



KORROSIONSCENTRALEN ATV  
PARK ALLÉ 345 · DK 2605 BRØNDBY  
TELEFON 02 63 11 00

## KORROSIONS- OG SLIDEGENSKABER AF LASERPÅSVEJST STELLITE 6B

af

*Birgit*

B. Sørensen \*, M.Johansson \*\*, H.Engström \*\* og C.M.Hansson \*

\* Korrosionscentralen ATV, Park Alle 345, DK-2605 Brøndby, Danmark.

\*\* Det tekniske Universitet i Luleå, S-951-87, Luleå, Sverige.

## KORROSIONS- OG SLIDEGENSKABER AF LASERPÅSVEJST STELLITE 6B

af

B. Sørensen\*, M.Johansson\*\*, H.Engström\*\* og C.M.Hansson\*

\* Korrosionscentralen ATV, Park Alle 345, DK-2605 Brøndby, Danmark.

\*\* Det tekniske Universitet i Luleå, S-951-87, Luleå, Sverige.

Samt Lappeenranta Oslo SVC

### ABSTRACT

Påsvejsning (Cladding) er en proces der anvendes til at påføre et emne et slid- eller korrosionsbestandigt overfladelag. I praksis er mange apparatdele udsat for samtidig slid og korrosionspåvirkning, og resultatet kan være en synergistisk snarere end en simpel additiv effekt.

I undersøgelsen er foretaget sammenlignende forsøg med laser påsvejet Stellite 6B, TIG påsvejet Stellite 6B og plademateriale i Stellite 6B. Der er lavet undersøgelser af mikrostruktur og sammensætning samt slid- og korrosionsegenskaber i kunstigt havvand. De relative bidrag af korrosion og mekanisk slid samt de faktorer, der har indflydelse herpå, bliver diskuteret.

### I. INTRODUKTION

Laser cladding eller hardfacing er en relativ ny teknik til at pålægge slid- og korrosionsbestandige overfladebelægninger. Processen har en række fordele frem for traditionelle teknikker til pålægning af sådanne belægninger, bl.a. et lavt og velkontrolleret varmeinput. Dette muliggør påsvejsning af tynde belægninger af høj kvalitet. Processen kan automatiseres og imødekommer de krav, der stilles til moderne produktionssystemer /1/. Der kan opnås væsentlige besparelser ved fremstillingen sammenlignet med konventionelle metoder, f.eks. halvautomatisk TIG påsvejsning /2/. Skønt emner med påsvejste belægninger ofte udsættes for samtidig slid og

korrosiv påvirkning, hvor effekten snarere kan være synergistisk end simpelt additiv, bliver slid- og korrosionsegenskaberne oftest undersøgt hver for sig. Formålet med det her rapporterede projekt har derfor været at undersøge effekten af samtidig slid og korrosion på laser påsvejt Stellite 6B. Til sammenligning blev tilsvarende undersøgelser udført på TIG-påsvejt Stellite 6B samt Stellite 6B plade.

Til undersøgelserne er en "pin-on-disc" friktions- og slidtestmaskine blevet modificeret med en elektrokemisk celle, således at måling af disc'ens korrosionsforhold under slidpåvirkning i en væske er blevet muliggjort.

## II LASER PÅSVEJSNINGSPROCESSEN

Prøver af ulegeret stål SS 1312 (AISI 1020) med dimensionen 50x50x5 mm blev påsvejt Stellite Alloy No. 6B pulver Grade W (150/45  $\mu\text{m}$ ). Pulvertil-sætningen er sket enten ved "bed-on-plate", dvs. hvor pulveret anbringes på overfladen af emnet og derefter opsmeltes med laseren, eller ved pulverinjektion, se fig. 1. Til pulverinjektion er anvendt et konventionelt pulverdoseringsapparat til plasmaspøjtning.

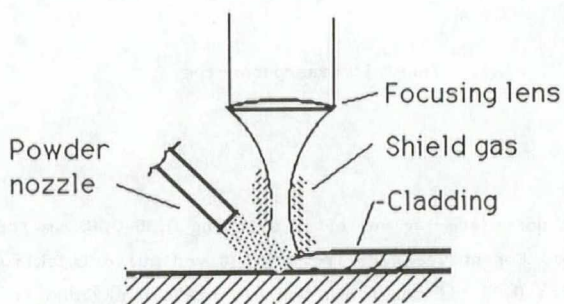


Fig. 1. Skematisk fremstilling af laserpåsvejsning ved pulverinjektion.

"Bed-on-plate" prøveemner blev fremstillet med en 2,5 kW transversal flow CO<sub>2</sub>-laser, som giver en laserstråle af typen multi-mode, high order. Både denne laser, men med en "output coupler", som giver en ring mode energifordeling af laserstrålen, samt en hurtig axial flow 1,5 kW CO<sub>2</sub>-laser, som giver en TEM<sub>01</sub> energifordeling, er blevet brugt til fremstilling af prøveemner med pulverinjektion. Tabel I viser de i projektet anvendte laserparametre.

	BED-ON-PLATE	PULVERINJEKTION	
Energifordeling i laserstrålen	High order	TEM <sub>01</sub>	Ring mode
Energitæthed, W/cm <sup>2</sup>	19,3-12,5-30,8	15,1	23,1
Energiinput pr. længdeenhed, J/mm	76 - 180	126-175	185-300
Energitæthed, J/mm <sup>2</sup>	31 - 59	45-64	67-109
Overlap, %	43, 50, 55	56,60,63	56
Beskyttelsesgas, l/min	Ar, <5	N <sub>2</sub> , 8	N <sub>2</sub> , 8
Pulvertykkelse, mm	0,75	-	-
Pulver tilførselshastighed, g/s	-	0,57-0,67	1,8

Tabel I: Laserparametre

Tykkelsen af det påsvejste lag var efter slibning 0,36-0,40 mm for "bed-on-plate" prøveemner. For prøveemner, fremstillet ved pulverinjektion varierede tykkelsen fra 0,30 til ca. 1 mm. Denne variation skyldes forskelle i tilførselshastigheden af pulver samt brugen af forskellige scanhastigheder.

### III EKSPERIMENTELLE PROCEDURER

#### IIIa. Sammensætning og mikrostruktur

Mikrostruktur og sammensætning af belægningerne blev undersøgt ved hjælp af optisk- og elektronmikroskopi samt ved energidispersiv røntgenanalyse. Hårdheden blev målt såvel på overfladen som på tværsnit.

#### IIIb. Korrosion- og slidtest

Til måling af samtidig slid- korrosionspåvirkning blev anvendt en konventionel "pin-on-disc" friktion og slidtestmaskine i hvilken prøven er udformet som en flad, roterende skive. En stationær pin presses mod disc'en med en veldefineret kraft, i en afstand af 10 mm fra disc'ens centrum. Den anvendte pin er afsluttet i en sfærisk  $\text{Si}_3\text{N}_4$  spids, med en radius på 4,6 mm.

*kuglelejekugle*

Maskinen er blevet modificeret med en elektrokemisk celle. Som illustreret skematisk i fig. 2, består den elektrokemiske celle af en cylinder, som er fastgjort direkte på disc'en. Cellen er forsynet med en platin modelektrode, samt et kapillarrør til en calomel referenceelektrode. Som elektrolyt blev ved forsøgene anvendt syntetisk havvand, som cirkuleres gennem cellen ved hjælp af en pumpe.

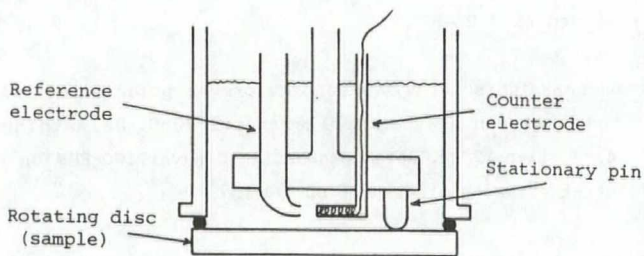


Fig. 2. Skematisk fremstilling af "pin-on-disc" slidmaskine med elektrokemisk celle.

De uafhængige variable er belastning, omdrejningshastighed, væsketemperatur og elektrokemisk potentiale (eller korrosionsstrøm). De afhængige variable er friktionskraft og korrosionsstrøm (eller elektrokemisk potentiale). Alle parametre registreres kontinuert.

Indledningsvis blev indflydelsen af rotationshastighed og belastning på korrosionsstrømmen undersøgt.

For at isolere de individuelle effekter af slid og korrosion, samt for at kunne beskrive graden af synergisme involveret i nedbrydningsprocessen, blev følgende forsøg dernæst udført: (i) korrosionsforsøg ved bestemmelse af polarisationsforløbet; (ii) potentiostatiske forsøg hvor korrosionsstrømmen ved +100 mV blev målt som funktion af temperatur; (iii) slidtest under hvilke prøveemnet blev holdt på et katodisk potential for at forhindre et korrosivt bidrag samt (iv) kombineret slid og korrosionstest, ved hvilket prøven blev påtrykt et anodisk potential.

Ved korrosionsforsøgene blev anvendt en elektrokemisk celle, der blev monteret ovenpå prøven, og fyldt med kunstigt havvand. Prøven blev holdt på et elektrokemisk potentiale på -650 mV vs. mættet calomel elektrode (SCE) i en time, for at reducere en eventuel overfladefilm. Dernæst fik det frie korrosionspotentiale lov til at stabilisere sig i ca. 1 time. Prøveemnet blev derefter polariseret anodisk fra det frie korrosionspotentiale til +700 mV SCE i step på 10 mV, med en hastighed på 10 mV/min (i overensstemmelse med ASTM G5-82).

Ved slidtest under katodisk beskyttelse blev prøven polariseret til -800 mV SCE. Væsketemperaturen blev kontrolleret til 30°C. Belastningen på pin'en var 2, 4, 8 eller 12 kg. Rotationshastigheden var 100 RPM og forsøgene blev afsluttet efter en slidlængde på 1 km.

Kombineret slid- og korrosionstest blev udført under identiske betingelser, blot ved et anodisk potential på -200 mV SCE.

## IV RESULTATER OG DISKUSSION.

### IVa. Sammensætning og mikrostruktur

Mikrostrukturen af laser påsvejst Stellite 6B (28,3Cr, 4,5W, 2,2Fe, 2,0Ni, 1,2C, 0,1Si, bal Co) er meget fin, dendritisk. Et typisk eksempel på mikrostrukturen af en prøve fremstillet med pulverinjektion ses i fig 3a. Mellem de primære dendritter af FCC coboltbaseret fast opløsning ses et eutektikum af  $M_7C_3$  karbider og coboltfase /3/. Karbiderne består hovedsageligt af kromkarbider, med sammensætningen  $(Cr_{0,85}, Co_{0,14}, W_{0,01})_7C_3$  /4/. Dendritterne er orienteret vinkelret på størkningsfronten. Vækstretningen fortsættes i det efterfølgende laserspor som det kan ses på fig. 3a.

Fig. 3b viser resultaterne af mikrohårdhedsmålinger og EDX-analyse for jernindhold i et tværsnit af belægningen. Mikrohårdhedsmålingerne viser, at den mørke zone med en grovere mikrostruktur har en mindre hårdhed end den finere dendrittiske struktur. Jernindholdet er mindre end 10 w/o. Overgangen mellem substrat og belægning ses som et brat fald i jernindholdet.

Fig. 4a viser den mørkere zone mellem to laserspor. I denne zone er dendritterne grovere, og i overgangen mellem denne zone, og zonen med det først størknede materiale ses en forøgelse i jernindholdet. EDX analysen i fig. 4b viser, at der er et forøget jernindhold i det først størknede materiale i det andet spor. Dette fænomen kan skyldes, at det pres, som pulverstrømmen og bægassen udøver på det opsmeltede materiale fra substrater, får dette til at flyde op langs kanten af det foregående laserspor. Under det først størknede materiale er der ligeledes en zone med grove dendritter. Metallet er antageligt delvist genopsmeltet, således at dendritterne har kunnet vokse yderligere i den eutektiske smelte. Under den delvist opsmeltede zone er der en varmpåvirket zone med grove karbider.

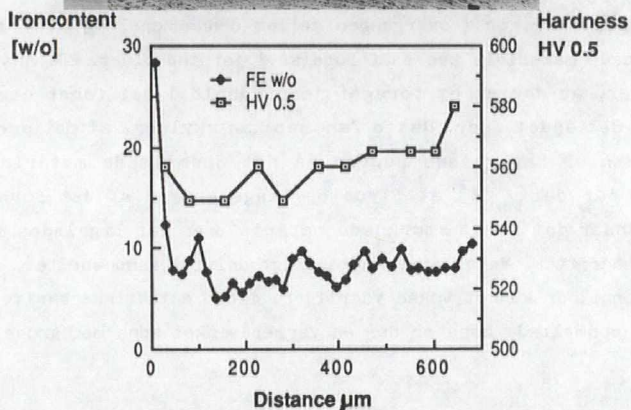
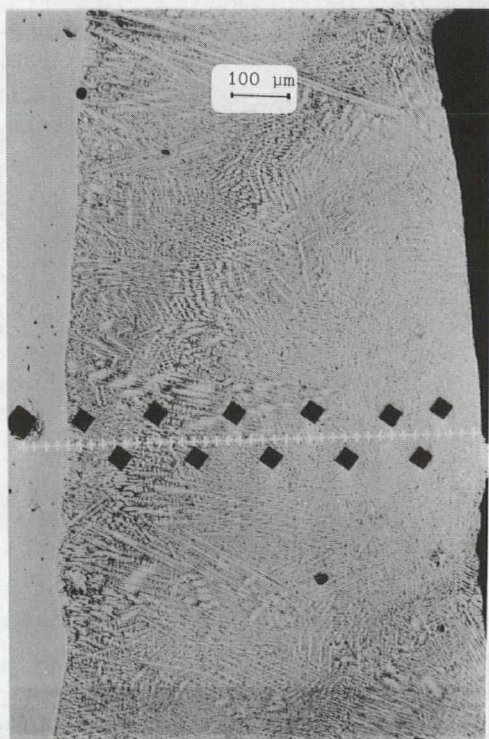


Fig. 3. Laserpåsvest Stellite 6B (pulverinjektion). (a) Foto af tværsnit, der viser mikrohardhedsmålinger og analysepunkter. (b) EDX-analyse af jernindhold og mikrohardhedsmålinger fra substrat og til overfladen.

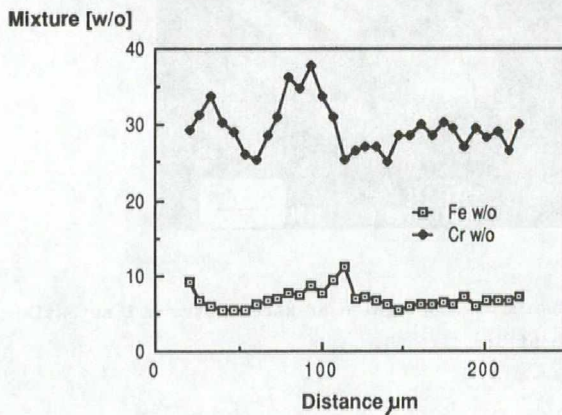
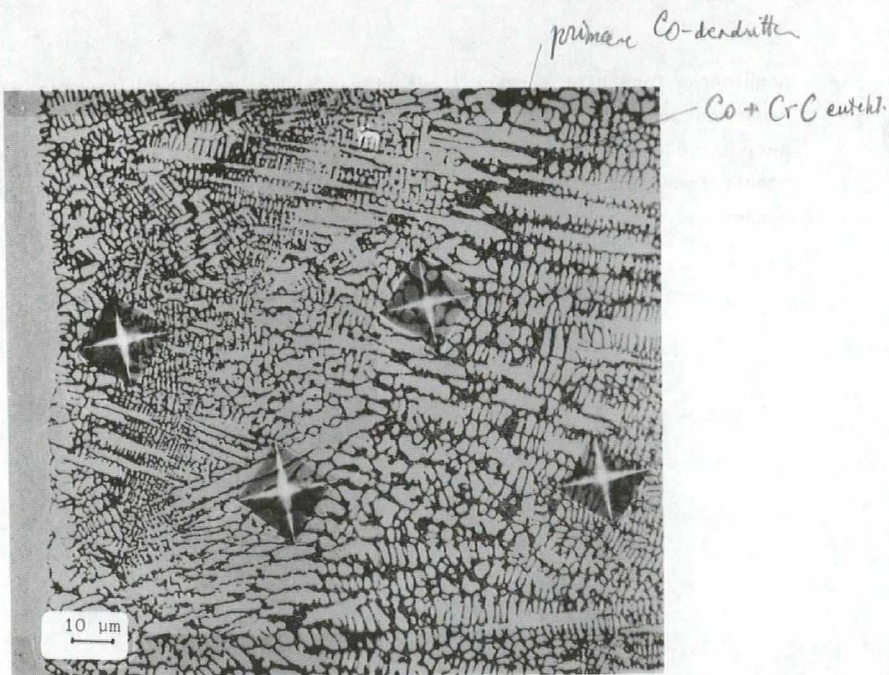


Fig. 4. (a) Forstørrelse af overlap-området af to på hinanden følgende laserspor fra fig. 3(a). (b) EDX-analyse af krom- og jernindholdet over området mellem to spor.

Karbiderne former et netværk i eutektiket med en fiskebensstruktur. Fig. 5 viser en transmissionsmikroskopoptagelse heraf. Øverst ses karbidnetværket, og nedenunder dette er der en tynd folie af cobolt matrix. Linjerne i cobolt fasen er stablefejle i FCC strukturen /5/. Samme strukturer er opnået med begge lasere med pulverinjektion.



Fig. 5. Transmissionsmikroskopoptagelse af karbidnetværk i eutektiket i laserpåsvejst Stellite 6B.

Ved "bed-on-plate" processen fremkommer en lignende struktur som beskrevet ovenfor, dvs. en fin, dendritisk struktur med styrkningsretning fra substratet og ud mod overfladen. Hårdheden er i middel  $550 \text{ HV}_{0,5}$  for belægninger med et energiinput på  $110 \text{ j/mm}$  eller mindre. For belægninger

fremstillet med højere energiinput bliver belægningerne blødere, med hårdheder mindre end 500 HV<sub>0,5</sub>. Endvidere forøges koncentrationer af jern i belægningen når energiinputtet forøges. Det skal imidlertid bemærkes, at for pulverinjektion vil et højere energiinput blot resultere i at mere pulver opsmeltes, og dermed i tykkere belægninger med mindre jernindhold.

Når lave energiinput anvendes ved "bed-on-plate" processen, kan der opstå revner under størkningen. I overgangen mellem to spor dannes små revner, og eutektiket mangler næsten helt i området mellem dendritarmene, antageligt p.gr.a. størkningssvind. Det optimale varmeinput for den aktuelle pulvertykkelse synes at være ca. 110 J/mm, ved hvilken værdi der ikke dannes revner og hvor den resulterende belægning udviser stor hårdhed.

Til sammenligning blev der fremstillet belægninger af Stellite 6B ved TIG-påsvejsning. Før påsvejsningen blev substratet slebet og forvarmet til 250-300°C. Påsvejsningen blev udført med 130-180 A, hvorefter prøverne blev langsomt afkølet for at undgå revnedannelse.

I projektets forløb blev der fremstillet 2 prøveserier med TIG påsvejsning. I den første prøveserie var jernindholdet i belægningerne 20-35%. Disse emner blev anvendt til korrosionsforsøg, undersøgelse af mikrostruktur samt de indledende slidforsøg. Til den afsluttende serie slidforsøg blev fremstillet en ny prøveserie. Jernindholdet i disse belægninger var p.g.a. at en større lagtykkelse på sammen niveau som for de laserpåvejste belægninger, nemlig ca. 10%. Det skal bemærkes, at det for at opnå en så forholdsvis beskeden opblanding med substratet var nødvendigt at påsvejses ca. 3 mm belægning. Mikrostrukturen af TIG-påvejste belægninger er væsentligt grovere end af laserpåvejste belægninger, se fig. 6. Dette i forening med den større opblanding med substratet fører til en lavere hårdhed, nemlig 300-440 HV for TIG påsvejst sammenlignet med 490-570 HV for laser påsvejst. Fig. 7 viser resultaterne af mikrohårdhedsmålinger og EDX-analyse for jernindhold i en TIG-påvejst belægning. Jernindholdet varierer mellem 18% og 35% med et aftagende jernindhold ud mod overfladen.

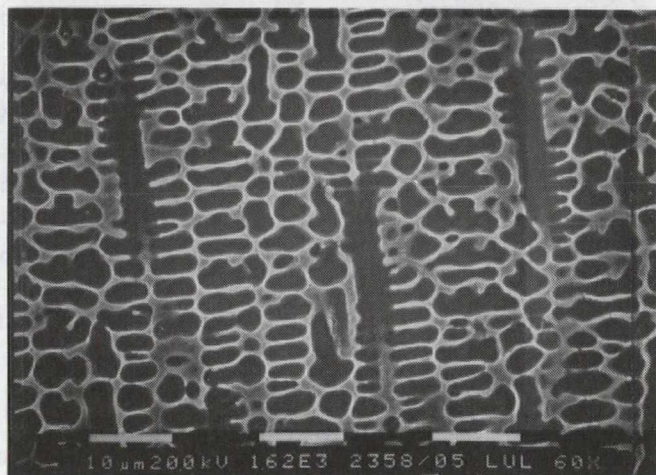
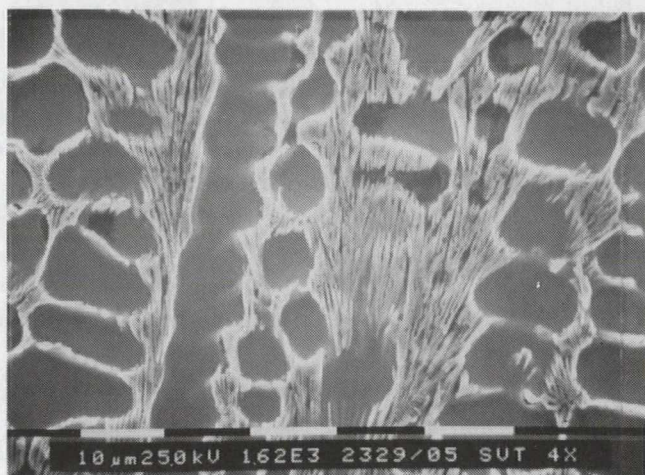


Fig. 6. Mikrostruktur af henholdsvis TIG- (øverst) og laserpåvejst Stellite 6B. 1600 X.

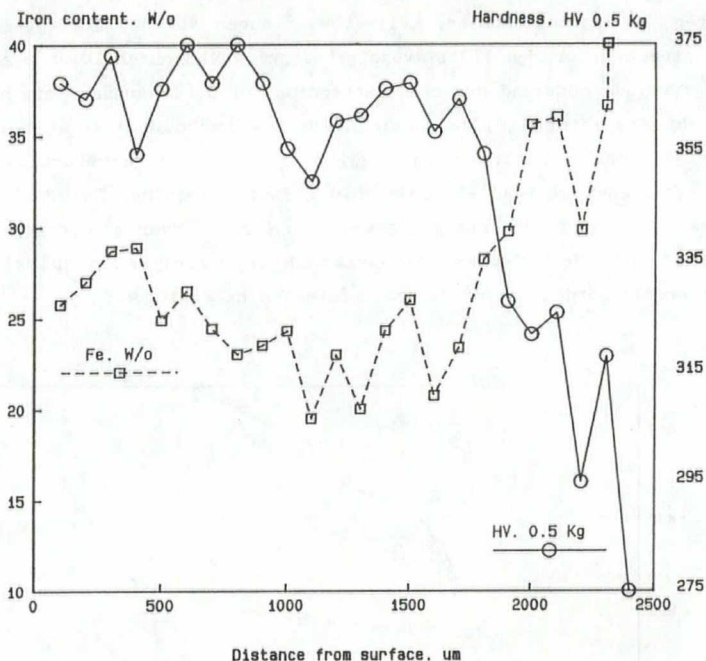


Fig. 7. EDX analyse af jernindholdet samt mikrohardhedsmåling på tværsnit i TIG-påvejst belægning af Stellite 6B.

#### IVb. Korrosionsforsøg

Korrosionsegenskaberne af de laserpåvejste belægnings er særdeles reproducerbare. En typisk polarisationskurve er vist fig. 8 sammen med et eksempel på polarisationskurver for en TIG påvejst belægning samt for plademateriale af Stellite 6B. Samtlige prøver har en passiv strømtæthed på ca.  $5 \times 10^{-3}$  A/m<sup>2</sup>. Det skal bemærkes, at passivstrømmen for den TIG påvejste belægning er nær identisk med passivstrømmen af de to øvrige prøver, selvom jernindholdet er ca. 30 w/o i den TIG påvejste belægning mod 7-10 w/o i de laserpåvejste belægnings og ca. 2% i pladematerialet.

På den anden side set udviser plademateriale samt laserpåvejst materiale ingen tegn på spaltekorrosion, hvilket er årsagen til den kraftige stigning i strømmen for den TIG påvejste belægning ved potentialer over 150 mV. Den forøgede modstand mod spaltekorrosion for de laserpåvejste belægnings skyldes antageligt dels det lavere jernindhold, dels at den ekstreme høje afkølingshastighed undertrykker dannelsen af kromkarbider, og dermed efterlader et højere kromindhold i fast opløsning. En adskillelse af disse to effekter vil være mulig ved at udføre tilsvarende forsøg på de sidst fremstillede TIG-påvejste belægnings, hvor jernindholdet er i samme størrelsesorden som på de laserpåvejste belægnings.

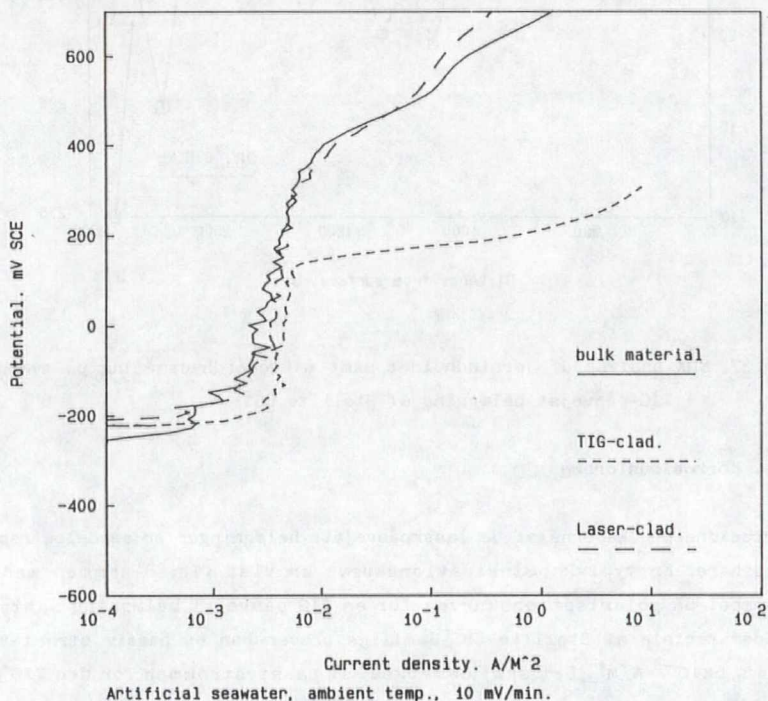


Fig. 8. Anodiske polarisationskurver for laser- og TIG-påvejst Stellite 6B samt plademateriale af Stellite 6B i kunstigt havvand ved stuetemperatur.

Forsøg med potentiostatisk polarisation blev udført ved +100 m SCE med henblik på at undersøge korrosionsforholdene ved varierende temperaturer. Resultaterne fremgår af fig. 9. I den TIG-påvejste belægning blev der initieret spaltekorrosion ved 30°C og korrosionshastigheden steg kraftigt såvel som funktion af tiden som funktion af temperaturen. Dette kan igen forklares som en effekt af kraftig opblanding med substratet. I modsætning hertil udviste pladematerialet samt laserpåvejst Stellite 6B kun en ringe stigning i den generelle korrosionshastighed, og ingen tegn på spaltekorrosion op til 90°C.

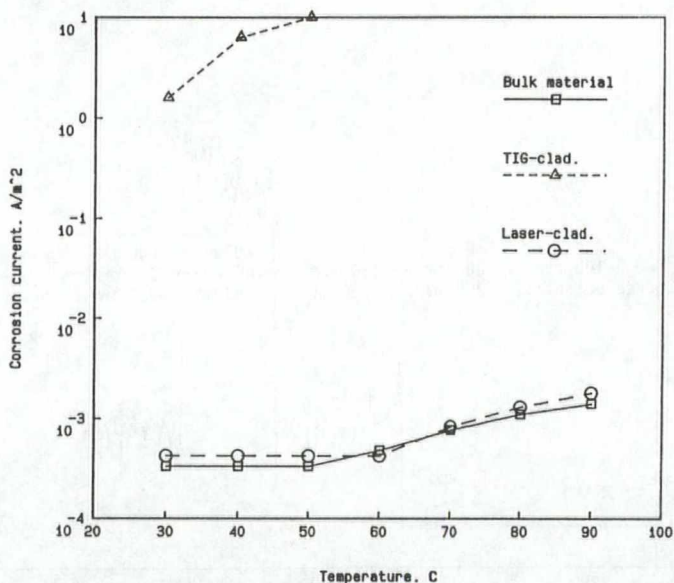


Fig. 9. Korrosionsstrømmen ved +100 mV SCE som funktion af temperaturen.

#### IVc. Kombineret slid og korrosion

Indflydelsen af rotationshastighed og belastning på korrosionshastigheden af laserpåvejst Stellite 6B ses af fig. 10. Når prøven roterer i kunstigt

# Kuglelejetunge af SiN

havvand ved et potential på  $-250$  mV SCE uden belastning blev målt en korrosionsstrøm på  $1,2 \times 10^{-6}$  A, svarende til en generel korrosionshastighed på den  $10 \text{ cm}^2$  store overflade på  $1,2 \times 10^{-3} \text{ A/m}^2$ . Når en belastning på  $500 \text{ g}$  blev pålagt prøven via pin'en, der ender i en  $\varnothing 4,5 \text{ mm}$   $\text{Si}_3\text{N}_4$ -kugle, steg korrosionsstrømmen til ca.  $2 \times 10^{-4}$  A. Denne strømstigning er koncentreret til slidsporet, dvs. til et areal på mindre end  $0,5 \text{ cm}^2$ , hvilket svarer til en strømtæthed på mere end  $4 \text{ A/m}^2$ . Årsagen til denne kraftige stigning i korrosionsstrømmen er, at den mekaniske påvirkning fjerner passivfilmen og dermed muliggør aktiv korrosion i slidsporet.

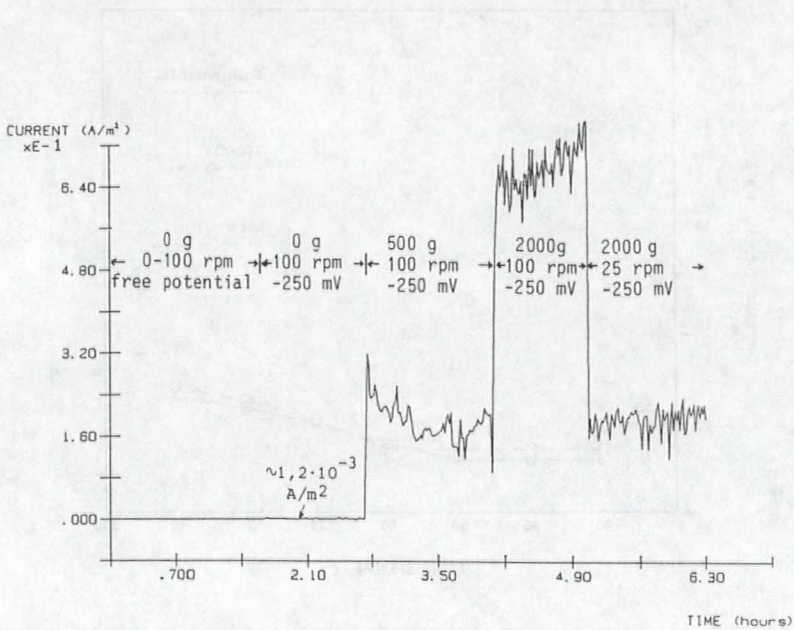


Fig. 10. Korrosionsstrømmen ved  $30^\circ\text{C}$  som funktion af tiden, med de angivne variationer i omdrejningshastighed og belastning.

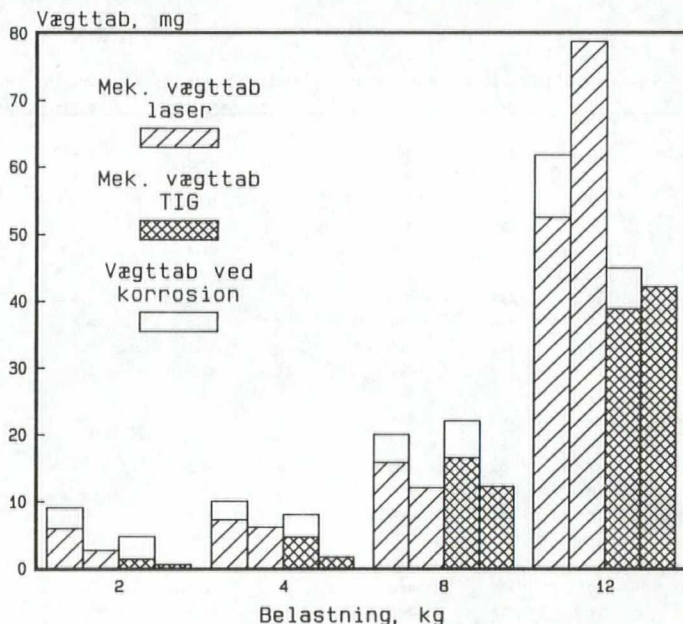


Fig. 11. Vægttab efter 1000 m slidlængde ved 100 RPM.

Resultaterne af slidtest under katodisk beskyttelse samt under samtidig korrosionspåvirkning er opsummeret i tabel II. Fig. 11 viser resultaterne i skematisk form. P.g.a. usikkerheden ved at bestemme vægttab af størrelsesordenen få mg på prøver med en vægt af størrelsesordenen 100 g, blev det totale vægttab beregnet ud fra bredden af slidsporet, under den antagelse at den plastiske deformation er uden betydning samt at sliddet på  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -kuglen er ubetydeligt. Korrosionsbidraget til vægttabet blev beregnet ved at integrere den målte korrosionsstrøm over forsøgsperioden. Det skal bemærkes, at en del af de angivne resultater er enkeltforsøg og man kan derfor ikke se bort fra, at resultaterne kan være påvirket af variation i prøvematerialet.

Proces	Fe indhold wt %	Hårdhed HV 10	Elektrokemisk potentiale,mV	Belast- ning,kg	Totalt vægt- tab, mg	Korr. vægttab,mg	Mekanisk vægttab,mg
Laser påsvejst	10	485	-200	2	9.1	2.8	6.3
- " -	-	-	-200	2	9.1	3.4	5.7
- " -	8	489	-200	4	10.1	2.8	7.3
- " -	7	490	-200	8	20.0	4.1	15.9
- " -	-	-	-200	12	61.8	9.2	52.6
TIG påsvejst	32	297	-200	2	4.8	3.4	1.4
- " -	8	440	-200	4	8.1	3.4	4.7
- " -	7	416	-200	8	22.1	5.5	16.6
- " -	10	419	-200	12	45.0	6.1	38.9
Laser påsvejst	-	-	-800	2	2.5	-	2.5
- " -	-	-	-800	2	3.0	-	3.0
- " -	7	502	-800	4	6.2	-	6.2
- " -	6	-	-800	8	12.1	-	12.1
- " -	6	496	-800	12	78.8	-	78.8
TIG påsvejst	-	-	-800	2	0.6	-	0.6
- " -	10	425	-800	4	1.7	-	1.7
- " -	11	431	-800	8	12.3	-	12.3
- " -	9	420	-800	12	42.2	-	42.2

Tabel II. Resultater af slidforsøg.

Ved slidtest udført ved et påtrykt katodisk potential udviser de TIG påsvejste belægninger generelt bedre slidegenskaber end de laserpåsvejste. Dette er på trods af lavere hårdhed for de TIG påsvejste belægninger og skyldes antageligt, at slidhastigheden ved glidende slid er bestemt af den hårdeste fase, dvs. karbidfasen. Som tidligere nævnt er indholdet af karbider antageligt højest i den TIG påsvejste belægning, p.g.a. den langsomme afkølingshastighed. Den væsentligt grovere struktur kan ligesledes medvirke til denne forskel.

Det skal bemærkes, at erosionsbestandigheden i modsætning hertil er kontrolleret af den blødeste fase /6/, sædvanligvis matrix, og det kan derfor forventes at laser påsvejste belægninger udviser bedre erosionsbestandighed end TIG påsvejste.

Ved kombineret slid og korrosion udviser de TIG påsvejste belægninger ligeledes generelt de bedste egenskaber. En undtagelse er dog forsøget ved 8 kg belastning, hvor den laserpåsvejste belægning slides mindst. Det fremgår af tabellen, at korrosionsbidragene ved det aktuelle potentiale, er ret ens for de to belægningstyper, således at forskellen skal søges i det mekaniske bidrag til nedbrydningsprocessen. Korrosionsbidraget er stigende med stigende belastning, antageligt som følge af et større effektivt kontaktareal.

Ved belastninger i intervallet fra 2 - 8 kg ses en synnergistisk effekt af den samtidige slid- og korrosionsproces, hvilket fremgår af at det mekaniske vægttab (beregnet som differencen mellem det totale vægttab og vægttabet som følge af korrosion) er større, hvis der er en samtidig korrosiv påvirkning, end hvis slidforsøget er udført under katodisk beskyttelse. Ved forsøg udført ved en belastning på 12 kg ses i modsætning hertil en større slidhastighed under katodisk beskyttelse end under forhold med samtidig korrosiv påvirkning.

Under forsøgene er friktionskoefficienten målt. Friktionskoefficienten varierer en del, men den generelle tendens er, at friktionskoefficienten er højere for laserpåsvejste end for TIG-påsvejste belægninger. Endvidere er friktionskoefficienterne generelt lavere ved forsøg med samtidig korrosiv påvirkning end ved forsøg under katodisk beskyttelse. Der er således ingen entydig sammenhæng mellem friktionskoefficient og slidhastighed.

Der kan ikke gives nogen endegyldig forklaring på årsagen til den forstærkende effekt af korrosionsprocessen på slidhastigheden som er iagttaget ved de lave belastning. En mulig forklaring kan dog være dårlige mekaniske egenskaber af passivfilmen end af den rene, metalliske overflade, der er eksponeret ved forsøg under katodisk beskyttelse. En anden mulighed er, at

korrosionsprocessen hovedsageligt koncentrerer omkring karbidpartikler, der derfor lettere vil fjernes ved slidpåvirkningen. Ingen af disse hypoteser tager imidlertid højde for, at den modsatte effekt tilsyneladende gør sig gældende ved en belastning på 12 kg.

## V KONKLUSION

Undersøgelserne har vist, at man ved laserpåsvejsning kan fremstille tynde belægnings (0,3 - 1 mm) uden revner og porer, og med en ringe opblanding med substratet.

Korrosionsegenskaberne i kunstigt havvand af laserpåsvejste belægnings af Stellite 6B er sammenlignet med korrosionsegenskaberne af plademateriale af Stellite 6B og TIG-påsvejste belægnings af Stellite 6B, hvor opblandingen med substratet har været kraftigere end det var tilfældet med de laserpåsvejste belægnings. Korrosionsegenskaberne af de laserpåsvejste belægnings er identiske med pladematerialets, og væsentligt bedre end af de TIG-påsvejste belægnings.

Undersøgelser af slid- og kombinerede slid-korrosionsegenskaber har vist, at slid- og korrosionsprocesserne påvirker hinanden, således at der opstår en synergistisk effekt.

Sammenlignende undersøgelser af slidegenskaberne under glidende slid er udført for laserpåsvejste og TIG-påsvejste belægnings. Undersøgelserne har vist, at slidmodstanden ved de undersøgte betingelser er bedre af TIG-end af laserpåsvejste belægnings, antageligt p.g.a. forskelle i karbidindhold og -fordeling.

## VI ANERKENDELSE

Hermed rettes en tak for den økonomiske støtte til projektet til Nordisk Industrifond, Statens teknisk-videnskabelige Forskningsråd, Sveriges Tekniske Udviklingsråd, Danfos A/S og Brødel & Kjær A/S. Vore kolleger samt samarbejdspartnere fra Svejscentralen (DK), Senter for Industriforskning (N) og det Tekniske Universitet i Lappeenranta (SF) takkes for værdifulde tekniske diskussioner.

## REFERENCIELISTE

- /1/ Koshny, P. "Laser cladding techniques for application to wear and corrosion resistant coatings". SPIE Vol. 527 Applications of High Power Lasers (1985).
- /2/ Blake, A.G. et al. "An example of technical and economic advantages in production laser hardfacing". 4th Int. Conf. on Lasers in Manufacturing, 12-14 May 1987, Birmingham, UK.
- /3/ Corrosion, Metals Handbook, Volume 13, Ninth Edition, pp. 658-668. American Society for Metals, 1987.
- /4/ Hardfacing, Metals Handbook, Volume 6, Ninth Edition, pp. 771-803, American Society for Metals, 1983.
- /5/ Nishiyama, Z. Martensitic Transformation, pp. 48-52, Academic Press, USA, 1978.
- /6/ Preece, C.M. and Hansson I.L.H. "A Metallurgical approach to cavitation erosion", Advances in the Mechanics and Physics of Surfaces, Vol. 1, p. 199. Eds. R.M.Latanision and R.J.Courtel, Harwood Academic Publishers, 1981.

