

► Materialval i massakokare

Jan Wåle, Inspecta Technology



Innehåll

- Historik
- Skademekanismer
- Korrosionsegenskaper
- Hållfasthet
- Moderna material
- Nya kokare

► Historik 1

Kolstålperioden

- Både kontinuerliga och batch-kokare
- Material: Kolstål med låg kiselhalt
- Stora korrosionstillägg: upp till 20 mm
- Korrosionsmekanism : allmänkorrosion
- Funktionen byggde på passivering vid hög potential



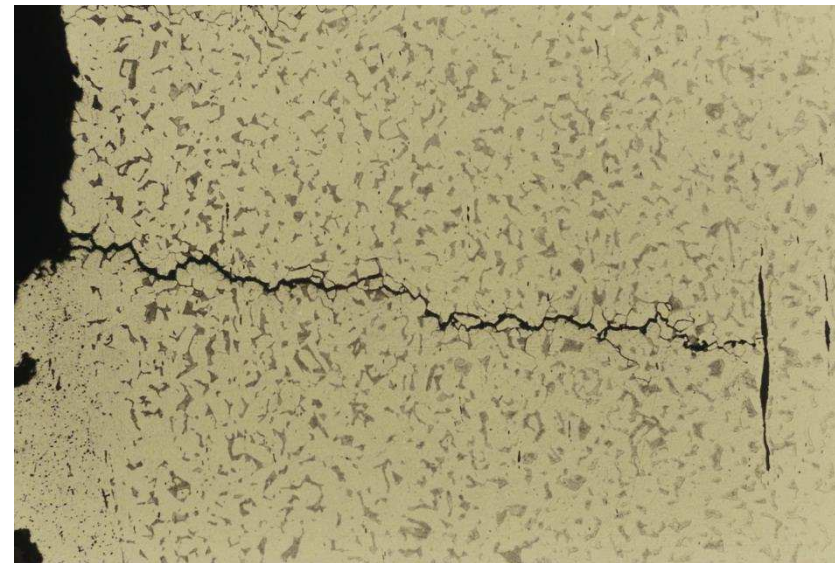
► Historik 2

Sept. 26, 1980

PINE HILL, Ala. -- Twenty woodworkers were burned Friday when the top of a 26-story pulp digester blew off at MacMillan Bloedel's Pine Hill linerboard plant, spewing hot black liquid over the immediate area, a company spokesman said

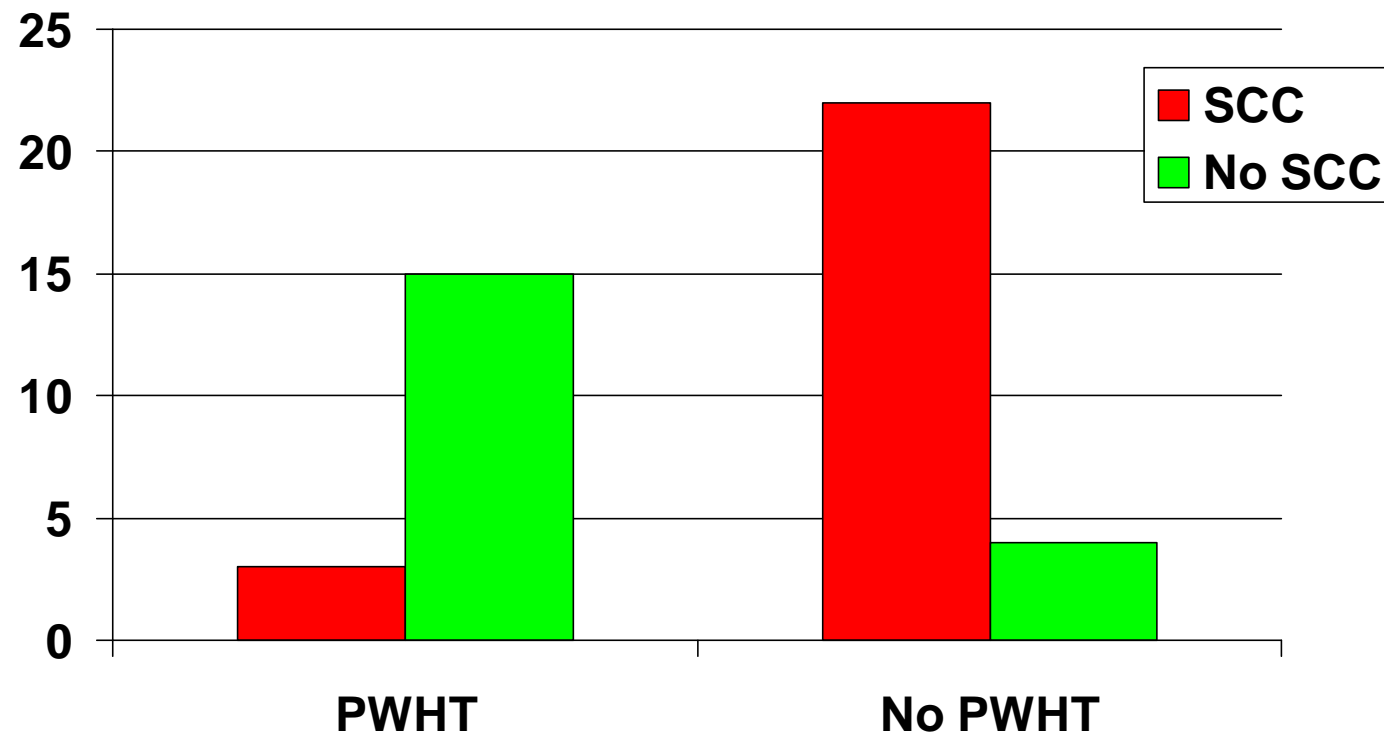
Kolstålperioden

- Material: Kolstål med låg kiselhalt
- Korrosionsmekanism : alkalisk spänningskorrosion
- Haveriet ledde till omfattande invändig ytprovning i USA och i övriga världen.
- I Sverige hittades stora mängder sprickor i många kontinuerliga kokare



▶ Alkalisk spänningskorrosion i kontinuerliga kokare

Översikt av spänningskorrosion i 44 massakokare i USA
Alkalisk spänningskorrosion i kolstål



▶ Historik 3

Kolstål + korrosionsskydd

- Modifierade kokprocesser ledde till oacceptabelt hög korrosionshastighet
- Kokare i kolstål försågs med invändigt skydd i austenitiskt rostfritt stål.
 1. Lös lining-plåt
 2. Påsvetsning
- Kompoundplåt, sent 60-tal, austenitiskt rostfritt stål valsas ihop med kolstål

Dimensionering mot kolstålsdelen. Rostfria skiktet endast korrosionsskydd



▶ Exempel 1, batchkokare

Kompoundstål, 304/kolstål

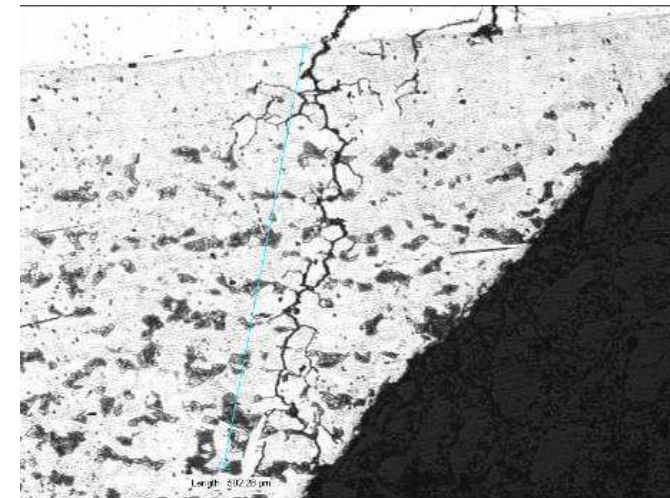
- Korrosion i rundskarv efter drygt 30 års drift
- Svetsfel från tillverkningen
- Det första lagret höglegerat svetsgods har varit i kontakt med miljön och drabbats av korrosion



▶ Exempel 2, kontinuerlig kokare

Kompoundstål, 304/kolstål

- Spänningskorrosion i austenitiskt rostfritt skyddsskikt
- Det rostfria stålet har inte tillräckligt bra härdighet mot spänningskorrosion i den aktuella miljön
- Normalt fortsätter inte sprickorna ner i kolstålet, övre bilden
- I undantagsfall kan de växa ner i kolstålet, nedre bilden



► Historik 4

Austenitiskt rostfritt stål i kallsträckt tillstånd

- Låg draghållfasthet motiverade kallsträckning
 - Austenitiskt rostfritt stål i släckglödgat tillstånd – 200 MPa
 - Kolstål, SS-stål 1430/2103 – 260/310 MPa
 - Austenitiskt rostfritt stål i kallsträckt tillstånd – 300 MPa
- Nackdel vid reparationer. Effekten från kallsträckning försvinner nära svetsen. En mjuk zon bildas.
- Endast tillåtet i Sverige

► Historik 5

Duplext rostfritt stål (2205)

- Blev tillgängligt under 80-talet
- Slog ut linat kolstål och kallsträckt austenitiskt rostfritt stål
- Första kokaren i solid duplex tillverkades 1988 (Två batchkokare till Nya Zeeland)
- Under perioden 1990-95 tillverkades över 20 kokare i världen
- Första kontinuerliga kokaren i duplex i Sverige tillverkades 1995.
- Fördelar med duplex
 - Austenitiskt rostfritt stål i släckglödgat tillstånd – 200 MPa
 - Kolstål, SS-stål 14 30 – 260 MPa
 - Austenitiskt rostfritt stål i kallsträckt tillstånd – 300 MPa
 - Duplext rostfritt stål – > 450 MPa
- Bättre korrosionsegenskaper än austenitiskt rostfritt stål både mot allmän korrosion och spänningskorrosion



► Duplex rostfritt stål – vilka stålsorter finns det?

Stålsort	Kromhalt	Nickelhalt	Molybdenhalt	Sträckgräns MPa	Gruppbeteckning
1.4301/304	17	8	0	200	Austenitiskt
LDX 2101	21	1	0,3	450	Lean duplex
LDX 2404	24	3,6	1,6	480	Lean duplex
2304	23	4,8	0,3	400	Normal duplex
2205	22	5	3	460	Normal duplex
2507	25	7	4	530	Super -duplex
2707	27	7	5	700	Hyper-duplex
3207	32	7	3,5	770	Hyper-duplex

► Historik 6

Duplext rostfritt stål i kokartoppar

- Korrosionsförhållandena är normalt värre i gasfasen än i vätskefasen i en kokare.
 - År 1997 byttes en kokartopp till duplex, 2304, och ersatte kompondplåt.
 - År 2007 förlängdes en kokare med duplex, 2101. Nedre delen är kompondplåt.
 - År 2007 byttes en kokartopp till duplex, 2101, och ersatte påsvetsat kolstål.



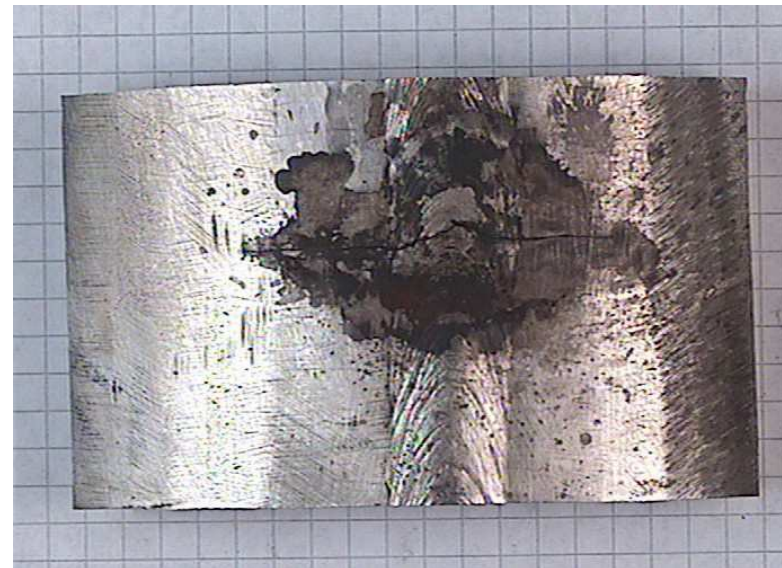
Erfarenheter

Duplext rostfritt stål

- Äldsta kokaren från 1995 har varit fri från väsentliga skador i över 20 år.
- De fåtal skador som drabbat kokare i Sverige är i samtliga fall relaterade till bristfällig svetsning eller materialfel.
- Ett typiskt exempel är spänningsskorrosion i en stuts i kokartoppen där ånga leds in i kokaren.
- Ett annat är blandskarven mellan en duplex kokartopp och nedre delen i kolstål

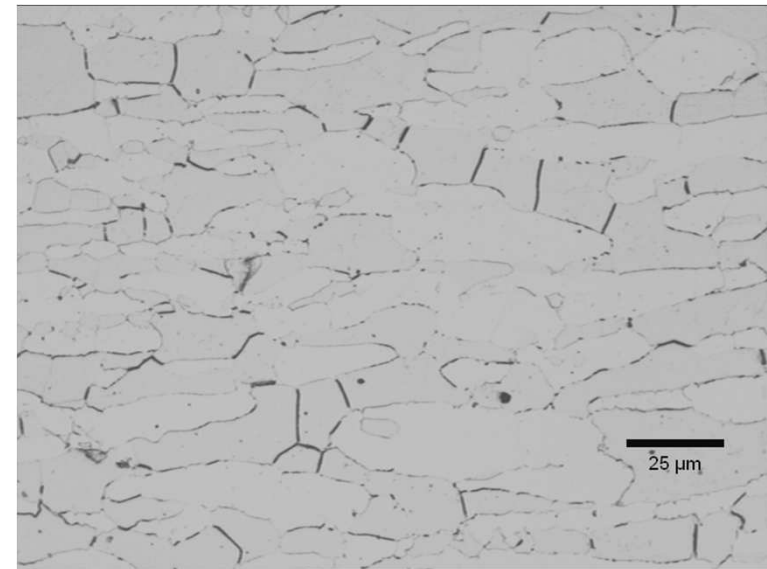
▶ Exempel 1 – Läckage i toppstuts

- Läckage efter två års drift
- Läckaget orsakades av en spricka tvärs en axiell svets i stutsen.
- Drifttemperatur är 170°C
- Diametern är 100 mm och godstjockleken 10 mm
- Materialet är duplex rostfritt stål, 2205/1.4462
- Stutsen är tillverkad på verkstad och består av två halvor som svetsats ihop med två axiella svetsar.
- Betraktas som det första kända fallet med spänningsskorrosion i vitlutsmiljö



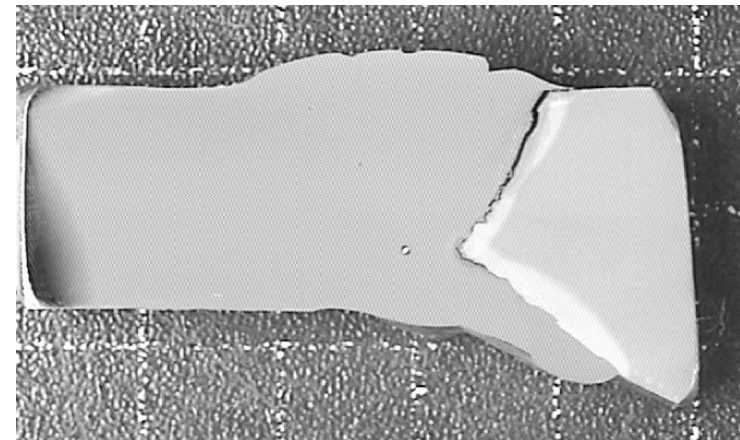
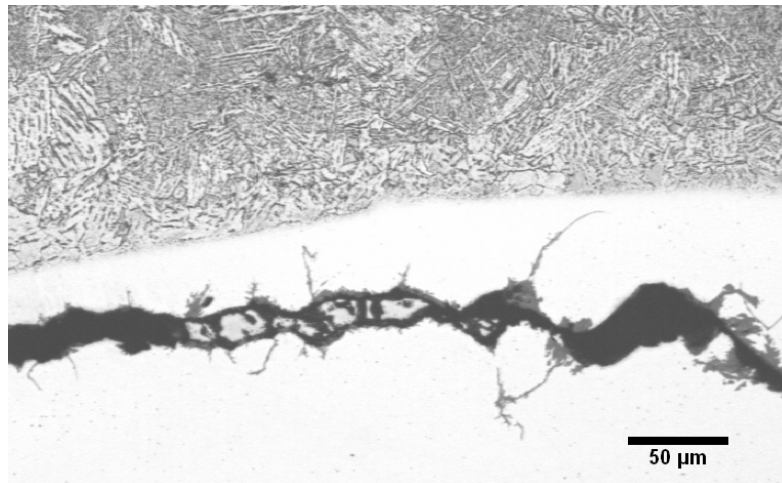
▶ Exempel 1 – Läckage i toppstuts

- Sprickan har ett utseende som är typisk för spänningsskorrosion
- Sprickan har startat från insidan
- Intermetallisk fas finns i HAZ nära rotsträngen, vilket sannolikt medverkat till sprickbildningen



▶ Exempel 2 – Spricka i blandskarv

- Hela sprickan löper i svetsgods nära svetsens smältgräns mot kolstålet
- Sprickan har startat från insidan
- Sprickan har ett utseende som är typisk för spänningsskorrosion
- Svetsreparation genomfördes med samma tillsatsmaterial men med ett extra lager höglegerat material som korrosionsskydd



► Duplex rostfritt stål – viken är bäst?

Stålsort	Kromhalt	Nickelhalt	Molybdenhalt	Sträckgräns MPa	Gruppbezeichnung
LDX 2101	21	1	0,3	450	Lean duplex
LDX 2404	24	3,6	1,6	480	Lean duplex
2304	23	4,8	0,3	400	Normal duplex
2205	22	5	3	460	Normal duplex
2507	25	7	4	530	Super -duplex

► Egenskaper duplext rostfritt stål

Fördelar

- Bra korrosionsegenskaper både mot allmänkorrosion och mot spänningsskorrosion främst i kloridmiljö men även i alkalisk miljö
- Hög draghållfasthet

Nackdelar

- Inte lika bra svetsbarhet som lågkolhaltigt kolstål och austenitiskt rostfritt stål
- Inte termiskt strukturstabilt över 250 °C

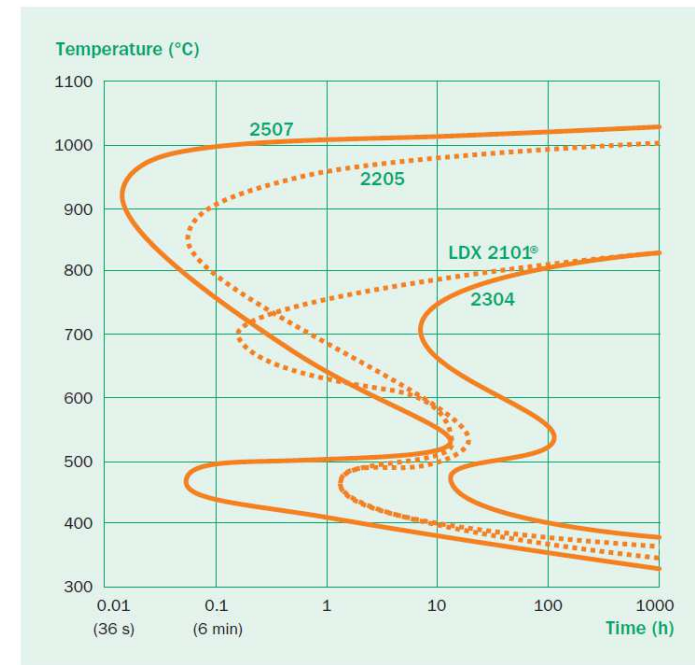
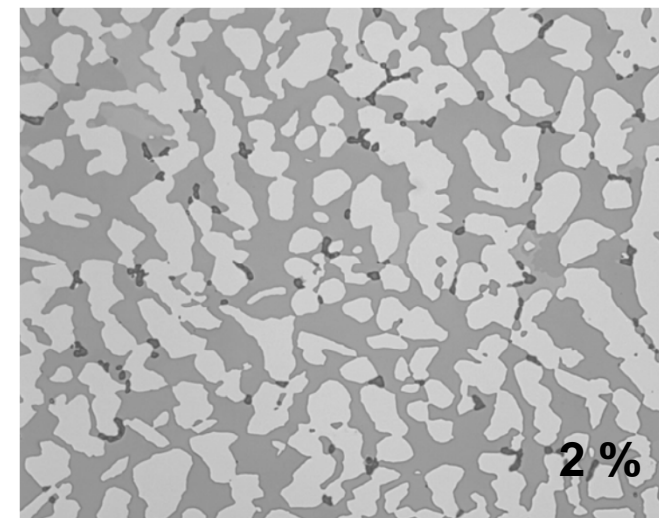
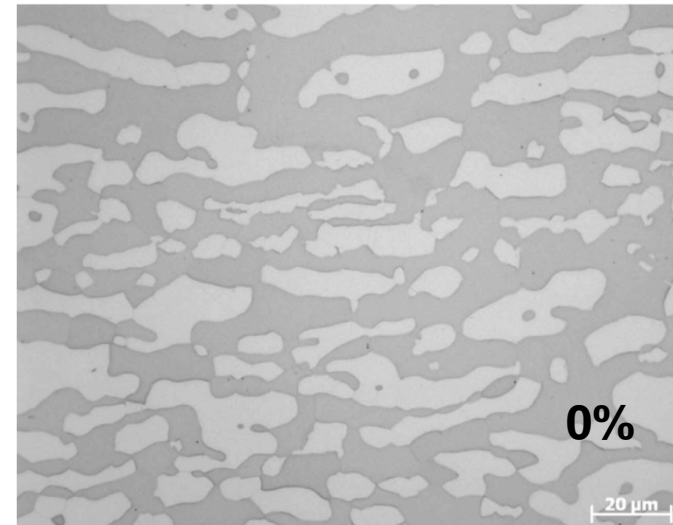
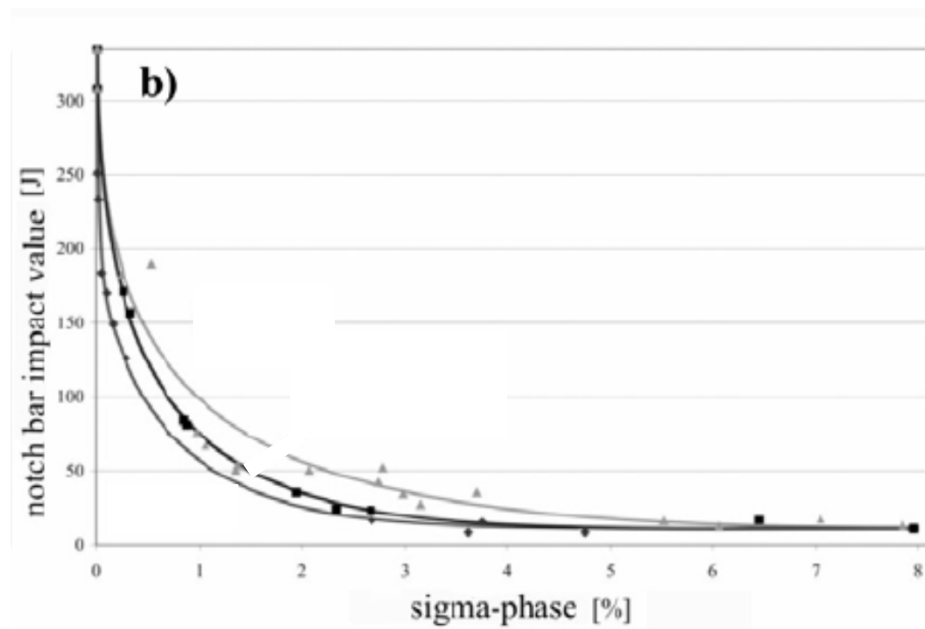


Fig. 1. Curves for reduction of impact toughness to 50% compared to solution annealed condition.

► Egenskaper duplext rostfritt stål



▶ Laboratorieprovning

Viktförlustmätning är ett sätt att mäta korrosionshastigheten för allmänkorrosion. Ett stort antal sådana försök har gjorts. Ett exempel visas nedan.

- Minska den korrosiva inverkan från miljön
- Syntetisk vitlut ger likvärdiga korrosionsförhållanden som verklig. Svartlut är svårare att simulera.
- Resultaten visar att duplext rostfritt stål är bättre än austenitiskt, framförallt molybdenlegerat.
- Skillnaden mellan de duplexa stålsorterna är marginell.

Sammanställning av laboratorieprovning i syntetisk vitlut

Stål	Prov 1 Viktförlust i mg	Prov 2 Viktförlust i mg
1.4307/304L	1,0	0,8
1.4404/316L	4,7	4,8
2101	0,4	0,4
2304	0,6	0,6
2205	0,8	0,5
2507	0,6	0,8

▶ Fältprovning

Korrosionsprovning i kontinuerlig kokare

- Viktförlustmätning
- Austenitiskt rostfritt stål är sämst.
- Av de duplexa stålen är 2205 sämst men skillnaderna är marginella. Alla har bra korrosionsegenskaper.
- Spänningskorrosionsprovning är svårare att genomföra



Resultat av fältförsök (plana prover) i kontinuerlig kokare

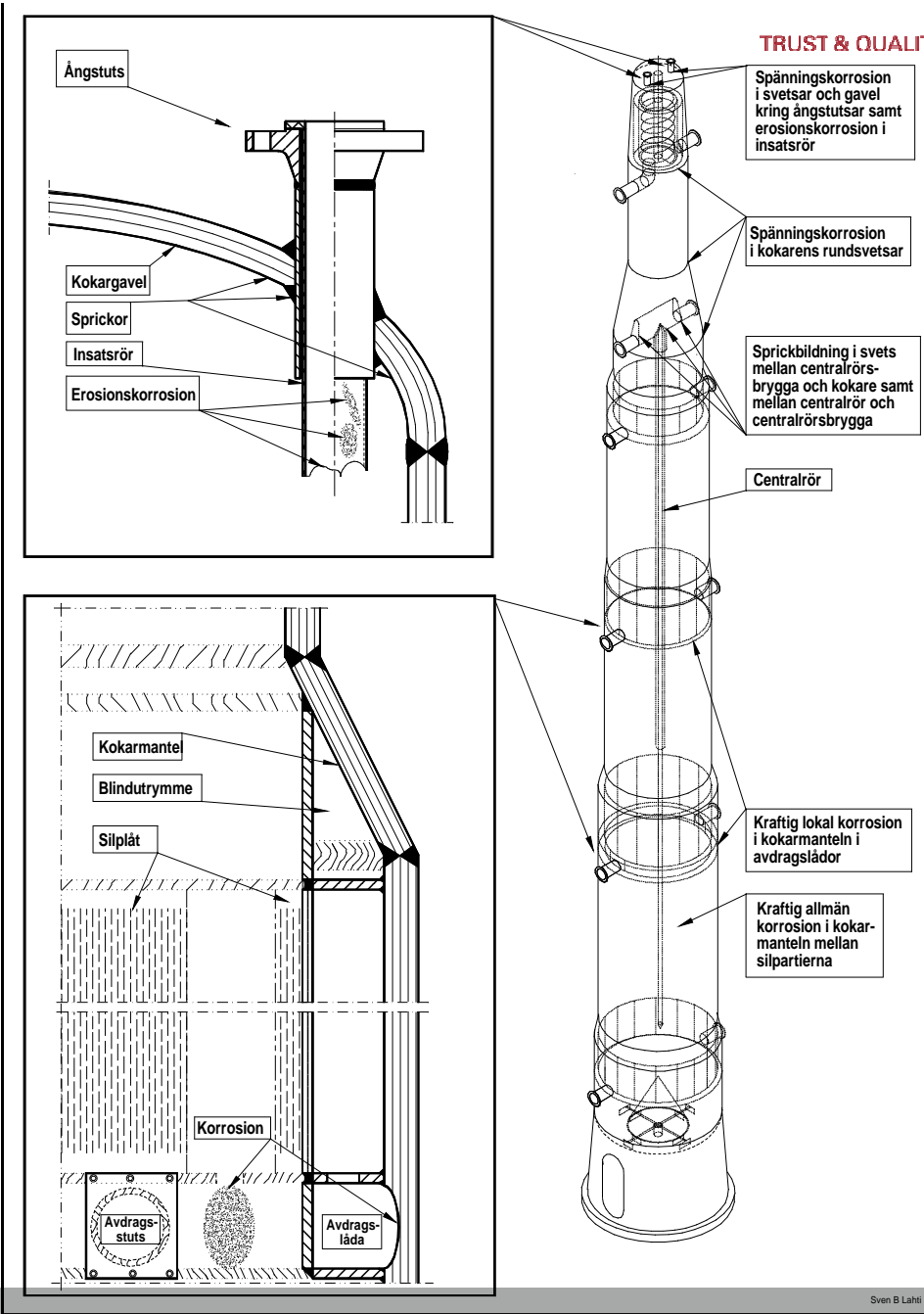
Stål	Korr.hast, mm/år	Korr.hast, mm/år
1.4307/304L	0,064	0,067
2101	0,004	0,004
2304	0,003	0,002
2205	0,008	0,008

► Nya kokare

Materialval i nya kontinuerlig kokare

- Under de senaste två åren har tre kontinuerliga kokare byggts eller håller på att byggas
- Av dessa har man valt duplex rostfritt stål 2205 i två och 2101 i en.
- I ett av fallen valdes 2205 för att man eventuellt kommer att utsätta kokaren för högre kloridhalter i framtiden
- Där kokarmaterial valdes till 2205 är kringutrustning, som förimpregnering, flashtank och luttank, tillverkade i 2101.

Kokarens svaga punkter



▶ TRUST & QUALITY www.inspecta.com