



STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Duplexa rostfria stål för kraftverkstillämpningar

Spänningskorrosionsprovning i syre- och kloridhaltigt högtemperaturvatten

Anders Molande

Duplexa rostfria stål för kraftverkstillämpningar

Spänningskorrsionsprovning i syre- och klorid-

haltigt högtemperaturvatten

Anders Molander, Studsvik AB

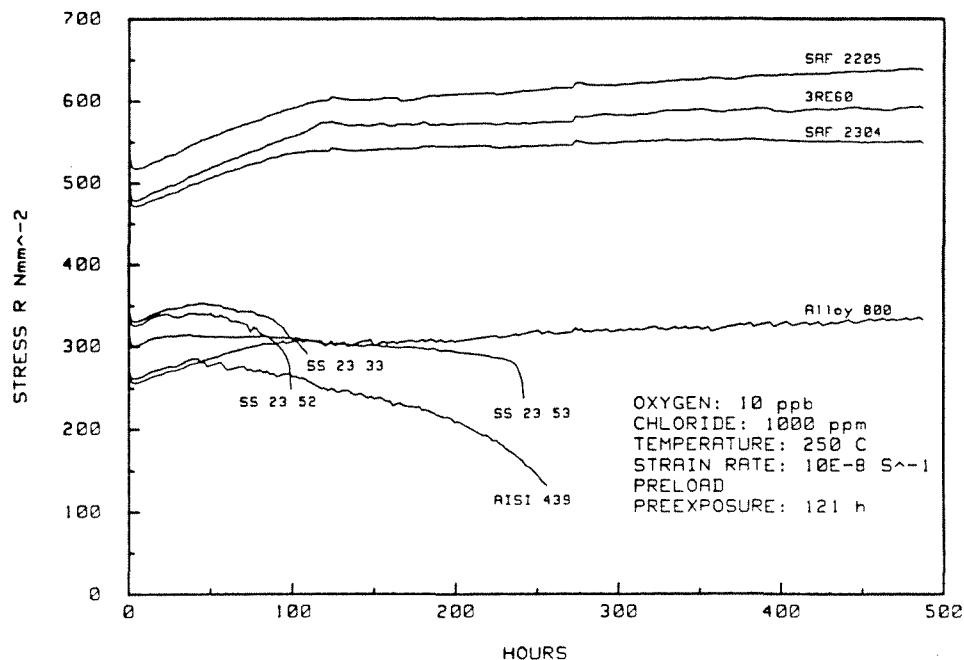
STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
BOX 6405 · 113 82 STOCKHOLM · TEL. 08/ 34 09 80

Augusti 1988
ISSn 0282-3772

DUPLEXA ROSTFRIA STÅL FÖR KRAFT- VERKSTILLÄMPNINGAR

Spänningskorrosionsprovning i syre- och kloridhaltigt högtemperaturvatten

Anders Molander



BEGRÄNSAD DISTRIBUTION

1987-09-15

EX-4738

Värmeforsk M4-606

Anders Molander

DUPLEX STAINLESS STEELS FOR APPLICATIONS IN POWER PLANTS.

Stress corrosion tests in high temperature water containing oxygen and chloride.

SUMMARY

The work presented in this report forms the first experimental part of the project "Duplex stainless steels for applications in power plants" started to investigate how duplex stainless steels can favourably replace conventional materials in power generating equipment. The corrosion resistance of duplex stainless steels are often better than for austenitic stainless steels, but background documentation for power plant applications is limited. The stress corrosion test presented in this report has been performed in the light of these facts.

The test environment was water at 250°C with addition of oxygen to a nominal concentration of 10 ppb and sodium chloride to a chloride concentration of 1 000 ppm. Slow strain rate testing and exposure of corrosion coupons were performed. The following materials were tested: Type 439 (ferritic), Sandvik 3RE60, SAF 2304 and SAF 2205 (duplex), and Type 304, Type 304L, Type 316L and Alloy 800 (austenitic stainless alloys). Corrosion coupons from these alloys and the following steels were also included: St 35 (carbon steel), Type 409 and Type 444 (ferritic), and Sanicro 28 (austenitic stainless steel).

Alloy 800 and SAF 2205 were not attacked by stress corrosion cracking during these conditions. Concerning general corrosion the duplex and the austenitic materials were superior to the ferritic steels.

Approved by



Anders Molander

DUPLEXA ROSTFRIA STÅL FÖR KRAFTVERKSTILLÄMPNINGAR

Spänningskorrosionsprovning i syre- och kloridhaltigt högtemperaturvatten.

HUVUDINNEHÅLL

Projektet "Användning av duplexa rostfria stål för kraftverkstillämpningar" genomförs inom Värmeforsk med syftet att utreda om och hur duplexa rostfria stål kan ersätta konventionella material i kraftverksmiljö. Korrosionsegenskaperna för de duplexa rostfria stålen anses i flera avseenden överlägsna de austenitiska men användningen och erfarenheterna av duplexa rostfria stål i kraftverksmiljö är begränsad. Mot denna bakgrund har i denna rapport redovisad provning utförts.

Provningsen utfördes i vatten vid 250°C med tillsats av syre till en nominell halt av 10 ppb och natriumklorid till en kloridhalt av 1000 ppm. De ingående materialen provades dels med avseende på transkristallin spänningskorrosion genom s k SSRT-provning (eng slow strain rate testing) och dels med avseende på allmän korrosion. Följande material ingick i spänningskorrosionsprovningen: AISI Type 439 (ferritiskt), Sandvik 3RE60, SAF 2304, SAF 2205 (duplexa), SS stål 23 33, SS stål 23 52, SS stål 23 53 och Alloy 800 (austenitiska). I fråga om allmän korrosion provades dessutom St 35 (kolstål), AISI Type 409, SS stål 23 26 (ferritiska) och Sanicro 28 (austenitiskt).

SAF 2205 och Alloy 800 uppvisade ej någon spänningskorrosion under den utförda provningen. I fråga om allmän korrosion var de duplexa och austenitiska rostfria stålen överlägsna övriga material.

Godkänd av



1987-09-15

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sid</u>
1 INLEDNING	1
2 EXPERIMENTELLT	2
2.1 Utrustning	2
2.2 Provningsmiljö	3
2.3 Provmaterial och provform	4
2.4 Provningsens omfattning	5
2.5 Utförande	5
2.5.1 SSRT-provning	6
2.5.2 Allmän korrosion	6
3 RESULTAT	7
3.1 SSRT-provning	7
3.2 Allmän korrosion	9
4 DISKUSSION	11
5 SLUTSATSER	14
REFERENSER	15
ERKÄNNANDEN	16
BILAGOR	
A Tabeller	
B Figurer	

1987-09-15

1 INLEDNING

Projektet "Användning av duplexa rostfria stål för kraftverkstillämpningar" genomförs inom Värmeforsk med syftet att utreda om och hur duplexa stål kan ersätta konventionella material i kraftverksmiljö. Korrosionsegenskaperna för de duplexa rostfria stälen anses i flera avseenden överlägsna de austenitiska när det gäller lokal korrosion som spänningskorrosion, spaltkorrosion och gropfrätning, och ofta även i fråga om allmän korrosion. Användning och erfarenheter av duplexa stål i kraftverk är dock begränsad. En orsak till detta har varit farhågor om bristande temperaturstabilitet.

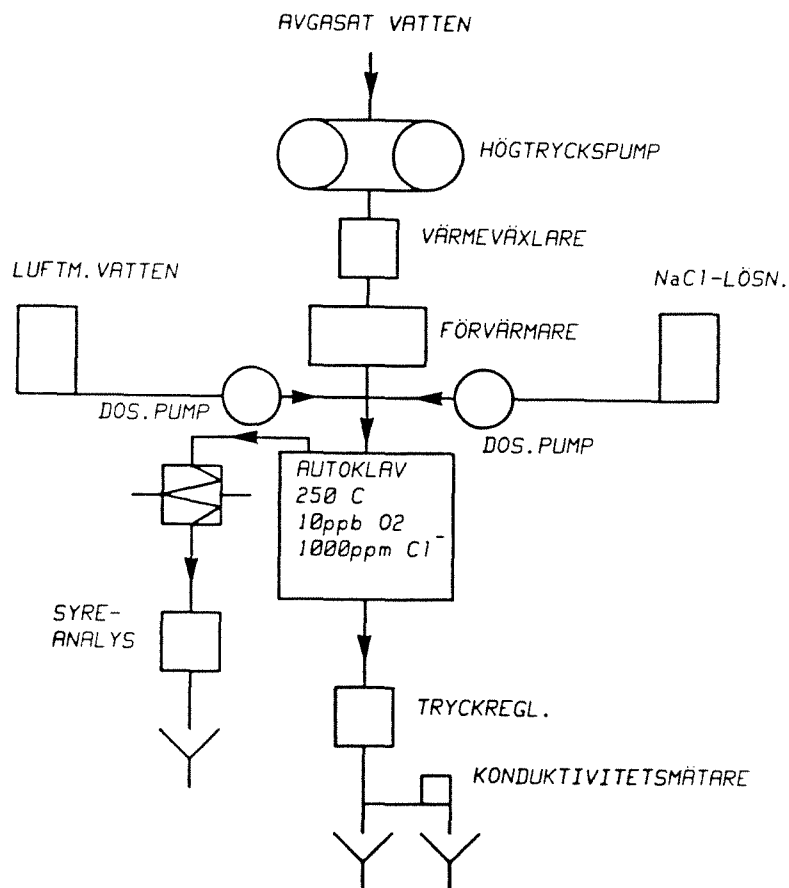
Mot denna bakgrund har i denna rapport redovisad provning utförts. Provnigen anknyter till ett tidigare projekt inom Värmeforsk rörande alternativa material för mellanöverhettare (1). I det arbetet jämfördes ett antal olika stältypers spänningskorrosionsresistens i en simulerad miljö som bedömdes såsom realistisk för den aktuella applikationen (2). I den här redovisade provningen har samma förfarande använts men vid högre provningstemperatur.

1987-09-15

2 EXPERIMENTELLT

2.1 Utrustning

Provningsen utfördes i en titaninfodrad autoklav utrustad med åtta dragdon för s k SSRT-provning (eng slow strain rate testing). Försöksuppställningen visas schematiskt i Figur 1. Rent, avgasat vatten pumpades via förvärmare in i autoklaven. Flödes hastigheten var 120 l/h och autoklavens volym är 37 l. Önskad provningsmiljö erhöles genom indosering av NaCl-lösning och luftmättat vatten i huvudflödet före inloppet till autoklaven.



Figur 1

Försöksuppställning vid spänningskorrosionsprovning av duplexa rostfria stål.

1987-09-15

Syrehalten i autoklavvattnet analyserades kontinuerligt i ett provflöde via en speciell analyssond.

Kloridhalten i autoklavvattnet monitorades kontinuerligt med konduktivitetmätning och analyserades intermittent med titrering.

2.2 Provningsmiljö

Provningen utfördes i:

Lösning	Vatten
Kloridhalt	1 000 mg Cl^- /l (ppm) som NaCl
Syrehalt	10 $\mu\text{g O}_2$ /l (ppb)
Temperatur	250°C
Tryck	5 MPa
SSRT-provning, töjningshastighet	Nominellt 10^{-8} /s på förlastade prov.
Förlast	Rp 1.0 (250°C)
Förexponeringstid	121 h
SSRT-provningstid	500 h

Dragprov och viktförlustprov var galvaniskt isolerade från autoklaven.

1987-09-15

2.3 Provmaterial och provform

Följande material ingick i undersökningen:

Duplexa rostfria stål	Sandvik 3RE60, SAF 2304, SAF 2205
Austenitiska rostfria stål	SS 23 33, SS 23 52, SS 23 53, Sanicro 28 Alloy 800
Ferritiska rostfria stål	AISI Type 409, AISI Type 439, SS 23 26
Kolstål	St 35

Materialen förelåg som rör. Materialdimensioner och materialtillstånd redovisas i Tabell A.1, Bilaga A. Materialens kemiska sammansättning ges i Tabell A.2.

Dragproven för SSRT-provningen var rörformade med två diametralt belägna provmidjor, se Figur B1, Bilaga B. Provstavarna tillverkades direkt ur levererade rör. Ingen ytterligare värmebehandling eller ytbearbetning utfördes förutom lätt slipning av kanterna på provstavarnas midjor. Provstavsdimensionerna bestämdes innan provstavarna monterades i provhållarna enligt Figur B2. Provstavarna avfettades i ultraljudsbad, först i aceton och sedan i alkohol.

Proven för gravimetrisk bestämning av korrosionshastighet utgjordes av 30 mm långa rörhalvor med ett 0.6 mm hål i mitten för montering i autoklaven. Materialen provades i leveranstillstånd med endast lätt slipning av provens kanter efter provtillverkningen. Ett undantag var kolstålet St 35 som också provades efter bortslipning av leveransytan.

1987-09-15

2.4 Provnings omfattning

Följande material SSRT-provades:

Duplexa stål	Sandvik 3RE60, SAF 2304, SAF 2205
Austenitiska stål	SS 23 33, SS 23 52, SS 23 53, Alloy 800
Ferritiskt stål	AISI Type 439

Ett dragprov av varje material provades i miljö enligt Avsnitt 2.2.

Viktförlustmätning för bestämning av korrosionshastighet gjordes på ovan nämnda material samt på:

Austenitiskt stål	Sanicro 28
Ferritiska stål	AISI Type 409, SS 23 26
Kolstål	St 35

Två provkupper av varje material provades i miljö enligt Avsnitt 2.2.

2.5 Utförande

När proven monterats i autoklaven fylldes denna och spolades med avgasat dejonat tills syrehalten var < 10 ppb O_2 . Då startades värmningen. När provningstemperaturen uppnått $250^\circ C$ startades kloriddosering till 1000 ppm Cl^- och därefter syredosering till 10 ppb O_2 .

1987-09-15

2.5.1 _ _ SSRT-provning

När stabila provningsbetingelser erhållits under 120 h förlastades dragproven till R_p 1.0 (250°C) varefter dragningen startades efter 1 h. Provets förlastvärden redovisas i Tabell A.3. Provstavarna drogs till brott eller under maximalt 500 h. De provstavar som ej gått av drogs till brott i luft vid rumstemperatur. Brottytorna undersöktes i svepelektronmikroskop (SEM). Korrosionsprodukter på brottytorna avlägsnades vid behov med elektrokemisk avskalning före SEM-inspektionen.

2.5.2 _ _ Allmän korrosion

Tvättade, torkade och vägda provkuponger exponerades i autoklaven under SSRT-provningen. Efter avslutad exponering (621 h) vägdes proven, inspekterades visuellt och fotograferades. Därefter gjordes elektrokemisk avskalning i inhiberad svavelsyra och/eller i litiumnitratsmälta. Proven vägdes igen och totala materialförluster under provningen erhöles. Korrosionshastigheten beräknades som viktförlust per dm^2 provyta och 24 h (mdd) och som $\mu\text{m}/\text{år}$.

1987-09-15

3 RESULTAT

Registrerade syre- och kloridhalter under autoklavprovningen redovisas i Figur B3 och B4.

3.1 SSRT-provning

Resultaten från SSRT-provningen är sammanfattade i Tabell 1, där också dragprovens oxidutseende har noterats.

Dragprovkurvorna för de åtta dragproven visas i Figur B5.

SEM-bilder av brottytorna visas i Figur B6 - B13.

De duplexa rostfria stålen 3RE60 och SAF 2304 visade begynnande transkristallin spänningskorrosion (TGSCC) men provstavarna hade ej gått till brott under provningen, medan SAF 2205 ej visade något spår av SCC.

De austenitiska rostfria stålen SS 23 33, 23 52 och 23 53 gick till brott (ena benet) p g a TGSCC, medan Alloy 800 ej visade något spår av SCC.

På det ferritiska 439-provet hade båda benen gått av, tydligen p g a kraftig allmän korrosion med därav följande tvärsnittreduktion. Brottytorna var så kraftigt korroderade efter avslutad provning att strukturen i slutbrottet var svår att urskilja.

1987-09-15

Tabell 1

SSRT-provning vid 250°C i vatten med 1000 ppm Cl^- och 10 ppb O_2 . Nominell töjningshastighet $10^{-8}/\text{s}$.
Förlastning till R_p 1.0 (250°C).

Matr nr	Kvalitet	Tid till brott h	Z* %	$\frac{S_{\text{SCC}}}{S_0}$ *	Spricksätt	Dragprov, noteringar	
						Sprickning	Oxidutseende
125	AISI 439	278	***	***	TGSCC	Kraftig allm korr. Dragna ytor uppspr oxid.	
121	3RE60	**	-	10	TGSCC	Många sek spr. Längsg spr i provben.	Svart, matt yta.
142	SAF 2304	**	-	5	TGSCC	Sprickor med korr prod. Många sek spr.	Gråbrun, tunn.
120	SAF 2205	**	-	0	-	Duktilt brott.	Brunsvart, tunn.
119	SS 23 33	122	10	80	TGSCC	IG-angr i spr trol korr eft sprickn. Många sek spr.	Brunsvart, tjock på dragna ytor.
143	SS 23 52	100	8	90	TGSCC	Många sek spr.	Brunsvart tjock på dragna ytor. F ö som korr provet.
144	SS 23 53	264	17	50	TGSCC	Få, grunda sek spr. Brottet nära hálkäl.	Brun, tunn.
123	Alloy 800	**	-	0	-	Duktilt brott	Fläckvis korr på dragna ytor. F ö som korr provet.

- * Z = areakontraktion och S_{SCC}/S_0 = andelen brottyta till följd av spänningskorrosion dividerad med ursprunglig tvärsnittsarea.
- ** Proven avdragna vid RT i luft efter exponeringen.
- *** Ej mätbart pga kraftig allmän korrosion.

1987-09-15

3.2 Allmän korrosion

Viktförluster och beräknade korrosionshastigheter ges i Tabell 2.

Korrosionsprovns utseende efter exponering framgår av Figur B14 - B17 och beskrivs i Tabell 2.

Lokala korrosionsangrepp iaktogs i två fall, nämligen på material Alloy 800 under isolerpackningen vid infästningen och på SAF 2205 vid stansmärket för provnumret.

Korrosionshastigheterna avtar i ordningen ferritiska 60-70 $\mu\text{m}/\text{år}$, duplexa 2-4 $\mu\text{m}/\text{år}$ och austenitiska rostfria stål 1-3 $\mu\text{m}/\text{år}$.

1987-09-15

Tabell 2

Korrosionshastigheter för stål i vatten med 1000 ppm Cl^- och 10 ppb O_2 vid 250°C.

Matr nr	Kvalitet	Viktförlust Före avskalning	Viktförlust Efter avskalning	Korrhastighet		Oxidutseende
		g	mg/cm ²	mdd	µm/år	
145	St 35 Lev yta	.073	2.7 ± .2*	10*	48*	Svart, grynig oxid.
145	St 35 Slip yta	.078	5.2 ± 1.4	20	93	Svart oxid.
124	AISI 409	.029	3.9 ± .2	15	69	Svart, tät oxid med blank yta.
125	AISI 439	.026	3.52 ± .08	14	64	Svart, tät oxid med blank yta.
126	SS 23 26	.039	3.28 ± .08	13	59	Svart, tät oxid med blank yta.
121	3RE60	-.0004	.23 ± .02	.89	4.1	Svart, matt yta. Rel tjock oxid.
142	SAF 2304	.0001	.08 ± .01	.31	1.4	Brunsvart, tunn oxid. Svart insida.
120	SAF 2205	-.0002	.13 ± .04	.50	2.4	Brunsvart, tunn oxid.
119	SS 23 33	-.0005	.11 ± .02	.42	1.9	Svart, tunn oxid. Metallblank fläck.
143	SS 23 52	.0002	.044 ± .004	.17	.79	Matt metallyta.
144	SS 23 53	.0005	.17 ± .05	.66	3.0	Svagt brun yta. Tunn oxid.
122	Sanicro 28	-.0002	.079 ± .001	.31	1.4	Brunsvart, tunn oxid. Insida metallblank.
123	Alloy 800	-.0010	.077 ± .016	.30	1.4	Metallblank utsida. Insida svarta strimmor.

* Angivna värden avser viktförlust och korrosionshastighet korrigerad för leveransoxid. Oxidmängden i leveranstillståndet uppgick till $5.4 \pm .1$ mg/cm². Den totala viktförlusten för dessa prov var 8.1 ± 0.1 mg/cm².

1987-09-15

4

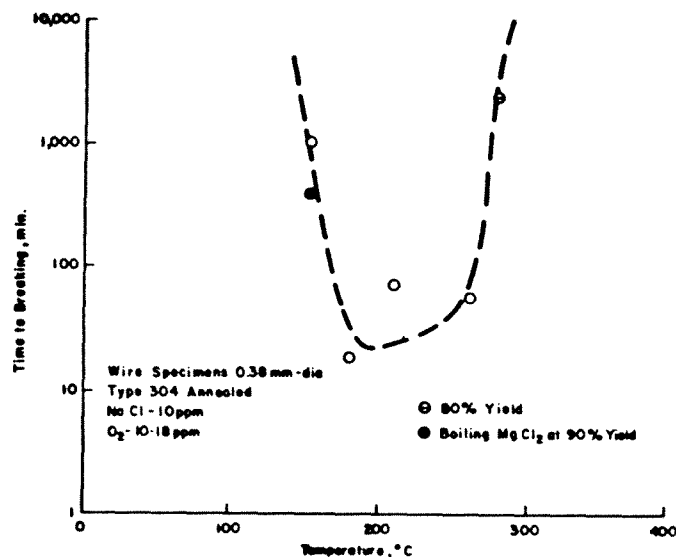
DISKUSSION

Som framgår av Tabell 1 uppvisade samtliga material utom SAF 2205 och Alloy 800 transkristallina spänningskorrosionsangrepp. SSRT-provet av AISI 439 uppvisade så kraftig allmän korrosion att utvärdering av brottytan försvårades.

Jämfört med den tidigare provningen utförd vid 210°C är resultaten något avvikande (1). Såväl SAF 2205 som Alloy 800 uppvisade i den tidigare provningen spänningskorrosionsangrepp, medan dessa material ej uppvisade några spänningskorrosionsangrepp i den nu utförda provningen. Att Alloy 800 uppvisade spänningskorrosion efter provningen vid 210°C bedömdes då som överraskande och den nu utförda provningen kan därför sägas ha givit ett mer förväntat resultat.

Orsaken till dessa skillnader vid 210°C respektive 250°C är okänd. Det har uppgetts allmänt att kloridinducerad SCC i austenitiska rostfria stål sällan uppträder vid metalltemperaturer under 60°C och över 200°C (3). I litteraturen har även antytts att ett maximum i fråga om SCC-känslighet för rostfritt stål föreligger, se Figur 1 (4), vid en temperatur strax över 200°C. Dessa resultat har ej förklarats på annat sätt än att flera konkurrerande processer synes vara inblandade. Om dessa data är relevanta skulle en förklaring kunna vara att initiering av SCC försvåras pga snabbare repassivering vid högre temperatur. En annan förklaring till de skilda resultaten i de två provningarna kan vara att skillnaden i fråga om kallbearbetning av provstavena erhållits vid provstavstillverkningen.

1987-09-15

Figur 2

Tid till sprickning för Type 304 inlastat till sträckgränsen som funktion av temperaturen under autoklavprovning (4).

De duplexa rostfria stålens provningsresultat har givit en förväntad rangordning mellan de tre olika materialen.

För AISI 439 förefaller temperaturökningen från 210°C till 250°C vara katastrofal med avseende på den kraftiga allmänna korrosion som erhållits på dragprovet.

När det gäller allmän korrosionshastighet uppvisar de duplexa och de austenitiska rostfria stål som väntat låga korrosionshastigheter jämfört med de ferritiska rostfria stål, vilket även var fallet vid tidigare utförd provning vid 210°C. För de austenitiska och duplexa stål var korrosionshastigheten under 1 mdd för samtliga stål. De ferritiska materialens korrosionshastighet var större än 10 mdd.

1987-09-15

För flera material noterades skillnader mellan oxidutseende på dragproven och på de obelastade provkupongerna av samma material. Skillnaden var extrem för AISI 439 som nämnts ovan. Skillnaden bör bero på de skador och sprickor i oxidskiktet som uppstår under SSRT-provning. På provkupongerna kan en ostörd skyddande oxid utbildas.

1987-09-15

5

SLUTSATSER

Av de provade materialen i den aktuella miljön uppvisade det duplexa rostfria stålet SAF 2205 och den austenitiska rostfria legeringen Alloy 800 goda resultat såväl avseende spänningskorrosionsresistens som allmän korrosion.

1987-09-15

REFERENSER

- 1 MOLANDER, A och ROSBORG, B
 Stress corrosion cracking of
 alternative reheater tube materials.
 Stiftelsen för Värmeteknisk Forsk-
 ning, 1985 (SVF-193).
- 2 TAVAST, J
 Stal-Laval Turbin AB, 1982.
 (Intern rapport TA2 7/82)
- 3 METALS HANDBOOK
 Vol 13, 1987, p 326.
- 4 LATANISION, R M och STAEHLE, R W
 Stress corrosion cracking of iron-
 nickel-chromium alloys.
 Fundamental Aspects of Stress
 Corrosion Cracking, NACE, 1969,
 p 214-307.

1987-09-15

ERKÄNNANDEN

Det experimentella arbetet inom detta projekt
har utförts av:

Hans Ericsson	SEM-undersökning
Ingemar Larsson	Utvärdering
Krister Lundberg	Autoklavdrift
Stig Lindgren	Provtillverkning och autoklavdrift
Britt-Marie Svensson	Avskalning, resultatsamman- ställning och utvärdering

1987-09-15

Tabell A.1

Material, materialtillstånd och rördimensioner.

Material Nr	Typ	Kvalitet	Charge	Materialtillstånd	Ytterdiameter mm	Godstjocklek mm
145	St 35	St 35	96064		33.7	2.6
124	AISI 409		819276		19.05	1.65
125	AISI 439				19.07	1.71
126	SS 23 26	ELI-T 18-2	1-1341-4		30	2
121	18Cr5Ni2.7Mo	Sandvik 3RE60	4.63227	Släckglödgad 1 010°C, vitbetad	19.05	1.65
142	23Cr5Ni	SAF 2304	4.73554	Släckglödgad 1 000°C, vitbetad	19.05	1.65
120	22Cr5.5Ni3Mo	SAF 2205	4.66048	Släckglödgad 1 020°C, vitbetad	20	2.25
119	SS 23 33	Sandvik SR10	4.64037	Släckglödgad 1 100°C, vitbetad	19.05	1.65
143	SS 23 52	Sandvik 3R12	4.73485	Släckglödgad 1 100°C, vitbetad	19.05	1.65
144	SS 23 53	Sandvik 3R60	4.73917	Släckglödgad 1 100°C, vitbetad	19.05	1.65
122	27Cr31Ni13.5 Mo1Cu	Sanicro 28	4.66222	Släckglödgad 1 120°C, vitbetad	19.05	1.65
123	Alloy 800	Sanicro 30	7.57559	Släckglödgad 975°C, vitbetad	20	2

1987-09-15

Tabell A.2

Provmaterial. Kemisk sammansättning i vikt - %.

Material			C/K* Sammansättning i %																	i ppm				
Nr	Typ	Charge		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Co	Cu	Ti	Al	N	V	Sn	W	As	Nb	B	Pb	O
145	St 35	96064		.06	.26	.42	.036	.027																
124	AISI 409	819276	C	.01	.35	.42	.029	.002	11.85	.16			.050	.55		.011								
			K	.01	.34	.42	.021	.005	11.84	.18			.070	.57		.01								
125	AISI 439		C	.012	.33	.37	.023	.002	17.49	.17			.11	.68	.03	.015								
			K	.015	.34	.37	.023	.002	17.54	.17			.12	.68	.03	.010								
126	SS 23 26	1-1341-4	C	.011	.38	.40	.029	.001	17.90	.42	2.22	.069	.025	.50	.095	.020	.060	.015	.023	.009		(10	(15	70
			K	.013	.37	.37	.019	.002	17.88	.45	2.23	.061	.024	.49	.080	.014								
121	3RE60	4.63227	C	.020	1.58	1.63	.026	.007	18.63	4.89	2.68	.02	.06		.008	.072								
			K			1.49			18.32	4.87	2.69													
142	SAF 2304	4.73554		.021	.35	1.44	0.35	(.003	22.65	4.90	.28	.060	.19	.01	.016	.10	.078	.016	.01		(.01	(3	(1	
120	SAF 2205	4.66048	C	.020	.29	1.55	.27	.003	21.86	5.57	2.79	.08	.07		.005	.13								
			K						21.82	5.53	2.81		.07											
119	SS 23 33	4.64037	C	.047	.72	1.21	.021	.003	18.67	8.94	.28	.09	.11		.020	.072								
			K						18.64	8.88	.25													
143	SS 23 52	4.73485		.014	.44	1.36	.024	.004	18.44	10.20	.23	.060	.14	(.01	(.003	.071	.049	.010	.01		(.01	(3		
144	SS 23 53	4.73917		.018	.55	1.57	.025	.005	16.80	12.56	2.55	.089	.20	(.01	(.003	.059	.066	.009	.03		(.01	18		
122	Sanicro 28	4.66222	C	.016	.21	.57	.011	.003	26.73	30.89	3.49	.04	.93		.009	.022								
			K						26.21	31.02	3.59		.90											
123	Alloy 800	7.57559	C	.016	.62	.55	.007	.005	21.50	33.43		.019	.01	.57	.36	.022								
			K						21.76	33.03				.42	.31									

* C = Chargeanalys
K = Kontrollanalys

1987-09-15

Tabell A.3

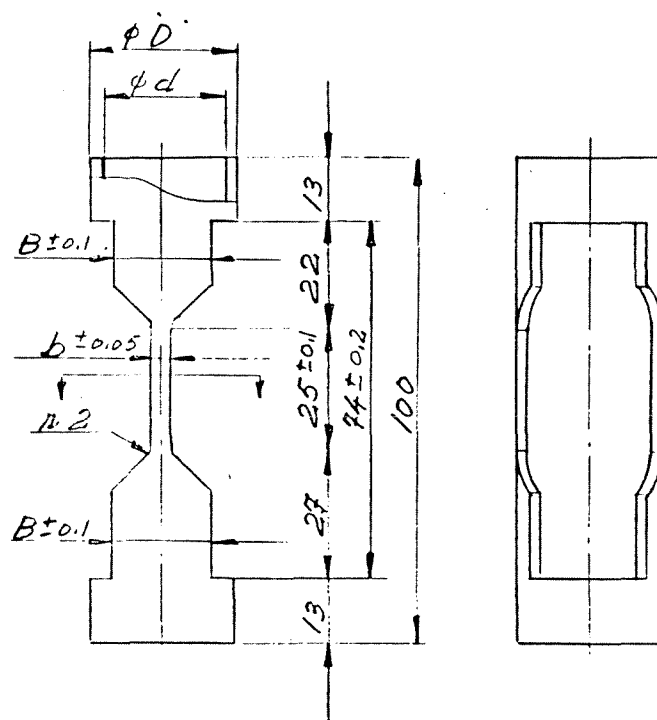
Förlastvärden för dragproven.

Material nr	Typ	Förlastnivå Rp 1.0 (250°C)* N/mm ²	Erhållen förlast N/mm ²
125	AISI 439	281	274
121	3RE60	512	503
142	SAF 2304	497**	490
120	SAF 2205	544	543
119	SS 23 33	362	349
143	SS 23 52	333**	345
144	SS 23 53	333**	321
123	Alloy 800	276	273

* Rp 1.0 (250°C) uppskattad till 0.95 av Rp 1.0 (210°C).

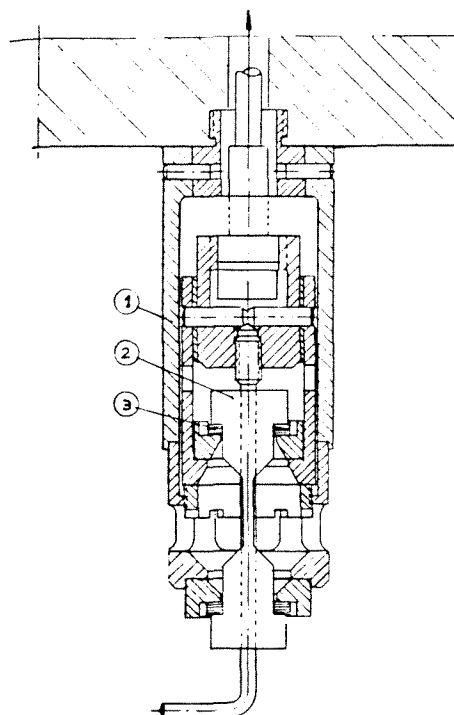
** Uppskattade värden meddelade av rörtillverkaren.

1987-09-15

**Figur B1**

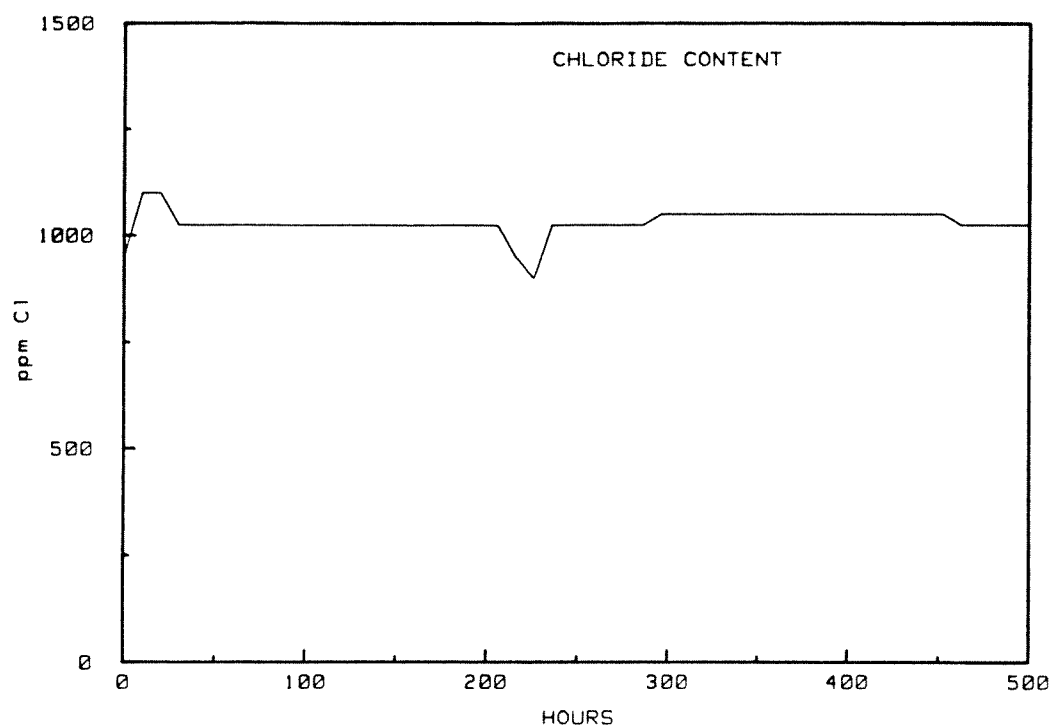
Rörprov för SSRT-provning.

1. Provhållare
2. Rörprov
3. Isolerkutsar

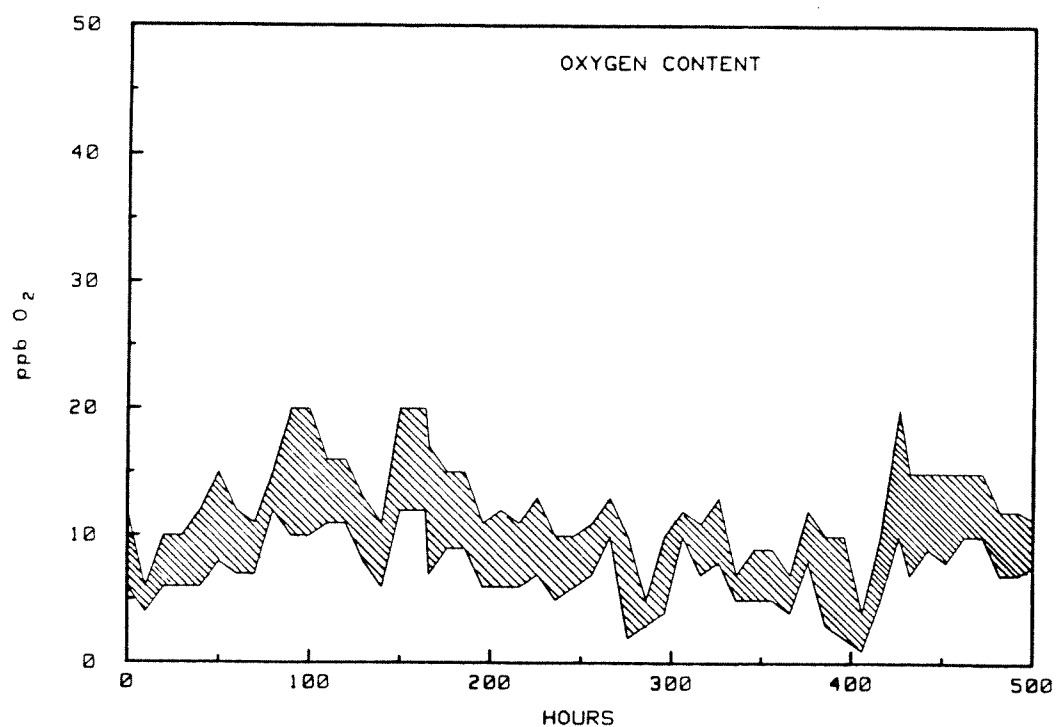
**Figur B2**

Provhållare för rörprov vid SSRT-provning.

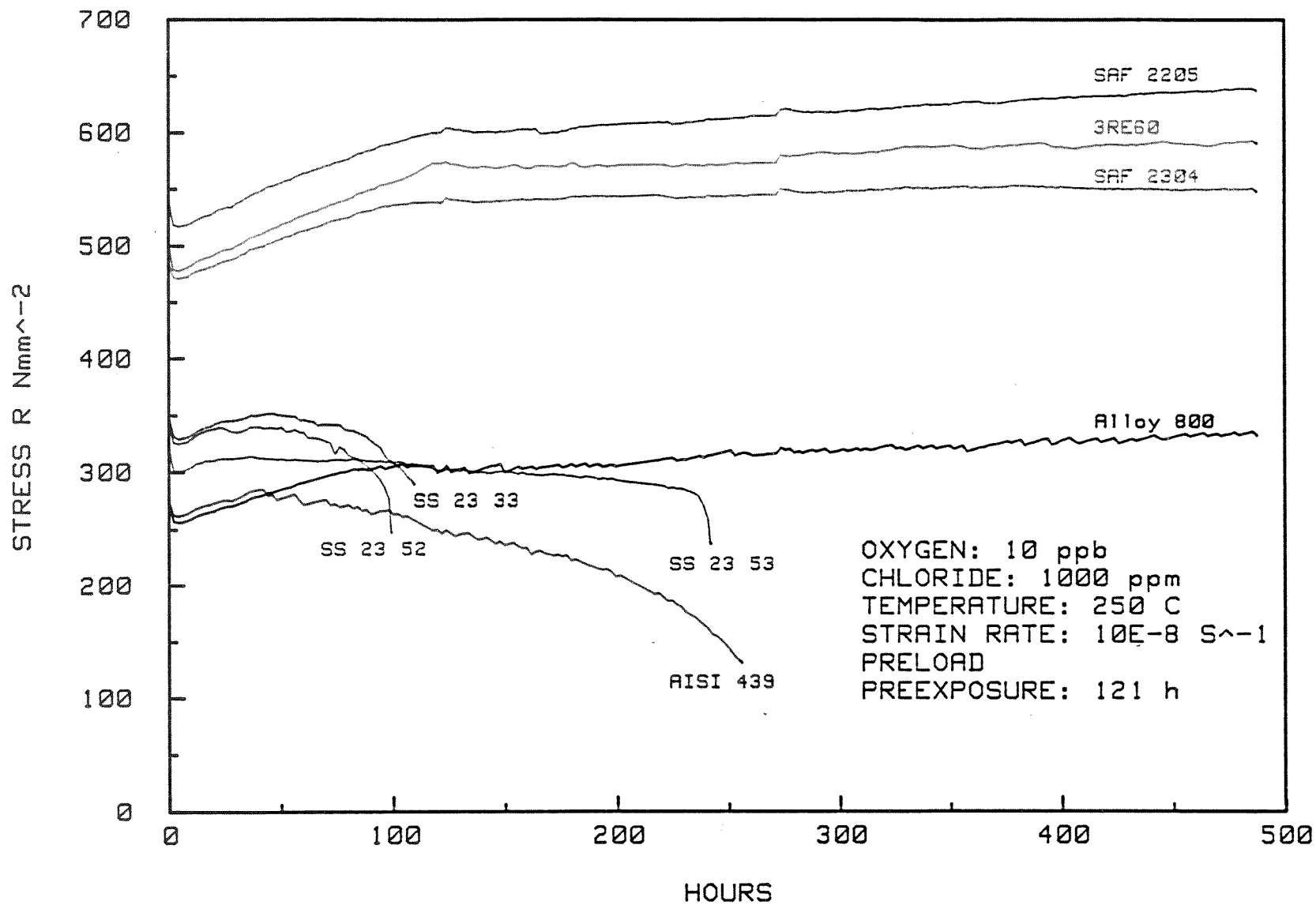
1987-09-15

Figur B3

Kloridinhåll monitorat medelst konduktivitetsmätning under autoklavprovnings.

Figur B4

Syreinhåll i autoklavvattnet under provningen.



Figur B5

Dragprovkurvor för förbelastade prov.

1987-09-15



Figur B6

Material AISI 439.

Bröttyta efter SSRT-provning vid 250°C i vatten med 1000 ppm Cl⁻ och 10 ppb O₂.

Nominell töjningshastighet 10⁻⁸/s. Förbelastning Rp 1.0 (250°C).

1987-09-15

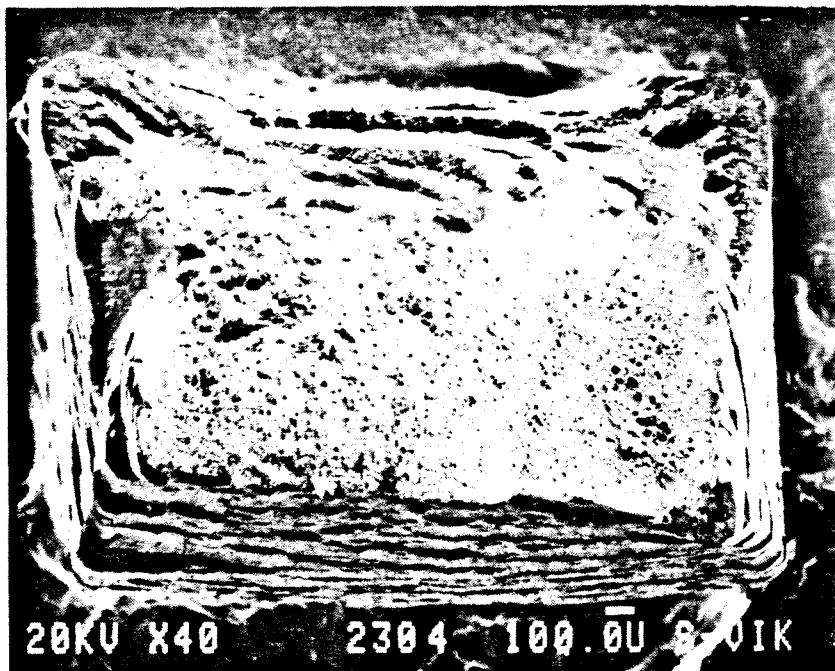
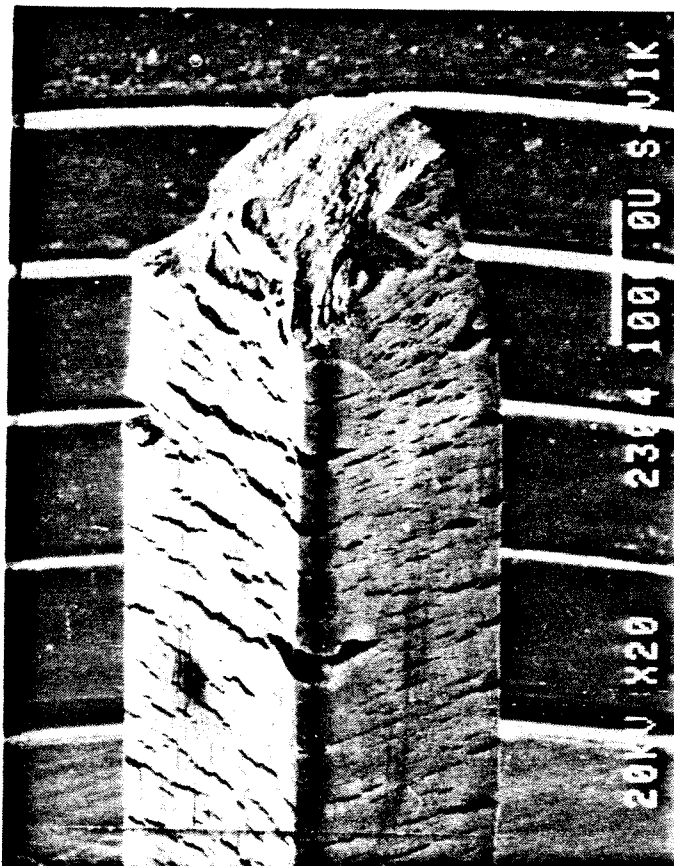
Figur B7

Material 3RE60.

Bröttyta efter SSRT-provning vid 250°C i vatten med 1 000 ppm Cl och 10 ppb O₂.

Nominell töjningshastighet 10⁻⁸/s. Förbelastning Rp 1.0 (250°C).

1987-09-15

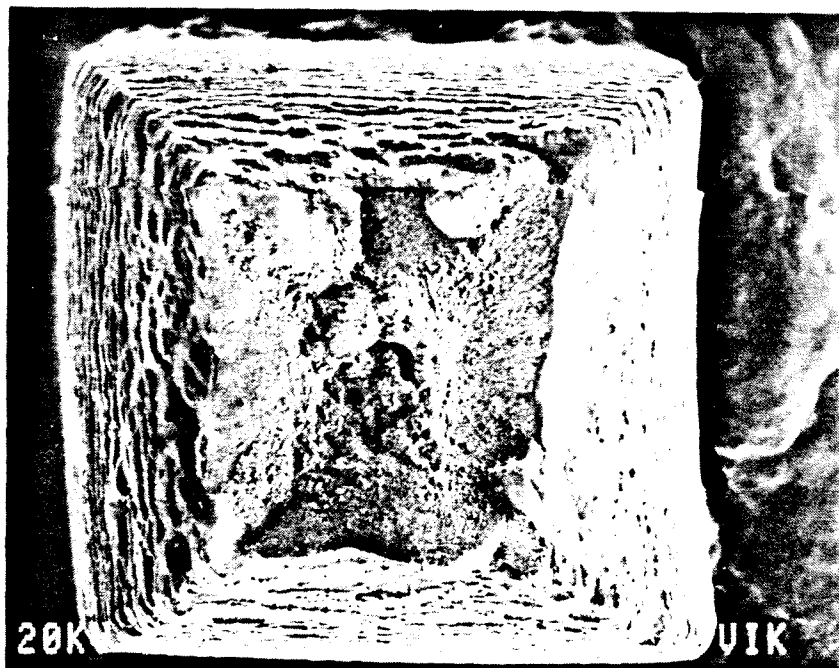
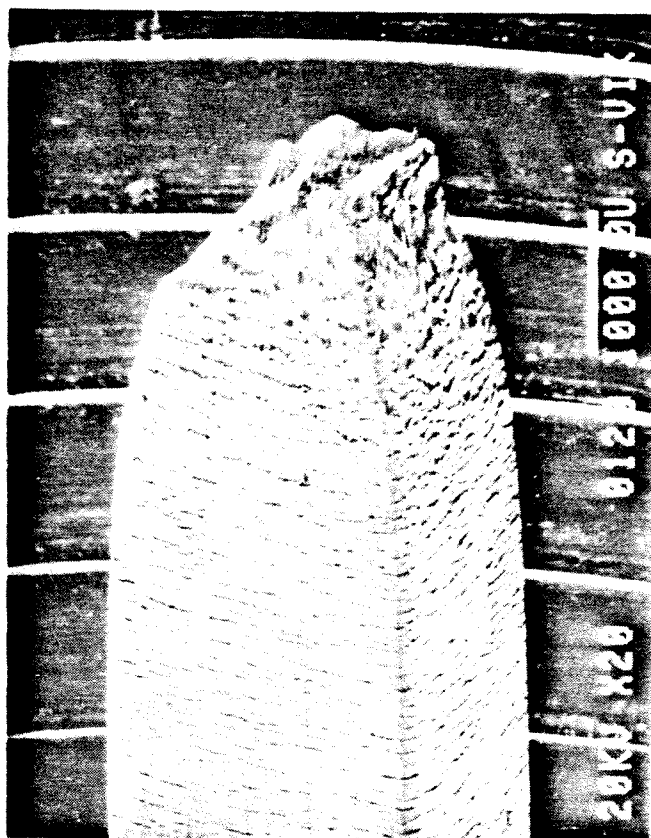
Figur B8

Material SAF 2304.

Bröttyta efter SSRT-provning vid 250°C i vatten med 1 000 ppm Cl och 10 ppb O₂.

Nominell töjningshastighet 10⁻⁸/s. Förbelastning Rp 1.0 (250°C).

1987-09-15



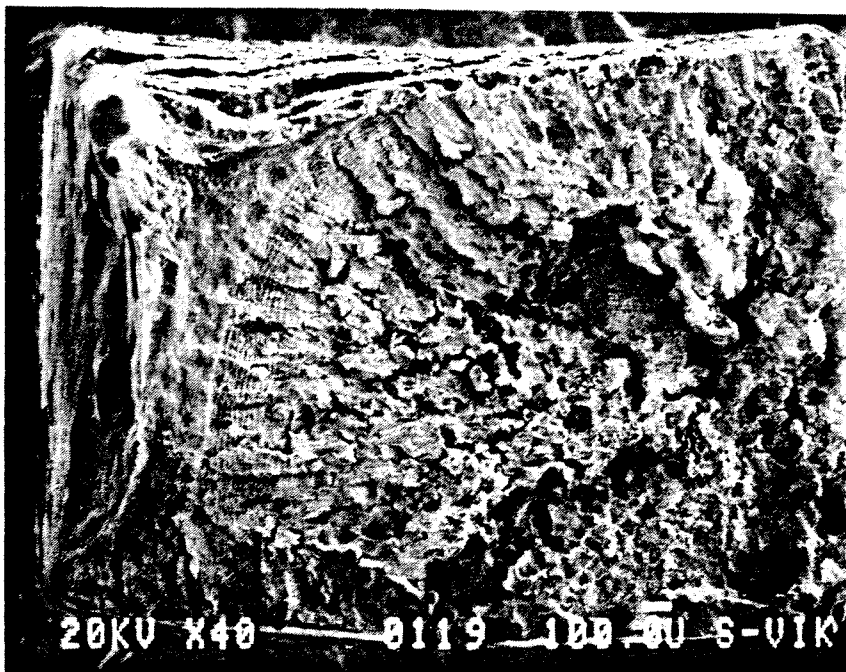
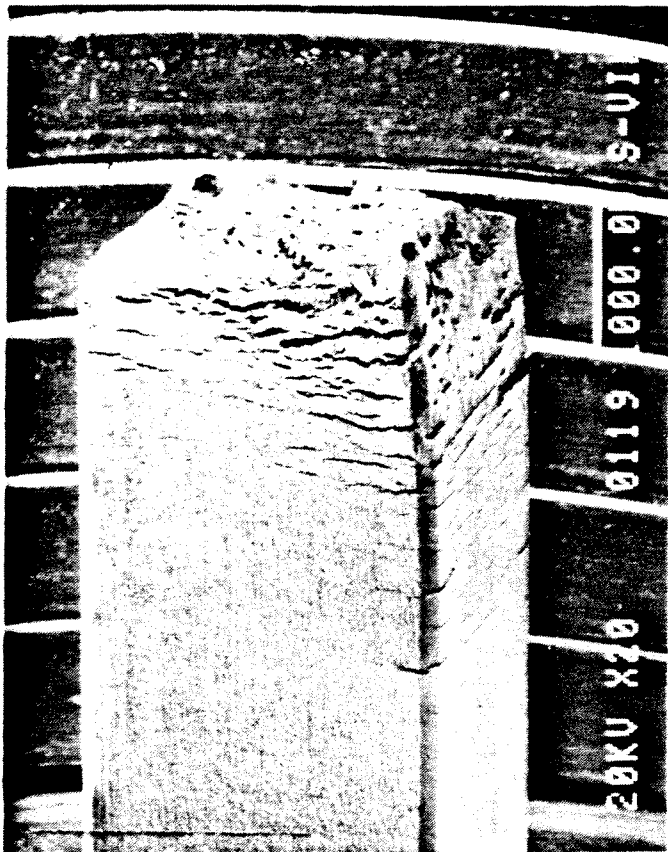
Figur B9

Material SAF 2205.

Bröttyta efter SSRT-provning vid 250°C i vatten med 1 000 ppm Cl och 10 ppb O₂.

Nominell töjningshastighet 10⁻⁸/s. Förbelastning Rp 1.0 (250°C).

1987-09-15

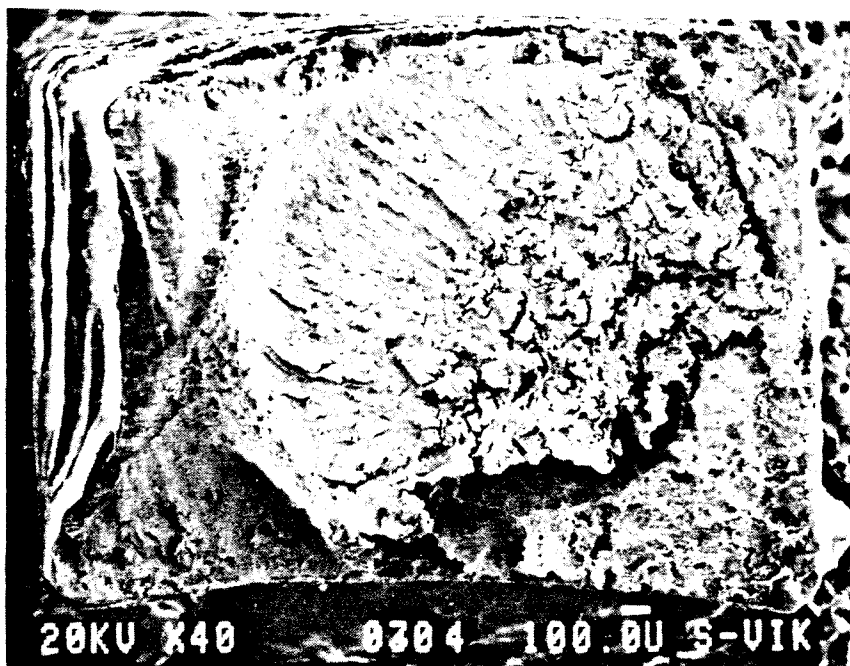
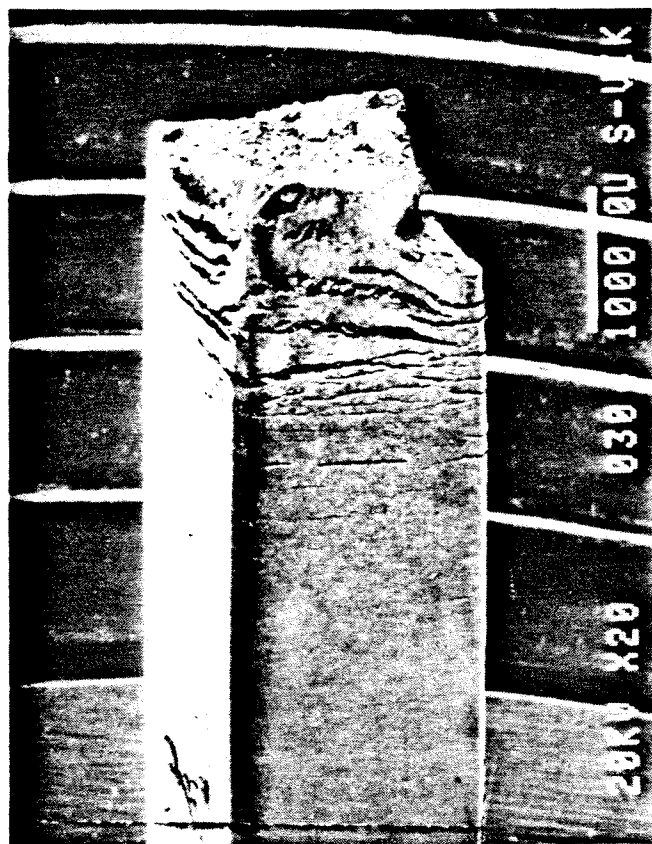
Figur B10

Material SS 23 33.

Bröttyta efter SSRT-provning vid 250°C i vatten med 1 000 ppm Cl och 10 ppb O₂.

Nominell töjningshastighet 10⁻⁸/s. Förbelastning Rp 1.0 (250°C).

1987-09-15



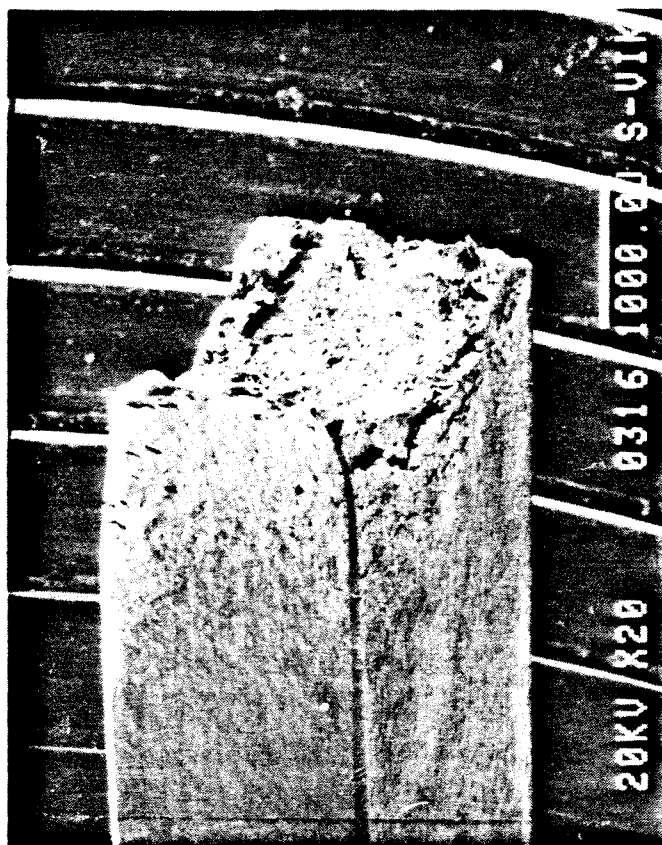
Figur B11

Material SS 23 52.

Bröttyta efter SSRT-provning vid 250°C i vatten med 1 000 ppm Cl och 10 ppb O₂.

Nominell töjningshastighet 10⁻⁸/s. Förbelastning Rp 1.0 (250°C).

1987-09-15



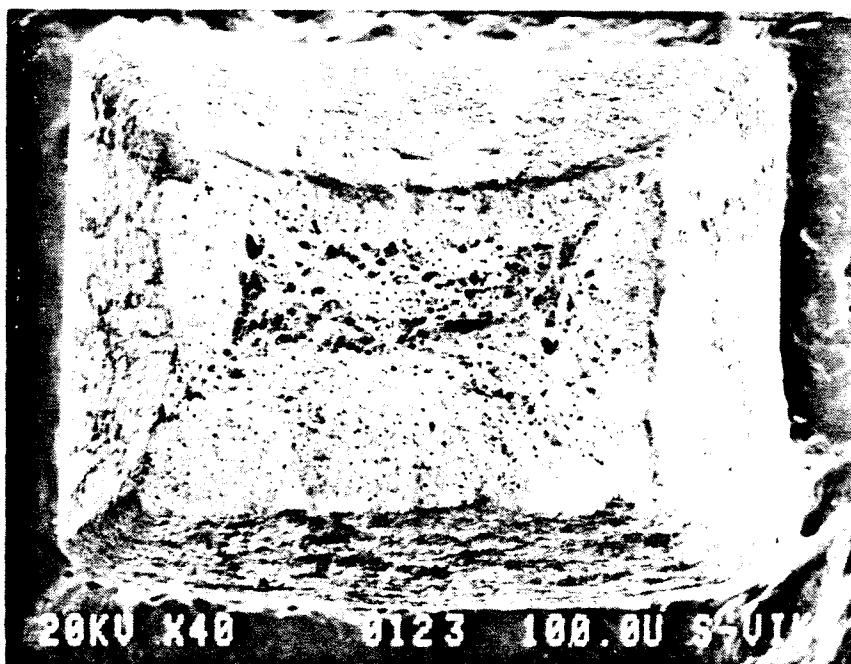
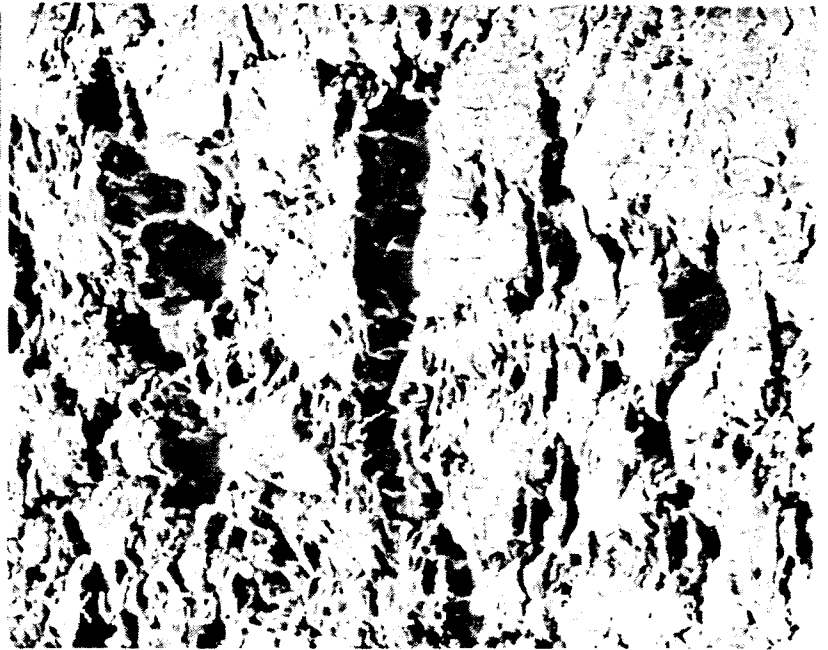
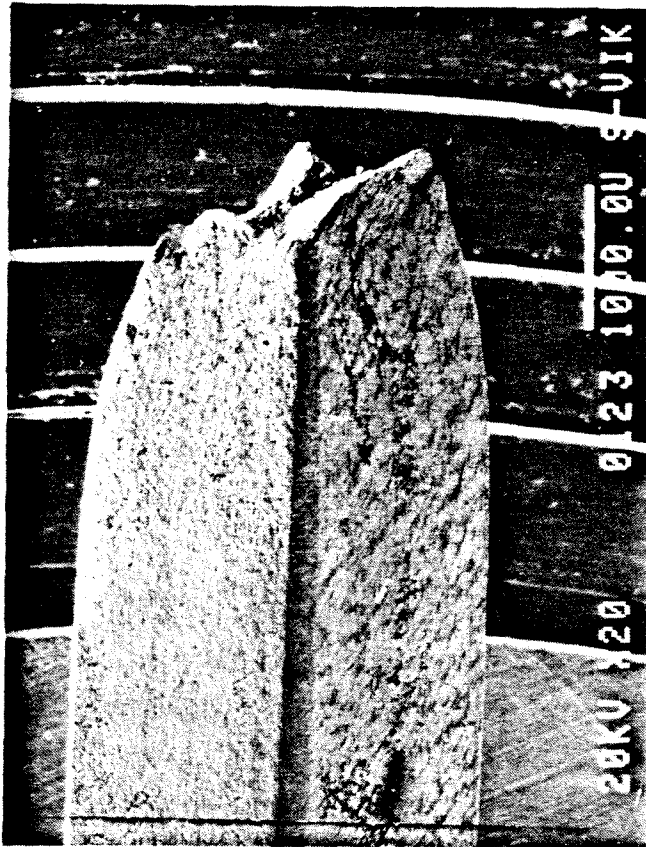
Figur B12

Material SS 23 53.

Bröttyta efter SSRT-provning vid 250°C i vatten med 1 000 ppm Cl₂ och 10 ppb O₂.

Nominell töjningshastighet 10⁻⁸/s. Förbelastning Rp 1.0 (250°C).

1987-09-15



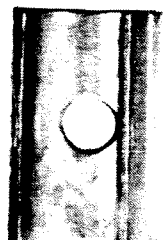
Figur B13

Material Alloy 800.

Bröttyta efter SSRT-provning vid 250°C i vatten med 1 000 ppm Cl och 10 ppb O₂.

Nominell töjningshastighet 10⁻⁸/s. Förbelastning Rp 1.0 (250°C).

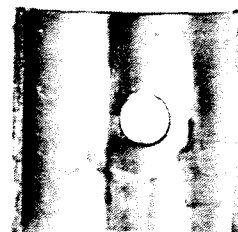
1987-09-15



AISI 409



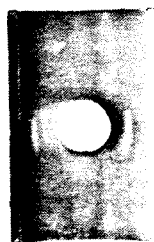
AISI 439



SS 23 26

Figur B14

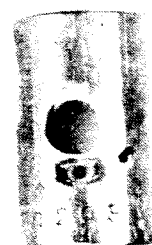
Ferritiska rostfria stål efter 621 h exponering i vatten med 1 000 ppm Cl^- och 10 ppb O_2 vid 250°C.



3RE60



SAF 2304

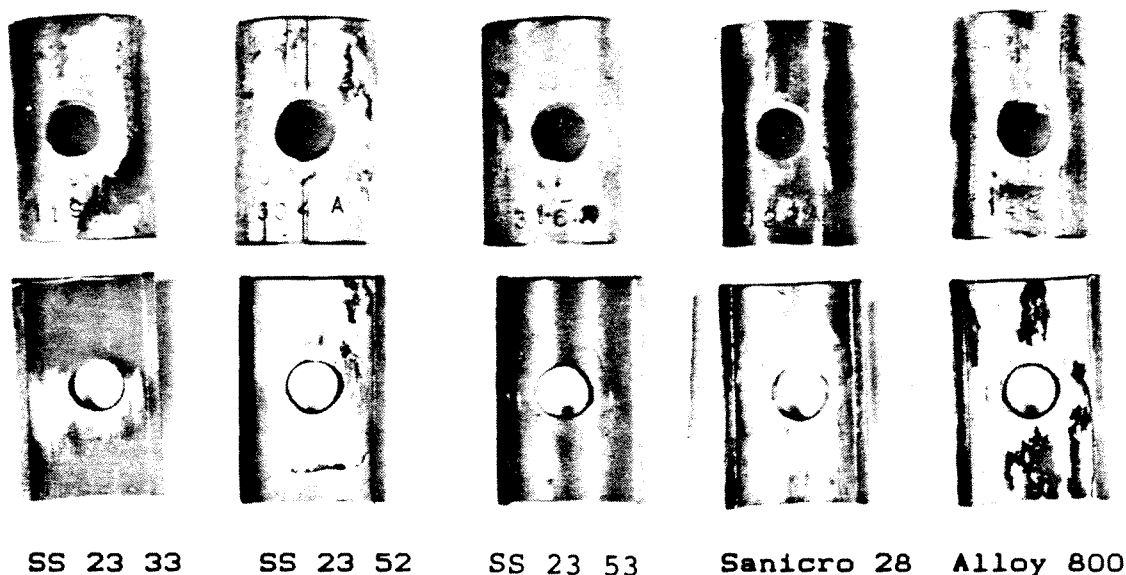


SAF 2205

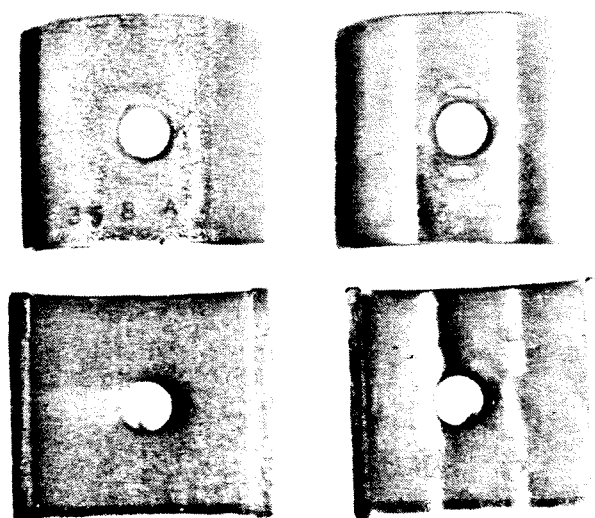
Figur B15

Duplexa rostfria stål efter 621 h exponering i vatten med 1000 ppm Cl^- och 10 ppb O_2 vid 250°C.

1987-09-15

Figur B16

Austenitiska rostfria stål efter 621 h exponering i vatten med 1 000 ppm Cl^- och 10 ppb O_2 vid 250°C.



Lev yta

Slip yta

Figur B17

Kolstål efter 621 h exponering i vatten med 1 000 ppm Cl^- och 10 ppb O_2 vid 250°C.

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk Forskning och utveckling. Stiftelsens forskningsprogram är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem. Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Kraftverksföreningens utvecklingsstiftelse, VAST
- Statens Vattenfallsverk
- Studsvik Energiteknik AB
- Svenska Cellulosa- och Pappersbruksföreningen/Ångpanneföreningen
- Svenska Gasföreningen
- Svenska Värmeverksföreningen
- Tillverkande Industri

Värmeforsk samarbetar med Statens Råd för Byggnadsforskning (BFR), Statens Energiverk och Styrelsen för Teknisk Utveckling.