

Organization: Division of Engineering Materials
Department of Management and Engineering
Linköping University

Organization number: 202100-3096

Project leader: Associate Professor Ru Peng
+46 13 281161, +46 734 607129
ru.peng@liu.se

Co-applicants: Professor Sten Johansson, Linköping University
Dr. Xin-Hai Li, Siemens Industrial Turbomachinery AB

Project: Extension of ongoing project KME-703

Title: Durable MCrAlX coatings for demanding applications in gas turbines

Nya ytbeläggningar av MCrAlX-typ för krävande gasturbintillämpningar

Summary:

With the start of KME-703, the project on durable MCrAlX coatings for demanding applications in gas turbines now enters its second phase. KME-703's budget was based on that a prospect PhD student with stipend from China Scholarship Council would work in the project. Due to a very hard competition the student failed to receive the stipend; we therefore seek extra funding for engaging a regular PhD student. The extra funding will also enable two new tasks, evaluating the function of the new MCrAlX as bondcoat in TBCs and component tests as well as evaluations, to be carried out by SIT. This application contains mainly information about to the extension. Description of the whole project is referred to the appended KME-703 application. It should be noted that knowledge gained in the project is also useful for other applications in the energy sector than specific gas turbines, as oxidation and corrosion are generic problems for metallic components used in a high temperature environment.

Projektet nya ytbeläggningar av MCrAlX-typ för krävande gasturbintillämpningar går nu in i Fas II i och med starten av KME-703. KME-703 har budgeterats utifrån att en blivande doktorand med stipendium från Kinesiska stipendierådet skulle arbeta i projektet. Emellertid lyckades denna student inte med att i mycket hård konkurrens erhålla stipendiet; vi söker därför extra medel för att kunna utlysa en traditionell doktorandanställning i projektet. Med ett utökat naturabidrag kommer även provning för att kvalificera de nya MCrAlX materialen

som bindsikt i TBC och komponenttest samt dess utvärdering att ingå. Denna ansökan innehåller främst information om utökningen. Beskrivning av hela projektet hänvisas till bifogad ansökan för KME-703.

Det bör noteras att oxidation och korrosion är generiska problem för metallkomponenter som används i högtemperaturmiljöer och de kunskaper som förvärvats i projektet är också användbart för andra tillämpningar inom energisektorn än specifikt gasturbiner.

Motivation for the extension of KME-703

Då hållbar utveckling har blivit en viktig princip för vårt samhälle, har energiproducerande organisationer ställts inför ökade krav från samhället för en effektivare energi användning, minskade utsläpp och användning av en större andel förnybar energi såsom vindkraft, solenergi, vattenkraft och biomassa. Detta leder till ökade behov av industriella gasturbiner för att tillfredsställa bl.a. ett ökat reglerbehov som för att öka verkningsgraden arbetar vid högre temperaturer på ett mer flexibelt sätt när det gäller typ av bränsle och frekventa start/stopp. Ett forskningsprojekt som behandlar MCrAlX-ytbeläggningar, där X avser legeringselement av typen sällsynta jordartsmetaller, har startat under 2010 på initiativ av Siemens Industrial Turbomachinery i Finspång (SIT) med Linköpings universitet (LiU) som partner. Projektet syftar till att utveckla nya hållbara MCrAlX-ytbeläggningar som kommer att optimeras för tillämpningar inom landbaserade gasturbiner av medelstorlek med ökad driftflexibilitet. Fas I av projektet som delvis finansierades av svenska Energimyndigheten avslutade i 2014. Som Fas II av projektet, KME-703 kommer att fokusera på:

- Ytligare karakterisering av mikrostruktur och egenskaper hos de två ytbeläggningar som utvecklats inom KME503 och 520.
- Studier av termomekanisk utmattning (TMF) vilket är viktigt för att beskriva gasturbindrift med frekventa start/stopp cykler.
- Vidareutveckling och validering av den framtagna oxidations-diffusionsmodellen i Fas I med hänsyn till användning vid utveckling av ytbeläggningar för industriella tillämpningar.
- Optimering och test av andra MCrAlX legeringar framtagna i Fas I baserade på funna lovande egenskaper.

Liksom KME-503, har KME-703 utformats som ett doktorand projekt och LiU:s budget, 2 185 141 kronor (beviljad 2 167 141 kronor), har uppskattats utifrån att en blivit doktorand med stipendium från Kinesiska stipendierådet (CSC), skulle engagera sig i projektet. I den föregående fasen, har KME-503 framgångsrikt genomförts med insatser från en CSC doktorand. Ansökningen av den nya doktorandkandidaten till CSC fanns inte med i vår KME-703 ansökan eftersom vi tyckte att stipendier från ett främmande land inte omfattades av den typ av finansiella stöd som bör tas upp i en ansökan till svenska Energimyndigheten. Emellertid misslyckades denna kandidat med i en mycket hård konkurrens att erhålla CSC stipendium. Vi anholder därför i denna ansökan om att få tilläggsfinansiering, 960 kkr, för att täcka de utökade kostnaderna i samband med inrättandet av en vanlig doktorandtjänst i projektet.

Den extra finansieringen gör att vi kan engagera en vanlig doktorand i projektet. En uppenbar fördel med detta kan ses i det långa loppet. En CSC stipendiat, t.ex. doktoranden i KME-503 projektet, är tvungen att återvända till sitt hemland efter avslutad utbildning. Å andra sidan, finns det ingen sådan begränsning för en doktorand som finansieras med projektmedel. Han eller hon kommer förmodligen söka anställning inom den svenska industrin efter disputation.

Kompetens och expertis som denna doktorand förvärvats från forskarutbildningen kan således på ett bättre sätt komma svenska företag till godo.

Den extra finansieringen kommer också att bidra med mervärde till projektet genom utökade in kind bidrag från SIT. SIT kommer således att utöka sin budget med 1 440 kkr för att matcha LiU:s ökade budget. Detta innebär att två nya uppgifter, provning av T7 på bindsikt och T8 som komponenttest (numrerade i den ordning som i KME-703), kan genomföras av SIT i denna utökning av projektet. Som beskrivs nedan, kommer egenskaper hos de nya ytbeläggningarna som bindsikt i TBC-systemet att utvärderas vilket också är ett minst lika viktigt tillämpningsområde av MCrAlX. Dessutom kommer MCrAlXs anpassningsförmåga på verkliga komponenter att utvärderas. Allt detta är viktiga uppgifter vid produktionen av forskningsresultat för industriella tillämpningar.

Background

Uppgift T7 kommer att fokusera på att testa och karakterisera två nya MCrAlX beläggningar från fas I, med avseende på deras prestanda som bindsikt i TBC system under termisk utmattning (TCF).

Ett TBC-system består typiskt av ett keramiskt toppskikt med låg värmeledningsförmåga, ett metalliskt substrat och ett metalliskt bindsikt som förenar toppskiktet med det metalliska substratet. Toppskiktet fungerar som termisk isolering, vilket i kombination med inbyggda kylkanaler i komponenten, kan kraftigt sänker yttemperaturen på det metalliska substratet med 100-300 ° C genom den temperaturgradient som skapas. Bindsiktet fungerar inte bara som bindemedel till det toppskiktet men ger också skydd mot oxidations- och korrosionsangrepp på substratlegeringen genom att ett skyddande oxidskikt (TGO) vid gränssnitt till toppskiktet växer fram. Tillväxten av TGO under gasturbindrift ökar dock spänningarna mellan de olika strukturella lagren i TBC-systemet. Buckling och flagring av det övre keramiska skiktet sker slutligen på grund av de stora de termiska spänningar som utvecklas under kylningen från hög temperatur, dvs under stoppfasen av gasturbinen. MCrAlX-ytbeläggningarna som utvecklats i KME-503 och 703 är avsedda för separat användning som metalltoppskikt eller som bindsikt i ett TBC-system. Hittills har provningar och utvärderingar på MCrAlX som planerade i KME-703 fokuseras på deras beteende som toppskikt. Även om många resultat också är av betydelse för tillämpningen av ytbeläggningar som bindsikt, kan interaktioner mellan keramtoppskiktet och MCrAlX-bindsiktet under TCF bara att studeras i ett TBC-system. MCrAlX skiktets beteende är i detta sammanhang kritiskt för TBC systemets livslängd.

Uppgiften T8 är avsedd att utvärdera prestanda hos de två nyutvecklade MCrAlX ytbeläggningarna som toppskikt på verkliga komponenter, vilket är nästa steg i verifieringen av forskningsresultat för industriella tillämpningar. Provning och karakterisering i KME-503 och 703 har utförts eller kommer att göras på laboratorieprovkroppar som inte bara har olika geometri, men också, på grund av annan tillverkningsmetod, har olika ytstruktur och skilda mekaniska egenskaper i förhållande till komponenter. Inverkan av dessa skillnader kommer att analyseras. Dessutom kommer utvärdering att göras på vanliga industriella metoder för sprutning av MCrAlX ytbeläggningar på komponenter, nämligen luftplasma-sprutning (APS), lågtrycksplasma-spray (LPPS), och höghastighets oxy-fuel sprutning (HVOF). Kunskapen från T8 kommer att bidra till ytterligare optimering av ytbeläggningens hållbarhet.

Delmål

D7 Egenskaper av de två nya MCrAlX materialen från Fas I som bindskikt i TBC

D8 Rapport om komponenttest och utvärdering

Genomförande

Projektarbetet i denna utökning fokuserar på följande uppgifter

Task 7 Utvärdering av bindskiktsfunktion för de utvalda MCrAlX från Fas I

(2015-01 tom 2017-12)

T7.1 Sprutning av TBC provkroppar med de nya bindskikten och ett referensbindskikt (SIT)

T7.2 TCF provning på TBC provkroppar (SIT)

T7.3 Analys av TCF-testade provkroppar (SIT, LiU)

T7.4 Utvärdering av resultat från T7.2 och T7.3 (SIT)

Task 8 Komponenttest och utvärdering

(2015-06 tom 2018-04)

T8.1 Val av komponent och framtagning av försöksplan med resultat från T1 i KME-703 som input (SIT)

T8.2 Sprutförsök med APS, HVOF och LPPS(SIT)

T8.3 Utvärdering av kvalitet hos MCrAlXs med mikroskopi och 3D skanning (SIT)

T8.4 TCF-provning av komponenter inkl. utvärdering (SIT)

Industriell referens och finansiering

SIT och LiU kommer att aktivt samarbeta i projektet.

Budget LiU, SKr

	Lön	Konsult	Utrustning	Material	Laboratorie	Dator	Resor	Övrigt	Indirekta	Summa
2014										
2015	217 970								63 212	281 182
2016	222 331								64 476	286 807

2017	226 779								65 766	292 545
2018	77 105								22 360	99 465
Summa	744 185								215 815	960 000

Budget SIT, SKr

	Lön	Konsult	Utrustning	Material	Lab.resurs	Dator	Resor	Övrigt	Indirekta	Summa
2014										
2015	100 000	50 000		60 000	30 000					240 000
2016	120 000	80 000		70 000	30 000				100 000	400 000
2017	150 000	100 000		100 000	40 000				100 000	490 000
2018	80 000	80 000		50 000	20 000				80 000	310 000
Summa	450 000	310 000		280 000	120 000				280 000	1 440 000

Totalt budget, SKr

	2014	2015	2016	2017	2018	SUMMA
Lönekostnad		317 970	342331	376779	157105	1 194 185
Konsultkostnad		50 000	80000	100000	80000	310 000
Utrustning						
Material		60 000	70000	100000	50000	280 000
Laboratoriekostnad		30 000	30000	40000	20000	120 000
Datorkostnad						
Resor						
Övrigt						
Indirekta kostnader		63 212	164476	165766	102360	495 815
SUMMA		521 182	686 807	782 545	409 465	2 400 000