



**Specifikationer, dokumentation
og kontrol af stål
fra nye fjerne materialeleverandører**

*Jan Elkjær Frantsen
Korrosion og Metallurgi
FORCE Technology*



Process Plants and Stainless Steel (Photo: Sandvik)

Illustrationerne her er tilfældigt valgt uden relation til emnet

Outsourcing – typiske faldgruber

Materialefejl

- Forkert kemisk sammensætning iht. specifikation
- Forkert mikrostruktur iht. specifikation

Fremstillingsfejl

- Forkert svejsekvalitet iht. specifikation
- Forkert støbekvalitet iht. specifikation
- Forkert overfladebehandling iht. specifikation
- Manglende opfølgning/korrektion af fejl

NDT-fejl

- Manglende NDT-kontrol iht. specifikation
- Forkert udført NDT-kontrol iht. specifikation:
 - Brug af ikke-egnet og/eller decideret forkert NDT-udstyr iht. specifikation
 - Brug af ikke-certificeret og/eller decideret ukyndigt NDT-personale iht. specifikation
 - Fejlagtig/svigagtig godkendelse iht. specifikation

Dokumentationsfejl

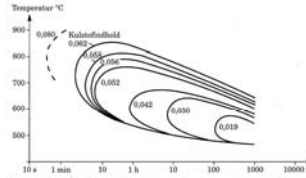
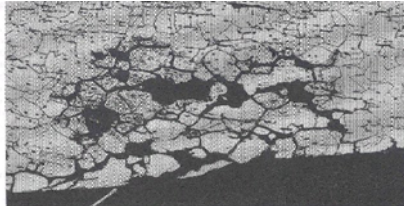
- Ingen dokumentation iht. specifikation
- Fejlagtig/svigagtig godkendelse iht. specifikation
- Inkompetent købsaftale uden eksakte specifikationer:
 - Fremstillingskvalitet
 - NDT-kontrol
 - Dokumentation etc.

En virksomhed købte "AISI 304"-bolt-nipler i Fjernøsten. Ved ankomst fremstod nogle af disse lettere rustne, hvorfor man valgte at bejdse dem. Det resulterede i, at nogle af emnerne svandt betydelig i størrelse.

SAMPLE	Alloy1	Ni	Fe	Mn	Cr
Stor	321SS : 2.47	8.49 ± 0.28	71.36 ± 0.45	1.21 ± 0.18	17.41 ± 0.25
Stor	301SS : *2.19	*8.26 ± 0.29	71.88 ± 0.45	1.25 ± 0.19	17.54 ± 0.26
Stor	301SS : 1.36	7.85 ± 0.28	71.46 ± 0.45	1.44 ± 0.19	17.63 ± 0.26
Lille	No Match : *5.22	0.16 ± 0.07	72.34 ± 0.46	17.18 ± 0.36	9.52 ± 0.21
Lille	No Match : *5.60	0.57 ± 0.10	72.65 ± 0.44	17.03 ± 0.36	9.35 ± 0.20
Lille ubå	No Match : *5.22	0.08 ± 0.06	73.25 ± 0.48	17.25 ± 0.35	9.20 ± 0.21
Lille ubå	No Match : *5.22	0.16 ± 0.07	73.03 ± 0.43	17.11 ± 0.34	9.47 ± 0.20

PMI-testresultater viste, at "man" har fundet det hensigtsmæssigt at sikre den umagnetiske mikrostruktur ved mangan-substitution af den hele den specificerede nikkel-mængde! Samtidigt har man "sparret" den halve mængde specificeret krom!

Virksomheden havde indsejst over 100 fejl-emner, som måtte PMI-testes for lokalisering og udskiftning.



Figur 2.18. Karbidutviklingen i et omfang, som giver risiko for interkristallinsk korrosion i 18/8-typen af rustfrit stål, et TTS-diagram (TTS - Tid - Temperatur - Sensibilisering), (Ref. 4.5).

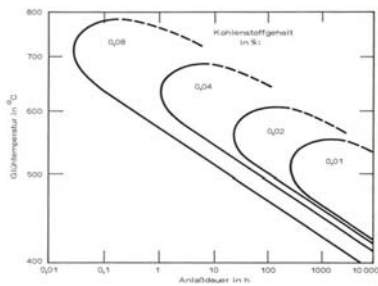
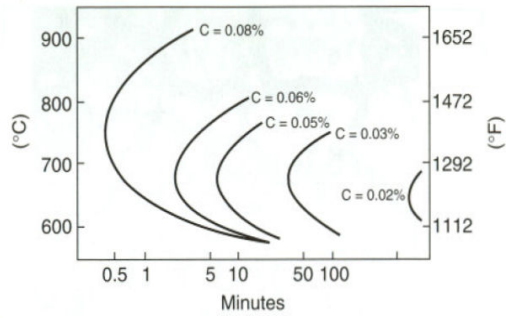


Bild 7 Einfluß des Kohlenstoffgehaltes auf die Lage der Korrosionsfallfelder in unstabilsierten austenitischen Stählen mit rd. 18 % Cr und 8 % Ni (Prüfung im Strauß-Test)



Korrosion og brud i "AISI 316"-sjækler fra Fjernøsten.

Det bemærkes, at sjæklen er korroderet, og at der foruden bruddet også ses mange revner i sjæklen. Bruddet er et deformationsløst brud, og også brudfladen er korroderet.

Sjæklen var fremstillet af sensibiliseret stangstål med for højt kulstofindhold ($C = 0,25\%$ w/w). Selv i ubelastet tilstand ville revnerne på et eller andet tidspunkt være gået hele vejen gennem sjæklen.

Materialefejl i sjækler



C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Mo %
0,25	0,54	0,83	0,037	0,020	16,5	0,39
Ni %	Al %	Co %	Cu %	Nb %	Ti %	V %
8,54	0,008	0,087	0,44	0,006	0,023	0,062
W %	Pb %	Sn %	As %	Se %	B %	Ce %
0,057	0,015	0,013	0,007	0,012	<0,0001	0,013
N %	Fe %					
0,049	72					

OES-resultater viste, at den kemiske sammensætning ikke opfyldte analysekravne til materialet AISI 316.

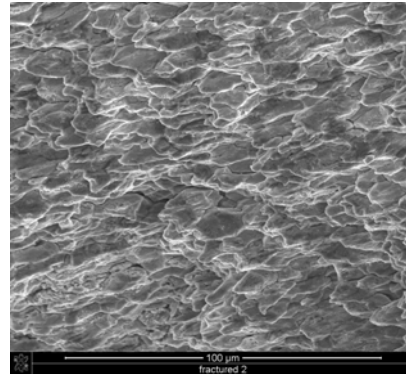
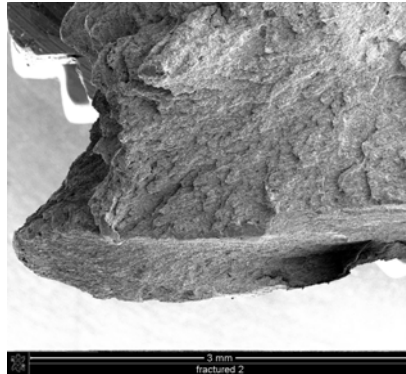
Kulstofindholdet er 3 gange højere end den maksimalt tilladte grænse (0,08 % w/w), og både nikkel- og molybdæn-indholdet er for lavt.

Materialefejl i bolt



Brud, korrosion og revner i "AISI 304"-bolt for gyngesving ophæng købt i Fjernøsten. Der er ingen plastisk deformation i forbindelse med bruddet.

Materialefejl i bolt



En undersøgelse af en af brudfladerne i skanning elektronmikroskop (SEM) viste et interkrystallinsk sprødt brud.

Materialefejl i bolt



Uætsset mikroslib af tværsnit

Ætset mikroslib af tværsnit

En undersøgelse af et tværsnit i lysoptisk mikroskop (LOM) viste, at både brud og revner var interkrystalinske, og at der var mange karbid-udskillelser i korngrænserne.

Materialefejl i bolt



C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Mo %
0,099	0,35	8,9	0,006	<0,001	12,7	0,19
Ni %	Al %	Co %	Cu %	Nb %	Ti %	V %
5,9	0,001	0,06	0,27	0,007	0,014	0,060
W %	Pb %	Sn %	As %	Se %	Ce %	Fe %
0,031	<0,0005	0,010	0,007	0,024	<0,002	71

OES-resultater viste, at den kemiske sammensætning ikke opfyldte analysekravne til materialet AISI 304.

Kulstofindholdet er højere end den maksimalt tilladelige grænse (0,08 % w/w), og noget af både nikkel- og molybdæn-indholdet er substitueret med mangan.

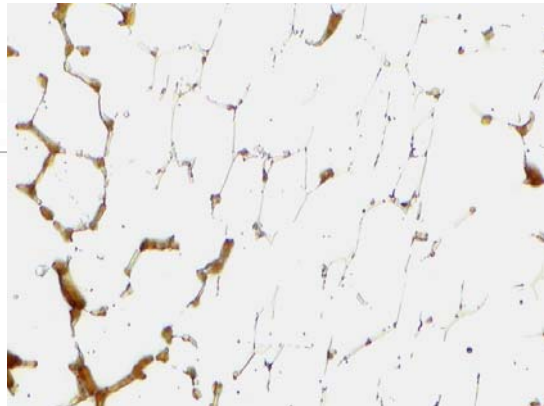
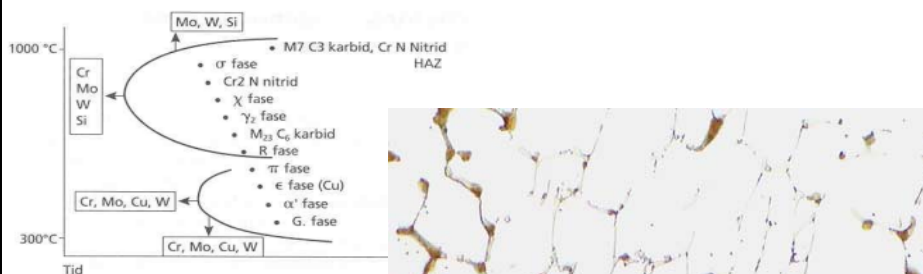
Fremstillingsfejl i pumpe



Uættet mikroslib af tværsnit

Interkrystallinsk korrosion i CF8M-pumpe efter kort tid i havvand. Mikroslibet viste en sensibiliseret grovkornet støbestruktur.

Intermetalliske faser – forkert varmebeh.



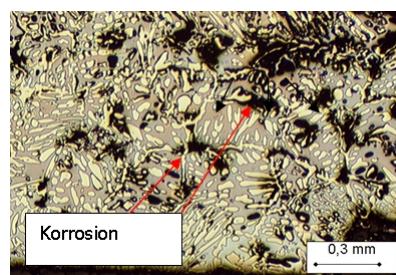
Interdendrittisk sejring af molybdæn og krom

- Sigma-fase
- Laves-fase
- Etc.

Intermetalliske faser – forkert varmebeh.



Massive sigma-faseudskillelser i korngrænser



Selektiv korrosion langs sigma-faseudskillelser

Da sigma-fase er absolut uønsket i rustfrit stål, er det altafgørende for egenskaberne, at materialet er varmebehandlet korrekt.

Sigma-fase i et rustfrit stålemne kan afsløres ved at udskære prøver til lysoptisk mikroskopi (LOM) eller ved at udføre on-site metallografisk NDT ved hjælp af replika-teknikker.

Summering



- Outsourcing-materialeproblemer bunder ofte i:
 - Mangelfulde specifikationer af kritiske egenskaber
 - Mangelfuld specifikation af NDT-kontrol
- Typisk specificerer den købende part typen af legering, men glemmer:
 - Varmebehandlingstilstand
 - Overfladekrav
 - Emballering

Summering



- Præcise specifikationer kræver referencer til:
 - Gældende standarder
 - Relevante standarder
- Specifikationerne skal omfatte:
 - Alle kritiske egenskaber
 - Være kendt af leverandøren og af leverandørens eventuelle underleverandør
- Specificerede egenskaber skal dokumenteres ud fra relevant NDT-kontrol