIITED

Eesti Vabariigi Tallinna Tehnikaülikooli Aastaraamat I, 1939.

EuMaT Roadmap, Version 27, June 2006 (Proposed priorities for the FP7 calls).

Kulu, P. 2006. 50-aastat erosioonkulumise alastest uuringutest TTÜ-s. Tallinna Tehnikaülikooli aastaraamat 2005, TTÜ kirjastus, 396-399.

sinatööstuse Liit (EML) on endistviisi seda meelt, et taoline lüli tööstuse ja ülikooli vahel on vajalik. Selge on ka asjaolu, et see realiseerub ainult ühiste pingutuste tulemusel – kui ettevõtted soovivad panna innovatsiooni ja tehnoloogiasirdesse ning ülikoolil kasvab huvi rakendusühtsuste vastu.

Küttner, R. 2003. Teadus- ja arendussüsteemi reformist. Tallinna Tehnikaülikooli aastaraamat 2001, TTÜ kirjastus, 313-317.

Materjalitehnoloogia 2005-2008. Teadus- ja arendustegevuse infrastruktuuri arendamise programm, 2005.