

**Sveučilište u Zagrebu
Metalurški fakultet**

**STRATEŠKI PLAN RAZVOJA METALURŠKOG FAKULTETA
ZA PERIOD OD 2003. DO 2010. GODINE**

Sisak, 2003.

1. Stanje i perspektiva metalurgije u svijetu

Metalurgija u svijetu danas je jedna od najznačajnijih gospodarskih grana. Proizvodnja legura na bazi željeza (posebice čelika) značajna je za svako nacionalno gospodarstvo i ujedno je jedna od najpropulzivnijih proizvodnji ne samo u visokorazvijenim zemljama nego i onima koji se žele priključiti ovom krugu (Južna Koreja, Malezija, Indonezija) ili tzv. "tranzicijskim zemljama". Metali i metalni materijali najznačajniji su materijali današnjice i čine preko 60 % svih upotrebljivih materijala (uz beton). Dominira čelik, koji čini preko 90 % svih metalnih materijala. U svakodnevnoj proizvodnji i uporabi se nalazi preko 2.500 različitih kvaliteta čelik. Također, nezaobilazni su aluminij, bakar, cink, olovo i dr.

Kvantitativni porast proizvodnje metala i metalnih materijala (npr. čelika), u zadnjih nekoliko godina, ako i projekcije (programi) za budućnost, govore o sigurnoj perspektivi metalurške struke, odnosno metalurgije u svijetu. Tako na primjer, ukupna svjetska proizvodnja čelika (za 65 relevantnih država u svijetu) u 2002. godini iznosila je 886,7 mil. Tona, što je za 6,4 % više u usporedbi s proizvodnjom u 2001. godini. Osim što metalni materijali imaju strateško značenje, industrijski metalni kompleksi (uključujući i industrije koje se naslanjaju na <<metalnu>>) zapošljava veliki broj djelatnika i znatno doprinosi ukupnom društvenom bruto proizvodu države. Proizvodnja željeza, čelika, željeznih i neželjeznih legura stoljećima je bila sinonim ne samo gospodarske nego i političke moći. Ni danas situacija nije bitno drugačija. Čak i geografski male države članice EU (Belgija, Danska, Luksemburg) imaju respektabilnu i modernu proizvodnju metalnih materijala (posebice čelika).

Ni jedna zemlja koja je i u najmanjoj mjeri imala razvijenu ovu gospodarsku granu (po bilo kojoj osnovi) nije se odrekla svoje metalurške proizvodnje. U te države može se svrstati i Slovenija koja je bila u istom državnom sustavu kao i Hrvatska, ali nije dopustila devastiranje metalurške proizvodnje. Indikativan je podatak da je u 2002. godini proizvodnja čelika kod nas bila 32.000 tona, a u Sloveniji 15 puta više (481.000 tona).

Iz svega navedenog proizlazi da metalurgija kao struka, interdisciplinarno povezana sa srodnim prirodnim i tehničkim disciplinama (znanostima), u proizvodnji, preradi i uporabi metala i metalnih materijala ima sigurnu perspektivu u svim onim zemljama koje se u svojoj strategiji gospodarskog razvoja oslanjaju i na ovu iznimno značajno gospodarsku granu. Očito je da povijesno značenje i trajanje metalurgije daju prepoznatljive vrijednosti.

2. Stanje i perspektiva metalurgije u Republici Hrvatskoj

Mada je metalurgija na tlu današnje Hrvatske stara preko 6000 godina, poklanjala joj se mala pozornost. Do domovinskog rata u Hrvatskoj proizvodnja (ali i prerada) je bila blizu 450.000 tona čelika godišnje, tj. oko 100 kg po glavi

stanovnika, što je u usporedbi s većinom država izuzetno malo. Hrvatska je imala više tvrtki od kojih su bile prepoznatljive Željezara Sisak, Željezara Split, Valjaonice Kumrovec te posebice Tvornica ferolegura s proizvodnjom oko 90.000 tona godišnje, a nazočna je bila i proizvodnja odljevaka od približno 100.000 tona godišnje.

Nažalost, poslije Domovinskog rata (djelomično je tome uzrok i naslijeđeno stanje) došlo je do velikog smanjenja metalurške proizvodnje, tako da je sadašnja proizvodnja čelika svega oko 35.000 tona godišnje, prerada aluminija je na razini približno 35.000 tona godišnje, a proizvodnja odljevaka je na razini 56.000 tona godišnje. To je ujedno dovelo do zatvaranja više metalurških tvrtki, a problematična je opstojnost i dosadašnjih kao što je Željezara Sisak, Željezara Split, TLM Šibenik.

Većina metalurških proizvoda proizvodi se u nas, kao i u svijetu, različitim postupcima plastične preradbe. Premda su i u svijetu još uvijek u uporabi stariji provjereni postupci plastične deformacije, prisutne su i velike promjene glede slijedećih zahtjeva:

- poboljšanje kvalitete proizvoda
- smanjivanje proizvodnih troškova
- povećanje proizvodnosti uz povećanje kapaciteta, izvatka i raspoloživosti postrojenja
- veća fleksibilnost obzirom na proizvodni program

Za razvitak postupaka plastične preradbe nazočni su putokazi:

- ujednačavanje i/ili povećanje presjeka uloška
- primjenjivanje uzdužnih vlačnih naprezanja
- poboljšavanje mjerno-regulacijske tehnike
- primjereno vođenje temperature zagrijavanja i selektivni utjecaj na temperaturno polje za vrijeme i poslije oblikovanja
- povezivanje više stupnjeva postupaka uz znatno sniženje utroška energije.

Ovo predstavlja duboku promjenu u proizvodnom procesu, tj. izravno povezivanje ljevačkog i toplovaljačkog procesa. To su npr.: postupci Properzi Hazaletl DIP-Forming (kod obojenih kovina i slitina). Kod čelika to su postupci CSP tehnologije (Compact Strip Production), ISP tehnologije (Inline Strip Production), CPR tehnologije (Casting, Pressing, Rolling).

Moguće je već izravno valjanje trake debljine 0.8 mm.

Nažalost, u plastičnoj deformaciji kovina i slitina u Hrvatskoj, glede daljnjeg razvitka postupaka, neće se moći u potpunosti pratiti trendove u svijetu. Možebitno će se samo neki postojeći postupci modernizirati. To je npr.: slučaj u Željezari Split gdje je već predmnijevana rekonstrukcija izvedena (modernizirana je proizvodnja čelika i rekonstruirana konti-valjaonica) s mogućom proizvodnjom preko 120.000 tona godišnje betonskog čelika. Situacija je trenutno u Željezari Split otežana i glavna nakana je privatizacija. Željezara Sisak je već jednom bila privatizirana, ugovor je raskinut i od nedavno je ušao novi strateški partner iz Rusije. Možebitno je za očekivati ulaganja u rekonstrukciji postojećih postrojenja za proizvodnju i preradu čelika. TLM-

Šibenik je u preradi aluminijske valjačke postrojenja, tj. ugrađen je moderniji predvaljački stan za valjanje traka. Valjaonice šavnih cijevi u Podpićanu radi punim kapacitetom 12. 000 tona godišnje i to vrlo uspješno.

3. Analiza postojećeg stanja Metalurškog fakulteta

Metalurški fakultet Sveučilišta u Zagrebu je s obzirom na metaluršku struku jedina visokoškolska institucija u Republici Hrvatskoj koja preko 40 godina (prvo kao Metalurški odjel u okviru Tehnološkog fakulteta u Zagrebu, a kasnije kao samostalna znanstveno-nastavna organizacija Sveučilišta u Zagrebu) provodi znanstveno-nastavnu djelatnost u području tehničkih znanosti-polje metalurgija) te znanstvenoistraživačku djelatnost u polju metalurgije i kemijskog inženjerstva.

U preko 40 godina visokoškolske nastave Metalurškog fakulteta i različitim vidovima organizacijske postojanosti Metalurškog fakulteta i različitim vidovima organiziranih studija (viših, visokih i magistarskih studija) te obranjenih i stečenih doktorata znanosti, "proizveden" je visokostručni kadar koji je danas temeljnicom onog što je ostalo u gospodarskom smislu u sferi proizvodnje i prerade metala u Hrvatskoj. Naravno, puno je i onih koji su otišli diljem svijeta. Dakle, tijekom proteklog vremena, upravo kadrovi ovog fakulteta, bili su među najistaknutijim stručnjacima metalurgije bivše države.

Istraživanja su primarno usmjerena na području proizvodnje i prerade različitih metalnih i nemetalnih materijala, te energetike, za potrebu poglavito metalurške, metaloprerađivačke i naftne industrije. Pored nastavne djelatnosti Metalurški fakultet se uključivao i u rješavanje konkretnih tehničko-tehnoloških problema metalurških i metaloprerađivačkih gospodarskih subjekata (željezara, ljevaonica, valjaonica i sl.). Dio znanstveno-stručnog potencijala Metalurškog fakulteta i danas aktivno sudjeluje u rješavanju važnih praktičnih problema postojećih metalurških tvrtki te općenito nose i promišljaju opstojnost metalurgije kao značajne gospodarske grane u sferi proizvodnje i prerade metala, recikliranja metalurških materijala, zaštite okoliša itd.

Na Metalurškom fakultetu je zaposleno 43 djelatnika. Od tog broja u nastavni proces uključeno je : 21 nastavnik, 7 znanstvenih novaka, 4 tehničara i 3 vanjska suradnika. Kao službeničko i pomoćno osoblje radi 11 djelatnika.

Novi nastavni planovi i programi dodiplomskog studija metalurgije i poslijediplomskog znanstvenog studija metalurgije, usvojeni 2000., odnosno 2001. godine, prilagođeni su ECTS sustavu i usporedivi s planovima i programima sličnih fakulteta u Austriji, Njemačkoj, Sloveniji i dr.

Broj studenata koji studiraju na Metalurškom fakultetu po navedenim programima je oko sto studenata na dodiplomskom studiju i oko petnaestak studenata na poslijediplomskom studiju.

Ma Metalurškom fakultetu istraživanja se provode u okviru 5 znanstvenoistraživačkih projekata koje financira Ministarstvo znanosti i

tehnologije te 3 tehnologijska projekta koje financira Ministarstvo znanosti i tehnologije i zainteresirani proizvodni subjekti.

4. Perspektive razvoja Metalurškog fakulteta

Plan strateškog razvoja Metalurškog fakulteta mora se temeljiti na gospodarskom potencijalu, tradiciji i perspektivi metalurške djelatnosti u Hrvatskoj. Međutim Hrvatska je jedna od rijetkih zemalja koja nema utvrđenu strategiju gospodarskog razvoja. To znači da ni jedna gospodarska djelatnost u našoj zemlji, danas nema, jače uporište u promišljanju svoje opstojnosti i potrebitosti. Povezani, ni obrazovanje kadrova za ove struke nema svoje sigurno uporište u projekciji i predviđanjima za budućnost.

Današnji Metalurški fakultet je, ipak, usprkos nedaćama, ratnim vremenima, devastaciji gospodarskih subjekata unutar struke uspio sačuvati znanstveno-nastavni ljudski potencijal, modernizirati dodiplomski i poslijediplomski studij inovirati dio znanstvenoistraživačke opreme, prijemom sedam znanstvenih novaka pomladiti prosjek životne dobi postojećeg nastavnog kadra. U zadnjih 5 godina iz bivšeg Instituta za metalurgiju Željezare Sisak dobivena je i u funkciju stavljena slijedeća oprema: dvije komorne peći za toplinsku obradu, uređaj za određivanje prokaljivosti Jominy metodom, skenirajući mikroskop (SEM), ultra brzi dilatometar LK-02, visokotemperaturni mikroskop za istraživanje livnih prahova. Uz pomoć Ministarstva znanosti i tehnologije i vlastitim sredstvima kupljeni su uređji za metalografsku pripremu uzoraka za istraživanje mikrostrukture, uređaj za mjerenje mikrotvrdoće, višekanalni uređaj za mjerenje temperature, elektronski analizator dimnih plinova i dr. U Laboratoriju za razvoj i primjenu materijala opremljen je novi praktikum za zavarivanje (kupljeni su uređaji za MIG/MAG, TIG REL, plinsko zavarivanje i rezanje, te meko lemljenje).

Dakle, uz daljnju obnovu i nabavku opreme te prijem još nekolicine znanstvenih novaka i asistenata postoje realne osnove da se Metalurški fakultet u odnosu na konkurentske institucije, u pojedinim segmentima nastavne djelatnosti i znanstveno istraživačkog rada, nametne kao prepoznatljiva i meritorna ustanova, posebice u procesnoj ili ekstrativnoj metalurgiji, tehnologijama oblikovanja metala: plastičnoj deformaciji, lijevanju, zavarivanju kao i toplinskoj obradi, toplotehnici, zaštiti okoliša itd.

U ovom aspektu trebaju su uzeti u obzir i slijedeće činjenice:

1. Neovisno od visine metalurške proizvodnje sve države u svijetu imaju visokoškolski studij metalurgije ili samostalno, ili vezano sa studijem materijala, ili vezano s općenitim studijem tehnologija, ili jednostavno kao odjel (npr. u Sloveniji gdje je sadašnja proizvodnja i prerada čelika 480.000 tona tj. preko 200 kg/stanovniku);
2. U Hrvatskoj je udjel visokoškolskih kadrova ispod 8 % pri dnu smo svjetske ljestvice. Budući da visokoškolski kadrovi mogu dovesti do pozitivnih trendova u razvoju društva i glede niza drugih prednosti, jasno je da Hrvatska

ne smije smanjivati postotak visoko obrazovnog kadra, već obrnuto, treba ga znatno uvećati;

3. Budućnost Metalurškog fakulteta ne bi smjela biti upitna tim prije što je to i jedina takva visokoškolska ustanova u Hrvatskoj.

4. Strateški plan razvoja Metalurškog fakulteta

Strateški plan Metalurškog fakulteta temelji se na slijedećim postavkama:

1. Podizanje razine kvalitativni i kvantitativno stručnih i znanstvenih istraživanja i to ne samo vezanih preko Ministarstva znanosti i tehnologije. Znano je da se većinu istraživanja u hrvatskoj metalurgiji izvodilo u Institutu za metalurgiju Sisak. Simptomatično je da su srodni instituti u bivšoj državi (npr. IMT- Ljubljana, Institut "Kemal Kapetanović" Zenica itd.) opstali, a jedino je propao Institut za metalurgiju u Sisku. Očevidno je da bi Metalurški fakultet mogao dugoročno preuzeti većinu istraživanja za hrvatsku metalurgiju uključujući i zaštitu okoliša, razne vrste ispitivanja itd. Ovo je važno i iz razloga što za ovu vrstu istraživanja postoje značajni međunarodni fondovi koje većina država u tranziciji koristi, a vrata su otvorena i Hrvatskoj. Istina, ovaj zahvat traži kvalitetne dopune kadrova i opreme, ali to je neminovnost, kao dopuna obrazovnom procesu;
2. U hrvatskoj metalurgiji glede raspoloživih sredstava, visine ulaganja, tržišnog okruženja i dr. perspektivno je ljevarstvo. Tim prije što se specijalizirani i obučeni ljevači mogu pojedinačno baviti malim poduzetništvom te otvarati male uslužne ljevaonice i sl. Glede toga treba razmišljati o otvaranju stručnog studija iz ljevarstva uz okupljanje svih prestižnih stručnjaka – ljevača u Hrvatskoj, uz možebitno grupiranje postojeće disperzirane istraživačke opreme;
3. Mada su pokušaji da se na Metalurškom fakultetu dopuni postojeći dodiplomski studiji metalurgije sa studijem materijala propali, trebalo bi ih ponovo aktualizirati. Ovo je važno iz razloga što je slično provedeno u dosta nama bliskih europskih država (npr, Češkoj, Austriji, Sloveniji, BiH itd.);
4. Predviđa se opcija otvaranja dodatnih smjerova za obrazovanje stručnjaka, npr. za zaštitu okoliša, preradbu Al i Al-slitina, itd.

Na osnovi navedenih postavki postavljeni su sljedeći strateški ciljevi Metalurškog fakulteta:

1. Na području istraživanja

- a) povezivanje Metalurškog fakulteta sa srodnim institucijama unutar Republike Hrvatske;
- b) povezivanje Metalurškog fakulteta sa srodnim institucijama u inozemstvu;

- c) povezivanje Metalurškog fakulteta sa gospodarskim subjektima u metalurškoj (željezare, ljevaonice, prerada aluminijske i dr.) i metaloprerađivačkoj proizvodnji, te brodogradnji;
- d) uključivanje u međunarodne projekte i fondove iz kojih bi se kroz odgovarajuće modele suradnje mogla dobiti namjenska sredstva za nabavku dijela nove opreme, osigurati usavršavanje i stipendiranje znanstvenih novaka itd.;
- e) osnivanje razvojnih centara, kao npr. Centra za razvoj ljevarstva, koji bi u suradnji s gospodarstvom mogli potaknuti razvoj i brže usvajanje novih proizvoda, osigurati povećanje kvalitete proizvoda i time povećati konkurentsku sposobnost gospodarstva;
- f) podizanje razine informatičkog znanja i primjena odgovarajućih složenih aplikativnih programskih paketa u tehničkoj struci.

Dinamika postizanja ciljeva koji se odnose na institucionalno povezivanje i uključivanje Metalurškog fakulteta u međunarodne projekte treba započeti već od akad. god. 2003./2004., a završiti do 2005.godine. Pripremne aktivnosti oko osnivanja Centra započeti će odmah, a realizacija i ustrojstvo započeti će nakon stupanja na snagu novog Zakona o visokim učilištima. Završetak aktivnosti planira se do 2006. godine.

2. Na području nastave i edukacije

- a) osuvremeniti postojeće programe u smislu naglaska na teorijske osnove (matematičko modeliranje) i veći broj izbornih predmeta, a istovremeno povećati broj eksperimentalnih vježbi u odnosu na teorijske;
- b) organizirati nove studije, tj. obnoviti nekadašnji plan i program studija Materijali, te organizirati visokoškolski studij Metalurgija i materijali;
- c) organizirati interdisciplinirani studij menadžmenta i upravljanja uporabe, izvoza i uvoza materijala s metalnom osnovom;
- d) osnivati izvanredne dvogodišnje studije iz područja lijevanja metala, industrijske ekologije (zaštite okoliša) ili neke druge;
- e) proširiti knjižnični fond te poboljšati njegov smještaj i dostupnost. Omogućiti uključivanje u međunarodne baze podataka;
- f) organizirati savjetovanja, seminare, "workshop-ove" kao i druge vidove permanentnog obrazovanja iz svih područja djelatnosti Metalurškog fakulteta;
- g) pospješiti međunarodnu sveučilišnu suradnju, (Leoben, Aachen, Alen itd.) uključiti se u međunarodne znanstvene i gospodarske projekte;
- h) inovirati nastavu na poslijediplomskom studiju, predavanja ili dio predavanja održavati na engleskom jeziku, omogućiti doktorski i poslijedoktorski studij na Metalurškom fakultetu stranim znanstvenicima.

Navedeni ciljevi, koji su dijelom i u okviru sadašnjih aktivnosti, maksimalno će biti intenzivirani, npr. izrada plana i programa za otvaranje stručnog dvogodišnjeg studija planira se već za akad. god. 2004./2005.

6. Plan nabavke opreme i kadrova po zavodima

1. ZAVOD ZA PROCESNU METALURGIJU

a) Ulaganja u opremu

Kadrovi i oprema ključni su u realizaciji plana razvoja. Vrlo je važno postojeću opremu dovesti u funkciju i staviti je na raspolaganje svim istraživačima. Veliki dio te opreme trebao bi biti osnova već dugo vremena spominjanog metalurškog praktikuma. Ona bi se tako uklopila u dio studentskih vježbi. To je naročito važno jer svaka ocjena fakulteta polazi od ocjene laboratorija i mogućnosti izvođenja eksperimentalnih vježbi. Ovo kompletiranje opreme i odgovarajućeg pribora trebalo bi ostvariti kroz projekte i materijalna sredstva MZT. S druge strane bez kvalitetne kapitalne opreme nema ni kvalitetnog istraživanja. Pri tome je u okviru zavoda dat naglasak na uređaje za izradu i pripremu uzoraka, kemijska, mehanička, strukturna i korozijska ispitivanja. Za naš zavod posebno je važna oprema za kontrolu taljevine, kao npr. kisikova sonda i sustav za toplinsku analizu taljevine (za Fe-slitine i Al-slitine). Treba planirati nabavku opreme za XRD-ispitivanja jer bi se time zadovoljile potrebe za takvim analizama velikog broja istraživača s Metalurškog fakulteta. Nabaviti odgovarajuće software i osigurati njihovu primjenu u nastavi i istraživanju (CAD/CAM, CATIA, FLOW&SOLID itd.). U nabavci kapitalne opreme razmotriti mogućnost financiranja iz više izvora i zajedničkog istupa više zainteresiranih (srodnih) institucija. Pokušati povući zaostalu opremu iz Željezare Sisak. U tablici 1 prikazan je plan nabavke opreme, a u tablici 2 plan kadrova Zavoda.

Tablica 1. Plan nabavke opreme Zavoda za procesnu metalurgiju

Naziv stavke	Laboratorij za	g. nabave	Cijena, kn.
Indukcijska peć za sintezu uzoraka kapaciteta 25 i 10 kg (dva lonca)	željezo, čelik i ljevarstvo	2004	800.000,00
Laboratorijska mješalica za kalupne mješavine	željezo, čelik i ljevarstvo	2004	240.000,00
DTA-TGA-DSC sustav	željezo, čelik i ljevarstvo	2006	640.000,00
Kisikova sonda	željezo, čelik i ljevarstvo	2005	400.000,00
Optički mikroskop s analizatorom slike	željezo, čelik i ljevarstvo	2003	240.000,00
Elektr. Mikrosonda s EDAX sustavom	željezo, čelik i ljevarstvo	2008	2.400.000,00
Infracrveni spektrometar	kemiju	2003	120.000,00
Peć za žarenje uzoraka do 1500°C	kemiju		
Uređaj za elektrokemijska ispitivanja	kemiju	2004	400.000,00
Uređaj za određivanje vodika u metalima	Kemiju		
AAS	kemiju	2005	160.000,00
Spektrometar apsorpcije UV i vidlj.	separaciju i hidrometalurgiju	2006	120.000,00

b) Plan kadrova

Tablica 2. Plan kadrova Zavoda za procesnu metalurgiju

Naziv zanimanja (trenutno stanje)	Laboratorij za	AK. godina	Svrha
Asistent	željezo, čelik i ljevarstvo	2003./04.	Novo radno mjesto
Docent ili više	kemiju	2007./08.	Zamjena zbog odlaska u mirovinu
Znanstveni novak	kemiju	2005./06.	Zamjena
Docent ili više	željezo, čelik i ljevarstvo	2007./08.	Zamjena zbog odlaska u mirovinu
Docent ili više	željezo, čelik i ljevarstvo	2003./04.	Zamjena zbog odlaska u mirovinu
Docent ili više	separaciju i hidrometalurgiju	2005./06.	Zamjena zbog odlaska u mirovinu
Docent ili više	separaciju i hidrometalurgiju	2010./11.	Zamjena zbog odlaska u mirovinu

2. ZAVOD ZA MEHANIČKU METALURGIJU

Laboratorij za obradbu kovina deformiranjem

a) Plan razvoja djelatnosti

Znanstvena i stručna istraživanja u oblasti teorije plastične preradbe odvijaju se u nekoliko osnovnih putokaza:

- sve šira primjena fizičkog modeliranja,
- matematičko modeliranje i matematički modeli kompleksnog programiranja tj. Da se pomoću računala dobiju potrebni pokazatelji,
- simulacijske metode istraživanja.

Zapravo, radi se o interakciji istraživačkih sustava gdje su međusobno povezani materijal, proces, primjena s računarskim i fizikalnim simuliranjem uz fizikalno modeliranje. Sva si istraživanja na više razina: globalna, lokalna i mikroanaliza.

Za Laboratorij za obradbu kovina deformiranjem Metalurškog fakulteta pretpostavljeni razvoj metalurške proizvodnje, naveden u toč. 3, omogućio bi proširenje znanstvenih i stručnih istraživanja. Istraživanja se za sada provode u okviru projekta "Svojstva i obradba deformiranjem legiranih čelika", a odnose se na Željezaru Sisak i Željezaru Split.

b) Plan nabave opreme

Plan investicijskog ulaganja bi se odvijao po navedenom redosljedu nabavke opreme i prvenstveno ovisio o mogućnostima i prilivu sredstava s prioritetom modernizacije postojeće opreme:

1. Oprema za pripremu uzoraka;

2. Moderniziranje uređaja torzionog plastometra Adahmel-Lhombargy na računalno vođenje i digitalno pohranjivanje rezultata s AC-DC pretvornikom;
3. Moderniziranje postojeće 50kN kidalice za topla ispitivanja, na elektronsku mjernu dozu i elektronski računalno vođenje s digitalnom pohranom podataka i online mjernom tehnikom, koja bi se ujedno koristila i za predmet Ispitivanja materijala;
4. Nabavka programskih paketa za analizu naprezanja plastične prerade i velikih deformacija, npr. Marc, Super Form, AnFis;
5. Nabavka laboratorijskog univerzalnog tvrdomjera za preciznije određivanje makrotvrdoće;
6. Nabavka nove kidalice, elektronski vođene npr. 100kN kidalice za statička i dinamička ispitivanja, koja bi se ujedno rabila i za predmet Ispitivanje materijala;
7. Izradba (odnosno nabavka) laboratorijskog duo-valjačkog stana;
8. Nabavka manje hidrauličke preše do npr. 200MN s elektronskom mjernom dozom i AC-DC pretvornikom za ispitivanje na tlak u kombinaciji s Eriksonom za duboko izvlačenje;
9. Nabavka manje CNC tokarilice kopirke za izradu proba za mehanička, topla i torziona ispitivanja;
10. Za složenija ispitivanja možebitno nabavka univerzalnog stroja za ispitivanje plastičnosti i deformacijskog otpora "GLEEBL" s termokamerom.

Plan dinamike realizacije nabave istraživačke opreme za Zavod za mehaničku metalurgiju naveden je u tablici 3.

Tablica 3 Plan nabavke opreme

Naziv stavke	Laboratorij za	God. nabave	Cijena, kn.
Oprema za pripremu uzoraka	obradbu kovina deformiranjem	2001	100.000,00
Moderniziranje uređaja torzionog plastometra	obradbu kovina deformiranjem	2004	160.000,00
Moderniziranje postojeće 50kN kidalice	obradbu kovina deformiranjem	2006	120.000,00
Programski paket SuperForm	obradbu kovina deformiranjem	2005	12.000,00
Univerzalni tvrdomjer	obradbu kovina deformiranjem	2003	160.000,00
Nova kidalica	obradbu kovina deformiranjem	2007	1.200.000,00
Laboratorijski duo-valjački stan	obradbu kovina deformiranjem	2003	800.000,00
Manja hidraulička preša	obradbu kovina deformiranjem	2008	320.000,00
Manja CNC tokarilica (kopirka)	obradbu kovina deformiranjem	2005	400.000,00
Univerzalni stroj "GLEEBL"	obradbu kovina deformiranjem	2009	6.400.000,00
Laboratorijska peć	toplotehniku i strojarstvo	2003	100.000,00
CFD programski paket FLUENT	toplotehniku i strojarstvo	2004	10.000,00
Programski paket ABAQUS	toplotehniku i strojarstvo	2005	20.000,00
Laserski spektroskopski uređaj	toplotehniku i strojarstvo	2007	250.000,00

Sva ova oprema omogućila bi cjelovita istraživanja za obradbu deformiranjem kovina i slitina. Posebice bi to značilo ravnopravno uključivanje u svjetska istraživanja i suradnju s pojedinim međunarodnim istraživačkim institucijama uz novčanu potporu međunarodnih fondova i institucija.

Budući da se u okviru laboratorija za obradbu kovina deformacijom održava i nastava iz predmeta Ispitivanje materijala, planira se nabava nove ili preuzimanje opreme iz Željezare Sisak: ultrazvučnog uređaja, uređaja za magnetna ispitivanja i opreme za NDT ispitivanja.

c) Plana kadrova

Glede plana kadrova u Laboratoriju za obradbu kovina deformiranjem uzeto je u obzir sljedeće :

- kadrovsko ekipiranje, tj. primanje najmanje 1-2 perspektivna mlada istraživača, koji bi se, uz istraživanje, uključili i u nastavni proces. To mogu biti osim dipl. inž. metalurgije i dipl. inž. strojarstva ili dipl. inž. fizike;
- u Laboratoriju treba predvidjeti i mjesto tehničara laboratorija s vrlo uskom specijalnosti za mehanička ispitivanja, te dobro poznavanje elektronike i računalne tehnike (na ovakvim specijalnim uređajima u svijetu obično rade VSS ili dipl. inž.).

Primanjem 1 (do 2) mlada sposobna istraživača i nabavkom opreme (točke a-h) dugoročno bi Laboratorij za obradbu kovina deformiranjem u potpunosti odgovarao zahtjevima u istraživačkom i obrazovnom procesu.

Plan kadrova zavoda za mehaničku metalurgiju prikazan je u tablici 4.

Tablica 4. Plan kadrova

Naziv zanimanja (trenutno stanje)	Laboratorij za	Ak. godina	Svrha
Asistent	obradbu kovina deformiranjem	2003./04.	Novo radno mjesto
Docent ili više	obradbu kovina deformiranjem	2006./07.	Zamjena zbog odlaska u mirovinu
Znanstveni novak	obradbu kovina deformiranjem	2003./04.	Novo radno mjesto
Asistent	toplotehniku i strojarstvo	2004./05.	Novo radno mjesto
Docent ili više	toplotehniku i strojarstvo	2006./07.	Zamjena zbog odlaska u mirovinu
Docent ili više	toplotehniku i strojarstvo	2008./09.	Zamjena zbog odlaska u mirovinu

d) Plan razvoja nastavne djelatnosti

Plan razvoja nastavne djelatnosti je stalna zadaća obogaćivanja i uvođenja novih nastavnih sadržaja i uvođenja novih praktičnih vježbi u okviru postojećih i novih predmeta. Ovisno o postignućima u hrvatskim tvrtkama za plastičnu deformaciju moguće je postaviti i cjelovitiji nastavni plan i program bilo na dodiplomskom bilo na stručnom studiju, tj. ovisno od njihovih zahtjeva.

Laboratorij za toplotehniku i strojarstvo

a) Plan razvoja djelatnosti

Uzimajući u obzir dosadašnju djelatnost Laboratorija za toplotehniku i strojarstvo, glede održavanja nastave i znanstvenoistraživačke djelatnosti, te sagledavajući postojeće i buduće potrebe gospodarstva Plan razvoja Laboratorija trebao bi se temeljiti na razvoju i primjeni eksperimentalnih istraživanja kao i matematičkog modeliranja procesa izgaranja, strujanja fluida i prijenosa topline u industrijskim pećima.

Važno je napomenuti da je Metalurški fakultet u Sisku jedini tehnički fakultet u Republici Hrvatskoj koji u svom nastavnom programu ima predmet Industrijske peći. Isto tako, u predmetima dodiplomskog studija: Toplotehnika, Mjerenja u metalurgiji, Goriva i kinetika izgaranja, Gospodarenje energijom i Numeričke metode u toplinskoj analizi, kao i u predmetima poslijediplomskog studija: Modeliranje prijenosa topline, Modeliranje procesnih operacija i Metode optimiranja toplinskih procesa se tretira upravo energetska i toplotehnička problematika metalurške proizvodnje.

Izgaranje je najstarija tehnologija koju primjenjuje ljudska vrsta. Današnja civilizacija se dobrim dijelom zasniva na izgaranju fosilnih goriva. Oko 90 % energetske potrebe u prometu, proizvodnji električne energije i zagrijavanju se bazira na izgaranju fosilnih goriva. Razne vrste peći u metalurškoj proizvodnji Republike Hrvatske su uglavnom ložene fosilnim gorivima. Međutim, zalihe fosilnih goriva su ograničene a s druge strane raste potreba i ekološka svijest za očuvanjem okoliša. Zato je danas izuzetno važno osigurati maksimalnu učinkovitost procesa izgaranja i prijenosa topline u industrijskoj primjeni kako bi se smanjila potrošnja goriva, odnosno emisija produkata izgaranja u atmosferu. Poznato je da se učinkovitost procesa izgaranja i prijenosa topline može poboljšati npr.: promjenom veličine obujma i oblika komore izgaranja kao i konstrukcije i konfiguracije plamenika. Pronalaženje optimalnih rješenja može se postići istraživanjima na konkretnim postrojenjima ili prototipovima. I jedno i drugo je skupo i dugotrajno. Iz tog razloga, u sadašnje vrijeme je vrlo česta i efikasna primjena metoda matematičkog modeliranja podržana eksperimentalnim istraživanjima. Matematičko modeliranje zasniva se na primjeni računala i vlastitih ili komercijalnih programskih paketa, a eksperimentalna istraživanja na primjeni suvremenih mjernih uređaja i instrumenata. Tako na primjer, istraživanja na području procesa izgaranja uglavnom su se temeljila na zakonitostima mehanike fluida, pri tom uzimajući u obzir ukupnu toplinu koja se oslobađa kemijskom reakcijom, i na termodinamičkim razmatranjima koja su se temeljila na pretpostavci o beskonačno velikoj brzini kemijskih reakcija. Takav pristup je donekle zadovoljavao u slučaju projektiranja stacioniranih procesa izgaranja, ali nikako ne u istraživanju stvaranja štetnih tvari koje potječu iz procesa izgaranja fosilnih goriva su danas, a biti će i u buduće jedan od glavnih svjetskih problema.

Matematičko modeliranje je teorijska ili numerička simulacija međusobno povezanih procesa izgaranja, strujanja fluida i prijenosa topline kojom se karakterizira toplinsko ponašanje promatranog postrojenja, agregata ili uređaja. Ciljevi istraživanja koji se pri tom postavljaju obično se odnose na određivanje:

- potrošnje energenata i učinkovitost procesa;
- površinskih temperatura i toplinskih tokova na metalu i vatrostalnom zidu;
- sastava i temperature produkata izgaranja.

Matematički modeli obično se temelje na zonalnoj metodi, kojom se zapravo provodi analiza prijenosa topline zračenjem, ili CFD modelima (the computational fluid dynamic models). Zonalnom metodom ne uzimaju se u obzir strujanje fluida, miješanje i kemijska kinetika pri izgaranja goriva. Metoda služi za proračune prijenosa topline, za određivanje oblika i dimenzija procesnog prostora, promatranja utjecaja promjene goriva, temperature predgrijanja zraka za izgaranja goriva i sl. CFD modeli se baziraju simultanom rješavanju Navier-Stokesovih jednadžbi održanja količine gibanja i jednadžbi održavanja mase u svakom od relevantnih smjerova postavljenog koordinatnog sustava. Zavisno od vrste CFD modela također mogu biti uključene jednadžbe kojima se uzima u obzir kinetika kemijskih reakcija, turbulencija strujanja, prijenos topline i dr. Takvi modeli služe za simulaciju strujanja u komorama izgaranja, određivanja distribucije toplinskih tokova, simulaciju plamena, konstruiranje plamenika i dr.

Eksperimentalna istraživanja odnose se na određivanje brzine, temperature, tlaka i gustoće produkata izgaranja te koncentracije pojedinog sudionika u mješavini plinova. U upotrebi su brojne intruzivne i neintruzivne metode. Međutim, značajan progres na području izučavanja procesa izgaranja učinile su neintruzivne laserske spektroskopske metode za:

- mjerenje brzine -LDA (laser-Doppler-anemometry);
- mjerenje gustoće -laser Rayleigh scattering;
- mjerenje koncentracije -CARS Spectroscopy (coherent anti-Stokes Raman spectroscopy) ili LIF (Laser Induced Fluorescence);
- mjerenje temperature -CARS Spectroscopy ili Laser Induced Fluorescence.

Isto tako, jedna od osnovnih istraživačkih djelatnosti Laboratorija je određivanje optimalne brzine zagrijavanja metalnog uloška u peći. Do sada su se primjenjivale inženjerske metode proračuna, a namjera je razvijati i primjenjivati suvremene numeričke metode koje se poglavito baziraju na metode konačnih elementa. Iz tog razloga bilo bi nužno nabaviti komercijalni programski paket, npr ABAQUS. Međutim, namjera je razvijati i eksperimentalne metode istraživanja optimalne brzine zagrijavanja čelika raznih kvaliteta s obzirom na toplinska naprezanja, stvaranje ogorka na površini i

odugljičenje čelika. Za stvaranje ogorka simulirala bi se plinska atmosfera u peći sa željeznim plinskim komponentama. U Laboratoriju postoji mogućnost analize plinske atmosfere kao i mijenjanja temperature po presjeku uzorka, a bilo bi nužno nabaviti adekvatnu peć.

Ova istraživanja bi se mogla primijeniti u industrijskim uvjetima, gdje bi se optimalnom brzinom zagrijavanja uložka u peći postizalo smanjenje potrošnje energije, minimaliziralo stvaranje ogorka i smanjuje broj potrebnih zastoja rada peći zbog uklanjanja naslaga ogorka na podu i zidovima peći. To bi omogućilo ekonomičniju proizvodnju.

b) Plan nabave

Za realizaciju planiranih istraživanja potrebna je sljedeća oprema:

- a) Laboratorijska peć s mogućnošću regulacije plinske atmosfere
- b) CFD programski paket FLUENT
- c) Programski paket ABAQUS
- d) Laserski spektroskopski uređaj

Plan realizacije nabave pojedinih stavki s približnom cijenom koštanja prikazan je u tablici 3.

c) Plan kadrova

Plan kadrova Laboratorij za toplotehniku i strojarstvo dat je u tablici 4.

d) Plan razvoja nastavne djelatnosti

Istovremeno s uvođenjem novih metoda matematičkog modeliranja i eksperimentalnih metoda istraživanja planira se u periodu od dvije godine obogaćivanjem nastavnih sadržaja i uvođenje novih praktičnih vježbi u okviru postojećih predmeta. Nakon toga perioda, kod izrade novog nastavnog plana, planira se i uvođenje novih predmeta koji će detaljnije tretirati gore navedenu problematiku.

3. ZAVOD ZA FIZIČKU METALURGIJU

a) Plan razvoja djelatnosti Zavoda

Fizikalna metalurgija je grana metalurgije koja se bavi utvrđivanjem fizikalnih i kemijskih zakonitosti ponašanja metalnih i nemetalnih materijala za vrijeme njihove obrade, preradbe, ispitivanja i uporabe. Ona se temelji na reakcijama među fazama čvrsto/čvrsto, čvrsto/kapljevito i čvrsto/plinovito, uključujući i difuzijske procese. Svojstva metalnih materijala ovise o prirodi osnovnog metala, sastavu materijala, mikrostrukтури, deformacijskom očvršćivanju, teksturi itd. Kombinacijom osnovnih metala i legirajućih elemenata, postupaka preradbe i toplinske obrade, spajanja i razdvajanja, sintezom materijala i inženjerstvom površina može se utjecati na vrijednosti mehaničkih, kemijskih i fizikalnih svojstava finalnih proizvoda za odgovarajuće uvjete uporabe.

Strateški ciljevi istraživanja u okviru djelatnosti Zavoda su:

- a) istraživanje strukture i mikrostrukture metalnih (npr. određivanje kristalne strukture intermetalnih spojeva, izradba slitina za implantaciju itd.) i nemetalnih materijala;
- b) istraživanje ponašanja metalnih materijala pri različitim tehnikama spajanja i razdvajanja;
- c) istraživanja na području toplinske obradbe ne samo materijala na bazi željeza nego i obojenih metala i njihovih legura;
- d) pored istraživanja na konvencionalnim materijalima (čelik, lijevana željeza) treba posebnu pozornost usmjeriti na istraživanja koja su u svijetu u zadnje vrijeme intenzivna; to su prvenstveno istraživanja aluminijska i Al-legura (TLM Šibenik), a posebice magnezij i Mg-legura;
- e) primjena matematičkog modeliranja u cilju konkretnog rješavanja metalurških problema (npr. analiza brzina i stupnja hlađenja materijala različitih dimenzija i sl.)

Navedeni ciljevi istraživanja dijelom su i u okviru sadašnjih aktivnosti, ali ih treba maksimalno intenzivirati, posebice aluminijska, magnezij i njihovih legura, najdulje za 1-2 godine. Zavod za fizičku metalurgiju ima dio opreme, kadrovski potencijal s usvojenim znanjima i stečenim iskustvom za rad na rješavanju konkretnih zadataka iz područja fizikalne metalurgije. Stupanj razvijenosti u neposrednom okruženju pruža mogućnost za preuzimanje jednu od vodećih uloga u regiji na ovom području. Za podizanje razine nastavne i znanstvenoistraživačke djelatnosti, veći stupanj uključivanja u istraživačke međunarodne projekte te nepovoljne dobne strukture znanstvenoistraživačkog kadra nužno je osigurati sljedeću opremu (tablica 5) i planirati kadrove (tablica 6).

b) Investicijska ulaganja u uređenje prostora u okviru Zavoda

a) obnavljanje Laboratorija za fiziku i strukturalna ispitivanja (bojanje prostorija, popravak radnih stolova, roleta na prozorima, osposobljavanje i postavljanje dva neophodna klima uređaja u prostoriji gdje je smješten SEM);

b) u Laboratoriju za razvoj i primjenu materijala (prostorija br. 33-Toplinska obrada) sanirati središnju nosivu gredu na strop. Prostoriju br. 33 urediti u skladu s planom koji je Komisija za uređenje prostora u pisanom obliku dostavila dekanu još početkom 2002. godine. Napraviti ograđeni i zatvoreni prostor na otvorenom (neposredno uz vanjski zid prostorije br. 33) kao skladište za plinske boce koje se koriste tijekom zavarivanja (MIG/MAG, TIG, plinsko) i rezanje (plinsko);

c) u oba laboratorija u okviru Zavoda provjeriti električne instalacije i sklopke i postaviti odgovarajuća uzemljenja;

d) opremiti foto-laboratorij.

Tablica 5. Plan nabave opreme Zavoda za fizičku metalurgiju

Naziv opreme	Naziv Laboratorija	God. nabave	Cijena, kn.
Komorna peć za toplinsku obradbu do 1200° C bez zaštitne atmosfere	Laboratorij za razvoj i primjenu materijala	2003.	60.000,00
Komorna peć za toplinsku obradbu do 1200° C sa zaštitnom atmosferom	Laboratorij za razvoj i primjenu materijala	2004.	80.000,00
Cjevasta peć za toplinsku obradbu uzoraka promjera do 40 mm	Laboratorij za razvoj i primjenu materijala	2003.	2.000,00
Oprema za računalno vođenje brzo hladećeg dilatometra Adamel Lhomargy LK 02	Laboratorij za razvoj i primjenu materijala	2004.	30.000,00
Polarizacijski optički mikroskop	Laboratorij za fiziku i strukturna ispitivanja	2004.	250.000,00
Rendgenski difraktometar za polikristalne materijale	Laboratorij za fiziku i strukturna ispitivanja	2004.	1.200.000,00
Laptop	Za oba laboratorija	2003.	10.000,00
Sitni potrošni materijal za pripremu uzoraka iz vatrostalnog materijala (rezne ploče, svrdla itd.)	Laboratorij za razvoj i primjenu materijala	2003.	5.000,00

Tablica 6. Plan kadrova Zavoda za fizičku metalurgiju

Radno mjesto	Naziv Laboratorija	Ak. god.	Svrha (Kolegij)
Docent	Laboratorij za razvoj i primjenu materijala	2003./2004.	Novo radno mjesto (Fizika, Osnove elektrotehnike i automatizacije)
Vanjski suradnik	Laboratorij za razvoj i primjenu materijala	2003./2004.	Ekonomika i menadžerstvo
Docent	Laboratorij za razvoj i primjenu materijala	2006./2007.	Zamjena za odlazak u mirovinu (Materijali u metalurgiji, Sinteriranje i sinter materijali)
Docent	Laboratorij za razvoj i primjenu materijala	2008./2009.	Zamjena za odlazak u mirovinu (Toplinska obrada, Specijalni čelici)
Znanstveni novak ili mlađi asistent	Laboratorij za razvoj i primjenu materijala	2003./2004.	Toplinska obrada, Specijalni čelici, Tehnike spajanja i razdvajanja
Znanstveni novak ili mlađi asistent	Katedra za matematiku i informatiku	2003./2004.	Matematika I, Matematika II
Znanstveni novak ili mlađi asistent	Laboratorij za razvoj i primjenu materijala	2003./2004.	Vatrostalni materijali, Materijali u metalurgiji, Sinteriranje i sinter materijali
Tehničar ili VŠ	Za oba laboratorija	2003./2004.	Novo radno mjesto

Budući da navedena investicijska ulaganja nisu prevelika, završetak navedenih aktivnosti planira se do kraja 2003. godine.

7. Plan kapitalnih ulaganja glede održavanja zgrade i uređenje interijera Metalurškog fakulteta

Prioriteti su vezani za izgradnju krova i uređenje zgrade u smislu:

- izgradnje krova na dvorišnoj zgradi kako bi se saniralo curenje vode kroz postojeći ravni krov (rok dovršenja – do kraja 2004. godine);
- potpunog inoviranja i opremanja (barem dvije predavaonice) u naredne 2 godine, a četiri predavaonice u naredne 4 godine;
- dovršetka Metalurškog fakulteta praktikuma u naredne 2 godine (uz postavljanje laboratorijske i poluindustrijske opreme fundamentalnih kolegija metalurške struke). Planira se osposobiti postojeću opremu te je nadopuniti dijelovima koji nedostaju.

8. Potrebna financijska sredstva i izvori financiranja

Što se tiče plana kadrova ne planiraju se potrebna financijska sredstva, jer:

- otvaranje novih radnih mjesta za asistente planira se na osnovi preraspodjele postojećeg opterećenja nastavnih sati;
- mjesta asistenta popunit će se postojećim znanstvenim novcima kada oni postignu uvjete potrebne za zvanje asistenta;
- na njihova mjesta primit će se novi znanstveni novaci;
- novi docenti (ili više zvanja) zamijenit će postojeći nastavni kadar koji će po sili zakona morati u mirovinu

Izgradnja krovništa na dvorišnoj zgradi planira se završiti u 2004. godini.

Potrebna financijska sredstva, prema predprojektu, za ostvarenje te investicije iznose oko 400.000,00 kuna. Za uređenje dijela interijera Metalurškog fakulteta (dvije predavaonice i jedan kabinet) potrebno je, prema predprojektu, oko 650.000,00 kuna.

Namjera je za oba zahvata zatražiti kredit za kapitalna ulaganja putem Sveučilišta u Zagrebu. Učešće vlastitih sredstava u kreditu od 30 % (približno 315.000,00 kuna) planira se osigurati iz vlastitih prihoda.

Financijska sredstva za nabavu nove opreme za znanstvenoistraživačku djelatnost planiraju se ostvariti kroz:

- ugovaranje novih znanstvenoistraživačkih, tehnologijskih i poduzetničkih projekata;
- iz bilateralnih ugovora s gospodarskim subjektima;
- na osnovu sredstava koja će u tu svrhu biti odobrena od strane Ministarstva znanosti i tehnologije putem Sveučilišta u Zagrebu.

9. Zaključak

Metalurški fakultet je obrazovna, znanstvena i stručna ustanova kojoj je osnovni zadatak obrazovanje diplomiranih inženjera metalurgije. Istodobno se dio diplomiranih inženjera mora osposobiti za profesionalno obavljanje nastavničkih dužnosti odgovarajućim znanstvenim i stručnim razvojem te za istraživačka zvanja. Suvremena kretanja zahtijevaju snažnu međupovezanost s društvenom zajednicom. Uloga fakulteta je da na sve načine podupire stvaranje novih spoznaja i ideja, sudjeluje u svjetskom znanstvenom i tehničkom razvoju te širi tehničke i gospodarske stručne i znanstvene informacije. Sve djelatnosti moraju biti usmjerene na sniženje utroška energije, sirovina, ljudskog rada, prostora i kapitala te minimiranje opterećenja okoliša. Metalurški fakultet mora podupirati sve oblike suradnje u zemlji i inozemstvu koji se odvijaju na visokoj stručnoj i znanstvenoj razini, a i osiguravaju dodatna financijska sredstva. Postavljeni ciljevi upravo zahtijevaju dugoročnu i obostranu korisnu suradnju sa sličnim ustanovama u zemlji i inozemstvu.

Prema tome, osnovna je svrha Metalurškog fakulteta biti visokoškolsko učilište čija je djelatnost, usporedivo sa sličnim učilištima u zemljama sličnog stupnja razvoja, usmjerena razvoju područja djelovanja koja obuhvaća ova ustanova na korist zajednici. Istovremeno, mora biti izvor stručnjaka i znanstvenika te tehničkih, znanstvenih, poslovnih i drugih spoznaja. Postavljeni ciljevi zahtijevaju među ostalim i ostvarivanje potrebne financijske osnove i kadrovske popunjavanja, što je izneseno u ovom Strateškom planu razvoja, a omogućava djelovanje i ostvarivanje postavljenih ciljeva u promatranom periodu.

Povjerenstvo za strategiju
plana razvoja MF-a:
Predsjednik:

Dr. sc. Ladislav Lazić, izv. prof.

Dekan Metalurškog fakulteta:

Prof. dr. sc. Josip Črnko