

Forskningsstrategi

Institutt for Materialteknologi, NTNU

2003 – 2010

Innledning

Institutt for materialteknologi (IMT) ble etablert 1. september 2002 ved Fakultet for naturvitenskap og teknologi (NT), NTNU, ved sammenslåing av tidligere Institutt for materialteknologi og elektrokjemi og seksjon for Uorganisk kjemi ved Institutt for kjemi. Denne omstruktureringen ble primært gjennomført for å samle nærliggende materialforskning til ett institutt. Etableringen av IMT skjedde i kjølvannet av den store endringen i fakultets- og instituttstrukturen som ble gjennomført ved NTNU i 2002. Forskningsstrategien for IMT beskrevet i dette dokumentet gjelder for perioden 2003-2010, og skal revideres i 2005.

IMT har et ansvar for forskningsbasert utdanning og forskning innen grunnleggende og anvendt materialteknologi, prosessmetallurgi, elektrokjemisk prosesseteknologi og energiteknologi samt uorganisk kjemi i et nært samarbeid med norsk industri og næringsliv og offentlige etater. Fagområdet omfatter fremstilling og bearbeiding av metaller, keramisk materialvitenskap, resirkulering av materialer, karakterisering av materialenes struktur, kjemiske og fysiske egenskaper, sammenhengen mellom materialenes struktur og egenskaper, korrosjon og korrosjonsbeskyttelse, metoder til overflatemodifisering, utvikling av nye prosesser for energiomvandling samt funksjonelle materialer.

En høy doktorgradsproduksjon har vært og er en viktig målsetning for forskningen ved IMT. I tillegg har instituttet som mål å ha en stor andel midlertidig vitenskapelig ansatte i post doc- og forskerstillinger. Disse stillingene er viktige både for å opprettholde forskningen på et høyt internasjonalt nivå og for å sikre rekrutteringen til vitenskapelige stillinger ved instituttet. Forskningen ved IMT skal være internasjonalt konkurransedyktig og publiseres i anerkjente internasjonale tidsskrifter samt presenteres ved internasjonale konferanser. Forskningen skal også ha som mål å være utadvent gjennom formidling av viktige vitenskapelige og teknologiske problemstillinger til samfunnet for øvrig.

IMT skal være det ledende instituttet for forskning innen grunnleggende materialvitenskap, industrirettet materialteknologi, prosessmetallurgi, elektrokjemisk energiteknologi, elektrokjemi og funksjonelle materialer i Norge. IMT tar også sikte på å være på toppnivå blant tilsvarende internasjonale utdannings- og forskningsinstitusjoner. Dette vil instituttet oppnå ved å fokusere på de fagområdene der vi har de beste forutsetningene for å hevde oss nasjonalt og internasjonalt, og bidra til en videreutvikling og styrking av disse i forpliktende samarbeid med myndigheter, forskningsråd, industri og andre partnere, nasjonale som internasjonale. Instituttet skal være dynamisk og raskt kunne omstille seg til å ta opp nye problemstillinger. I nær framtid representerer funksjonelle materialer og nanoteknologi samt elektrokjemisk energiteknologi områder for vekst ved IMT. Internasjonalt har IMT ambisjoner om å være en aktiv partner i EUs 6. rammeprogram samt å utvide samarbeidet med utenlandske universiteter gjennom studentutveksling og gjesteforelesere.

Instituttet er det mest sentrale instituttet innen det tematiske satsingsområdet Materialer ved NTNU. Instituttet representerer hovedtyngden innen fokusområdet lettmetaller og er ett av de mest sentrale instituttene innen fokusområdet funksjonelle materialer. Videre har IMT ambisjoner om å være ett av de sentrale instituttene for etablering av nanoteknologi i norske universitets- og forskningsmiljø.

Innen de fleste av IMTs forskningsområder er SINTEF en viktig samarbeidspartner, og IMT og SINTEFs avdeling for elektrokjemi og keramer er blitt utpekt som et av tre kunnskapssentre ved NTNU/SINTEF.

Instituttets hovedsatsningsområder innen forskning er beskrevet nedenfor.

Materialframstilling og resirkulering

Lettmetallframstilling og elektrolyse

Fagmiljøet innen lettmetallframstilling ved IMT er internasjonalt ledende og betjener en viktig norsk industri. Forskningen er hovedsakelig knyttet til primærproduksjon av aluminium, en industri som preges av modernisering og utvidelser. Ved etablering av IMT, er miljøet innen lettmetallframstilling samlet ved samme institutt. En kontinuerlig forskningsaktivitet gjennom flere tiår har gitt miljøet en unik posisjon med hensyn til kompetanse innenfor høytemperatur eksperimentelteknikker og saltsmeltebehandling og har bidratt til å knytte verdifulle kontakter til industri og utenlandske forskningsinstitusjoner. Det er også utviklet eksperimentelle testmetoder og modeller som benyttes i arbeidet, og som bidrar til å optimalisere den industrielle prosessen. Forskningen har foregått i nært samarbeid med SINTEF hvor det benyttes felles laboratoriearealer. Det er ønskelig å fortsette det gode samarbeidet med SINTEF. Instituttet vil imidlertid prioritere fundamentale problemstillinger. Aktuelle forskningstemaer vil i nær framtid knyttes til forurensningers oppførsel, redusert energiforbruk og innføring av inerte materialer. Instituttet deltar også innen forskningsprogrammet Carbomat hvor vi fokuserer på forskning for å oppnå bedre utnyttelse av karbonmaterialer i aluminiumindustrien. Forskning innen magnesiumproduksjon har vært et viktig forskningsfelt. Forskningsaktiviteten innenfor magnesiumframstilling har blitt redusert pga Norsk Hydros nedlegging av primærproduksjonen i Porsgrunn. Det er ønskelig at instituttet opprettholder noe forskning innenfor elektrolytisk magnesium-framstilling for å utnytte kompetanse i miljøet. Både Hydro, via produksjon i Canada, og andre magnesiumprodusenter er interessante samarbeidspartnere. Vandig elektrolyse er også en viktig industri i Norge. Instituttet har godt samarbeid med Falconbridge Nikkelverk og Outokumpu Norzink, og det er ønskelig å styrke denne forskningen. Studier av nye elektrodematerialer for elektrodeprosesser vil prioriteres. Her vil det være aktuelt å samarbeide med miljøet innenfor elektrokjemisk energiteknologi. Pletteringsindustrien i Norge er preget av mange små firma med svært begrensede forskningsbudsjetter, mens det internasjonalt er stor forskningsaktivitet. Instituttet har hatt noe aktivitet innenfor dette området, og vi ønsker å bygge opp kompetanse innenfor fundamentale problemstillinger. Samarbeid med korrosjonsmiljøet og bruk av moderne optiske metoder kombinert med elektrokjemi vil prioriteres.

Karbotermisk framstilling av ferrolegeringer, silisium og keramiske pulver

Forskning knyttet til norsk ferrolegeringsindustri, som koordineres og finansieres av Ferrolegeringsindustriens Forskningsforening (FFF) med støtte fra NFR, er sterkt forankret i det prosessmetallurgiske fagmiljøet ved Institutt for materialteknologi og SINTEF. Dette miljøet, som er et av meget få universitetsmiljø i verden som har ekspertise på elektrometallurgiske prosesser, ønsker industrien å opprettholde. Dette understrekes ved at FFF, for å sikre fornyelse og kontinuitet, har helfinansiert en professorstilling innen feltet for en overgangsperiode på 3 år. Forskningen på området spenner over tema som omfatter høytemperaturprosessers termodynamikk og kinetikk, slagg/metall- og slagg/karbon-reaksjoner, varme- og massetransport, raffinering, elektrisk ovnsteknologi, simulering av industrielle lysbuer og deres egenskaper som varmekilder i Si- og FeSi-prosessene, plasmateknologi og flerfasestrømning. Et stadig viktigere område er prosessmodellering med sikte på å forbedre eksisterende og utvikle helt nye prosesser og produkter som tjener fremtidens materialbehov og tilfredsstiller økte krav til miljøvern, ressursforvaltning og resirkulering. Trenden når det gjelder elektrisk smelting går mot høyere effekt-konsentrasjon og svakere kopling mellom de elektriske karakteristikene og chargematerialenes egenskaper. Forskningen omkring karbon både som elektrodemateriale og reduksjonsmiddel vil fortsatt være et prioritert felt. Eksempler på aktuelle nye produkter er rensilisium til solceller, silisiumbaserte intermetaller og keramiske pulver med basis i karbider og nitrider. Fremstilling av pulver ned mot nanoskala ved plasmateknologi er en aktuelt nytt forskningsområde.

Høytemperatur prosessteknikk

Sammen med SINTEF Materialteknologi har IMT en betydelig kompetanse og utstyrspark egnet for metallurgiske og kjemiske høytemperatur-prosesser basert på termiske plasma og elektriske lysbuer. Framstilling av karbon-nanomaterialer og nano-silika er eksempler på slike prosesser. Miljøet disponerer flere typer plasmabrennere med tilhørende likestrømskilder for generering av ekstremt høye temperaturer og varmeflukser i ulike atmosfærer. I denne forbindelsen kan nevnes de såkalte SINTEF-brennerne med magnetisk rotasjon av lysbuen og brennere for neddykket drift i metallsmelter. Det er mulig å utføre forsøk ved effekter på opptil 400 kW. Numerisk simulering av strømning og varmeoverføring i plasma-reaktorer og av plasma-partikkel vekselvirkning er viktige områder med tanke på utvikling av nye industrielle prosesser.

Raffinering og resirkulering

Kravene til renhet i metaller, legeringer og legerings-tilsetninger blir stadig strengere. Dette gjelder ikke bare løste forurensninger som for eksempel hydrogen i aluminium og stål, men også innholdet av partikler/inneslutninger. Gjenbruk, dvs. resirkulering av metallskrap, gir store energibesparinger, er miljøvennlig og gir reduserte CO₂-utslipp. For norsk aluminium- og magnesiumindustri er det viktig å ha en ledende stilling også når det gjelder resirkulering. En grunn til dette er de strenge kravene til gjenbruk og miljøbelastning på kontinentet. For å kunne gjøre en innsats på dette feltet er det nødvendig med praktisk og teoretisk innsikt i metoder for filtrering, spylegass- og vakuumbehandling. Når det gjelder filtrering, bør en studere muligheten for å øke effektiviteten ved å ha et "klebrig" belegg på filtermaterialet. Spesielt bør en studere filtrering av resirkulert solcelle- og elektronikk-silisium. En må ta i bruk metoder for å raffinere vha delvis størkning - delvis smelting. Det er nødvendig å ha

ekspertise i analysemetoder, som bl.a. gir svar mens prosessen pågår. Metoder for karakterisering og billedanalyse av inneslutninger er viktige, likeså mikroskopi-teknikker for å kunne beskrive overflaten av både det faste og det flytende metallet. Et eksempel på slike overflatestudier er et prosjekt med å erstatte SF₆ som beskyttelsesgass for flytende magnesium. SF₆ gir en oppvarmingseffekt i atmosfæren som er mer enn 20000 ganger høyere enn CO₂. Avbrenning av lakk og organisk materiale før omsmeltingen er et eksempel på et nytt og viktig problemområde.

Keramiske og ildfaste materialer

Sammen med SINTEF har instituttet vært det sentrale akademiske miljøet i Norge innen produksjonen av og egenskapene til ildfaste materialer og tradisjonelle keramiske materialer som porselen osv. Forståelsen av nedbrytningsmekanismene i ildfaste materialer og foringer i metallurgisk industri har vært av spesiell betydning, og denne kompetansen er det ønskelig å ivareta. Framstilling av moderne strukturelle og funksjonelle keramer har blitt et viktig forskningsfelt for instituttet i den senere tid, og keramisk materialvitenskap er med på å danne et viktig grunnlag for at instituttet skal kunne bidra innen den sterkt økende fokuseringen på funksjonelle materialer i Norge. Viktige forskningsområder i tiden framover er framstilling av syntetiske uorganiske pulver ved våtkjemiske metoder, keramiske formingsmetoder samt sintring av keramer. Hovedvekt vil bli lagt på funksjonelle keramer med anvendelser innen energi og prosessindustri.

Videreforedling og materialbruk

Legeringsutvikling

Med bakgrunn i lettmetallindustriens sentrale posisjon i Norge har IMT et ansvar for å opprettholde et høyt internasjonalt nivå når det gjelder lettmetall legeringsutvikling. I tillegg til lettmetaller har instituttet et nasjonalt ansvar for de fysikalsk-metallurgiske forhold knyttet til utvikling av kobber/messing-, stål-, titan- og silisiumlegeringer samt intermetalliske og nye metalliske forbindelser, herunder varmebehandling for å komme fram til mikrostrukturer med spesielle egenskaper. Innen hovedfeltet aluminium kan spesielt nevnes tema som dannelseskinetikk for dispersoider, deres sammensetning og krystallstruktur samt nye dispersoid-formende elementer som Hf, Zr+Sc, Hf+Sc og Hf+Zr+Sc. Tilsvarende undersøkelser bør gjøres på utherdende legeringssystemer. Her er mye ugjort på kimdanning og tidlig vekst, inkludert dannelse av atom- og vakansrike kluster.

Støping, forming og sammenføyning

Støping og størkning er sentrale områder innenfor instituttets forskning hvor man også forvalter et nasjonalt ansvar. Instituttet ønsker sammen med andre institutter ved NTNU og SINTEF å bli det ledende europeiske akademiske miljøet innen lettmetallstøping. Dette vil blant annet skje gjennom økt internasjonalt samarbeid og ny satsning på presstøping. Gjennom etablering av et nytt laboratorium for rettet størkning av solcellesilisium skal instituttet også øke sin kompetanse innen nye avanserte støpeprosesser. Videre ønsker

instituttet å bli verdensledende på utvikling av inokulanter og kornforfinere til den internasjonale jern- og stålindustrien.

Når det gjelder nedstrømsaktiviteter er formbarhet og forming av metaller generelt og lettmetaller spesielt et høyt prioritert forskningsområde. Utvikling av fysikalsk baserte modeller for beskrivelse av mikrostruktur og mikrostrukturutvikling under termomekanisk behandling, spesielt av lettmetaller, er et prioritert felt. Formingslaboratoriet FORMLAB drives som et integrert samarbeid med SINTEF og instituttene IMM og IKTEK ved IVT-fakultetet. Instituttet ser det som avgjørende å videreutvikle aktivitetene innen formbarhet og forming av metalliske materialer på en slik måte at NTNU fremstår som et nasjonalt og internasjonalt tyngdepunkt på dette feltet. Et viktig kommende felt med et betydelig potensiale er utviklingen av lettlegeringer med ultrafine kornstørrelser på submikron- og nanonivå. Nanomaterialer av denne typen har betydelig høyere styrke og duktilitet enn mer konvensjonelt produserte legeringer, de har bedre overflateegenskaper og kan ha superplastiske egenskaper, noe som bidrar til å redusere tid og kostnader under masseproduksjon av for eksempel bildeler. Magnesium-legeringer med ultrafin kornstørrelse har potensiale for lagring av hydrogen.

Et tredje og teknologisk sett viktig område hvor instituttet skal ha spisskompetanse, er sammenføyning av materialer generelt og lettmetaller spesielt. En prioritert forskningsoppgave er utviklingen av nye metoder for sammenføyning av lettmetaller basert på smarte hybridløsninger.

Korrosjon og overflateteknologi

Det er antatt at 2-4% av nasjonalproduktet i industrialiserte land går med til å erstatte og vedlikeholde konstruksjoner og utstyr som er skadet på grunn av korrosjon. Det antas videre at 20-25% av disse kostnadene kunne vært unngått ved riktig valg av materialer og riktig korrosjonsbeskyttelse. Som sikkerhets- og miljø-risiko spiller korrosjon en stor rolle både i kjemisk/metallurgisk prosessindustri og ved oljeproduksjon. Den nødvendige grunnleggende kompetanse for materialvalg og for korrosjonsbeskyttelse skal være et internasjonalt synlig forskningsfelt ved IMT. Videre har Instituttet ansvar for å opprettholde et høyt internasjonalt nivå når det gjelder korrosjon av lettmetaller, samt det eksisterende samarbeidet med industrien ved utvikling av legeringsteknologi, fabrikkasjonsmetoder og overflatebehandling for å motvirke korrosjon.

I internasjonal sammenheng er teknologi for å modifisere overflateegenskaper til metaller, f.eks. å øke korrosjons/erosjonsmotstanden, et stort ekspanderende felt. IMT skal arbeide med fundamentale studier av teknikker for utfelling av metaller og keramer, både fra vandige løsninger og fra saltsmelter. Overflateteknikker for å forbedre lettmetallers egenskaper har stor betydning for den norske lettmetailindustrien. I denne forbindelse skal Instituttet opprettholde kompetansen innen bruk av overflateanalytiske metoder, i tillegg til de elektrokjemiske metodene.

Funksjonelle materialer

Internasjonal materialvitenskap er i dag sterkt preget av forskning på funksjonelle materialer. Funksjonelle materialer har spesielle fysiske eller kjemiske egenskaper som er knyttet til materialenes struktur, og disse karakteristiske egenskapene (elektroniske, magnetiske, optiske, dielektriske, elastiske, ioneledende, katalytiske, biokompatible, mm) danner grunnlaget for ny teknologi. Klassiske eksempler er halvledere og lysledende fibre innen informasjons- og kommunikasjonsteknologi. Nye bearbeidingsmetoder (halvleder mikrofabrikasjon) har åpnet for volumproduksjon av slike komponenter, og i dag er de blitt allemannseie. Funksjonelle materialer er også avgjørende for realisering av ny miljøvennlig prosess-teknologi og ny bærekraftig energi.

Sammen med Universitetet i Oslo, SINTEF og IFE har forskningsmiljøene ved NTNU tatt et initiativ for å få en fokusert satsing på funksjonelle materialer og nanoteknologi (FUNMAT). Instituttet er en av hovedaktørene ved NTNU i FUNMAT-samarbeidet. Planen skisserer en fokusert satsing innen områder hvor norske forskningsmiljøer har spesielle forutsetninger, som tematisk sett er prioritert i Forskningsmeldingen, og hvor potensialet for ny verdiskapning er betydelig. FUNMAT kaller på etablering av en felles infrastruktur for effektiv utnyttelse, systematisk vedlikehold og en planmessig, koordinert fornyelse av avansert utstyr til fremstilling, karakterisering og bearbeiding/ prosessering av funksjonelle materialer.

Som et resultat av FUNMAT-initiativet har NFR nylig startet en betydelig satsning på forskning innen funksjonelle materialer og nanoteknologi, og instituttet har ambisjoner om å være en sentral aktør innen denne satsningen. Sentralt for instituttets forskning er materialer for brenselceller og ioneledende membraner, materialer for produksjon og lagring av hydrogen som energibærere, aerogeler, framstilling av silisium for solceller samt funksjonelle oksider for mikro- og nanoteknologi. Instituttets ansvarsområde er å styrke kompetansen innen framstilling, prosessering og karakterisering av funksjonelle materialer. Spesielt viktig er framstilling av pulver, filmer og polykrystallinske komponenter ved kjemiske metoder, inklusive sol-gel-teknologi. Aktiviteten innen funksjonelle materialer skal bygge på instituttets kompetanse innen keramisk materialvitenskap og elektrokjemisk energiteknologi.

Elektrokjemisk energiteknologi

Alternative energiteknologier, CO₂-håndtering og overgang fra fossile brenslere som olje og gass til naturgass eller hydrogen er forskningsfelt som er i sterk vekst internasjonalt. Instituttet har de siste årene hatt en betydelig og økende aktivitet innenfor feltene elektrokjemisk energiteknologi og framstilling av solcellesilisium. Hydrogen vurderes av mange som en fremtidig, miljøvennlig energibærer etter hvert som olje/gass-reservene tømmes. Hydrogen kan f.eks. lagres i metallhydrid eller i karbonmaterialer noe som representerer store materialtekniske utfordringer.

Hydrogen og brenselceller

Aktiviteten innen dette området har de siste årene omfattet hydrogenproduksjon ved vannelektrolyse vha. PEM-teknologi, hydrogenlagring i metallhydrid, metallhydridelektroder, direkte metanol brenselceller og PEM brenselcelleteknologi, inkl. relaterte teknologier som HCl-produksjon ved hjelp av PEM brenselceller,. Prosjektene har vært støttet av industri, NFR og EU og Nordisk Minsisterråds Energiforskningsprogram. Instituttet deltar også i det tverrfaglige programmet "Hydrogen som energibærer" ved NTNU", samt i et større KMB-prosjekt i samarbeid med industri, NFR og SINTEF. Hovedfokus for aktiviteten ved instituttet har vært elektrokatalyse (sammenhengen mellom mikrostruktur og egenskaper av katalytiske sjikt og elektroder), studier av materialers kinetiske egenskaper, hovedsakelig ved hjelp elektrokjemiske målemetoder, hydrogenlagring i metallhydrid, utvikling av bipolare plater, egenskaper ved polymermembraner osv.

Instituttet ønsker å videreføre og styrke aktiviteten innenfor områdene PEM brenselcelleteknologi, vannelektrolyse ved hjelp av PEM-teknologi og direkte metanol brenselceller, og vi jobber for å komme med i flere EU-prosjekter. Videre studier vil fokusere på forgiftningsmekanismer fra urenheter i hydrogengassen, egenskaper til bipolare plater og funksjonelle egenskaper til katalytiske materialer på nano-partikkel nivå. Sistnevnte aktivitet vil knyttes opp mot den nasjonale satsingen på funksjonelle materialer og nanoteknologi. På laboratoriesiden ønsker vi å videreutvikle brenselcellestasjonene som er bygget opp, og å styrke laboratoriene ved anskaffelse av nye måleinstrumenter for mer detaljerte studier av reaksjonsmekanismer (f.eks. DEMS) og gassanalyse.

Det er videre ønskelig at modelleringsaktiviteten knyttet til disse aktivitetene styrkes, både på mikro- og makronivå. Studier av systemer av ulike energikonverteringsenheter og energilagringssystemer vil også ha økende fokus, både eksperimentelt og teoretisk (modellering). Instituttet hadde tidligere en stor aktivitet innen området høytemperatur SOFC brenselceller. SOFC vil i økende grad bli et viktig forskningsfelt igjen bl. a. på grunn av en økende interesse fra norsk industri. Modellering av SOFC brenselceller vil bli tatt opp igjen i nært samarbeid med SINTEF, og en satser på ytterligere å øke aktiviteten ved bl.a. å søke om deltagelse i EU NoE, og IP. Aktiviteten vil omfatte modellering på alle nivåer, samt studier av struktur og termomekaniske egenskaper av elektrolytt- og elektrodematerialer. Andre viktige problemstillinger framover vil være elektrokjemiske egenskaper til nye elektrodematerialer, nye cellekonsepter basert på porøse bærere, redusert driftstemperatur på grunn av nye materialer og/eller tynnere elektrolytt. Et annet område hvor en ser for seg økt satsning, er elektrodematerialer for batterier, f.eks redoks-batterier.

Solceller

Fremtidens energisystemer vil være basert på solenergi i en eller annen form, og omvandling av solenergi til elektrisk energi i solceller vil stå sentralt i et bærekraftig energisystem. Norge er blant verdens største produsenter av silisium for metallurgiske formål, men produserer i dag ikke silisium med halvleder- eller solcelle kvalitet. Verdensmarkedet for silisium for halvleder- og solcelleformål er stadig økende, hele 20% per år bare for solceller. Norge bør kunne få i gang en avansert industri på dette området basert på den kunnskapen som allerede sitter i norske industriselskaper og i norske fagmiljøer, særlig ved IMT og andre fagmiljøer ved NTNU og SINTEF. Flaskehalser for en videre vekst innen solcellemarkedet er tilgangen på rent nok silisium og kunnskaper om hvordan man skal optimalisere alle trinn i

prosesskjeden for å oppnå en høy effektivitet til en akseptabel pris. Et uttalt mål er at man innen år 2010 skal ha oppnådd en effektivitet på 20% ved standard industrielt produserte solcellepaneler. IMTs strategi på dette området er sammen med norsk industri og SINTEF å gjennomføre FoU og undervisning innen i) sentrale områder for å framskaffe billigere og ren nok solcellesilisium, ii) støping og varmebehandling for å framstille polykrystallinsk solcellesilisium med høy nok kvalitet, samt iii) karakterisering av silisium til solceller.

Generiske verktøy

Kjemisk termodynamikk

Kjemisk termodynamikk, spesielt rettet mot høytemperaturprosesser og oljerelaterte prosesser, har vært og er en kompetanse som står spesielt sterkt ved flere forskningsgrupper ved instituttet. Denne generiske kunnskapen er viktig for å opprettholde instituttets forskning på høyt internasjonalt nivå innen metallurgiske prosesser, oljerelaterte prosesser og forståelse av materialbestandighet under ekstreme forhold. Kjemisk termodynamikk utgjør også en viktig grunnpilar i den utdanning instituttet gir til studenter i kjemi og materialteknologi. Forskningsgruppene ved instituttet har sterke tradisjoner inne eksperimentell kjemisk termodynamikk, og denne ekspertisen skal opprettholdes samtidig som kompetanse innen bruk av programvare for modellering av fasediagram etc skal styrkes.

Karakterisering av mikrostruktur

Innen all materialteknologisk virksomhet er studier av relasjonene mellom mikrostruktur egenskaper en helt essensiell aktivitet. Sammenhengene mellom materialenes strukturelle oppbygning og de mekaniske, fysiske og kjemiske egenskapene skal derfor være et høyt prioritert forskningsfelt ved instituttet. Disse sammenhengene omfatter også relasjonene mellom prosess/bearbeidingsparametre, strukturutvikling og bruksegenskaper. Forskningen innen dette feltet krever at IMT er i fremste linje når det gjelder mikrostrukturkarakterisering ved hjelp av lysmikroskopi og røntgendiffraksjon samt elektronoptiske metoder som scanning- og transmisjon elektronmikroskopi og mikrosonde. I tillegg må instituttet ha en bred aktivitet innen karakterisering av mekaniske og funksjonelle egenskaper. Innen alle disse områdene må instituttet til enhver tid implementere og ta i bruk nye teknikker som utvikles, og selv være med i utviklingen av enkelte teknikker innen utvalgte områder (som scanning elektronmikroskopi). Videreutviklingen og forbedringene av utstyr for karakterisering av mikrostruktur og egenskaper skjer meget raskt, og for å ligge i fremste linje er det viktig at instituttet foretar en kontinuerlig fornyelse av instrumentparken.

IMT har lange tradisjoner for et nært samarbeid med Inst. for fysikk på dette området når det gjelder lettmetaller. Grunnlaget for dette samarbeidet er nå ytterligere utvidet og styrket ved at funksjonelle materialer og solcellematerialer er blitt en del av IMTs sentrale aktiviteter. For begge disse materialtyper er det et betydelig behov for avansert utstyr og høy kompetanse for nano- og mikrostruktur-karakterisering (SEM, TEM, og overflateteknikker som AFM og STM). IMT vil derfor videreføre det nære samarbeidet med IF på dette området og arbeide for løsninger som sikrer god og stabil drift av de aktuelle laboratoriene ved de to instituttene og

som sikrer god koordinering mht videreutvikling og fornyelse av kompetanse og utstyr.

Prosess- og materialmodellering

Prosess- og materialmodellering er etter hvert blitt et meget viktig supplement til kostbare laboratorieeksperimenter og industrielle forsøkskampanjer, og vil være en vesentlig aktivitet innen de fleste av IMT's virksomheter. Dette modelleringsarbeidet er naturlig koblet til FEM-simuleringer. Ved optimalisering av gamle og utvikling av nye fremstillingsprosesser for ferrolegeringer og lettmetaller er numerisk simulering av varme- og masseoverføring, kjemiske reaksjoner og elektriske forhold i deler av eller hele den metallurgiske reaktoren blitt et uunværlig verktøy. Her brukes bl.a. avanserte CFD-metoder. Elektrisk ovnskrets-analyse er også viktig i forbindelse med utvikling av elektrometallurgiske prosesser. Ikke minst er vekselvirkningen mellom på den ene side strømtransporten gjennom chargematerialer eller elektriske lysbuer og på den annen side de kjemisk-metallurgiske forholdene et sentralt forskningsområde.

Materialmodellering er også et viktig verktøy for å simulere materials egenskaper og oppførsel, både innen størkning, støping, forming og sammenføyning. Målsettingen er å lage virtuelle verktøy for å optimalisere produksjonsprosesser og skreddersy material- og produkttegenskaper. IMT har lang erfaring med og er internasjonalt anerkjent for sin virksomhet på området mikrostrukturmodellering. En viktig utfordring i denne sammenheng er kopling av mikrostrukturmodeller med FEM for å kunne ta hensyn de komplekse deformasjonsforhold og romlige variasjoner en finner under industrielle prosesseringsbetingelser. Samtidig som eksisterende modeller forbedres og videreutvikles, vil videre arbeid rettes mot utvikling av såkalte "through process models" som dekker hele prosessen fra støping til forming av ferdige produkter.

Atomistisk modellering, basert på kvantemekaniske beregninger, molekylærdynamikk og Monte Carlo-metoder, er internasjonalt et av de sterkest voksende områder innen materialvitenskap. I nært samarbeid med Institutt for fysikk ved FIM-fakultetet er det ønskelig å bygge opp kompetanse på dette området også i Norge. Kombinert med bruk av nye instrumenter og metoder for detaljerte studier av nano- og mikrostruktur, håper en med dette å kunne bedre den fundamentale forståelsen og kvantitative beskrivelsen av viktige industrielle prosesser og reaksjoner på nano- og mikrostrukturnivå som f.eks. kimdanning i fast fase og dannelse og vekselvirkning mellom krystaldefekter.

Modellering av elektrokjemiske systemer er også et prioritert forskningsområde. I mange år er det arbeidet med å utvikle metoder for å modellere strømfordeling ved korrosjonsbeskyttelse av store konstruksjoner, spesielt i forbindelse med off-shorevirksomhet. I samarbeid med SINTEF utføres modellering av elektrolyseceller for produksjon av aluminium. Her blir hydrodynamiske forhold og elektrokjemi (overspenning, strømfordeling) inkludert.

Elektrokjemisk karakterisering

Elektrokjemiske målemetoder benyttes ved IMT i stor grad for å kartlegge mekanismer for elektrokjemiske reaksjoner. Studiene er knyttet til noen av de viktige industrielle elektrolyseprosessene i Norge (aluminium, magnesium, sink, nikkel, kobolt), til studier av

korrosjonsmekanismer for lettmetalllegeringer og til studier av elektrodereaksjoner i brenselceller. Innenfor alle disse områdene har vi etablert god kontakt med internasjonal ekspertise. Vi ønsker å oppdatere kompetansen innenfor utvikling av nye elektrokjemiske målemetoder og stadig fornye instrumentell utrustning. Det vil også videreført nylig igangsatte studier for å kombinere elektrokjemiske teknikker med optiske metoder.