



TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOO

John Louis Rodriquez

**ÕPETAMISE STRATEEGIA
VÄLJATÖÖTMINE TEEMA
"TERMOPINDAMISE
PROTSESSID"
KÄSITLUSEKS**

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2009

Käesolevaga tõendan, et antud lõputöö on minu, John Louis Rodriquez, poolt kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja loome- ja teadustööde seisukohad on viidatud.

Lõputöö koostamine, kaitsmine ja selles sisalduv informatsioon on *prima facie* õppeotstarbeline ja töö on kaitstud autoriõiguse seadusega, mille kohaselt on autoril töö suhtes mittevoralised õigused.

Juhul kui selle lõputöö kasutamine leiab aset muudel põhjustel kui reprodutseerimine õppe- ja teaduslikel eesmärkidel, mis ei ole ajendatud ärilistest huvidest, siis laienevad lõputöö autorile lisaks mittevoralistele õigustele ka voralised õigused.

Diplomand: J. Rodriquez
(allkiri ja kuupäev)

Üliõpilase kood

Õpperühm

Lõputöö vastab ülesandele ja kehtivatele nõuetele.

Juhendaja: T. Pihl
(allkiri ja kuupäev)

Konsultandid:
(allkiri ja kuupäev)

.....
(allkiri ja kuupäev)

Kaitsmisele lubatud “.....”..... 2009.a

Mehaanikateaduskonna dekaan

V. Vainola
(allkiri)



TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOO

John Louis Rodriquez

**ÕPETAMISE STRATEEGIA
VÄLJATÖÖTMINE TEEMA
"TERMOPINDAMISE
PROTSESSID"
KÄSITLUSEKS**

LÕPUTÖÖ

Mehaanikateaduskond
Eriala: Tehnomaterjalid
ja turundus

Tallinn 2009

SISUKORD

Sissejuhatus.....	3
1. PRAEGUNE TEEMA "TERMOPIHUSTAMISE PROTSESSID" KÄSITLUS	4
1.1 Kursuse käsitus.....	4
1.2 Õpiku käsitus.....	4
1.2.1 Õpiku käsitluse analüüs.....	5
1.2.2 Õpiku käsitluse puudused.....	6
1.2.3 Analüüsi kokkuvõte.....	9
2. UUE ÕPETAMISE-ÕPPIMISE STRATEEGIA KOOSTAMINE.....	11
2.1 Üldisemad kaalutlused.....	11
2.2 Üldine õpetamise-õppimise strateegia termopihustamise protsesside käsitlemiseks.....	13
2.3 Pakutud õpetamise-õppimise strateegia.....	15
2.3.1 Õppe-eesmärgid.....	15
2.3.2 Õppematerjalid.....	18
2.3.3 Termopihustamise protsessid: hüpermeedial põhinevad õppematerjalid.....	20
2.3.4 Ülesanded, tegevused ja hindamine.....	31
3. LABORATOORSE TÖÖ INTEGREERIMINE.....	35
3.1 Pindamistehnoloogiate laboratooriumi kirjeldus.....	35
3.2 Pindamise protsessid.....	39
3.3 Laboratooriumi töö ümberkorraldamine.....	43
KOKKUVÕTE.....	44
SUMMARY.....	46
KASUTATUD KIRJANDUS.....	48

SISSEJUHATUS

Tallinna Tehnikakõrgkoolis käsitletakse teemat "termopindamise protsessid" kursuses "Komposiidid, pinded ja tehnoplastid", mis on valikaine masinaehituse, tehnomaterjalide ja turunduse ning autotehnika õppekavades. Kooli pindamistehnoloogiate laboratoorium tegeleb ka teatud määral termopindamise tehnoloogiatega. On olemas seadmed ja tehniline baas teatud arvu termopindamise meetodite läbiviimiseks ning laboratooriumi kasutuses on katseseadmed saadud pinnete omaduste testimiseks. Kahjuks ei mängi laboratoorium veel olulist rolli õppeprotsessis.

Käesoleva lõputöö üheks eesmärgiks on uurida, kuidas võiks labori töö integreeruda termopindamise käsitlusse nimetatud kursuse raames.

Lõputöö teine eesmärk on koostada uus kaasaegne õppematerjal, mis võtab arvesse veebipõhiseid infoallikaid, uuemat erialakirjandust, viimaseid sotsiaalseid trende ja kaasaegsemaid õpetamise-õppimise lähenemisviise.

Lõpuks pakub käesolev töö välja üldise strateegia, kuidas käsitleda termopindamise teemat nimetatud kursuse raames, üldise plaani selle teemaga seotud laboritöö korraldamiseks ja ühe tervikliku digitaalse õpimooduli (nn õpiobjekt).

Lõputöös püütakse esile tuua väga perspektiivset inseneri valdkonda, mis omab head potentsiaali elavdada ettevõtlust ja innovatsiooni. Töö väljundid võiksid osutada mudeliks või vähemalt ergutuseks teistesse õppekavadesse kuuluvate inseneriala teemade käsitluste uuendamisel ja antud viisil aidata muuta õppimise/õpetamise protsessi efektiivsemaks.

1. PRAEGUNE TEEMA "TERMOPIHUSTAMISE PROTSESSID" KÄSITLUS

1.1 Kursuse käsitus

Teemat käsitletakse kahe loengu vältel. Raamatukogust kättesaadav selleteemaline lugemismaterjal tuleb põhiliselt õpikust **Metalliõpetus ja metallide tehnoloogia II, Metallide Tehnoloogia 2** (TTÜ Kirjastus, 2001), alateema 7.7 (7. teema "Keevitus" all), lk 227-239 (kokku 13 lehekülge) [11, 12]. Loengute käigus esitatud materjal tuleb antud raamatust kui ka teistest allikatest. Antud materjali analüüs annab aimu sellest, kuidas teemat üldiselt käsitletakse ja lugemismaterjali puudujäägid aitavad näidata neid kohti, millele tuleb tähelepanu juhtida üldise õpetamise strateegia koostamisel.

1.2 Õpiku käsitus

Käsitus algab termopindamise üldise kirjeldamisega materjalide seisukohast – alt üles, käsitledes kõigepealt alusmaterjali, minnes üle pinde nakkele ja lõpetades pinde struktuuriga. Sellele üldisele kirjeldusele järgneb kirjeldus erinevatest termopindamise moodustest, peamiselt termopihustamise meetoditest, mis on jagatud kahte gruppi (põlemisel põhinevad ja elektrilised), ning nendele on lisatud kirjeldus sulatuspindamisest. Kolmas osa käsitleb termopindamist tootmisprotsessina, milles võib eristada mitmeid astmeid, alustades pinna eeltöötlemisest ja lõpetades pinde kvaliteedi lõppkontrolliga. Neljas osa annab lühikese ülevaate termopindamise kasutusest ja sellest, mida tuleb arvesse võtta pindamismooduse valikul.

Tekstis kasutatud tabelid, skeemid, diagrammid, joonised:

- lihtne skeem, milles pinde talitlusomadused on seotud alusmaterjali omaduste ja pindamismoodustega;
- illustratsioon, mis näitab tüüpilisi pihustuspinde struktuuri tunnuseid;
- lihtne liigitustabel, kus jagatakse termopihustamise meetodid kahte gruppi (üks grupp jagatakse veel kahte gruppi; kokku on 6 meetodit);
- lihtne tabel, mis näitab temperatuure eri soojusallikate korral;
- lihtne tabel, mis võrdleb erinevaid termopihustamise meetodeid (neli meetodit ja omadusi);
- üks graafik, mis näitab pulbriosakeste kohtumiskiirust erinevate termopihustusmooduste korral ja nende mõju pinde omadustele;
- termopindamise tehnoloogilise protsessi skeem;
- detailide joonised, mis peavad näitama, kuidas pinda eeltöödeldakse.
- materjalide skeem, mis näitab erinevaid termopindamisel kasutatavaid materjale;
- joonised, mis näitavad võimalikke komposiitpulbrite struktuure;
- pulber- ja traatleekpihusti, kaarplasma- ja kaarpihusti ja detonatsiooniseadme põhimõtteskeemid.

1.2.1 Õpiku käsitlemise analüüs

Kui õpik pannakse hea kaasaegse inglisekeelse õpiku kõrvale, siis paistab õpiku käsitlemine päris primitiivseks. Ei ole kahtlust, et selle alapeatüki autor on kogenud ning kompetentne insener ja selle valdkonna ekspert, kelle teadmistest võiks olla tudengitele palju kasu. Aga on küsitav, kas tudeng saab suurt kasu selle õpiku käsitlemisest. Mõningal määral sõltub sellest, kuidas õpikut kursuse raames kasutatakse, kuidas õppejõud ise teemat arendab, milline õppemetoodika on kasutusel, milliseid teadmisi tudengid juba omavad ja kui motiveeritud nad on. Sellegipoolest tekib kindlasti probleem kaugõppe tudengitega, kellel iseseisva õppimise osakaal õppeprotsessis on suur.

1.2.2 Õpiku käsitluse puudused

1. Puudub selge pedagoogiline ülesehitus. Tekstis ei ole sissejuhatust teemale, selgesõnaliselt väljendatud õppe-eesmärke, kokkuvõtet, kordamisküsimusi, küsimusi, mis paneksid tudengid (analüütiliselt, loovalt, kriitiliselt jne) mõtlema, kõige tähtsamatest terminitest ning mõistetest koosnevat loetelu ja soovitatud kirjanduse loetelu.

Kas kõiki neid tekstilisi pedagoogilisi abivahendeid (inglise keeles *pedagogical aids*) on tõesti vaja? On tegelikult raske tõestada, et tudengid õpivad paremini, kui need elemendid on paigas. Seda küsimust on vähe uuritud, aga mõned uuringud, mis on läbi viidud viimase 15-20 aasta jooksul, on tegelikult seadnud selle väite kahtluse alla. Üks 1996. a. läbiviidud uuring eesmärgiga teada saada, mida psühholoogia tudengid nende õpikute tekstilistest pedagoogilistest abivahenditest arvavad (õpiväljundite kirjeldus, kordamisküsimused, peatükkide kokkuvõtted jms), näitas, et näiteks olid peatükkide kokkuvõtted kõrgelt hinnatud ning palju kasutatud, kui samal ajal olid õpiväljundite kirjeldus ja kordamisküsimused madalalt hinnatud ja vähe kasutatud [27]. Kaks hilisemat uuringut kinnitavad neid tulemusi [28, 7].

Kui tudengitel paluti mõelda esimese uuringu tulemustest ja proovida neid seletada, pakuti kaks seletust: 1) tudengid ei näe seost teatud tekstiliste pedagoogiliste abivahendite ja võimalike eksami küsimuste vahel; 2) teatud tekstiliste pedagoogiliste abivahendite läbitöötamisele kulaks liiga palju aega. Need seletused vihjavad sellele, et tudengite suhtumine õppimisse on väga pragmaatiline ja nad kulutavad nii vähe aega õppimisele kui võimalik, keskendudes sellele, mis ilmuks tõenäolisemalt eksamis.

Kas võib aga eeldada, et tudengid õpiksid paremini, kui nad kasutaksid efektiivsemalt neid tekstilisi pedagoogilisi abivahendeid? Kas tudengid on lihtsalt eksiteele sattunud vale suhtumise tõttu? Ei ole ühemõttelist vastust küsimusele. Aga provisoorne vastus võiks ometi olla, et see sõltub tekstiliste pedagoogiliste abivahendite sõnastusest, õppejõu õppimise-õpetamise strateegiast ja selle teostamisest ning mil määral tal õnnestub integreerida õpiku pedagoogilisi abivahendeid, siduda neid tudengite hindamisega ja seda seost tudengitele selgeks teha. Kui need pedagoogilised abivahendid on halvasti sõnastatud, õppejõul ei õnnestu neid integreerida või nende seos hindamisega ei ole selge, siis ei tohiks kellelegi üllatus olla, kui tudengid kipuvad neid tähele panemata jätma. Samal ajal, kui olukord on vastupidine, kasutaksid tudengid neid tõenäolisemalt rohkem ära ja õpiksid siis palju efektiivsemalt.

Seda arusaama näib toetavat aastatel 2004-2006 Eestis läbiviidud uuring, milles olid vaatluse all need tegurid, mis soodustavad kas sügavat või pinnapealset õppimist. Tuli välja, et sügavat õppimist toetab peamiselt hästi üles ehitatud kursus hästi läbimõeldud (eelistatavalt õppijakeskse) õppimise/õpetamise strateegiaga [25]. Selle põhjal võib eeldada, et need tekstilised pedagoogilised abivahendid, mille mõte on toetada teksti sisu pedagoogilist ülesehitust, peavad hõlbustama sügavat õppimist – mitte ainult seoses selle konkreetse tekstiga vaid ka terve kursuse kontekstis – tingimusel, et need laiendavad ning kinnitavad terve kursuse pedagoogilist struktuuri. Kui õpiku pedagoogiline ülesehitus ei klapi kursuse omaga (või kursuse ülesehitus on nõrk vaatamata õpiku oma tugevusele), on vähe tõenäolisem, et sügav õppimine (vähemalt teksti suhtes) üldse toimub.

Kasulikum oleks vaadelda tekstilisi pedagoogilisi abivahendeid terve õppimise/õpetamise strateegia elementidena, kus see strateegia põhineb praegusele pedagoogilisele teooriale, kus valitseb õppijakeskne (nn konstruktivistlik) lähenemine. Üks viimasel ajal välja antud ungari õpikute hindamismudel, mis põhinevat niisugusele pedagoogilisele teooriale, võtab arvesse neid samu tekstilisi pedagoogilisi abivahendeid. Näiteks käsitletakse õpiväljundite kirjeldust olulise elemendina rubriigi all "vahendid õppimise planeerimise ning hindamise hõlbustamiseks". See mudel seab ka kriteeriumi, mille järgi peab õpik toetama iseseisvat õppimist [13]. Seda kriteeriumit toetab ka see ülalmainitud Eestis läbiviidud uuring, mis näitab, et iseseisev õppimine soodustab sügavat õppimist [25]. Teiste sõnadega peab õpikul olema õppimise strateegia, mis ei sõltu konkreetsest õppejõust. See punkt ei ole üksnes teooria poolest tähtis – selles mõttes, et õpik võimaldaks tudengitele võtta oma õppimise oma kontrolli alla – vaid on väga mõistlik lähenemine kaugõppe tudengite suhtes. Tekstilisi pedagoogilisi vahendeid võib siis vaadelda siis kui paratamatuid, isegi kui nende efektiivsus kipub sõltuma õppejõu juhendamisest ja läbimõeldud kursuse ülesehitusest, nii nagu ülalmainitud uuringud annavad mõista.

2. Õpiku kujundus on halb. Kujundus on liiga spartalik ja mitte piisavalt atraktiivne ega külgetõmbav. Teksti struktuur ja pealkirjade vormistus ei võimalda saada selget ülevaadet teksti sisust.

Kui mõni õpik ei näe kujunduse poolest eriti huvitav välja, kipuvad tudengid arvama, et õpiku sisu ise ei ole vist huvitav ja motivatsioon õppida väheneb vastavalt. Ühe ülalnimetatud ungari mudeli hindamise kriteeriumi järgi peab õpik äratama huvi ja uudishimu [13]. Aga kas see teema ei pea olema huvitav iseenesest? See küsimus väljendab sisu-keskset lähenemist, mis ei võta õppijaid arvesse. Konstruktivistliku teooria järgi on õppija indiviid, kellel on oma kogemused, sisetunded,

vajadused ja isiklik maalimavaade, mis määravad tema suhtumise uutesse teemadesse. Huvi on vaja äratada nimelt sellepärast, et õpiku autori huvi ei pea vastama tingimata õppija omale. Õpiku autor ja õpikut väljaandev kirjastus peavad pingutama, et teema tudengitele huvitavamaks teha (nii kujunduse kui ka sisu poolt) ja et tudeng tahaks väga teemasse süveneda.

Anonüümselt koostatud juhend õpiku koostamise ja struktuuri kohta väljendab hästi, kui olulised on õiged pealkirjad: "tugev pealkirjade/alapealkirjade struktuur peab üldjoontes kirjeldama olulisi mõisteid ning toetavaid tõendusmaterjale" andes "teedekaardi lugeja juhendamiseks läbi õppematerjali " ja nii, et õppematerjali kordamine läheb sujuvamalt [24].

3. Illustreerivat materjali kasutatakse ebaefektiivselt. Üks Ameerikas inseneri tudengite ning õppejõudude seas läbiviidud uuring näitas, et tudengid (samuti ka õppejõud) eelistavad õppimisstiili, kus visuaalsed elemendid (fotod, joonised, skeemid, graafikud jms) mängivad olulist rolli [22]. Aga igal konkreetsel juhul tuleb ikka küsida, kas need visuaalsed elemendid on valitud või loodud nii, et nad toetavad efektiivselt tudengite õppimise protsessi? Teiste sõnadega, kas nad täiendavad õpiku teksti sisu? Kas nad annavad olulist infot? Kas nad toetavad õpiku väljendatud õpiväljundeid? Kas nad äratavad huvi ja uudishimu? [13]

Mõned skeemid ei ole eriti informatiivsed: näiteks see skeem, mis näitab väga üldjoontes, kuidas pinde talitlusomadused on seotud alusmaterjali omaduste ja pindamismoodustega (on pigem nagu 3 eraldiseisvat loetelu) või see skeem, mis näitab väga üldjoontes termopindamise tehnoloogilise protsessi põhioperatsioone.

Kõik joonised ei ole hästi kirjeldatud ega hästi integreeritud nendega kaasnevasse teksti.

Eeltöötlemise protsessi kirjeldus koosneb neljast reast ja pärast seda järgneb kuueosaline umbes pooleleheküljeline joonis lakoonilise pealkirjaga "pinna töötlemine" – selge arusaamine sellest nõuab aega (ja mitte sellepärast, et mõte on nii keeruline).

Mõned joonised aga pakuvad liiga palju infot: näiteks üks pooleleheküljeline skeem, mis näitab termopindamisel põhikihina kasutatavaid materjale (Eesmärk? teatmematerjalina kasutamiseks?) või need joonised, mis näitavad komposiitpulbrite võimalikke struktuure (Eesmärk? Ainult teadmiseks?).

4. Käsitlusala/teema katvus vajab täpsustamist. Sissejuhatuse ja õppe-eesmärkide puudus on vist peamine tegur, mis teeb õpiku termopindamise osa käsitlusala/teema katvuse ebaselgeks. Teiste teguritena võib kaasa arvata teema struktuuri, alateemade valikut ja erinevat üksikasjalikkust ja sügavust, millega käsitletakse igat alateemat – kõik olles mõnevõrra vastuolulised. Tekstist jääb

üldine mulje, et tõenäoliselt on kirjutamata õppe-eesmärk lugemisel kõigest aru saada nii hästi kui võimalik ja pähe õppida. Kui see on tõsi, siis loomulikult tekib küsimus, mida täpselt tuleb pähe õppida ja kui üksikasjalikult? Tekst ei anna selget vastust.

Kui õppe-eesmärgid ei piirdu pähe õppimisega ja on oodatud, et tudengid rakendavad teisi mõtlemise oskuseid, siis tuleb tekst ümber koostada ja anda sellele anda katvust ja struktuuri, mis kajastavad teisi eesmärke. Näiteks võib tekst rõhku panna analüüsimise oskustele, mis on seotud pindmaterjalide, termopindamise meetodi tüübi, termopihustamise meetodi ja järeltöötlemise protsessi valikuga. Teksti võib vastavalt struktureerida juhtumite ümber, mida tuleb analüüsida. Teema arendamisel peab siis tekst välja tooma seosed ja erinevused protsesside vahel tehnoloogilisest, kontseptuaalsest ja majanduslikust perspektiivist ja motiveerida tudengeid tegema järeldusi nende baasil. Nendel eesmärkidel võib tekst käsitleda süstemaatilisemalt pinde omadusi, pindmaterjale, protsessi iseärasusi ning parameetreid ja termopindamise rakendusi, kirjeldada kõige olulisemaid testimise meetodeid (sest nende tulemuste põhjal võib otsustada varasemaid valikuid ümber teha) ja lõpuks tutvustada hiljutisi uuringuid. Samal ajal tuleb teksti toetada läbimõeldud pedagoogiliste abivahenditega nii, et on täiesti selge õppijatele, kuidas õppimine üldse toimub ja kuidas seda hinnatakse.

1.2.3 Analüüsi kokkuvõte

Õpiku osana ei vasta teema käsitus kaasaegsetele nõuetele. Teema katvus vajab täpsustamist, teksti tuleb ümber struktureerida ja sisu tuleb täiendada – kõik selgelt püstitatud õppe-eesmärkide järgi. Teksti efektiivsust võib tõsta ka teiste pedagoogiliste abivahenditega: sissejuhatus, kokkuvõte, kordamisküsimused, küsimused, mis paneksid tudengid mõtlema, kõige tähtsamatest terminitest ning mõistetest koosnev loetelu ja soovitatud kirjanduse loetelu. Illustreeritavaid elemente, diagramme, ja tabeleid tuleb paremini valida või koostada ja paremini integreerida nendega kaasnevasse teksti.

Kuna see aeg, mida kulutatakse teemale, on nii piiratud, eriti kaugõppe tudengite puhul, on tegelikult oluline, et see õppijatele raamatukogust ainus kättesaadav tekst toetaks iseseisvat õppimist. Aga tekst mängib rolli ka kursuse raames ning õpetamise-õppimise strateegias. Uuringud näitavad, et vaatamata sellele, kui hästi tekst on pedagoogiliselt koostatud (hästi rakendatud pedagoogiliste abivahenditega jne), ei kasuta tudengid teksti efektiivselt, kui selles väljendatud õppe-eesmärgid ei ole kooskõlas kursuse eesmärkidega ja sisu ei ole otseselt seotud hindamisega. Teine uuring annab

mõista, et hästi struktureeritud tekst, mis kajastab ja niiviisi tugevdab kursuse struktuuri (õppe-eesmärke jne), toetaks ka sügavamat õppimist.

Kuna parem termopindamise protsessi teemaline tekst (eesti keeles) ei ole veel tudengitele kättesaadav, kulutatakse nimetatud teemale nii piiratud aeg tunnis, kursuse raames on puudu ülesanded, harjutused, tegevused või muud kursuse elemendid, mis toetavad teema käsitlust, on selge vajadus mitte ainult uute tekstiliste õppematerjalide loomiseks, vaid ka täieliku õpetamise-õppimise strateegia koostamiseks.

Eelnevas analüüsis on välja toonud mitu tähtsat tingimust, mida võib kehtestada teema käsitluse väljatöötamisel kursuse raames:

- õppejõul peab olema hästi läbimõeldud õpetamise-õppimise strateegia, mis põhineb selgesti väljendatud õppe-eesmärkidele;
- kõik elemendid, mis moodustavad teema käsitlust (sh õpiku peatükid ning alapeatükid, kõik teksti elemendid, loengute materjalid, ülesanded, tegevused, jms), tuleb kooskõlastada nii tihedalt kui võimalik õpetamise-õppimise strateegia ja õppe-eesmärkidega.
- kõik elemendid, mis moodustavad teema käsitlust tuleb seostada nii otseselt kui võimalik hindamisega;
- üldine lähenemine strateegia koostamisele peab olema õppija-keskne (konstruktivistlik) ja seda mitte ainult õpiku teksti efektiivsemaks tegemiseks vaid ka efektiivsema ja sügavama õppimise toetamiseks kursuse kontekstis.

2. UUE ÕPETAMISE-ÕPPIMISE STRATEEGIA KOOSTAMINE

2.1 Üldisemad kaalutlused

Konstruktivistlikku lähenemist võib väga erinevalt tõlgendada ja see on tegelikult aluspõhjaks väga paljudele erinevatele teooriatele. See on ka tihti seotud aktiivõppega, mida võib omakorda väga erinevalt tõlgendada [4]. Käesolevas töös kasutatakse väljendit "konstruktivistlik lähenemine" järgmises tähenduses: õppija-keskne lähenemisviis, mis võtab arvesse teatud määral individuaalsete õppijate isikupärasid ja vajadusi, võttes kasutusele õppematerjale ning meetodeid, mis motiveerivad õppijaid tundma isiklikku huvi õppimise vastu. Õppimine peab olema "aktiivne" selles mõttes, et õppijatel tuleb aktiivsemalt mõelda, kasutades erinevaid mõtlemise viise: seoste otsimine ja uurimine, hüpoteeside formuleerimine ja testimine, tulemuste üldistamine, juhtumite analüüsimine, lahenduste valimine jne.

Niisugune arusaam terminist "õppija-keskne" vastab üldjoontes sellele, mis võetakse kasutusele asjakohases artiklis insenerialaste õpikute koostamisel. Artiklis esitatud disaini mudel keskendub õpikute disainimisele, aga mudel põhineb üldistel õpidisaini põhimõtetel, mis on tegelikult diskussiooni keskpunktiks. Artiklis soovitatakse õpiku (ja see tähendab ka kursuse) koostamisel integreerida juhtumite analüüsi, mõistete arendamist ja rakendusi ja esitada laialdast valikut näidis- ning koduülesandeid. Samal ajal on järgmised soovitused:

- kasutada näidiseid, mis seostavad isiklikke ning füüsilisi kogemusi alusteooriaga, ja kui alusteooria on juba selge, tõsta järk-järgult nõuet, et tudengid kasutavad oma intuitsiooni;
- alustada teemat kõigepealt esitades juhtumiuuringut (juhtumianalüüsi), mis põhineb ehtsal tehnikavaldkonna situatsioonil, arendada teoreetilisi mõisteid, mis võimaldavad formaalse analüüsi alustamist ja pöörduda tagasi juhtumile, mida võib nüüd analüüsida kasutades just esitatud analüüsimise võtteid;

- anda koduülesandeid, mis nõuavad, et tudengid kavandavad lihtsaid süsteeme ja ülesandeid, kus nad peavad mõtisklema mõistete implikatsioonide üle;
- esitada teooriat ja analüüsimise meetodeid süstemaatiliselt koos suure näidiste hulgaga.

Diskussioonis mainitud õpetamise meetodid hõlmavad järgmisi: ühisõpe, avastusõpe, projektõpe ja vastastikkune õppimine/õpetamine [22].

Ühisõpet (kollaboratiivset õpet) defineeritakse õpetamise meetodina, kus erinevatel tasemetel õppijad töötavad koos väikestes rühmades sama eesmärgi nimel. Õppijad vastutavad nii oma kui ka üksteise õppimise eest. Ühe õppija edu saavutamine hõlbustab siis teiste õppijate edu saavutamist [23]. Samal ajal võib siin välja tuua, et ülalmainitud Eestis läbiviidud uuring näitab, et kollaboratiivne õppimine tegelikult soodustab pinnapealset õppimist – vähemalt eestlaste seas [25].

Avastusõpe (uurimuslik õpe) põhineb situatsioonile, kus probleemi lahendamiseks kasutab õppija oma kogemusi ja eelnevaid teadmisi. Selle meetodi järgimisel suhtlevad õppijad ümbritseva keskkonnaga, uurides ja puudutades asju, mõtiskledes küsimuste ja vaidluste üle või viies läbi katseid. Selle meetodi efektiivsus on ometi vaidlustatud [8, 18].

Projektõpe paneb rõhku õppetegevustele, mis on pikaajalised, interdistsiplinaarsed, õppija-kesksed (mitte õpetaja-kesksed) ja integreeritud reaalsete küsimuste ning tegutsemisviisidega [19].

Vastastikkune õppimine/õpetamine teeb loengud interaktiivsemateks ja niiviisi õppijad aktiivsemateks. Seda meetodit kirjeldatakse järgmiselt [6, 21]:

- Õppejõud esitab tudengitele kvalitatiivseid küsimusi (tavaliselt valikvastustega), mis on koostatud selleks, et võib avalikult ja ühiselt tegeleda tudengite raskustega põhimõistetest arusaamisel.
- Tudengid asuvad üksi ülesande kallale ja pärast arvutatakse välja mitu protsenti tudengitest on valinud iga vastuse.
- Tudengid arutlevad koos naabritega küsimuse üle paar minutit ja siis valivad uuesti õige vastust.
- Kõik ilmnunud raskused mõistetest arusaamisega lahendatakse üldise diskussiooni teel.

Seda meetodit on väga edukalt kasutatud – vähemalt füüsika kursuste puhul [5].

2.2 Üldine õpetamise-õppimise strateegia termopihustamise protsesside käsitlemiseks

Ainult kaks loengut on pühendatud termopihustamise teemale ja seda kursuse lõpul ja tegelikult seda aega lühendatakse, kui teiste kursusel käsitletavate teemade katmine võtab rohkem aega. Üldise strateegia koostamisel tuleb kahtlemata arvestada teema kohta antud kursuses. Kui võib eeldada, et teema on oluline, aga selgub, et antud kursuse raames võib käsitleda teemat ainult kahes loengus, siis tuleb kaalutleda uue kursuse loomist, kus teemat võib käsitleda süsteemaatilisemalt ja põhjalikumalt. See võib näiteks olla kursus pindamise tehnoloogia või termopindamise tehnoloogia kohta.

Niipea kui teema koht kursuses on kindel, võib järgmiselt edasi minna:

- koostada õppe-eesmärke (kooskõlas õppija-keskse lähenemisega), pidades meeles teadmisi ja mõtlemise oskusi, mis oleksid tudengitele kasuks nende erialas;
- otsustada (õppe-eesmärkidega selgesti meeles), kui palju ja milliseid tekstilisi õppematerjale tudengitele pakkuda.
- mõelda läbi järjestus, milles võib kõige efektiivsemalt esitada õppematerjale ning ülesandeid ja läbi viia tegevusi, et saavutada püstitatud eesmärke.
- lõpuks, otsustada, kuidas seostada õppe-eesmärke hindamisega.

Tuleb kaalutleda, mis vormis tekstilisi materjale esitada tudengitele: paberkandjal (õpikuna, monograafiana, jaotusmaterjalina vms), elektrooniliselt (pdf-failina, e-raamatuna, ppt esitlusena vms) või mingi kombinatsioonina? See on tegelikult väga aktuaalne küsimus. Nüüd arutletakse õpiku tuleviku üle. 2006. aastal kohtusid 50 tippteadlast, -haridustöötajat ja spetsialisti tehnikavaldkonnas, et vaadelda ning mõtteid vahetada õpiku praeguse seisundi ja selle seose üle üha kasvava arvuga elektrooniliste vahenditega, mida pakutakse ka õppematerjalidena tänapäevastele tudengitele. Arutelud käsitlesid nimelt seda, kuidas faktilised teadmised on struktureeritud ja antud edasi tudengitele täppisteadustes ja tehnoloogia ning inseneri valdkondades [2].

Interneti ja otsingmootorite kiire kasv on muutnud kõike: info iseenesest ei ole enam võim; pigem asub võim oskuses leida õiget infot kiiresti. Aga kas see tähendab, et õpik on surnud? Lõpp järeldus oli see, et õpik jääb ellu aga kindlasti muutub selle vorm:

- õpikut kasutatakse teejuhina, mis seostab ning viib kooskõlla väga erinevaid õppematerjale (sh animatsioonid, simulatsioonid, interaktiivsed ülesanded jms); samal ajal pannakse ressursside paketi juurde paindlik elektrooniline kasutajaliides, mis võimaldab paketist hõlpsasti otsinguid teha;
- õpik (kas paberkandjal või elektrooniline) on integreeritud õpikeskkonna "organiseerimiskeskus", kus tudengi elamus on kõige olulisem;
- õpiku uus vorm pakub paindlikkust, õigeaegsust ja pärimise-keskset lähenemist, mida veeb ja teised elektroonilised õppematerjalid pakuvad;
- õpik on kohandatav sisu ja taseme näol ja niiviisi võimaldab tudengitel üha kõrgetasemelisematele materjalidele juurde pääseda.

Teisiti öeldes näib faktilise sisu tulevik olevat elektrooniline. "Õpik" (tõenäoliselt elektrooniline) on tulevikus vaid elektrooniliste õppematerjalide teejuht [2].

Kas aeg on siis käes jätta paberkandjal õppematerjale maha (minevikku). Kas oleks parem käesoleval juhul pakkuda elektroonilist õpikut või kombinatsiooni elektroonilistest õppematerjalidest, organiseeritud ning hallatud kasutades õpihaldussüsteemi (veebipõhist õpikeskkonda) nagu Moodle?

2003. aastal läbiviidud uuring tõi välja, et tudengid eelistavad paberkandjal õpikuid. Näib, et tudengitel on positiivne suhtumine elektroonilistesse õpikutesse ainult siis, kui nad ei ole neid ialgi kasutanud. Nii pea kui nad on olukorras, kus tuleb neid kasutada, tekib varsti päris negatiivne suhtumine. See on kooskõlas varasemalt tehtud uuringu tulemustega, mis annavad mõiste, et tudengid ei ole rahul elektrooniliste õpikutega nimelt sellepärast, et ei saa neid lugeda kus ja millal soovivad – näiteks voodis või rannas [15]. Tulevikus kaob siiski see oluline puudus arvatavasti ära, sest võetakse üha laiemalt kasutusele kaasakantavad e-raamatute lugemise seadmed, nagu näiteks see paljuräägitud Amazoni Kindle – mille uus suure ekraaniga versioon suunatakse nüüd just õpiku turule [20]. Aga on ikka raske kindlalt öelda, et niisugune lahendus rahuldaks tudengeid.

Praegusel hetkel Eestis, kus kasutusel olevaid kaaskantavad e-raamatute lugemise seadmeid on nii vähe, võib oletada, et on liiga vara paberkandjal õpikuid maha jätta ja võib pigem neid (ükskõik kui lühikesi) kasutada koos erinevate elektrooniliste õppematerjalidega ja nii, et materjalid on paindlikumad ning kohandatavamad ja pakuvad võimalusi otsinguid teha – õige info leidmise oskuse arendamiseks.

2.3 Pakutud õpetamise-õppimise strateegia

2.3.1 Õppe-eesmärgid

On olemas erinevad lähenemisviisid õppe-eesmärkide koostamisele. Käesolevas töös järgitakse Robert Mager-i teooriat käitumise eesmärkide kohta. Selle teooria järgi koosneb õppe-eesmärk kolmest elemendist [9,10]:

1. konkreetne ning vaadeldav käitumine;
2. konkreetset tingimused, milles käitumine aset leiab;
3. kriteeriumid, mille järgi käitumist hinnatakse.

Missugused käitumised on soovitatud? Mida on vaja õppida? Mida tuleb põhjalikult omandada ning hinnata? Kui on niiviisi küsitud, võiks olla väga ahvatlev otsustada vaid teema sisu põhjal, just nagu oleks eemärgiks ette valmistada uusi valdkonna spetsialiste. Aga lähtudes õppija-kesksest lähenemisest tuleb küsimust tegelikult teisiti väljendada: mida on nendel konkreetsetel masinaehituse, autotehnika ning tehnomaterjalide ja turunduse tudengitel vaja õppida? Missugused termopihustamise protsessidega seotud oskused ja teadmised on olulisimad nende eriala ning võimaliku tulevase töö jaoks? Veel üks küsimus: missugused oskused ja teadmised kuuluvad insenerihariduse juurde?

Teema on väidetavalt olulisem masinaehituse ja autotehnika tudengitele, kes tulevikus oma töös võivad kindlasti rakendatust leida erinevatele termopindamiste meetoditele, sest selle eriala töös tekivad kindlasti võimalused erinevate termopindamiste meetodite rakendamiseks. Sügavamast arusaamast teemast ja oskustest, mis on omandatud termopindamise protsessidega seotud praktilise töö käigus, oleks nendele kahtlematult palju kasu. Teiselt poolt on suurem kasu tehnomaterjalide ja turunduse tudengitele üldisemast ülevaatest termopindamise protsessidest ja samal ajal sügavamast käsitlesest pindmaterjalidest ning põhjalikumast ülevaatest termopindamise rakendustest erinevates majandusharudes. Insenerihariduse seisukohast oleks kasu kõigile rühmadele võimalusest edasi arendada oma mõtlemise oskusi (analüütiline, induktiivne jne).

Kuna kursust pakutakse nendele kolmele rühmale eraldi, on siis soovitatav ka (kookõlas õppija-keskse lähenemisega) koostada kolme erinevat õppe-eesmärkide loetelu. See tähendab ka, et hindamine, mis peaks seostuma õppe-eesmärkidega, on erinev.

Alljärgnevid õppe-eesmärke pakutakse välja, kuid loetelu ei ole lõplik. Eeldus on, et neid täiendatakse, sest õppejõud, kes õpetab seda kursust, peab ise läbi mõtlema, missugused õppe-eesmärgid on kõige sobivamad. Allpool toodud tabelis tähendab MI masinaehitus, AT autotehnika ja TI tehnomaterjalid ja turundus.

Tabel 2.1

Pakutud õppe-eesmärgid

Õppe- rühm	Tegu	Tingimus	Standard/ Kriteerium	õppe-eesmärk
1	2	3	4	5
MI AT TI	kirjelda tervikuna üldist termopindamise protsessi	kirjalikult või suuliselt	nii füüsilise protsessina kui ka tehnoloogilise protsessina	1 – kirjeldada tervikuna üldist termopindamise protsessi 1) füüsilise protsessina ja 2) tehnoloogilise protsessina
MI AT TI	nimetada tüüpilise pinde struktuuri tunnuseid ja seletada nende mõju pinde omadustele	(idealiseeritud) joonise baasil	5 tunnust	2 – nimetada 5 tüüpilise pinde struktuuri tunnust joonisel ja seletada nende mõju pinde omadustele
MI AT TI	nimetada ja võrrelda termopindamise protsesse	kirjalikult või suuliselt	vähemalt 5 protsessi: võrreldud pindematerjalide, protsessi parameetrite (vähemalt 4), tüüpiliste rakenduste (vähemalt 2) ja majanduslike aspektide suhtes	3 – nimetada ja võrrelda vähemalt 5 termopindamise protsessi, võttes arvesse pindematerjale, protsessi parameetreid (vähemalt 4), tüüpilisi rakendusi (vähemalt 2) ja majanduslikke aspekte

Tabel 2.1 järg

1	2	3	4	5
MI AT TI	nimetada ning võrrelda pindematerjalide võimalikke füüsikalisi olekuid	kirjalikult või suuliselt	võrreldud pindematerjalide , pindamise protsesside ning rakendus-võimaluste suhtes	4 – nimetada ja võrrelda pindematerjalide võimalikke füüsikalisi olekuid pindematerjalide , pindamise protsesside ning rakendus-võimaluste suhtes
MI AT	ennustada pindamise protsessi parameetrite muudatuste mõju pinde omadustele	teatud pindamise protsessi puhul, kus selle parameetrid on antud	muudatusi tehakse ühekaupa	5 – kui pindamise protsess ja selle parameetrid on antud, ennustada parameetreid ühekaupa muutes mõju pinde omadustele
TI	nimetada ja kirjeldada termopindamise rakendusi tööstusharude järgi	kirjalikult või suuliselt	vähemalt 15, kirjeldus hõlmab pinde omadusi ja eelistatud pindamise meetodeid	6 – nimetada vähemalt 15 erinevat termopindamise rakendust tööstusharude järgi, pöörates tähelepanu pinde omadustele ja eelistatud pindamise meetoditele
TI	mõelda välja uusi termopindamise rakendus-võimalusi	teatud pindamise meetodi puhul	võttes arvesse protsessi iseärasusi ning pinde omadusi	7 – kui termopindamise meetod on antud, mõelda välja uusi termopindamise rakendus-võimalusi, võttes arvesse pindamise protsessi iseärasusi ning pinde omadusi
MI AT TI	valida sobivat pindematerjali	antud on teatud detail ja selle talitlus-tingimused	vastavalt tootja poolt antud juhenditele või tabelitele	8 – kui teatud detail ja selle talitlustingimused on antud, valida sobiv pindematerjal vastavalt tootja poolt antud juhenditele või tabelitele
MI AT	valida sobivat termopindamise meetodit	antud on teatud detail selle teadaolevate talitlus-tingimustega	vastavalt pindematerjalile ja talitlusnõuetele	9 – kui teatud detail on antud, valida sobiv termopindamis meetod vastavalt pindematerjalile ja talitlusnõuetele
MI AT	koostada diagramm teatud termopindamise protsessi kohta	antud on teatud detail selle teadaolevate talitlus-tingimustega	praeguste labori seadmete ja ressursside põhjal	10 – kui detail on antud, koostada diagramm valitud termopindamise protsessi kohta praeguste labori seadmete ja ressursside põhjal

Tabel 2.1 järg

1	2	3	4	5
MI AT	seletada lahti teatud pinde testide tulemused	antud on teatud testi tulemused	praegusel hetkel kasutatavate pinde testide põhjal	11 – seletada lahti antud praegusel hetkel kasutatavate pinde testide tulemused
MI AT	seletada lahti metallograafe ja neid võrrelda, püstidades oletusi nende erinevusi tekitavate tegurite kohta	antud on teatud arv metallograafe	tegurid, mis on seotud teatud tehnoloogilise protsessiga	12 – kui metallograafid on antud, seletada need lahti ja neid võrrelda, püstidades oletusi nende erinevusi tekitavate tehnoloogiliste tegurite kohta
MI AT TI	leida vajalikku infot	ligipääs internetile, tootja poolt antud juhendid või tabelid on käeulatuses	info protsesside omaduste ning parameetrite, pindematerjalide, hiljutiste uuringute ja uuemate meetodite ning rakenduste kohta	13 – kasutades interneti ressursse või tootja poolt antud juhendeid ning tabeleid, leida infot protsesside omaduste ning parameetrite, pindematerjalide, hiljutiste uuringute ja uuemate meetodite ning rakenduste kohta

2.3.2 Õppematerjalid

Õppe-eesmärkide saavutamiseks vajab kursus sobivaid õppematerjale, toetavaid ülesandeid ning tegevusi ja vastavat struktuuri. Ülaltoodud põhjuste tõttu peavad õppematerjalid koosnema nii paberkandjal kui ka elektroonilistest materjalidest. Kuna olemasoleval paberkandjal õppematerjalil on palju puudujääke, siis ainespetsialist, eelistatavalt sama õppejõud, kes vastutab kursuse õpetamise eest, peab koostama uusi paberkandjal õppematerjale, mis kõrvaldavad nimetatud puudjäägid ja järgivad varem esile toodud õpiku disainimise kriteeriume. Samal ajal tuleb õpiku koostamisel meele pidada üldist strateegiat, mis võtab arvesse elektroonilise õppematerjali kasutamist.

Müügil olevaid paberkandjal inglisekeelseid õppematerjale võib samuti kaalutleda. Üks leitud raamat, "Materials: Practical Learning Series for Thermal Spray (Primary Kit)", mis on avaldatud ASM International poolt, näib katvat peaaegu sama asju ja ka pikkust on parasjagu (umbes 45 lehekülge), kuna on mõeldud kasutamiseks lühikeses kursuses. Raamatu käsitusala kirjeldatakse järgnevalt: "Peale koolituse lõpetamist mõistavad osalejad, mis on termopihustuse meetoditel saadud

pinded, mis pindematerjale kasutatakse termopihustuse meetoditel, mis on mõned termopihustuse meetoditel saadud pinnete tähtsamad rakendused, kuidas pinnad kuluvad ära ja kuidas pindeid kasutatakse, et taastada ja kaitsta pindasid" [1].

Missuguseid elektroonilisi materjale võiks või peaks ära kasutama, on väga oluline küsimus. Tehnilisest seisukohast on disainimise võimalused palju suuremad kui paberkandjal õppematerjalil ja pedagoogilisest seisukohast oodatakse, et elektroonilised õppematerjalid toetaksid oluliselt õppija suuremat autonoomsust – eriti kui sihtrühm hõlmab kaugõppijaid. Elektroonilisi õppematerjale, tuntud ka kui "didaktilised multimeedia materjalid", võib vaadelda nii uudse viisina teadmiste edasi andmiseks kui ka erilise õpetamise või õppimise moodusena [3].

Didaktiliste multimeedia materjalide disainimise lähtekoht on üldine õpetamise-õppimise strateegia, mis hõlmab kõiki kursuse elemente koos hästi läbimõeldud õppe-eesmärkidega. Baasmaterjale, millest multimeedia materjale koostatakse, võib liigitada järgmiselt: tekst, graafika, animatsioon, heli, video ja hüpermeedia (hüpertekst, mis ühendab teksti, graafika, animatsiooni, heli ja video) [3, 14].

Didaktilise multimeedia õppematerjalide kasutamise eesmärk on võimaldada tudengitel teha järgmist:

- õppida, kuidas õppida ja ennast edasi arendada;
- seostada erinevaid elemente, mis moodustavad pakutavate teadmiste sisu;
- minna põhjalikumalt materjalidesse;
- analüüsida pakutavaid teadmisi erinevatest seisukohtadest;
- võtta isiklik õppeprotsess oma kontrolli alla;
- rakendada omandatavaid teadmisi.

Samal ajal tuleb disainida neid materjale nii, et tudengid oleksid vaimselt stimuleeritud ja motiveeritud õppima [3].

Ideaalselt võtavad elektroonilised materjalid hüpermeedia kuju, mis pakub mitte-lineaarset (õppija poolt juhitud) ligipääsu kõigile õppematerjali elementidele, võimaldades interaktiivsust ja isiklikustades mõningal määral õppeprotsessi. Materjalide tehnilisel disainimisel tuleb järgida ülaltoodud pedagoogilisi kriteeriume, aga tuleb arvesse võtta ka disaini meeskonna liikmete kompetentsusi [3].

2.3.3 Termopihustamise protsessid: hüpermeediaal põhinevad õppematerjalid

Pidades meeles kõike ülaltoodud kaalutlusi on disainitud ja loodud hüpermeedia õpiobjekti järgmiste omadustega (vt tabel 2.2):

Tabel 2.2

Loodud õpiobjekti elemendid

Õpiobjekti pealkiri: <i>Termopihustamise protsessid: hüpermeediaal põhinev lähenemine termopihustamise tehnoloogia õpetamisele/õppimisele</i>		
Elemendid 1	Pedagoogilised kaalutlused 2	Teised kaalutlused 3
Peamine ligipääsupunkt: liigituse skeem, kus navigeerimise elemendid koosnevad skeemi kastidest ja erinevatest nuppudest (vt jn 2.1).	See ligipääsupunkt pakub kontseptuaalset raamistikku, kus organiseerimise printsiip on termopihustamise protsesside liigitus energia allikate järgi. Samal ajal on see üks oluline lähtepunkt, mis pakub õppijatele üldist ülevaadet objekti sisust, üldist aimu info paigutusest ja erinevaid ligipääsupunkte objekti osadele. Kui õppija täidab ülesannet, siis tuleb siit või sisukaardist alustada.	Värve kasutatakse peamise ligipääsupunkti visuaalselt atraktiivsemaks tegemiseks ja selle erinevate osade paremini eristamiseks. Eksisteerib risk, et suur arv nähtavaid ning tekstiboksides tekkivaid valikuid võib viia natuke segadusse. On vist parem, kui tudengid tutvuvad objektiga kõigepealt üheskoos arvutiklassis õppejõu juhendamisel.
Teisene ligipääsupunkt: sisukaart, mille aktiivsed elemendid viivad otse nendel näidatud akendele ja tekstiboksidesse (vt jn 2.2)	See teisene ligipääsupunkt annab ülevaate kõigist objekti elementidest ja nende seostest, täites indeksi otstarvet (mõistekaardi kujul). Punane raam ilmub kasti ümber, millel on näidatud viimasena külastatud aken või tekstiboks, et tudengid võiksid paremini ära tunda oma asukoha objektis. Iga sisukaardi element täidab ka navigeerimise elemendi funktsiooni, võimaldades tudengitel kergemini liikuda edasi-tagasi sisukaardi ja konkreetsete akende vahel.	Värve kasutati visuaalse atraktiivsuse tõstmiseks ja sisukaartide elementide eristamiseks. See põhjalikum ülevaade objekti sisust peaks andma tudengitele suurema kindlustunde.

Tabel 2.2 järg

1	2	3
Alternatiivne kontseptuaalne raamistik: alternatiivne liigituse skeem, mis on koostatud tehnoloogiliste ja majanduslike kaalutluste põhjal (vt jn 2.3)	See alternatiivne raamistik seostab termopihustamise protsesse tihedamalt praktikaga ja aitab tudengitel näha suuremat arvu seoseid.	Esile toodud on mõned protsessid, mille teine liigitus jätab nimetamata. Uudishimulikumat tudengid jälgivad viiteid lähemale infole. Liigitus annab ettekujutuse praeguste uuringute suundadest tudengitele, kes otsivad näiteks lõputöö teemat.
Navigeerimise elemendid (vt jn 2.1): 1. navigeerimine erinevate tekstiboksides vahel samas aknas 2. navigeerimine erinevate akende vahel 3. nupud, mis viivad hüpikakendele, milles näidatakse jooniseid, tõlkeid eesti keelde, bibliograafilist infot ja lühendeid	Need navigeerimise elemendid on hüpermeedia aluspõhjaks ja võimaldavad liikuda mitte lineaarselt läbi õppematerjalide, valides teed huvi või infovajaduste järgi.	Navigeerimise elementide küllus võib viia natuke segadusse, aga loodetavasti on sellele vastukaaluks pakutatud sisukaart.
Joonised, skeemid: neid kasutatakse läbi kogu objekti seoses erinevate protsesside kirjeldustega (vt jn 2.4)	See toetab inseneri eriala tudengite visuaalsete materjalide eelistust. Joonised lähevad tekstiga kokku aga ei ole liialt lahti seletatud. On võimalik seada ülesannet, kus tuleb teatud jooniseid üksikasjalikult seletada.	Tuleviku versioonis võib pakkuda hüperlinke keerulisemate jooniste analüüsile.
Animatsioon: üks väga lühike animatsioon, mis illustreerib pihustamise protsessi (vt jn 2.5)	See animatsioon on väga lühike ja annab päris ideaalse ettekujutuse pihustamise protsessist, aga loodetavasti teeb materjale huviäratavamaks ja tõmbab tudengeid ligi.	Kui animatsioon on nii lühike, siis ei tõmba tudengeid muust materjalist liiga eemale.

Tabel 2.2 järg

1	2	3
Videoklipp: üks väga lühike Videoklipp, mis näitab kaarpihustuse protsessi (vt jn 2.6)	Eesmärk on anda tudengitele paremat aimu teksti sisu seosest päris elu ja elus vaadeldavate protsessidega.	Kui video on lühike, siis ei tõmba tudengeid tekstilisest materjalist liiga eemale.
Tasemeline struktuur: hüpermeedia võimaldab stuktureerida sisu nii, et objekti läbides võib teatud kohtades valida sügavamalt alateemasse minna (vt jn 2.7-10)	Materjalid on struktureeritud nii, et tudengid näevad algselt üldisemat infot ja siis jälgides linke leiavad üksikasjalikumalt infot erinevate aspektide kohta.	See teeb õppematerjale kohandatavamateks erinevatele sihtrühmadele.
Vorm, milles infot näidatakse, sõltub kontekstist: näiteks tabel, milles on esitatud erinevate protsesside omadusi, muudab vormi viite asukoha järgi (vt jn 2.11-12)	Sama tabel võib esitada väga palju erinevaid andmeid, aga juhul, kui ainult teatud read pakuvad huvi, on efektiivsem näidata tabelit nii, et huvi pakuvad read on mingil viisil esile tõstetud, aga ilma tabeli terviklikkust rikkumata. See võimaldab tudengitel kergemini koondada oma tähelepanu sel hetkel olulisemale infole ja samal ajal on võimalus vaadata uuesti läbi ülejäänud tähtsat infot esitatud tabelis.	See on hea näide paindlikkusest, mida elektroonilised õppematerjalid võimaldavad.
Veebipõhiste allikate ulatuslik kasutus: nii nüüdisaegsete paberkandjal tekstiliste allikate – nt <i>The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings</i> [17] – kui ka veebiviidetega veebipõhiste allikate integreerimine	Paberkandjal allikad on üldjuhul autoriteetsemad. Aga ei ole võimalik tagada tudengite ligipääs nendele. Kui ligipääs veebis asuvatele allikatele on palju kindlam, on mõistlik ka neid kaasata nii palju kui võimalik õpiobjektisse. Kui kursus on läbi, siis tudengid võivad neid uuesti vabalt läbi vaadata, kui vajadus tekib.	Veebiaadressid muutuvad suhteliselt tihti. See tähendab, et aeg-ajalt tuleb neid kontrollida.
Kasutatud kirjanduse loetelu veebiviidetega (vt jn 2.13)	Niisugune loetelu pakub veel ühte ligipääsupunkti veebis asuvatele allikatele.	See lihsustab linkide perioodilist kontrollimist, sest kõik on samas kohas.

Tabel 2.2 järg

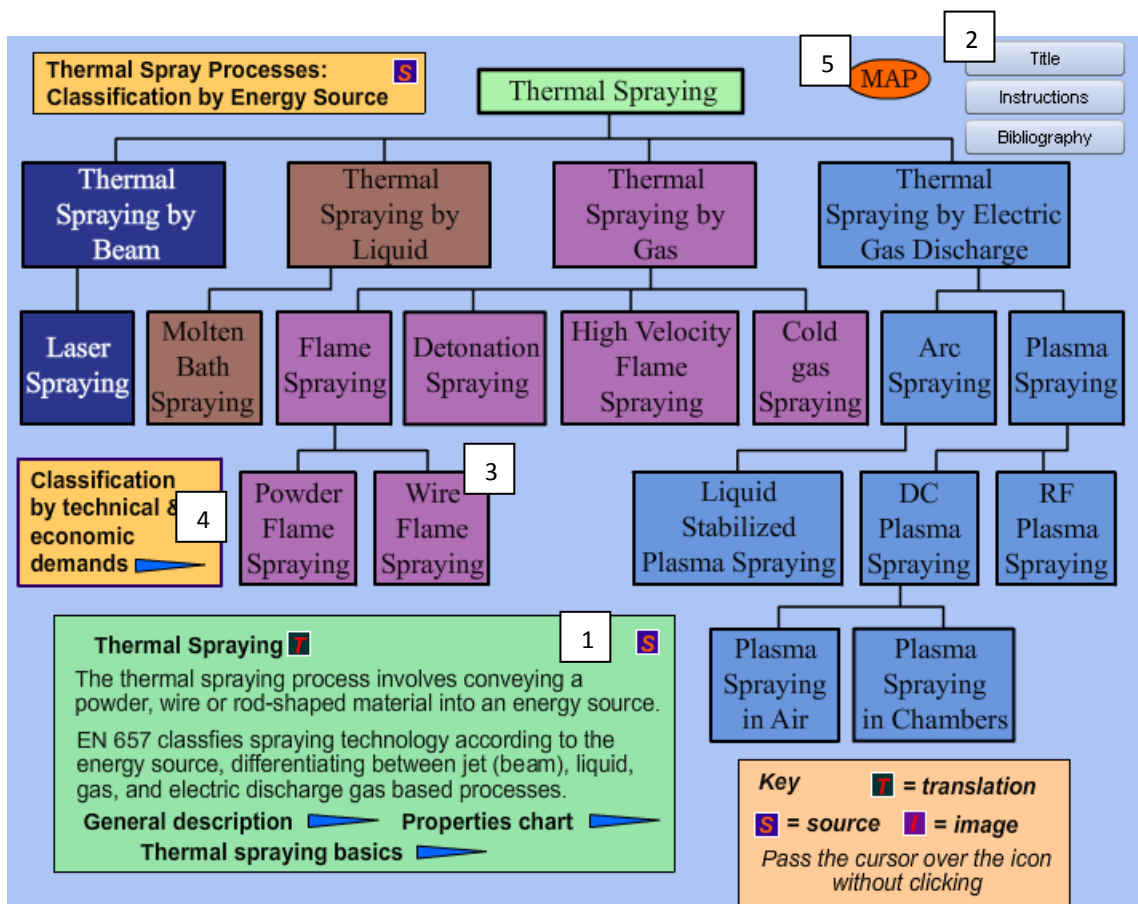
1	2	3
Inglisekeelsed materjalid, kus olulisemad terminid on tõlgitud eesti keelde	Nii paberkandjal kui ka veebis asuvad termopihustamise protsessidega seotud allikad on valdavalt inglise keeles. Pakutud olulisemate terminite eesti vasted aitavad tudengitel paremini inglisekeelsetest õppematerjalidest jagu saada.	Kuna materjalid on inglise keeles, on võimalik nüüd lasta välismaalastest ekspertidel materjale hinnata.
Dünaamilised juhendid: õppejõud võib kergesti kohandada objekti juhendeid, mis asuvad 3 html failis – adobe flash-i lähtefaili avamata	See teeb materjale kohandatavamateks erinevatele õpetamise-õppimise strateegiatele.	Erinevad õppejõud teaduskonnas või teistest koolidest võivad antud õpiobjekti kergemini integreerida oma kursustesse

Kuigi ülalkirjeldatud hüpermeedia materjali võib kasutada eraldiseisvalt teatmematerjalina, on ilmselt otstarbekam kasutada seda kombinatsioonis teiste õppematerjalidega (nii paberkandjal kui ka elektroonilised) üldise õpetamise-õppimise strateegia ja sellega seotud ülesannete, tegevuste ning hindamise toetamiseks. See tähendab, et tuleb hüpermeedia materjal allutada õppe-eesmärkidele ja parim viis selle tegemiseks on selle seostamine otseselt samade ülesannete, tegevuste ning hindamisega.

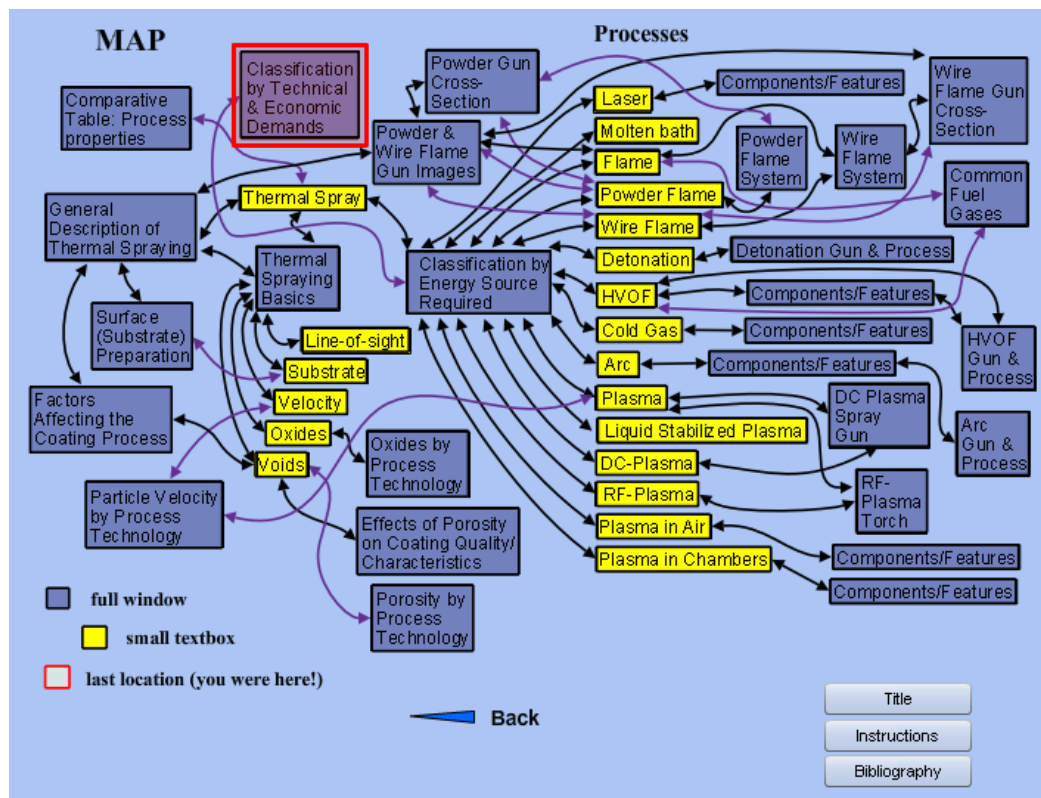
Huvitav on märkida, et ülalkirjeldatud hüpermeedia materjal, mis keskendub pigem termopihustamise protsessidele kui pindmaterjalidele, läheb hästi kokku varem mainitud ASM International poolt avaldatud lühikese raamatuga, mis keskendub rohkem pindmaterjalidele ja termopihustamise rakendustele.

Veel üks märkus: võib olla kahtlusi, et ei ole päris kohane pakkuda inglisekeelseid õppematerjale eestlastest (või vene päritoluga) tudengitele koolis, kus ametlik õppekeel on eesti keel. On kindlasti võimalik tõlkida kogu õpiobjekt eesti keelde, aga ükskõik kui ebamugav võiks lugemine võõrkeeles tunduda, on väidetavalt tudengitele kasulik, kui tekst jääb enamjaolt tõlkimata. Fakt on, et internetist kättesaadav või paberkandjal termopihustamise teemaline kirjandus on valdavalt inglise keeles. Käesolevat õpiobjekti võib pidada juurdepääsuks laiuvale, rikkale ja aktiivsele inseneri valdkonnale – mis eesti keeles praegusel hetkel näeb kahjuks välja päris kitsas ja mitte eriti huvitav. Tudeng, kes jõuab läbida antud inglisekeelseid materjale, võib avastada, et ukSED on nüüd avanenud

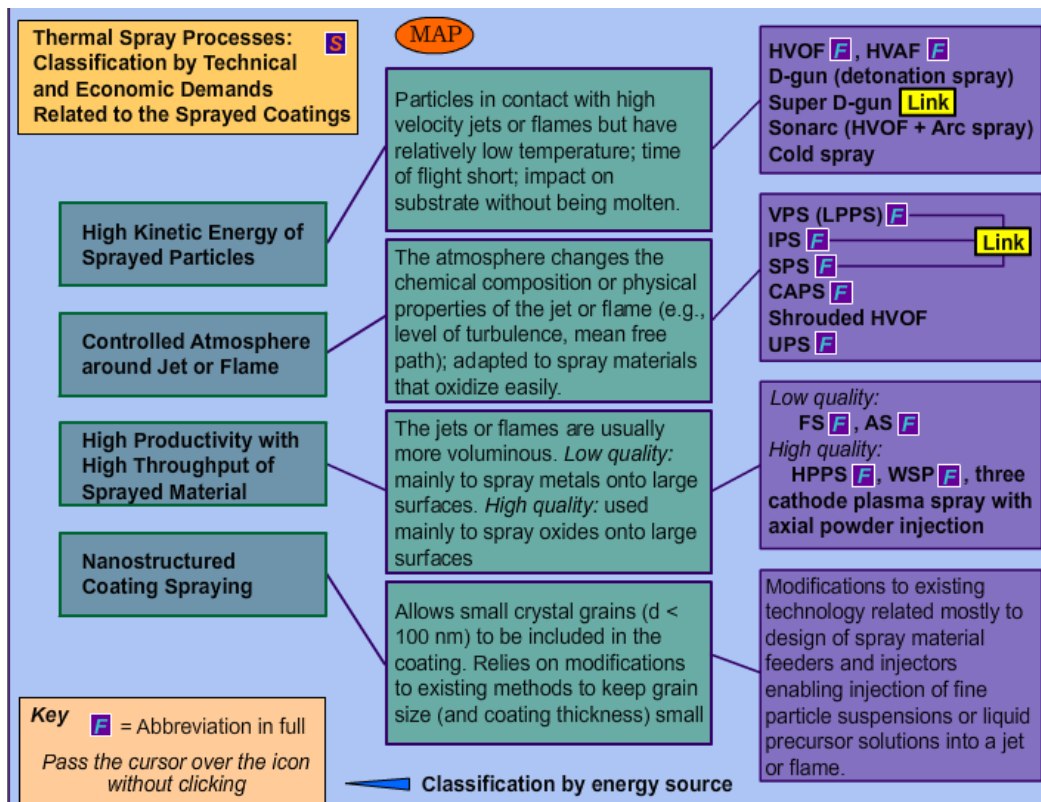
väga huvitavatesse ja kaasa mõtlema sundivatesse lugemismaterjalidesse, mida ta muidu ilmselt ei oleks leidnud või viitsinud proovida lugeda. Igal juhul võib paberkandjal õppematerjale pakkuda eesti keeles, kui nähakse vajadust anda tudengitele suuremat kindlustunnet – näiteks "Termopihustusprotsess – termopihustusprotsessi ülevaade" [26].



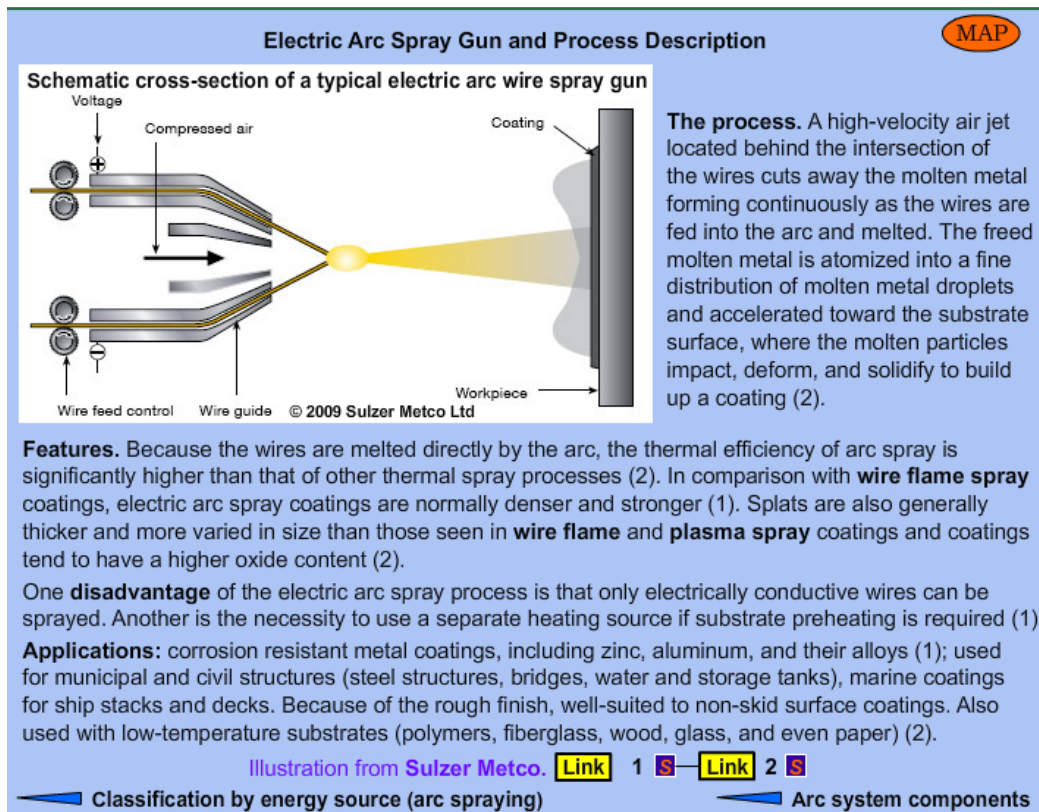
Joonis 2.1: Liigituse skeem, mis täidab peamise ligipääsupunkti otstarvet. 5 nupu tüüpi on kasutusel: 1) väikesed ikoonid, millel viibides avanevad hüpikaknad; 2) suuremad nupud, mis viivad objekti paketi peaosadele; 3) diagrammi elemendid, millele klikkides avanevad tekstboksid; 4) nooled, millele klikkides avanevad uued aknad või tekstboksid; 5) sisukaardi nupp, millele klikkides avaneb kaart (vt jn 2.2).



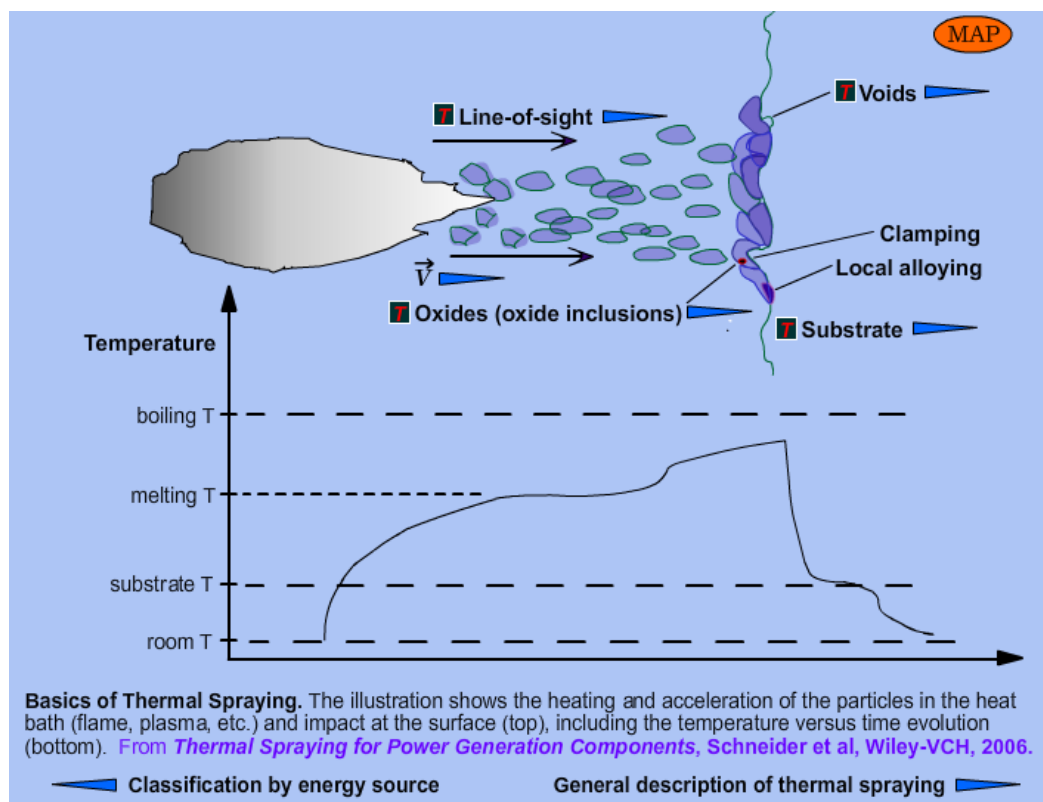
Joonis 2.2: Sisukaart, mis toimib teisese ligipääsupunktina. Kollased kastid on tekstboksid, sinised kastid on aknad ja punane kast näitab viimasena külastatud kohta.



Joonis 2.3: Alternatiivne protsesside liigitus, mis on koostatud tehnoloogiliste ja majanduslike kaalutluste põhjal.



Joonis 2.4: Illustratsioon tüüpilise kaarpihustuse püstoli skemaatilisest joonisest.



Joonis 2.5: Pihustamise protsessi animatsiooni viimane kaader.

MAP

General Description of Thermal Spraying

Thermal spraying is a group of processes where **feedstock material**  is heated and propelled as individual particles or droplets onto a surface. The **thermal spray gun**  generates the necessary heat by using **combustible gases**  or an electric arc. As the materials are heated, they are changed to a plastic or molten state and are confined and accelerated by a compressed gas stream to the **substrate** . The particles strike the substrate, flatten, and form thin platelets (splats ) that conform and adhere to the irregularities of the prepared substrate and to each other. As the sprayed particles impinge upon the surface, they cool and build up, splat by splat, into a laminar structure of oxides and inclusions. The coating that is formed is not homogenous and typically contains a certain degree of porosity, and, in the case of sprayed metals, the coating will contain oxides of the metal (1).



Feedstock may be any substance that can be melted, including metals, metallic compounds, cermets, oxides, glasses, and polymers (1). Feedstock material may be sprayed as powders (plastic, metal, composites, ceramic), wires (metal, composites), rods (ceramic) (2), liquid suspensions (for very fine powder particles) or solutions of liquid precursors¹ (typically metal-organics, such as $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$) (3). The bond between the substrate and the coating may be mechanical, chemical, metallurgical or a combination of these. The properties of the applied coating are dependent on the feedstock material, the thermal spray process, application parameters, and post-treatment of the coating (1).

1  [Link](#) 2  [Link](#) 3 

¹ precursors react in the flame or (plasma) jet to form the small solid particles making up the coating (3).

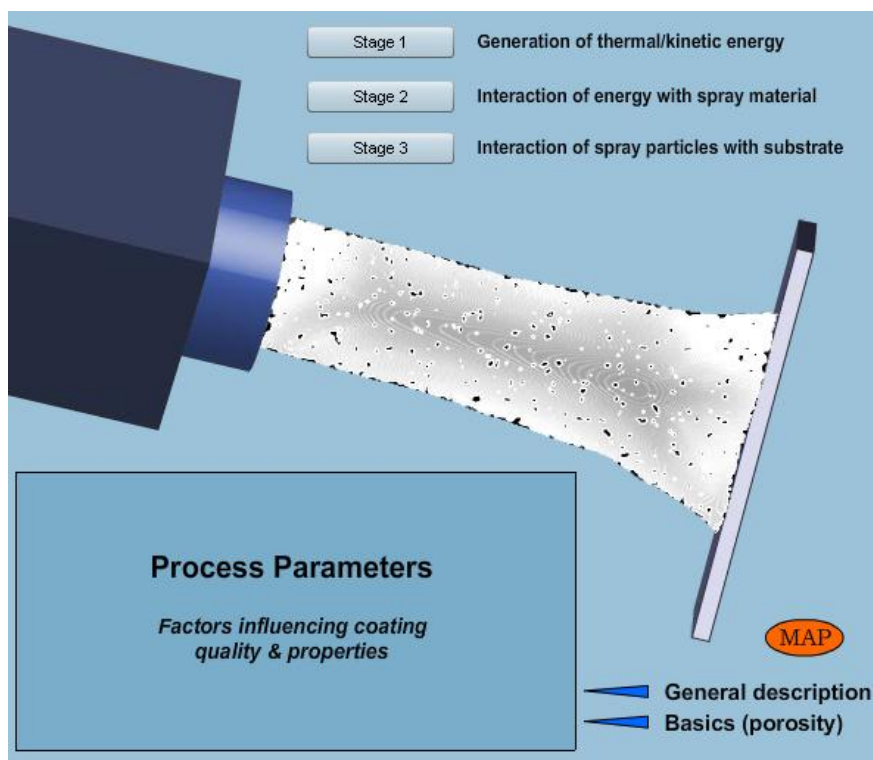
 **Basics of thermal spraying**

 **Classification by energy source**

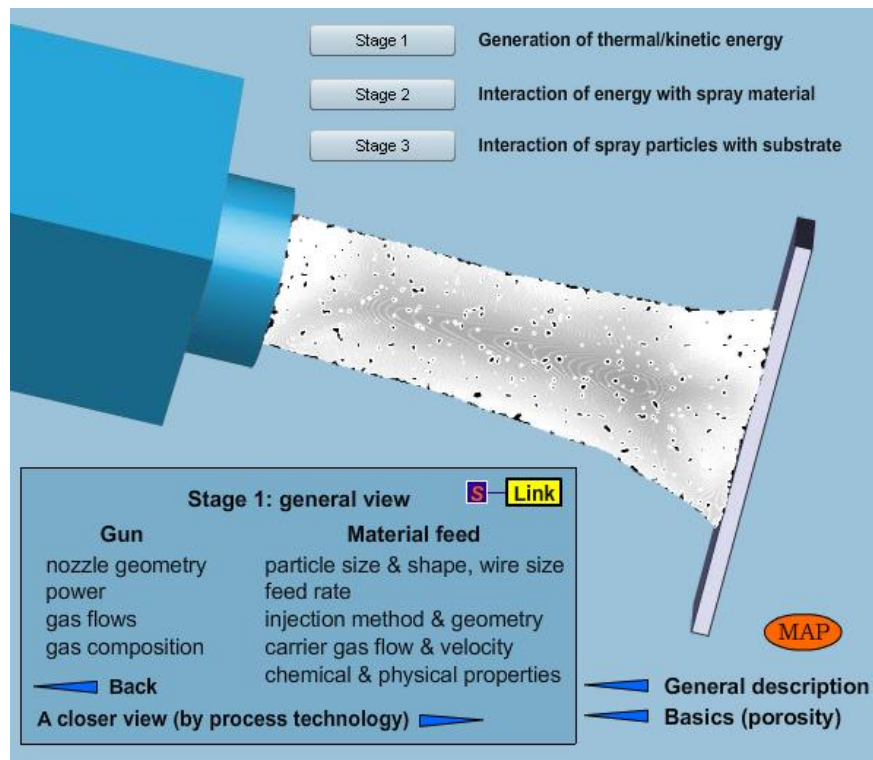
Factors affecting the coating process 

Surface (substrate) preparation 

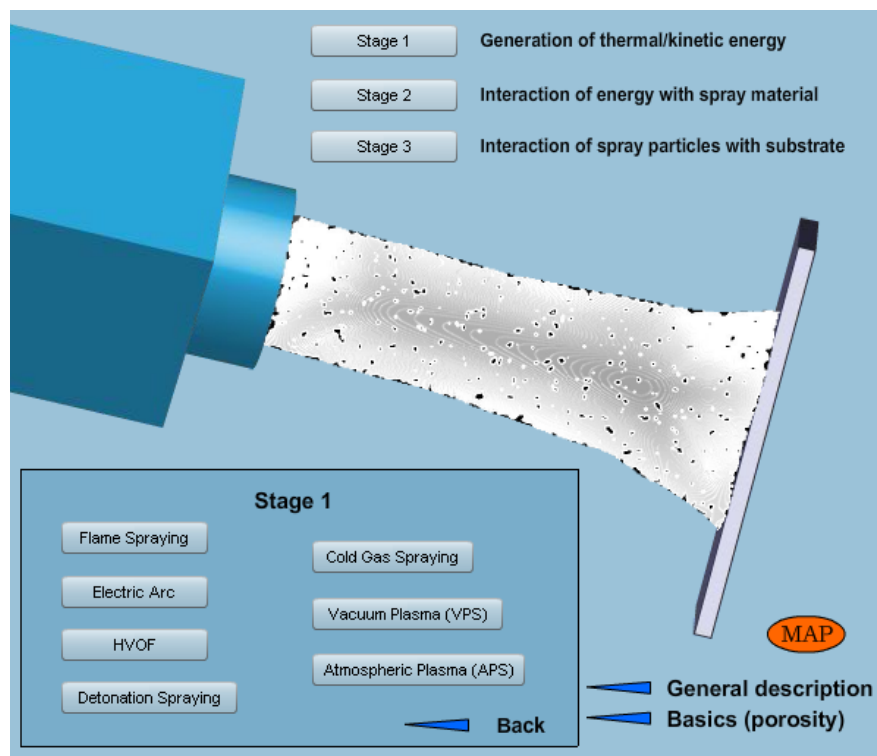
Joonis 2.6: Lühike videoklip, mis näitab kaarpihustuse protsessi.



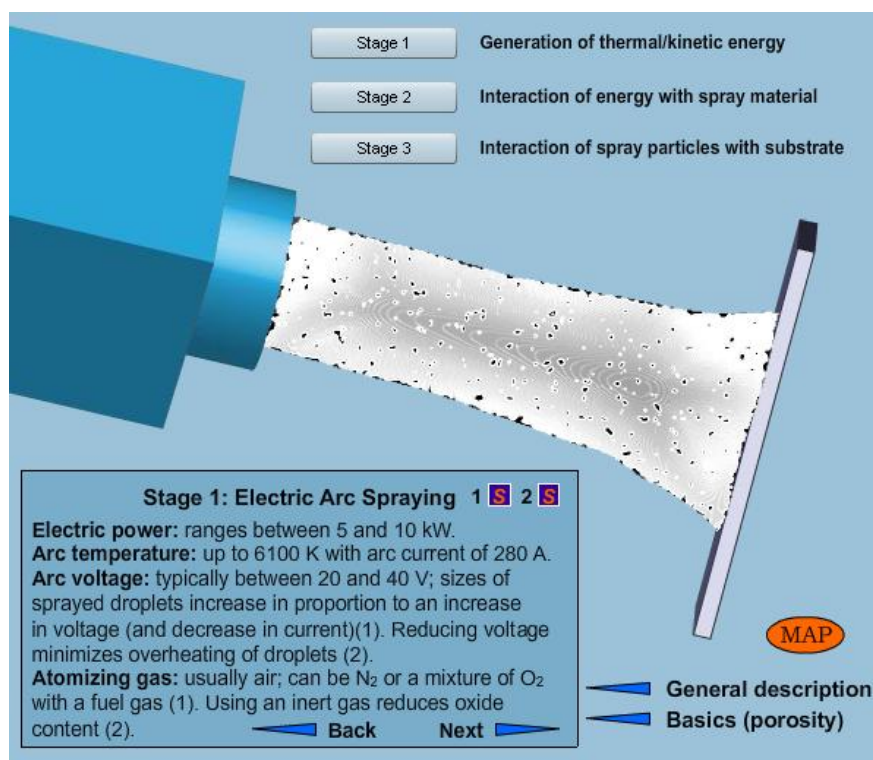
Joonis 2.7: Protsesside parameetrite käsitlemise esialgne aken.



Joonis 2.8: Kui "Stage 1" nupule klikitakse, illustratsiooni vastava osa värv muutub heledamaks ja avaneb tekstboks, milles pakutakse ülevaadet esimese etapi tähtsamatest parameetritest.



Joonis 2.9: Kui "A closer view" noolele klikitakse, tekstboksi sisu muutub ja nüüd võib valida konkreetset meetodit, mille esimese etapi parameetreid tahakse üksikasjalikumalt vaadata.



Joonis 2.10: Kui kaarpihustuse nupule klikitakse, tekstboksi sisu jälle muutub ja nüüd pakub tekstboks ükiskasjalikumat kirjeldust kaarpihustuse esimese etapi protsessi parameetritest.

MAP	Flame Spraying	HVOF Spraying	Detonation Spraying	Electric-arc Spraying	Atmospheric Plasma Spraying	Vacuum Plasma Spraying	RF-Plasma
Gas temperature (C)	3000	3000	4000	4000	12 000 - 16 000	12 000 - 16 000	>10 000
Particle velocity (m/s)	50-100	200-100	600-1000	50-100	200-800	200-600	20-50
Spray distance (mm)	120-250	120-350	50-400	80-200	80-250	300-500	20-60
Bond strength (MPa)	7-18	>70	>70	10-40	60-80	>70	>68
Oxygen content (%)	10-15	1-5	1-5	10-20	2-3	ppm range	no data
Porosity (%)	10-15	1-2	1-2	10	2-5	< 0.5	no data
Spray capacity (kg/h)	2-6	1-9	1	10-25	2-10	3-15	no data
Oxides	High	Moderate to Dispersed	Small	Moderate to High	Moderate to Coarse	None	None

Every company involved in thermal spraying has an overview of available spraying methods and tries to classify them according to different coating properties. This table is an example of such a classification. For example, when a minimum porosity is required, HVOF or low-pressure plasma spraying are appropriate choices. S

Basics of thermal spraying (porosity)

1 S 3 S
2 S 4 S

Joonis 2.11: Tabel on esitatud nii, et see rida, mis näitab andmeid poorsuse kohta, on esile tõstetud (on kaetud poolläbipaistva riskülikuga). Asjakohane tekst on ka lisatud akna alumisele servale.

	Flame Spraying	HVOF Spraying	Detonation Spraying	Electric- arc Spraying	Atmospheric Plasma Spraying	Vacuum Plasma Spraying	RF- Plasma
Gas temperature (C)	3000	3000	4000	4000	12 000 - 16 000	12 000 - 16 000	>10 000
Particle velocity (m/s)	50- 100	200- 100	600- 1000	50- 100	200- 800	200- 600	20- 50
Spray distance (mm)	120- 250	120- 350	50- 400	80- 200	80- 250	300- 500	20- 60
Bond strength (MPa)	7-18	>70	>70	10-40	60-80	>70	>68
Oxygen content (%)	10-15	1-5	1-5	10-20	2-3	ppm range	no data
Porosity (%)	10-15	1-2	1-2	10	2-5	< 0.5	no data
Spray capacity (kg/h)	2-6	1-9	1	10-25	2-10	3-15	no data
Oxides	High	Moderate to Dispersed	Small	Moderate to High	Moderate to Coarse	None	None

Basics of thermal spraying (oxides)

1 S 3 S
2 S 4 S

Joonis 2.12: Sama tabel on näidatud aga ilma lisatekstita ja seekord on esile tõstetud see rida, mis näitab andmeid oksiidi sisalduse kohta.



BIBLIOGRAPHY

Internet Sources

Book Sources

AZoM, The A to Z of Materials. Thermal Spray Technology - Frequently Asked Questions. http://www.azom.com/Details.asp?ArticleID=1745#_What_materials_can.

A-Flame Corporation. Most Frequently Asked Questions about the Detonation Gun System. http://aflame.homestead.com/D-gun_-_FAQs_-_Most_Frequently_Asked_Questions.doc

German Aerospace Center. Institute of Aerodynamics and Flow Technology. Pilot Facility for Cold Spray. http://www.dlr.de/as/en/desktopdefault.aspx/tabid-333/378_read-2907/.

Gordon England. Surface Engineering Forum. Arc Spray Process. <http://www.gordonengland.co.uk/aws.htm>.

Gordon England. Surface Engineering Forum. Thermal Spray Coatings. Nature of Thermal Spray Coatings. <http://www.gordonengland.co.uk/tsc.htm>.

Title

Hypermedia

Instructions

Joonis 2.13: Kasutatud kirjanduse loetelu veebiviidetega.

2.3.4 Ülesanded, tegevused ja hindamine

Välja on pakutud järgmised ülesanded, tegevused ja hindamise meetodid. Märkused õppematerjalide kohta on samuti lisatud. Kuidas kõike kombineeritakse, mis jäetakse välja ja mis veel lisatakse, kõik see sõltuks konkreetsest õpetamise-õppimise strateegiast, konkreetsest õppejõust ning sellest, kui palju aega on määratud teema käsitlemiseks. Mõned tegevused põhinevad kollaboratiivsel lähenemisel, mis oletatavasti soodustab pinnapealset õppimist – varem mainitud Eestis läbi viidud uuringu järgi [25]. Kollaboratiivne töö on aga tähtis ning lahutamatu osa inseneritöös ja ammu tunnustatud osa inseneriharidusest. Seda seisukohta on toetatud varem mainitud artiklis õpiku koostamise ja õpidisaini kohta [22].

Tabel 2.3

Ülesanded, tegevused ja hindamine

Ülesanded ja tegevused 1	Õppe- eesmärgid 2	Hindamine 3	Märkused õppematerjalide kohta 4
vastata küsimustele termopindamise protsessi erinevate aspektide kohta, vaadeldes seda nii füüsikalise protsessina kui ka tehnoloogilise protsessina <i>(analüütiline mõtlemine)</i>	#1	• individuaalne: valikvastustega küsimusi võib pakkuda veebis • lühivastusega küsimusi võib kasutada eksamil	õppematerjalid: paber kandjal ja elektroonilised materjalid (sh ülalkirjeldatud õpiobjekti) – eelnevalt loetud või kasutatud
märgistada pinde struktuuri tunnuseid idealiseeritud joonisel <i>(visuaalne õpistiil)</i>	#2	individuaalne: veebipõhise enesetestina ja/või eksami küsimusena	õppematerjalid: paber kandjal ja elektroonilised materjalid (sh ülalkirjeldatud õpiobjekti) – eelnevalt loetud või kasutatud

Tabel 2.3 järg

1	2	3	4
vastata kvalitatiivsetele küsimustele, mis kontrollivad tudengite arusaama pinde struktuuri elementide mõjudest pinde omadustele <i>(vastastikune õppimine/õpetamine)</i>	#2	• individuaalne: 3-5 küsimusele vastatakse iseseisvalt loengu alguses • grupp: vastuseid võib järgnevalt võrrelda ja arutleda • täiendatud küsimuste kogumit (10-15 küsimust) võib pakkuda veebis enesekontrollimiseks • sarnaseid küsimusi võib kasutada eksamil	õppematerjalid: paber kandjal ja elektroonilised materjalid (sh ülalkirjeldatud õpiobjekti) – eelnevalt loetud või kasutatud
vastata kvalitatiivsetele küsimustele, kus on vaja võrrelda erinevaid termopindamise protsesse <i>(vastastikune õppimine/õpetamine)</i>	#3	• individuaalne: 3-5 küsimusele vastatakse iseseisvalt loengu alguses • grupp: vastuseid võib järgnevalt võrrelda ja arutleda • täiendatud küsimuste kogumit (10-15 küsimust) võib pakkuda veebis enesekontrollimiseks • sarnaseid küsimusi võib kasutada eksamil	õppematerjalid: paber kandjal ja elektroonilised materjalid (sh ülalkirjeldatud õpiobjekti) – eelnevalt loetud või kasutatud
vastata küsimustele, kus on vaja võrrelda erinevaid pindmaterjalide füüsikalisi olekuid <i>(analüütiline mõtlemine)</i>	#4	• individuaalne: veebipõhised valikvastustega küsimused enesekontrollimiseks • lühivastustega küsimusi võib kasutada eksamil	õppematerjalid: paber kandjal ja elektroonilised materjalid (sh ülalkirjeldatud õpiobjekti)
vastata kvalitatiivsetele küsimustele, kus on vaja ennustada, millised mõjud on parameetrite muutustel pinde omadustele <i>(vastastikune õppimine/õpetamine)</i>	#5	• individuaalne: 3-5 küsimusele vastatakse iseseisvalt loengu alguses • grupp: vastuseid võib järgnevalt võrrelda ja arutleda • täiendatud küsimuste kogumit (10-15 küsimust) võib pakkuda veebis enesekontrollimiseks • sarnaseid küsimusi võib kasutada eksamil	õppematerjalid: paber kandjal ja elektroonilised materjalid (sh ülalkirjeldatud õpiobjekti)

Tabel 2.3 järg

koostada loetelu termopindamise rakendustest tööstusharude järgi, märkides nõutud pinde omadusi ja eelistatud termopindamise meetodeid (kollaboratiivne õpe)	#6	• grupp: loetelu võib koostada ühistööna kasutades wikit [16]; iga tudeng sisestab vähemalt 2 rakendust; igale kirjele lisatakse viite info allikale • koostatud loetelu sisu võib kasutada eksami küsimuste (valikvastuste või lühivastusega) koostamisel	õppematerjalid: internet, paberkandjal ja elektroonilised materjalid (sh ülalkirjeldatud õpiobjekti)
viiakse läbi ajurünnakut uute termopindamise rakenduste kohta väikestes rühmades (kollaboratiivne õpe)	#7	• iga rühm võib tulemusi esitada teistele rühmadele • mõtteid võib siis hinnata protsesside iseärasustest ning pinde omadustest avaldatud arusaama ja originaalsuse järgi	-----
pindematerjali ning termopindamise meetodi valik tootja poolt antud juhendite järgi (analüütiline mõtlemine)	#8, #9, #13	• individuaalne: 2-3 juhunit tudengi kohta • töö esitatakse kirjalikult ja valikud peavad olema õigustatud	õppematerjalid: tootja poolt antud materjalid (paberkandjal või elektrooniline)
vaadelda erinevaid laboris läbiviidud termopindamise protsesse ja teha märkmeid, et saaks hiljem erinevaid protsessi diagramme koostada (analüütiline ja induktiivne mõtlemine)	#10	• paarides: iga paar teeb diagrammi ühest protsessist arvutiprogrammi abil ja esitab seda teistele tudengitele tunnis või/ja veebis • võib ka nõuda, et iga tudeng on võimeline seda käsitsi tegema eksamil	-----
vaadata üle teatud arvu pinnatud proovikehasid, viia läbi erinevaid teste teatud pinde omaduste kontrollimiseks ja seletada lahti tulemused (probleemi-keskne lähenemine, analüütiline ja induktiivne mõtlemine)	#11	paarides: tulemused ning järeldused esitatakse kirjalikult ja neid võib kontrollida kohapeal	õppematerjalid: labori proovikehad ja meetodilised juhendid laboritöö sooritamiseks

Tabel 2.3 järg

vaadata üle teatud arvu metallograafe (paberkandjal või arvutis) või metallograafilisi proovikehasid (metallograafilise mikroskoobi abil), analüüsida pinnete mikrostruktuure, püstitades oletusi, millised tehnoloogised tegurid võiksid olla erinevuste taga <i>(praktiline tegevus, analüütiline ja induktiivne mõtlemine)</i>	#12	paarides: tulemused ning järeldused esitatakse kirjalikult ja neid võib kontrollida kohapeal	õppematerjalid: labori proovikehad või metallograafid, metoodilised juhendid laboritöö sooritamiseks
veebipõhine otsing erinevatele termopindamisega seotud küsimustele vastuste leidmiseks <i>(infootsimise oskused)</i>	#2, #3, #6 #13	• individuaalne: igale tudengile antakse 10 küsimust; vastuseid tuleb otsida veebist (tund toimub arvutiklassis) ja neid kontrollitakse koha peal • analoogset ülesannet (2-3 küsimust) võib lisada eksamile	• õppematerjalid: internet

3. LABORATOORSE TÖÖ INTEGREERIMINE

3.1 Pindamistehnoloogiate laboratooriumi kirjeldus

Pindamistehnoloogiate laboratoorium on suhteliselt uus täiendus Tallinna Tehnikakõrgkooli mehaanikateaduskonna laborikompleksile. Labor alustas tööd 2004.a. ja alguses koosnes labori pindamise seadmetest suurem osa vanematest seadmetest, mis olid üle viidud analoogsest laborist Tallinna Tehnikaülikoolis. Kõige uuem seade on Eutronic kaarpihustuse süsteem, mis oli hangitud 2007.a. Peaaegu täielik loetelu pindamise seadmetest, mis on praegusel hetkel laboris, on antud allpool tabelis (vt tabel 3.3).

Labori pindala on umbes 60 m², hõlmates kolme pindamise töökohta: üks suhteliselt väike koht detailide lokaal-galvaniseerimiseks (pöördajam on põrandal ja tõmbekapp üleval); veel üks suhteliselt väike koht detailide sädelegeerimiseks; ja üks suur koht ülejäänud pindamise meetodite läbiviimiseks (üks suur pool-suletud kabiin tõmbekapiga ja kabiini sees üks suur pöördajam). Labor hõlmab ka üht liivapritsi kabiini ja üht agregaat mehaaniliste omaduste määramiseks, mida kasutatakse peamiselt nakketugevuse määramiseks. Ülejäänud labori pinnal paiknevad suuremad pindamise seadmed (sh üks väga suur plasmapihustusseade) ja abiseadmed (suur kompressor, gaasiballoonid jne), hoiukapid, töölauad, kirjutuslauad ja pesemisnurk.

Umbes 60-70% laboratooriumi tööst on seotud otseselt pindamise tööga. Kõige suurem osa sellest, võibolla isegi 90%, on seotud taastamise tööga (nt laagri kandepindade ja tihendi aluste pindade taastamisega). Samal ajal moodustab termopihustamine umbes 30% pindamise tööst, pihustussulatamine 40-50% – ülejäänud osa pulbri elektrostaatiline pihustamine, HVLV pihustus, lokaal-galvaniseerimine ja sädelegeerimine.

Teadustöö moodustab umbes 15% laboratooriumi tööst, samal ajal kui tulu teenivad tükitööd ja lepingulised tööd moodustavad umbes 50%. Laboris töötab praegu üks üliõpilane laborandina ja plaanis on veel üks tudeng tööle võtta.

Testimise võimalused on praegusel hetkel piiratud olemasolevate seadmete puuduste või vastavate seadmete puudumise tõttu (vt tabel 3.2). Nakketugevus määratakse kasutades Gunt universaalset tõmbemasinat. Mikrokõvadust ei saa määrata, sest vastav seade puudub. Pinde kõvadust ja paksust määratakse kasutades Wilson-Wolpert universaalset tõmbemasinat materjaliõpetuse ja metallograafia laboris, kus pinnatud katsekehad on valmistatud ja analüüsitud. Lisaks on pindamistehnoloogiate laboris kasutusel kaks väikest kaasaskantavat aparati pinde paksuse määramiseks.

Laboratooriumil puudub missioon ja on raske öelda, mis suunas selle arendus tegelikult liigub. Plaanis on hankida uuemaid pindamise seadmeid (nt külmpihustuse süsteem) ja samuti osta uusi testimise seadmeid (paremad mikroskoobid, seadmed mikrokõvaduse määramiseks jms), aga mis eesmärgil? Kas labor muutub tähtsaks õpetamise ja praktika laboriks, õppejõudude või tudengite laboriks teadustöö läbiviimiseks, tootmiseks kasutatavaks ruumiks? Kui kõik need funktsioonid on tähtsad, kuidas tasakaalustada neid konkureerivaid eesmärke, kui labori suurus ja ressursid on nii piiratud. Igal juhul on põhimõtteliselt selge, et labor peab paremini toetama kooli õpiprotsessi.

Tabel 3.1

Pindamise seadmed laboris

Pindamis-seadmed	Protsessi tüüp	Protsessi iseloomustus	Märkused
1	2	3	4
Eutalloy EC Eutalloy EA	Pihustus järgneva sulatusega	Kõrge temperatuur (üle 1000 °C). Väike pihustuskaugus. Väike põleti ots võimaldab pääseda kitsastesse kohtadesse. EC: suurem, vesijahutusega. EA: väiksem, jahutuseta, hõlbus käsitseda.	EC harvemini kasutatav EA sagedasti kasutatav
Plasma keevitus koos pulbri etteande süsteemiga	Pulbri sulatamine	Põleti kõrge temperatuur (üle 20 000 °C). Temperatuur on rohkem fokusseeritud kui Eutalloy põletil. Väike pihustuskaugus. Põleti düüs on laiem kui Eutalloy põletil. Vesijahutus.	Suhteliselt uus. Kasutatakse suuremate detailide puhul, mida ei saa ette kuumutada.

Tabeli 3.1 järg

1	2	3	4
Castolin rototec 80	Gaasileek pihustamine	Osakeste kiirus suhteliselt väike (70 m/s). Ei kasutata suruõhku.	Suhteliselt vana. Ei ole pidevas kasutuses.
Eutronic arc spray 4 süsteem	Kaarpihustus	Odavam kui gaasileek pulberpihustus. Sobib suurte pindade kiireks katmiseks.	Võrdlemisi uus. Kasutatakse regulaarselt, kuid mitte väga erinevates valdkondades.
Castolin CastoDyn DS 800	Gaasileek pulberpihustus	Kasutatakse suruõhku osakeste kiiruse suurendamiseks. Temperatuur kuni 200 °C.	Peamine kasutusel olev gaasileek pulberpihustuse püstol.
SNMI Topjet 2	Traadi leekpihustus	Kasutab traadi ja plastümbrisest pulbertäidistraadi.	Kasutatakse praegu harva. Pulbertäidistraat on olemas.
ELFA 541	Sädeleegerimine	Wolframist elektrodid. Väga õhukesed pinded. Detail peab olema elektrit juhtiv. Pinnakõvaduse suurendamiseks: lõikeservad jms.	Töökorras aga kasutatakse harva.
Eurotec ultra-com 300 portable powder coating system	Pulbri elektrostaatiline pihustamine	Detail peab olema elektrit juhtiv. Pulber: värviline või värvitu polümeer – termoplast või termoreaktiivne polümeer. Saadud pinne on kõva, sitke ja korrosioonikindel.	Töökorras. Kasutatakse suhteliselt tihti.
KIEV 7	Plasma-pihustus	-----	Vana, suur, kohmakas, suure põletiga. Suurte pindade katmiseks. Vajab jahutussüsteemi, aga muidu on töökorras.
HVLP pihustuse süsteem	Külm pihustus	Sarnane värvi pihustamisele.	Kasutusel.

Tabel 3.2

Laboris kasutatavad katseseadmed

Testimise seade	Testid	Märkused
Universal Material Tester (Gunt Hamburg), WP300 – disainitud pedagoogiliseks otstarbeks	1) DIN tõmbeteim 2) DIN surveteim 3) Brinelli kõvadusteim 4) Paindeteim 5) Lõiketeim 6) Pinge-deformatsiooni-diagrammide salvestamise võimalus	Kasutatakse nakketugevuse määramiseks. Mõõtepiirkond: 0- 100 bar (0-19,635kN) Eraldus: 0,5 kN Ülekoormuse piir: 150 bar Kasutatakse koos PC andmete kogumise süsteemiga WP300.20 – mis võimaldab tulemusi elektrooniliselt salvestada
Wilson-Wolper WHU 330	Kaasaskantav kõvaduse mõõtja (tagasipõrke tüüp)	Täpsus sõltub pindematerjalist.
Raynger 3i Ray312ML2G	Kaasaskantav infrapuna termomeeter	Mõõtepiirkond: 400-1200°C
Summit SDT30	Termomeeter kõrge temperatuuri mõõtmiseks anduritega	Mõõtepiirkond: kuni 1375 °C
Raynger ST3	Kaasaskantav infrapuna termomeeter	Mõõtepiirkond: kuni 400 °C
Testo 830-TI,	Termomeeter kõrge temperatuuri mõõtmiseks	Mõõtepiirkond: kuni 400 °C
Wilson-Wolpert WCG-120	Pinde paksuse mõõtja (magnetiline)	Aluspind peab olema rauda sisaldavast metallist. Pinde peab olema mittemagnetiline.
Wilson-Wolpert WCG 330/340	Mikroprotssoriga pinde paksuse mõõtja (magnetiline)	Aluspind peab olema rauda sisaldavast metallist. Pinde peab olema mittemagnetiline.
Wilson-Wolpert WCG-150	Pinnakareduse mõõtmine	Kasutakse harva.
Wilson-Wolpert Universal testor 722	Vickersi kõvadusteim	1) Määrata Vickersi kõvadust 2) Võib seadme optilist süsteemi kasutada pinde paksuse määramiseks

3.2 Pindamise protsessid

Ülesannete ja tegevuste kirjelduse all on antud ettekujutus sellest, mis rolli võiks labor mängida üldises õpetamise-õppimise strateegias. Laboris toimuvaid pindamise protsesse lähemalt vaadates saab selgema pildi sellest, kuidas seda integreerimist võiks praktikas teostada ja isegi laiendada. Loetelu tööst, mis iseloomustab hästi laboris toimuvat, on antud allpool tabelis (vt tabel 3.3).

Tabel 3.3

Pindamistehnoloogiate laboratooriumi töö

Detailid	Nõutavad pinde talitlusomadused	Valitud pindematerjal	Valitud pindamise meetod	Eeltöötlemine ja Järeltöötlemine
1	2	3	4	5
Nukkvõllid, teised võllid, teljed, rattarummid (laagri kande-pindade ja tihendi alune pindade taastamine) <i>Materjal: peamiselt teras</i>	Kõvadus, kulumis-kindlus	Ise-räbustuvad pulbrid Tavaliselt kasutatakse Eutalloy 10009	Sulatuspindamine (metallurgiline side) Sulatuspindamise süsteemid: 1) Eutalloy EC (suurem pihustiga, vesijahutusega – kasutab plasmakaar keevituse komplektille kuuluvat vesijahutust) 2) Eutalloy EA (väiksem pihustiga, lihtsamini käsitsev, ilma vesijahutusega) 3) Eutronic PTA keevituse kompleksus	Eeltöötlemine: 1) töötlemine, abrasiivjoaga töötlemine 2) eelsoojendamine (põletiga) Järeltöötlemine: 1) aeglane jahutus vältida pragude ja deformatsioonide tekket 2) töötlemine, käimine, poleerimine

Tabel 3.3 järg

1	2	3	4	5
Kolvipead <i>materjal:</i> <i>aluminium</i>	Kuumuskindlus (termobarjäär)	Vedelik: keraamiline pulber suspensioonis	HVLP (suure mahuga, madala survega), külm pihustamine (mehaaniline side)	Eeltöötlamine: kinnikatmine ja abrasiivjoaga töötlamine Järeltöötlamine: kuumutamine ahjus kuni 379°C-ni üheks tunniks
Kolvi juhtpind <i>materjal:</i> <i>aluminium</i>	Kulumis- kindlus, väike hõõrdetegur (isemääriv), termiline vastupidavus	Vedelik: teflon pulber suspensioonis	HVLP (suure mahuga, madala survega), külm pihustus (mehaaniline side)	Eeltöötlamine: kinnikatmine ja abrasiivjoaga töötlamine Järeltöötlamine: kuumutamine ahjus kuni 379°C-ni üheks tunniks
Väljalaske- torustikud <i>Materjal:</i> <i>teras</i>	Kuumuskindlus (termobarjäär)	1) Pulber: keraamiline 2) Vedelik: keraamiline pulber suspensioonis	1) pulber leekpihustus (mehaaniline side) 2) HVLP, külm pihustus (mehaaniline side)	Eeltöötlamine: kinnikatmine ja abrasiivjoaga töötlamine Järeltöötlamine (HVLP): kuumutamine ahjus kuni 379°C-ni üheks tunniks
Stants <i>Materjal:</i> <i>teras</i>	Kõvadus	Volframist elektrood	Sädelegeerimine	Tavaliselt ei ole vaja
Väljalaske ühendus flants <i>Materjal:</i> <i>teras</i>	Korrosiooni- kindlus	Aluminiumist traat	Kaarpihustus	Eeltöötlamine: kinnikatmine ja abrasiivjoaga töötlamine Järeltöötlamine: ei midagi

Tabel 3.3 järg

1	2	3	4	5
Mitme- sugused metallist detailid <i>Materjal: elektrit juhtivad metallid</i>	Värvus, korrosiooni- kindlus	Polümeeri pulbrid (termoreaktiivne või termoplastiline)	Pulbri elektrostaatiline pihustamine	Eeltöötlemine: puhastamine Järeltöötlemine: kuumutamine ahjus 150-200°C juures
Elektri- mootori kaaned <i>Materjal: aluminium</i>	Keskmise kulumis- kindlus, korrosiooni- kindlus	Elektrolüütilise d lahused, mis sisaldavad nikkelsulfaati	Lokaal- galvaniseerimine	Eeltöötlemine: puhastamine Järeltöötlemine: ei midagi

Nii nagu ülaltoodud tabelist selgub, tegeleb pindamistehnoloogiate laboratoorium paljude pindamise protsessidega, millest termopihustamise protsessid on vaid väike osa. Et täielikumalt ära kasutada laboratooriumi võimalusi, tuleb rõhutada, et termopihustus on ainult üks alternatiiv mitmete seas ja lasta tudengitel valida parimat meetodit kõikide meetodite seast antud nõuete rahuldamiseks.

Järgmine diagramm (vt joonis 3.1) loetleb ja kaardistab pindamise protsesse, mida praegu laboratooriumis läbi viiakse. See on samasugune diagramm, mida tudengitel tuleb teha ülaltoodud protsessi diagrammi ülesandes. Üksik diagramm, milles koondatakse kõiki protsesse, näitab hästi teatud sarnasusi ja erinevusi ja seda võib kasutada efektiivsete kontseptuaalsete küsimuste ning juhtumi probleemide väljatöötamiseks.



Joonis 3.1. Pindamise protsessid, mida käesoleval hetkel viiakse läbi pindamistehnoloogia laboratooriumis.

3.3 Laboratooriumi töö ümberkorraldamine

Praegusel hetkel on tudengitel ligipääs laboratooriumile üsna piiratud. Nagu ülal mainitud, suurem osa laboratooriumi tööst on seotud tellitud või lepingulise taastamise töödega. Laboratoorium on organiseeritud piisavalt hästi väikse ringkäigu läbiviimiseks. Välja on pandud palju töönäidiseid (valmis või pooleli tehtud tööd), enamik seadmeid on selgelt näha, on olemas infostendid, mis kirjeldavad erinevaid laboratooriumis tehtavaid protsesse, näitavad, kuidas valitakse pindmaterjale jne. Laboratoorium ei ole hästi organiseeritud õppimisega seotud tegevusteks või suuremate rühmade kohalolekuks. Puudub piisav vaba liikumisruum ja vabad tööpinnad ülesannete või muude tegevuste läbiviimiseks. Ei ole võimalik lasta väikesel rühmal tudengeil vaadata toimuvat termopihustuse protsessi, kuna puudub piisav arv keevitusmaske või kõrvaklappe.

Praegusel ajal ei ole soovitatav lõpetada tellimuste vastuvõtmine, kuna see on teaduskonna tuluallikas ja samal ajal võimaldab laborandil saada teatud kogemusi. Niisuguse töö osakaalu labori töömahus võib vähendada, vabastades aega ja ressursse, mida võib siis kasutada õpetamise-õppimise protsessi või tudengi teadustöö eesmärgil.

Laboris tuleb rohkem luua liikumisruumi. Mõningaid vanu või vähemkasutatavaid seadmeid võib ära viia. Gunt universaalne tõmbemasina võib ka üle viia materjaliõpetuse ja metallograafia laboratooriumisse, kus töökeskkonna tingimused on tegelikult testimise seadmetele sobivamad.

Tuleb ette valmistada metoodilisi juhendeid ja vabastada kohad, kus tudengid võiksid töötada. Tellitud tööga võib tegelda eraldi selleks ettenähtud kohas. Võib palgata teise laborandi, kes vastutaks õpitegevuse arendamise, läbiviimise ja sellega seotu haldamise eest.

Niisugused muutused nõuaksid küll täiendavat investeeringut. Suurem osa vajalikest ressurssidest on juba olemas: laboratoorium ise, selle sisustus ja seadmed ning personali oskused ja teadmised. Järgmine samm on teha see suhteliselt väiksem investeering, mis võimaldab integreerida laborit täielikumalt kooli õppeprotsessi.

KOKKUVÕTE

Lõputöö alguses analüüsi ainukest termopihustamise teemalist teksti, mis on kättesaadav kursusel "Komposiidid, pinded ja tehnoplastid" osalevatele tudengitele. Analüüs näitas, et pedagoogika seisukohast on tekstil palju olulisi puudujääke. Kuna parem termopindamise protsessi teemaline tekst (eesti keeles) ei ole veel tudengitele kättesaadav, tunnis kulutatakse nimetatud teemale nii piiratud aeg, kursuse raames on puudu ülesanded, harjutused, tegevused või muud kursuse elemendid, mis toetavad teema käsitlust, on järeldatud, et on selge vajadus mitte ainult uute tekstiliste õppematerjalide loomiseks, vaid ka täieliku õpetamise-õppimise strateegia koostamiseks.

Analüüs aitas formuleerida, missugused tingimused võib määrata teema käsitluse väljatöötamiseks. Nimelt, et õppejõud peab lähtuma hästi läbimõeldud õppija-kesksest (konstruktivistlikust) õpetamise-õppimise strateegiast, mis põhineb selgesti väljendatud õppe-eesmärkidele, millega on hästi kooskõlastatud kõik elemendid, mis moodustavad teema käsitlust (sh õpiku peatükid ning alapeatükid, kõik teksti elemendid, loengute materjalid, ülesanded, tegevused, jms) ja lõpuks tuleb tihedalt seostada samu elemente hindamisega.

Õpetamise-õppimise strateegia formuleerimisel on järeldatud, et on mõistlik 1) koostada õppe-eesmärke (kooskõlas õppija-keskse lähenemisega), 2) otsustada (õppe-eesmärke meeles pidades), kui palju ja milliseid tekstilisi õppematerjale pakkuda tudengitele, 3) mõelda läbi järjestus, milles võib kõige efektiivsemalt esitada õppematerjale ning ülesandeid ja läbi viia tegevusi, et saavutada püstitatud eesmärke ja lõpuks 4) otsustada, kuidas seostada õppe-eesmärke hindamisega.

Kuna antud kursust pakutakse eraldi rühmadele kolme erineva eriala tudengeile, on järeldatud, et oleks vaja koostada kolm erinevat hulka õppe-eesmärke. Pakutud on loetelu 13 erinevast õppe-eesmärgist, mida võib kasutada nende erineva hulga õppe-eesmärkide koostamiseks.

Seejärel võeti vaatluse alla õppematerjalid. On järeldatud, et paberkandjal õppematerjalid on veel asendamatud, kuid tuleb samal ajal pakkuda elektroonilisi õppematerjale hüpermeedia kujul, mis

võimaldavad pakkuda mitte-lineaarset (õppija poolt juhitud) ligipääsu kõigile õppematerjali elementidele, tehes õppematerjale interaktiivsemaks ja isiklikustades mõningal määral õppeprotsessi.

Järgmiseks tutvustati hüpermeedial põhinevat termopihustamise protsesside teemalist õpiobjekti, mis on disainitud ja loodud võttes arvesse kõiki esiletoodud pedagoogilisi kaalutlusi. Kirjeldati õpiobjekti peamisi elemente ja näidati ekraanipilti, et anda ettekujutus õpiobjekti väljanägemisest.

Siis pakuti hulka ülesandeid ja õpitegevusi, mis hõlmavad ka laboratoorseid tegevusi, neid seostati õppe-eesmärkidega ja tehti märkusi toetavate õppe-materjalide kohta.

Lõputöö viimases osas kaalutleti laboratooriumi kohta õppeprotsessis. Kirjeldati laboris olemasolevaid ressursse ja toimuvaid töid. Näidati diagrammi, mis kaardistab kõiki laboris läbiviidavaid pindamise protsesse. On järeldatud, et laboratooriumi võimaluste põhjalikumaks ära kasutamiseks on vaja rõhutada, et termopihustus on vaid üks alternatiiv mitmete seas, ja lasta tudengitel valida parimat meetodit kõikide meetodite seast antud nõuete rahuldamiseks. On ka järeldatud, et laboris toimuvaid töid tuleb ümber korraldada nii, et labor võiks pakkuda paremaid võimalusi õpetamise-õppimise tegevuste läbiviimiseks või tudengitel teadustööga tegelemiseks.

Ideaalselt võiks töö väljundid mitte ainult aidata teha kursuse käsitlust efektiivsemaks, vaid osutada mudeliks või vähemalt ergutuseks teistesse õppekavadesse kuuluvate inseneriala teemade käsitluste uuendamisel ja antud viisil aidata muuta õppimise-õpetamise protsessi koolis efektiivsemaks.

SUMMARY

This work began with an analysis of the only text on the topic of thermal spray coatings available to students in the course "Composites, Coatings, and Engineering Plastics". The analysis revealed many significant shortcomings in the text from a pedagogical point of view. Given the lack of availability to students of a better text on thermal spray processes, the very limited amount of course time given to the topic, the absence of assignments, tasks, activities or other course elements in support of the topic, it was concluded that there is a distinct need not only to produce new text-based study materials but also to formulate a complete overall teaching strategy.

The analysis also brought out a number of conditions that could be placed on the development of any new treatment of the topic, namely that the instructor should, above all, devise a well-structured teaching strategy with clearly stated learning objectives, that the strategy should be learner-centered (constructivist), that all elements that make up the treatment of the topic (textual material, lecture material, assignments, class activities, etc.) should be aligned as closely as possible to the same learning objectives, and finally that the learning objectives should be tied as directly as possible to assessment.

In the formulation of the teaching/learning strategy, it was concluded that it was advisable then to proceed by 1) formulating learning objectives; 2) deciding how much and what kind of textual material to provide; 3) determining the sequence in which the information would be presented and what kinds of assignments, tasks, and activities could be used in combination to meet the stated learning objectives; and 4) deciding how to tie learning objectives to assessment.

Given that the course is taught separately to groups from three different study programs, it was concluded that it would be necessary to derive three different sets of learning objectives. A list of 13 different learning objectives was then proposed from which any one of these 3 sets could be compiled.

Learning resources were then considered. It was concluded that paper-based materials were indispensable but that some electronic resources should also be provided. It was also concluded that electronic materials should be in the form of hypermedia, which provides non-linear access to information in the form of text and other media, facilitating interactiveness and a personalization of the learning process.

A hypermedia learning object on the topic of thermal spray processes, designed and created with all the above considerations in mind, was then introduced. Its main features were described and screenshots were provided to give a sense of how it actually looks.

Next, a number of tasks and activities, including laboratory-based activities, were proposed, they were tied to both learning objectives and assessment, and notes were provided on the kind of learning resources that could be used.

The last part of the work considered the place of the laboratory in the instructional process. The laboratory's existing resources and the work currently taking place there were described. A diagram mapping all the coating processes currently being carried out in the laboratory was presented. It was concluded that taking full advantage of the laboratory would mean emphasizing thermal spray as one alternative among many coating processes and engaging students in the process of selecting the best option in a given case. It was also concluded that the work of the lab should be reorganized to accommodate teaching and/or student research activities.

Ideally, the results of this work should not only help make the teaching of the topic of thermal spray processes more effective but also serve as as a model or at least an inspiration for the revision of the treatment of other engineering topics that are part of the curricula and in this way help make the overall learning/teaching process more effective.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. ASM International. Materials: Practical Learning Series for Thermal Spray (book description). [WWW]
<http://asmcommunity.asminternational.org/portal/site/www/AsmStore/ProductDetails/?vgnextoid=b84341d97d0f8110VgnVCM100000701e010aRCRD> (15.05.2009)
2. Bierman, P. Reconsidering the Textbook: Workshop Summary. [WWW]
<http://serc.carleton.edu/files/textbook/summary.pdf> (15.05.2009)
3. Cervera, M. G., Ibáñez, J. S., Chan, M. E., Guàrdia, L. 2007. Conceptualisation of multimedia materials. Open University of Catalonia.
4. Constructivism (learning theory). Wikipedia, The Free Encyclopedia. [WWW]
[http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Constructivism_\(learning_theory\)&oldid=284524112](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Constructivism_(learning_theory)&oldid=284524112) (15.05.2009)
5. Couch, C. and Mazur, E. 2001. Peer Instruction: Ten years of experience and results. American Association of Physics Teachers. [WWW]
http://web.mit.edu/jbelcher/www/TEALref/Crouch_Mazur.pdf (15.05.2009)
6. Darmofal, D, Soderholm, D., Brodeur, D. Using Concept Maps and Concept Questions to Enhance Conceptual Understanding. ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, November 6-9, 2002. [WWW]
www.cdio.org/papers/concept_maps_fie.pdf (15.05.2009)
7. Gurung, R. 2003. Pedagogical Aids and Student Performance – Teaching of Psychology, Vol 30, No 2, pp 92-95.

8. Inquiry-based learning. Wikipedia, The Free Encyclopedia. [WWW]
http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Inquiry-based_learning&oldid=285440343
(15.05.2009)
9. Kizlik, B. How to Write Learning Objectives that Meet Demanding Behavioral Criteria. ADPRIMA. [WWW]
<http://www.adprima.com/objectives.htm> (15.05.2009)
10. Kruse, K. How to Write Great Learning Objectives. e-LearningGuru. [WWW]
http://www.e-learningguru.com/articles/art3_4.htm (15.05.2009)
11. Kulu, P., 1989. Pulberpinded. Valgus, Tallinn 1989.
12. Kulu, P., Kübarsepp, J., Laansoo, A., Pirso, J., Valdma, L. 2001. Metallioõpetus ja metallide tehnoloogia 2, II Metallide tehnoloogia. Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn.
13. László, Kojanitz. 2006. Learning-centered quality assessment. Institute of Textbook and Learning Materials Research. [WWW]
www.commitment.hu/download.php?ctag=download&docID=379 (15.05.2009)
14. Lindoja, M. 2003. Multimeediat luues keskenduge eesmärgile. Äripäev. [WWW]
http://www.aripaev.ee/2532/new_eri_artiklid_253210.html (15.05.2009)
15. Nakos, G., Deis, M. Student Perceptions of Digital textbooks: An Exploratory Study. [WWW]
<http://www.westga.edu/~bquest/2003/digital.htm>. (15.05.2009)
16. Pata, K., Laanpere, M. 2009. Tiigriõpe: Haridustehnoloogia Käsiraamat. Tiigrihüpe.
17. Pawlowski, Lech. 2008. The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings. 2nd ed., Wiley & Sons, England.
18. Pedaste, M., Sarapuu, T., Mäeots, M.. Uurimuslik õpe IKT abil. Wikipedia. [WWW]
http://www.htk.tlu.ee/tiigriope/index.php?title=Uurimuslik_%C3%B5pe_IKT_abil&redirect=no
(15.05.2009)
19. Problem-based Learning with Multimedia. San Mateo Office of Education. [WWW]
<http://pblmm.k12.ca.us/PBLGuide/WhyPBL.html> (15.05.2009)

20. Quittner, J. 2009. Will Amazon's Kindle Rescue Newspapers? Time Magazine. [WWW]
<http://www.time.com/time/business/article/0,8599,1895737,00.html> (15.05.2009)
21. Redish, E. Peer Instruction Problems: Introduction to the Method. The Physics Suite. [WWW]
<http://www.physics.umd.edu/perg/role/PIProbs/> (15.05.2009)
22. Sheppard, S., Demsetz, L., Hayton, J. 1999. Engineering Practice and Textbook Design. Session 13b7, 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. [WWW]
<http://fie-conference.org/fie99/papers/1214.pdf> (15.05.2009)
23. Srinivas, Hari. Knowledge Management. The Global Development Research Center. [WWW]
<http://www.gdrc.org/kmgmt/c-learn/index.html> (15.05.2009)
24. Textbook design and structure. Anonymous. [WWW]
http://media.wiley.com/assets/408/79/Ed_Textbook_structure.pdf (15.05.2009)
25. Valk, A., Marandi, T., Pilt, L., Willems, A., Ruul, K. 2006. Kuidas toetada sügavat õppimist ülikoolis? Lõpparuanne. Tartu Ülikooli Avatud Ülikooli Keskus. [WWW]
www.ut.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=221382/sugav_oppimine.pdf (15.05.2009)
26. van de Berg, F. 1998. Termopihustusprotsess – termopihustusprotsessi ülevaade. Stork Cellramic. [WWW]
<http://otter-ag.ee/files/Microsoft%20Word%20-%20Thermal%20Spray%20Processes.pdf>
(15.05.2009)
27. Weiten, W., Guadagno, R., Beck, C. 1996. Student's Perceptions of Textbook Pedagogical Aids – Teaching of Psychology, Vol 23, No 2.
28. Weiten, W., Deguara, D., Rehmke, E., Sewell, L. 1999. University, Community College, and High School Students' Evaluations of Textbook Pedagogical Aids – Teaching of Psychology, Vol 26, No 1, pp 19-21.