

Sten Frostäng, NUTEK
Lennart Carlsson, SP

Högtemperaturkorrosion/ erosion

NUTEK-utredning 1991

Abstract

High-temperature corrosion/erosion NUTEK-Report 1991

Developments in power and heat production technology means that materials will be exposed to increasingly severe operating conditions, with greater corrosion, erosion and mechanical stresses. There is therefore a need for identification of specific R&D areas of common interest to power producers, equipment manufacturers and materials manufacturers. Particularly important working areas in this respect are investigation of high-temperature corrosion and erosion. It is an objective that work should be concentrated primarily on areas of particular importance for Swedish industry and where Swedish research is already, or has the potential to become, of high international class, and to manifest this by the establishment of a research centre or development company.

A survey of existing research resources available in Sweden, both at Institutes of Technology and research institutes, has shown that there is a substantial pool of broad expertise in the field of materials sciences. Many groups are represented in the consortia that have been established under the auspices of the national Materials Research Programme. Sweden also possesses a comprehensive knowledge of the field within the power and heat technology areas established by finance from such sources as NUTEK's predecessor, the National Energy Administration. To date, the development potential for materials technology represented by a merger of these groups of research workers has not been harnessed in the form of common projects.

Special groups at CTH/GU, KTH/SU and possibly also industrial establishments, might form the kernel of materials technology research related to energy conversion processes. Where such a centre should be sited depends on the main thrust of the research. CTH/GU, for example, would be most suitable for research into fluidised beds, while location at KTH/SU would be more appropriate for fundamental research into oxidation and corrosion. Location with an industrial project, such as VFAB's plasma spraying project, would concentrate the emphasis (in this case) on corrosion in gas turbines.

Key words: R&D frame programme, advanced materials, high-temperature corrosion/erosion

SP
SP RAPPORT 1991:48
ISBN 91-7848-306-9
ISSN 0248-5172
Borås 1991

Swedish National Testing and
Research Institute
SP REPORT 1991:48

Postal address:
Box 857, 501 15 BORÅS, Sweden
Telephone +46 33 165000
Telex 36252 Testing S
Telefax +46 33 135502

Innehållsförteckning

	Sid
Abstract	2
Innehållsförteckning	3
Förord	4
Sammanfattning	5
1. Inledning med bakgrund	7
2. Behovsområden	9
3. Nationella resurser	10
4. Analys	17
5. Förslag	20
6. Referenser	21

Förord

NUTEK utreder för närvarande förutsättningarna för att skapa grunderna för ett kommande ramprogram inom området avancerade högtemperaturmaterial för användningstemperaturer över 1000 °C. Aktuella material är intermetaller och högpresterande keramer samt kompositerna baserade på dessa. Målet för ramprogrammet är att stödja svenska högteknologiska tillverknings- och avnämningarindustrier genom att skapa en internationellt konkurrenskraftig FoU-bas i Sverige på ett framtida nyckelområde och därigenom uppnå strategiska fördelar på den nationella och internationella marknaden. Utredare har varit professor Thommy Ekström, Sandvik Hard Materials AB.

En analys av de föreslagna projekten visar att undersökningar av högtemperaturkorrosion/erosion samt bestämning av mekaniska egenskaper ingår i nästan alla de föreslagna projekten. Referensgruppen för utredningen har därför föreslagit att dessa två områden skulle bli föremål för särskilda satsningar. Som underlag för dessa har NUTEK låtit ta fram två separata mindre utredningar som redovisas i denna rapport "Högtemperaturkorrosion/erosion" samt i rapporten "Bestämning av mekaniska egenskaper vid höga temperaturer", SP RAPPORT 1991:49.

Sammanfattning

Utvecklingen inom kraft/värmeproduktionsteknologin medför att materialen kommer att utsättas för alltmer krävande miljö med ökande korrosion, erosion och mekaniska påkänningar. Därför bör konkreta FoU-områden av gemensamt intresse för kraftproducenter, utrustningstillverkare och materialtillverkare identifieras. Särskilt angelägna FoU-insatser är studier av högtemperaturkorrosion/erosion. En målsättning är att insatser företrädesvis ska koncentreras till områden av särskild betydelse för svensk industri och där svensk forskning redan är, eller har förutsättningar att bli, av hög internationell klass och manifestera detta i ett forskningscentrum eller utvecklingsbolag.

Inventeringen av de i Sverige tillgängliga forskarresurserna både vid högskolor och forskningsinstitut har funnit en stor och bred kompetens inom materialvetenskap. Många grupper finns representerade inom de så kallade konsortier som byggts upp inom det nationella materialforskningsprogrammet. Likaså finns i Sverige en bred kunskap tillgänglig inom kraft- och värmetekniken uppbyggd genom finansiering bland annat från f d statens energiverk. Den utvecklingspotential ett sammanförande av dessa två forskarkategorier innebär för materialtekniken har hittills inte tagits till vara i form av gemensamma projekt.

Särskilda grupper vid CTH/GU, KTH/SU och eventuellt också vid industriella satsningar kan komma i fråga för att utgöra centrum för en satsning på materialteknik relevant för energiomvandlingsprocesser. Var ett sådant centrum lokaliseras bestäms av vilken inriktning forskningen ska ha. CTH/GU ger en klar inriktning mot problem i fluidbäddar, en lokalisering till KTH/SU ger en mer grundforskningsmässig inriktning mot oxidation/korrosion. Med en lokalisering till ett industriellt projekt, t ex VFABs sprutformningsprojekt, fås en tillämpad inriktning i detta fall mot korrosion i gasturbiner.

1 Inledning med bakgrund

NUTEK klarlägger för närvarande förutsättningarna för att i samverkan med industrin göra samlade forsknings- och utvecklingsinsatser rörande avancerade material för höga temperaturer.

Thommy Ekström, AB Sandvik Hard Materials, utreder behov och resurser för FoU inom området avancerade material för applikationstemperaturer i första hand över 1000 °C. [1]. Ett tiotal industriprojekt har identifierats.

Bengt Gudmundsson, ABB Stal AB, utreder området sprutformade beläggningar och konstruktionsmaterial och kommer att föreslå inrättandet av ett sprutformningscentrum med placering antingen i Trollhättan, Volvo Flygmotors utvecklingsavdelning eller vid IVF Göteborg [2].

Ulf Holmberg, ITEC AB, genomförde 1990 på uppdrag av Statens Energiverk en utredning med förslag till FoU satsningar avseende högtemperaturmaterial i förbränningsbaserade kraft- och värmeverk [3].

Holmberg identifierade ett antal områden med materialteknisk relevans till vilka utvecklingen inom den förbränningsbaserade kraftproduktionen i Sverige kommer att vara koncentrerad.

- Högre ångdata i ångturbinanläggningar
- Utveckling av material anpassade för miljöer med samtidig korrosion och erosion
- Högre inloppstemperaturer i gasturbiner
- Förgasning av fasta bränslen
- Vatteninjektion i gasturbiner

Utredaren föreslog att på grund av begränsade totala resurser borde FoU-insatserna koncentreras till två ramområden:

- Utveckling av ferritiska material (12 % kromstål) för temperaturer över de ca 600 °C som är målsättningen med dagens utvecklingsprojekt.
- Att inom den svenska högskolan etablera ett kompetenscentrum inom området högtemperaturkorrosion. Med centrum behöver dock ej menas att resurserna koncentreras till en högskola.

I början av 1991 bildades en arbetsgrupp med deltagare från brukarna (Vattenfall, Sydkraft AB), tillverkarna (ABB Carbon AB, ABB Stal AB, Generator AB) samt STU och STEV. Ulf Holmberg koordinerade arbetet.

Avsikten med arbetsgruppen är att identifiera konkreta FoU-områden av gemensamt intresse för svenska kraft- och värmeproducenten, utrustningstillverkare och materialtillverkare. En viktig målsättning med arbetsgruppens arbete är att söka samordna olika intressenters insatser inom området.

Resultatet av gruppens arbete är att följande områden utpekats som särskilt angelägna för statligt stöd till materialteknisk FoU. Dessa sammanfaller i huvudsak med utredningens [3].

- Fluidbäddar, samtidigt korrosion och erosion, växlande oxiderande och reducerande förhållanden
- Förgasning, gas- och partikelkorrosion, erosion, reducerande miljö och höga temperaturer
- Gasturbiner, högre inloppstemperaturer
- Vatteninjektion i gasturbiner
- Keramiska ytskydd, allt från enkla infodringar till avancerade ytbeläggningar.

Beträffande förslaget att ett kompetenscentrum för högtemperaturkorrosion lokaliseras till högskolan, ställde gruppen en rad principiellt viktiga frågor:

- Bör en högskolekompetens inom högtemperaturkorrosionsområdet vara samlad eller delas upp och integreras i andra resurs- och kompetenscentra såsom FBC-resursen vid CTH, varmhållfasthet vid KTH/IM m m.
- Finns det resurser att bygga upp en högskolekompetens inom området på mer än en plats i Sverige.
- Kan man nå en gynnsam effekt genom att etablera konkurrens mellan flera högskolor.
- Kan området delas mellan olika högskolor med olika profil. Vilka inriktningar bör i så fall eftersträvas.

Arbetsgruppen beslutade i april 1991 att en översikt över svenska befintliga och potentiella FoU-resurser inom området skulle arbetas fram. Med detta som bakgrund bestämde STU och STEV gemensamt att Lennart Carlsson, SP, och Sten Frostäng, STEV, skulle kartlägga befintliga FoU-resurser och kompetens vad avser högtemperaturkorrosion av bland annat relevans för förbrännings- och förgasningsområdet. Utredarna skulle vidare ge förslag till centrumkonstellationer.

Kartläggningen bygger till stor del på tidigare och nu pågående utredningar [1 - 4] och kontakter med brukare/tillverkare samt vissa högskoleinstitutioner. Även synpunkter från Volvo Flygmotor AB har inhämtats.

2 Behovsområden

Förbränning i fluidiserade bäddar har flera fördelar jämfört med andra förbränningsmetoder och kommer att få en ökande betydelse vid värme- och kraftproduktion. Utvecklingen går mot fluidbäddar med högre temperaturer än i dagens anläggningar. Att utveckla material anpassade för den miljö med kombinerad korrosion och erosion som råder i fluidbäddar är angeläget.

Naturgas för kraftproduktion kommer i Sverige huvudsakligen att användas i kombinerade gas- och ångturbinanläggningar. För att nå en hög verkningsgrad i den kombinerade anläggningen eftersträvas förhöjda inloppstemperaturer i gasturbinen. Detta kräver nya superlegeringar och i ett längre tidsperspektiv keramiska material eller intermetalliska föreningar. Termiska och kemiska barriärskikt är också en viktig del av utvecklingen.

Förgasning av fasta bränslen är en teknik som medför materialproblem i form av korrosiva gaser och partiklar, erosion, höga temperaturer och en reducerande miljö.

Vatteninjektion i gasturbiner kan bli av stor betydelse i första hand för att minska NO_x -bildningen vid förbränning. Kunskap om sambanden mellan vattenkvalitet och korrosions- och erosionsproblem i turbinen är en förutsättning för att tekniken skall kunna användas i driftsanläggningar.

3 Nationella resurser

Nedanstående kartläggning bygger på material från Holmbergs utredning "Högtemperaturmaterial" [3] kompletterat med bland annat uppgifter från den pågående utredningen "Avancerade högtemperaturmaterial" [1].

3.1 Högskolor och universitet

Chalmers tekniska högskola/Göteborgs Universitet
Sektionen för teknisk fysik, fysiska institutionen,

Ledning: T.f. Professor Hans Nordén

Forskare: 8 disputerade forskare, 15 doktorander

Inriktning: Studier av finskalig mikrostruktur hos metalliska och keramiska material. Studerar också kopplingen mellan framställningsparametrar, mikrostruktur och materialegenskaper. Arbetar mest med snabbstål och superlegeringar för höga temperaturer, på senare tid också studier inom katalys och åldringsfenomen tillsammans med EKA och Volvo (fretting, abrasion i motorer). Använder beläggning via kemisk förångning (CVD) för TiC, Al₂O₃ och karakteriserar Ti-ytor avseende oxidation och ytkorrosion. Studerar även keramers hållfasthet och brottytor e t c.

Institutionen för oorganisk kemi

Ledning: Oliver Lindqvist, professor

Forskare: 15 disputerade forskare, 30 forskarstuderande

Inriktning: Materialkemi, miljökemi, elektrokemi, strukturkemi, lösningskemi, oorganisk syntes, teoretisk kemi.

En del av institutionens verksamhet avser högtemperaturkorrosion och keramers korrosion. Denna verksamhet omfattar 2 disputerade forskare och 2 forskarstuderande.

Institutionen för fysikalisk kemi, reaktionsdynamikgruppen

Ledning: Leif Holmlid, docent

Forskare: 5 disputerade forskare, 7 forskarstuderande

Inriktning: Högst exciterade atomer och molekyler. Högtemperaturprocesser vid ytor av metall, metalloxid och kol (grafit), diffusion in i och ut ur högtemperaturmaterial. Energiomvandlingsprocesser: värme - el, såsom termojoniska energiomvandlare och MHD-generatorer, förbränning.

Institutionen för metalliska konstruktionsmaterial

Ledning: Ingemar Olefjord, professor

Forskare: 2 docenter, 4 övriga disputerade forskare, 12 forskarstuderande

Inriktning: Metalliska materials mekaniska egenskaper, samt även metallers och keramers högtemperaturogenskaper. Verksamhet förekommer även kring pulvermetallurgi och korrosionsmekanismer (främst rostfria stål). Man arbetar med keramer och keramrelaterade material för motorapplikationer och har främst prioriterat mekanisk provning och utveckling av provningsmetoder, men även studerat fogningsproblematik med vätning av keram/metall med olika lod.

Institutionen för termo- och fluiddynamik

Ledning: Erik Olsson, professor

Forskare: 11 disputerade, 30 forskarstuderande

Inriktning: En omfattande FoU-verksamhet med inriktning mot strömningsteknik och turbulens i förbränningsanläggningar, termodynamik och värmeöverföring, gasdynamik och turbomaskiner samt flerfasströmning och förbränning.

Kungliga Tekniska Högskolan

Institutionen för teknisk elektrokemi och korrosionslära

Ledning: Christoffer Leygraf

Inriktning: Studier av korrosionsegenskaper vid höga temperaturer av keramer är planerade vid institutionen. Verksamheten är en del av konsortiet "Metalloxidiska ytstrukturer" vid KTH.

Sektionen för bergsvetenskap, institutionen för metallografi

Ledning: Mats Hillert, prof., Kjell Pettersson, prof., David Rawcliff, prof.

Forskare: 7 disputerade forskare, 15 övriga forskare

Inriktning: Professor Hillert

Jämviktsförhållanden i legeringar och keramer. Fasomvandlingar. Termodynamiska egenskaper och fasdiagram.

Professor Pettersson

Professuren har tidigare omfattat mekaniska egenskaper hos metaller och keramer bland annat varmhållfasthet och krypning. Nuvarande professur är nytillsatt och inriktningen därför ej helt fastlagd.

Professor David Rawcliff

Mekaniska egenskaper hos keramer och keramiska kompositer. Våtkemisk syntetisering av keramiska pulver.

Vid institutionen finns ett starkt intresse av att medverka inom bland annat motorkeramområdet. Utvärdering av tidsberoende materialegenskaper vid höga temperaturer både vid konstant och cyklisk last (static and dynamic fatigue) samt utveckling av provmetodik för detta bedöms som mycket viktigt. I samarbete med annan institution inom KTH bedrivs även FoU kring användning av keramer i bränsleceller med fasta elektrolyter.

Sektionen för bergsvetenskap, institutionen för materialteknologi

Ledning: Rolf Sandström, professor

Forskare: 1 professor, 2 adj. professorer, 6 disputerade forskare, 6 forskarstuderande

Inriktning: Teknologiska egenskaper hos olika konstruktionsmaterial, exempelvis korrosionshårdighet, skärbarhet, svetsbarhet m m. Materialval och materialvalsoptimering. Institutionen sysslar med korrosion på metaller och rostfria stål i synnerhet och avser att bygga ut kompetensen inom varmhållfasthetområdet. Detta kommer att kopplas till högtemperaturkorrosionmekaniska egenskaper. Chef för detta blir Staffan Hertsman.

En grupp omfattande 2 forskare arbetar under ledning av Åke Samuelsson, adj professor, med utveckling av dimensioneringsprinciper för högtemperaturanläggningar.

Linköpings Tekniska Högskola

Institutionen för konstruktions- och produktionsteknik, avdelningen för konstruktionsmaterial

Ledning: Torsten Ericsson, professor

Forskare: 5 disputerade forskare, 17 doktorander

Inriktning: Institutionen arbetar med bland annat varmhållfasthet hos pulverframställda metallegeringar, plasmasprutade termiska barriärskikt och spänningar i keramer och keramkompositer. Icke-förstörande provning av P/M-produkter är även en viktig teknik som utnyttjas.

Luleå Tekniska Högskola

Institutionen för material och bearbetningsteknik, avdelningen för materialteknik

Ledning: Kenneth Easterling, professor

Forskare: 5 disputerade forskare, 12 forskarstuderande och övriga forskare

Inriktning: Bland annat varmisostatisk pressning (HIP) av metaller och keramer.

En grupp om två personer under ledning av docent Bengt Loberg arbetar med diffusionsfogning av superlegeringar och keramer (SiC) med hjälp av HIP-processen. Verksamheten är ett samarbete med institutionen för datorstödd maskinkonstruktion och institutet för verkstadsteknisk forskning, IVF.

Institutionen för material och bearbetningsteknik, avdelningen för bearbetningsteknik

Ledning: Claes Magnusson, professor

Forskare 2 disputerade, 14 forskarstuderande och övriga forskare

Inriktning bland annat: Utveckling av teknik och metoder för skärning, svetsning, värmebehandling, ytbeläggning och ytlegering med laser. Pulverbearbetning, speciellt kompositmaterial.

Ett projekt avseende termiska barriärskikt av yttriumstabiliserad ZrO_2 planeras för närvarande. Skikten appliceras med hjälp av laser.

Stockholm Universitet

Institutionen för fysikalisk, oorganisk och strukturkemi, avdelningen för oorganisk kemi

Ledning: Lars Kihlberg, Mats Nygren, Thommy Ekström

Forskare: 13 disputerade och 6 doktorander

Inriktning: Bedriver forskning kring keramer, metalloxider, defektstrukturer hos övergångsmetalloxider, oxidationsstudier vid höga temperaturer m m. Institutionens intressen av avancerade högtemperaturmaterial finns vid utveckling av nya material och studier av kemisk interaktion som oxidation/korrosion vid höga temperaturer.

Bedriver studier inom området högtemperaturkeramer inom bland annat kiselnitrid- och SIALON-materialgrupperna.

Karaktärisering av material med hjälp av transmissions- och svepelektronmikroskopi, pulverröntgen, enkristallröntgen, termiska analyser (TG, DTA, DSC), atomabsorption, elektriska mätningar, impedansspektrometri m m. Har syntesmöjligheter upp till 1700°C och även högtrycksutrustning för syntes av material i små mängder.

Umeå Universitet

Kemiska institutionen, avdelningen för oorganisk kemi, högtemperaturgruppen

Ledning: Eric Rosén, professor

Forskare: 2 disputerade forskare och 5 doktorander

Inriktning: Studerar metalloxiders termiska stabilitet, struktur och termodynamik för fasta lösningar. En doktorand arbetar med förbränningsteknologi rörande kemin vid förbränning av torv och biomassa. Har lämnat in ansökan hos statens energiverk som rör studier av slagg och askbildning i temperaturområdet $600-1000^\circ\text{C}$. Har samarbete med Oliver Lindqvist vid CTH och har utfört analyser åt Värmeforsk. Har syntesmöjligheter upp till 1500°C , karaktärisering med röntgenmetoder både enkristall och pulver, samt EMS-mätningar för fasta elektrolyter.

Fysiska institutionen, avdelningen för experimentell fysik

Avdelningen består av två grupper varav den ena behandlas nedan

Ledning: Gunnar Bäckström, professor, Bertil Sundqvist, docent

Forskare: 3 disputerade, 5 forskarstuderande och övriga forskare

Inriktning bland annat: Studier av termiska materialegenskaper, t ex värmeledning och värmeutvidgning i alla typer av material. Fasomvandlingar.

Uppsala Universitet

Institutionen för teknologi, avdelningen för materialvetenskap

Ledning: Olof Vingsbo, professor

Verksamheten planeras med inriktning mot skärande bearbetning av varmhållfasta material, främst rostfria stål samt Ni- och Co-bas legeringar. Arbetet kommer i huvudsak att förläggas till högskolan i Gävle/Sandviken och ledas av adj professorn Lennart Rolin.

Kemiska institutionen, avdelningen för oorganisk kemi

Avdelningen omfattar totalt ca 70 forskare. Två forskargrupper vid avdelningen arbetar inom områden med anknytning till högtemperaturmaterial.

Gruppen för oorganisk ytkemi

Ledning: Jan-Otto Carlsson, professor

Totalt omfattar gruppen 19 forskare. En disputerad forskare och två forskarstuderande arbetar med keramiska barriärskikt (borkarbid, bornitrid, titanborid, aluminiumoxid m m) pålagda med CVD-metoden.

Gruppen för fasta tillståndets kemi:

Ledning: Stig Rundqvist, professor

I gruppen arbetar två forskare med syntes, sintring och karakterisering av keramiska material; nitrider, borider, silicider m m.

Vid gruppen för fasta tillståndets kemi finns en utrustning för högtemperaturröntgen för temperaturområdet upp till 1500 °C som används bland annat vid studier av keramiska material.

3.2 Forskningsinstitut

Institutet för metallforskning

Ledning: Rune Lagneborg, professor

Forskare: 16 disputerade, 36 övriga forskare

Inriktning: Materialteknisk forskning inom området metalliska material

Gruppen för varmhållfasthet:

Ledning: Rolf Sandström, professor

Forskare 6 forskare

Inriktning: Institutet är ett branschforskningsinstitut för stål- och icke-järn metallindustrin med ett stort antal medlemsföretag även inom verkstads-, kraft- och elektronikindustrin.

Forskningsverksamheten spänner över ett brett fält från metallurgi till användningsegenskaper hos material. Huvudinriktningen av forskningen kan kort uttryckas som: Egenskaper hos metalliska material av betydelse vid deras tillverkning eller användning i färdiga produkter och deras samband med mikrostruktur, kemisk sammansättning och processparametrar vid tillverkningen. Huvuddelen av verksamheten gäller stål, men en betydande del ägnas åt icke-järnmetaller, främst koppar, aluminium och deras legeringar. Mekanisk provning (dragprov, lågcykel- och termomekanisk utmattningsprovning) kan genomföras vid temperaturer upp till 1200 °C.

Korrosionsinstitutet

Ledning: Björn Linder, professor

Forskare: Ca 30 forskare

Inriktning: Studier av korrosion och korrosionsskydd, provning och utvärdering av materials och ytors korrosionsegenskaper.

Institutet arbetar för närvarande endast i liten utsträckning med högtemperaturkorrosion, men besitter både kompetens och utrustning för sådan verksamhet.

Studsvik AB

Studsvik AB är organiserat i fyra divisioner, Nuclear, Energy, Instrument samt Fastighetsförvaltning. Inom division Energy är materialteknik ett av fyra affärsområden.

Affärsområde materialteknik

Ledning: Bo Rosborg

Antal FoU-verksamma: Ca 35 personer

Inriktning: Studier och bestämning av livslängd, långtidsegenskaper och nedbrytning av olika materialtyper; metaller, keramer, polymerer m m.

Högtemperaturmaterial är ett prioriterat och expanderande område. För närvarande arbetar ca 6 personer inom området. Verksamheten är främst inriktad mot sambandet miljömaterial vid höga temperaturer, högtemperaturkorrosion, erosionskorrosion m m. Inom spänningskorrosion och materialrelaterade parametrar på vattensidan finns betydande kompetens.

Inom division Energy finns omfattande energiteknisk försöks- och pilot plant utrustning av betydelse vid materialtekniska arbeten.

IVF, regionalavdelningen i Luleå

Ledning: Tore Garvare, regionchef

Forskare: 2 disputerade, 6 övriga forskare

Inriktning: Konstruktion, design och konsolidering (HIP, CIP) av pulverprodukter
 Bearbetning med ultraljud, laser, diamantverktyg
 Diffusionsfogning med HIP-processen
 Rostfritt stål, superlegeringar, titan, SiC, Al₂O₃, compoundmaterial, ODS-material m m.

Svenska keramforskningsinstitutet

Ledning: Roger Carlsson, föreståndare

Forskare: Totalt 21 personer

Inriktning: Utveckling av keramiska material och tillverkningsprocesser. Verksamheten omfattar pulverframställning, design, formning, sintring, fogning och bearbetning.

Ett ramprogram pågår med målsättningen att utveckla material för tillämpningar upp till 1200 °C vid belastning och upp till 1500 °C för icke lastbärande tillämpningar. Institutet har samarbete med ett flertal institutioner inom bland annat CTH/GU som oorganisk kemi och fysik.

4 Analys

Inom landet finns ett flertal institutioner med anknytning till högtemperaturkorrosion som skulle kunna vara tänkbara som centra för FoU-området. Med hänsyn till att verksamheten måste byggas ut successivt, utgående från den FoU som bedrivs idag, bör satsningarna göras inom väl identifierade områden.

4.1 Chalmersprojektet

Inom CTH/GU har en grupp etablerats för FoU-samarbete för långsiktig forskning inom området högtemperaturkorrosion, speciellt med inriktning mot förhållandena vid fluidiserade bäddar. Arbetet är tänkt att förläggas till oorganisk kemi, termo- och fluiddynamik samt metalliska konstruktionsmaterial. Det övergripande målet är att vid CTH/GU skapa en grupp för forskning kring materialrelaterade frågor mot FBC i anslutning till FBC-pannan vid institutionen för energiteknik (Chalmersprojektet).

I inledningsskedet avser man genom litteraturstudier att granska

- Förlopp och mekanismer vid korrosion av metalliska och intermetalliska material i förbränningsrum, överhettare, förångare och gasturbiner. Av särskild betydelse är uppgifter om korrosion kopplad till erosion.
- Skydd mot högtemperaturkorrosion och erosion genom materialval, skyddsbeläggningar och konstruktion.
- Metoder att analysera och mäta korrosionsförlopp och för prediktering av livslängd.

Målet är att experimentellt studera erosion av tuber m m i kall trycksatt bädd, innefattande utformning av tubarrangemang, inflytande av tryck, fluidiseringshastighet, partikelstorlek, partikeltyp m m.

Man avser även att modellera tvåfasströmningen i bädd med tuber, i cykloner och turbinbeskovlingar; vidare skall olika erosionsmodeller jämföras med experimentella resultat.

En annan planerad FoU-verksamhet inom CTH/GU med inriktning mot högtemperaturkorrosion är studier av korrosiv nedbrytning av keramiska material. Målsättningen är att samla ytterligare kvalitativ och kvantitativ information om relevanta nedbrytningsförlopp. Man avser vidare att beskriva viktiga kemiska delförlopp i detalj. Deltagande institutioner är oorganisk kemi och fysiska institutionen. I projektet deltar även Volvo Flygmotor. Materialen som skall undersökas är HIP Si_3N_4 (ABB Cerama) och en SiC/SiC komposit (Ceracep). Båda materialen är av betydelse för Volvo Flygmotors deltagande i europeiska utvecklingsprojekt rörande gasturbiner.

4.2 Pulvertekniskt centrum i Stockholm

En annan tänkbar placering för ett FoU-center för högtemperaturkorrosion skulle vara i anslutning till det planerade pulvertekniska centrumet i Stockholm.

Centrumet skall enligt utredningen "Pulvertekniskt Centrum i Stockholm" [5] primärt ägna sig åt forskning inom områdena legeringsutveckling, pulvertillverkning och egenskapsoptimering. Deltagande institutioner är:

1. Institutet för metallforskning
2. Institutionen för metallografi och keramteknologi, KTH
3. Institutionen för oorganisk kemi, KTH
4. Institutionen för fysikalisk, oorganisk och struktur kemi, SU

Av [5] framgår att det inom centrumet finns en bred kompetensprofil och att kontrahenterna har överlappande kompetens på flera områden. Kompetens finns bland annat inom områdena oxidation, korrosion (mellan fasta faser och mellan gas och fast fas). Korrosionsprovning (elektrokemisk korrosion, spänningskorrosionsprovning, immersionsprovning). Av beskrivningen framgår också att centrumet har tillgång till ett mycket brett spektra av utrustningar, i något fall utrustning som är unik i landet.

När det gäller materialframställning finns det således ugnar för värmebehandling i oxiderande atmosfär upp till 1750 °C, i inert atmosfär och i vakuum upp till 2300 °C, HIP-ugnar upp till 2300 °C, gasautoklaver, vakuumugnar, HF-ugnar, ljusbågsugnar m m.

När det gäller karaktärisering av framställt material har man möjligheter till röntgenkriskallografisk pulverdiffraktion från rumstemperatur upp till 1000 °C, elektronmikroskopiska studier av mikrostruktur med som bäst en upplösning ned till 2.5 Å.

När det gäller mekanisk provning är centrumet väl utrustat. Både monotona och cykliska egenskaper kan studeras upp till 1000 °C. Kompetens finns för brottmekaniska beräkningar, inklusive olinjära, finita elementberäkningar med vars hjälp man bland annat kan definiera tolererbara defektstrukturer i olika sammanhang.

Inom centrumet finns en betydande kompetens inom både de metalliska och de keramiska områdena. Det vill säga material som används inom olika konstruktioner inom kraft- och värmeproducerande processer.

Man vill vidare speciellt framhålla centrumets unika kompetens när det gäller termodynamiska beräkningar av bland annat jämvikter och fasdiagram.

4.3 Sprutformningscentrum i Trollhättan

Ytterligare ett alternativ till placering av ett centrum för högtemperaturkorrosion, skulle vara en lokalisering till ett företag med eget intresse av FoU inom området. Det är viktigt att industrin skall kunna påverka och styra till rätt kompetensuppbyggnad. Det är också viktigt att FoU-resultaten skall vara tillgängliga för industrin.

I utredningen "Sprutformade ytläggningar och konstruktionsmaterial" [2], diskuteras huruvida Volvo Flygmotor i Trollhättan vore en lämplig lokalisering av ett sprutformningscentrum i Sverige. Ett skäl är att man därigenom skulle kunna dra nytta av Volvo Flygmotors kunnande på området.

Volvo Flygmotor AB, har tillverkning inom områdena militära flygprodukter, civila flygprodukter, rymdprodukter och civila flygprodukter utanför flygbranschen. Intresset för högtemperaturkorrosion sammanhänger med frågeställningar rörande möjligheterna av att i kommande turbinmotorer använda än mer avancerade material (keramer, kompositer, intermetaller) än vad som används idag. En väsentlig fråga är därvid om korrosionsbeständigheten, vid här gällande temperaturer, är tillräckligt god för att man skall kunna satsa på en sådan utveckling.

Volvo Flygmotor har en aktiv FoU-verksamhet tillsammans med bland annat högskoleinstitutioner och med producerande företag.

Ett exempel på planerade FoU-projekt med inriktning mot högtemperaturkorrosion där Volvo Flygmotor avser att delta är korrosion av keramer under olika korrosiva betingelser över 1000 °C. Detta arbete är avsett att bedrivas tillsammans med institutionen för oorganisk kemi vid CTH/GU och elektronmikroskopigruppen vid fysiska institutionen vid CTH. Bland annat i samband med detta projekt avser Flygmotor att bygga en provningsrigg för exponeringar av högtemperaturmaterial under olika korrosiva betingelser.

Om man valde att lokalisera ett eventuellt kommande högtemperaturcentrum i anslutning till det tänkta centrumet för sprutformning i Trollhättan, skulle en naturlig satsning vara att stödja uppbyggnaden av provriggen för högtemperaturkorrosionsstudier så att denna skulle kunna skalas upp och medge exponeringar av prover med även andra tillämpningar än gasturbiner. Denna samplanering skulle dessutom förväntas innebära möjligheter till samordningsvinster.

Förslaget har informellt diskuterats med Lars Pejryd, Volvo-Flygmotor, som anser att högtemperaturkorrosion är ett för Flygmotor viktigt FoU-område, och att man ställer sig positiv till en diskussion av ett sådant förslag. Problem som måste vara klarlagda vid en sådan lösning är bland annat neutralitet och tillgänglighet.

5

Förslag

De föreslagna lokaliseringarna av ett högtemperaturkorrosionscentrum innebär olika inriktningar på en kommande FoU-verksamhet.

Chalmersprojektet innebär en klar inriktning mot fluidiserade bäddar, ett väl-definierat område. Då redan projekt är planerade inom området, kan för brukarna/intressenterna, resultat inom ett angeläget FoU-område snabbt förväntas.

KTH/SU-lokalisering förväntas ge en något annorlunda inriktning och där för brukarna/intressenterna viktiga resultat ligger längre fram i tiden. Verksamheten förväntas dessutom få en mer grundforskningsmässig inriktning mot bland annat oxidation/korrosion än CTH-projektet.

Lokaliseringen till Volvo Flygmotor i anslutning till ett eventuellt sprutförningscentrum förväntas i likhet med CTH-projektet få en tillämpad inriktning. Intresseområdet skulle i detta fall huvudsakligen vara korrosion i gasturbiner.

Motivet för att förlägga ett centrum enligt något av de tre förslagen, bestäms till stor del av hur man vill prioritera behoven inom de kommande satsningarna på kraft- och värmeproduktion i Sverige. Även om man beslutar att satsa huvudsakligen på någon av de föreslagna lokaliseringarna skall detta inte utesluta att även andra institutioner inom landet skall få del i statliga medel för FoU inom korrosion/erosion.

5.1 Slutsatser

1. Vill man prioritera korrosionsproblem inom ett väl definierat och angeläget område som fluidiserade bäddar, bör Chalmersprojektet stödjas.
2. Vill man prioritera FoU med anknytning till högtemperaturkorrosionsproblem av mera fundamental karaktär, och vars resultat ligger längre fram i tiden, bör en KTH/SU-lokalisering förordas.
3. Vill man prioritera området högtemperaturkorrosion i gasturbiner samt tillämpningar med temperatur- och korrosionsskyddande skikt, bör man arbeta på att förlägga centrumet till Volvo Flygmotor AB, Trollhättan.

6 Referenser

- [1] Ekström, Thommy. "Avancerade högtemperaturmaterial", NUTEK, 1991.
- [2] Gudmundsson, Bengt, "Sprutformade ytbeläggningar och konstruktionsmaterial", NUTEK, 1991.
- [3] Holmberg, Ulf. "Högtemperaturmaterial", STEV, 1990.
- [4] Holmberg, Ulf. "Materialforskning", STU, 1986.
- [5] "Utredning rörande Pulvertekniskt centrum i Stockholm", Stockholm, April, 1990.