

Corrosie in stoomketels.

Praktijk voorbeelden.

Presentatie 25 januari 2018.

Algemeen.

Industriële stoomketels zijn er in alle soorten en maten en drukken.

Van bakkers keteltjes met een inhoud van 200 liter en een druk van 0.5 bar tot energie centrale ketels met drukken boven 270 bar en vermogens van 1100 MW. (genoeg om een hele provincie van elektriciteit te voorzien).

De doelstelling van de ketel is in alle gevallen het zelfde men maakt van water waterdamp.

De toepassing van de waterdamp ofwel de stoom is zeer verschillend.
In grote delen van de industrie wordt stoom in het proces gebruikt.

Petrochemie.

Energie opwekking.

Karton en Papier fabrieken.

Voedingsmiddelen industrie zoals bakkerijen, melkfabrieken, dieren voeders, conserven, bierbrouwers, patat fabrieken.

Ziekenhuizen, gebouwen.

Steen / kalkzandsteen fabrieken.

Glasfabrieken.

Wasserijen, tuinbouw.

Automobiel fabrieken.

Vuilverbranding.

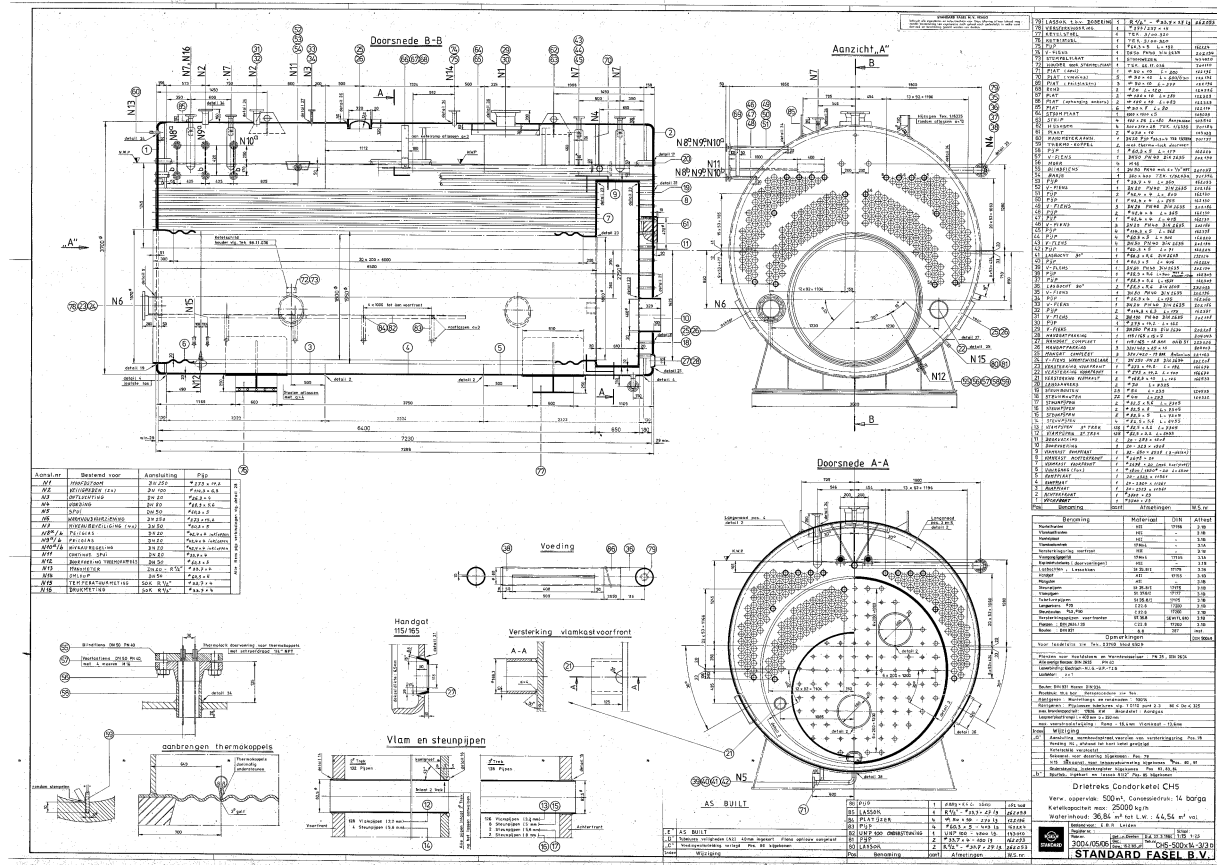
Enzovoort, enzovoort.

Stoomketels vindt je op talloze plaatsen in de industrie, het principe is veelal het zelfde, met een gasbrander wordt water omgezet in stoom.

Wat betreft corrosie van de ketel (drukdeel) kom je ook overal de zelfde problematiek tegen.

Heel globaal gezien zijn er twee typen ketels.

Cilindrische ketels, het ketelwater bevindt zich rond de vuurgang en de vlampijpen, de ketel is voor 80 % gevuld met water en voor 20 % met stoom.



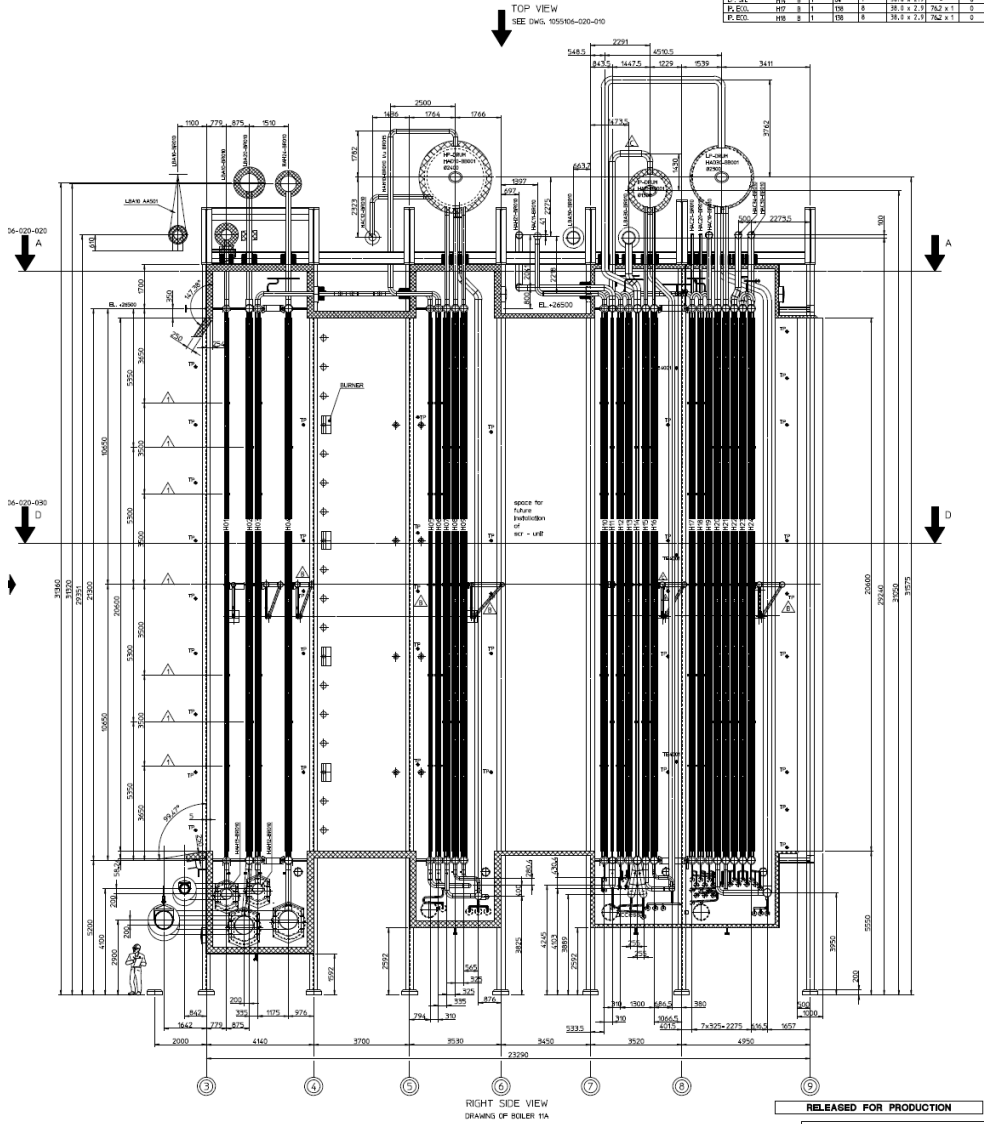
Deze ketels worden toegepast tot drukken van 30 bar en een vermogen om 60.000 liter water per uur te verdampen.



Waterpijp ketels, het water bevindt zich in pijpen waar het wordt verdampt. De stoom wordt verzameld in een stoomdrum.

BOILER DESIGN DATA	HP	IP	LP	CPH	EH
STEAM CAPACITY nos.	446 T/hr	57 T/hr	39 T/hr		4366 T/hr
NOMINAL MAIN STEAM PRESSURE	170 Bar	28.8 Bar	4.8 Bar		27.0 Bar
NOMINAL MAIN STEAM TEMPERATURE	357.2 °C	352 °C	150 °C		350 °C
DESIGN PRESSURES	190 Bar	35 Bar	6 Bar		31 Bar
HEATING SURFACE	170 Bar	39 Bar	8 Bar		39 Bar
SUPERHEATER	170 Bar	39 Bar	8 Bar		39 Bar
STEAM DRUM	170 Bar	39 Bar	8 Bar		39 Bar
ECONOMIZER	241 Bar	70 Bar	-		31 Bar

SERVICES	NO OF HP/RS	NO OF IP/RS	NO OF LP/RS	NO OF CPH/RS	NO OF EH/RS	NO OF TOTAL	NO OF CORR.
HP-HEAT	1	0	0	0	0	1	0
IP-HEAT	0	1	0	0	0	1	0
LP-HEAT	0	0	1	0	0	1	0
CPH-HEAT	0	0	0	1	0	1	0
EH-HEAT	0	0	0	0	1	1	0
HP-DRUM	1	0	0	0	0	1	0
IP-DRUM	0	1	0	0	0	1	0
LP-DRUM	0	0	1	0	0	1	0
CPH-DRUM	0	0	0	1	0	1	0
EH-DRUM	0	0	0	0	1	1	0
HP-ECON	1	0	0	0	0	1	0
IP-ECON	0	1	0	0	0	1	0
LP-ECON	0	0	1	0	0	1	0
CPH-ECON	0	0	0	1	0	1	0
EH-ECON	0	0	0	0	1	1	0
HP-VAL	1	0	0	0	0	1	0
IP-VAL	0	1	0	0	0	1	0
LP-VAL	0	0	1	0	0	1	0
CPH-VAL	0	0	0	1	0	1	0
EH-VAL	0	0	0	0	1	1	0
HP-CON	1	0	0	0	0	1	0
IP-CON	0	1	0	0	0	1	0
LP-CON	0	0	1	0	0	1	0
CPH-CON	0	0	0	1	0	1	0
EH-CON	0	0	0	0	1	1	0



RELEASED FOR PRODUCTION

REV. DRAWING NO. 2475-0201-1A-REPO-03093

NO.	DATE	BY	CHKD.	APPD.	REVISION
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					

Ketel met water in de pijpen in 3 stoom drums met verschillende drukken. In de hogedruk sectie heerst een druk van 165 Bar.

Aangezien alle ketels van ijzer zijn gemaakt ontstaat er in combinatie met onbehandeld water corrosie aan de waterzijde.

Corrosie heeft lekkage tot gevolg, en kan zelfs leiden tot gevaarlijke situaties.

Aan de waterzijde heest een hoge druk en temperatuur, komt dit water naar buiten dan vormt dit direct stoom.

Aangezien uit 1 liter water uit een stoomketel 1600 liter stoom gevormd wordt op het moment dat dit vrij komt heb je het zelfde effect als een explosie.

Vanwege dit gevaar is er van overheidswege toezicht op het gebruik van de stoomketel, vroeger door het Stoomwezen en tegenwoordig door de keuringsinstantie.

Naast de kosten van de reparatie zijn er ook vaak de kosten van productie verlies, in veel gevallen is de ketel het hart van het bedrijf. Ligt de ketel stil dan kan er niets geproduceerd worden.

De meest kritische delen van de ketels zijn de vlampijpen en de waterpijpen. De romp of stoomdrum van de ketel zijn al snel 20 tot 50 mm dik. De vlampijpen en waterpijpen maar 2.9 mm. De pijpen in warmtewisselaars zijn vaak maar 2 mm dik. Als hier aan het oppervlak corrosie optreedt ontstaat al snel lekkage.

Corrosie kan ook aan de rookgaszijde (brander zijde) ontstaan wanneer de rookgassen dermate afkoelen dat deze onder het dauwpunt komen. Het gevormde condens heeft een zuur karakter, en wanneer er ook nog zwavel deeltjes aanwezig zijn kan het heel snel gaan.

De delen waar men condensvorming verwacht (bv de condensor in het rookgaskanaal na de brander) zijn dan ook van RVS gemaakt.

Hoe voorkom je dat er corrosie schade aan het drukdeel optreed.

- A. In de ontwerp fase al rekening houden met eventuele corrosie, juiste materialen kiezen en zorgen dat de doorstroomsnelheden niet te hoog zijn en, een corrosie toeslag in de berekeningen opnemen.
- B. Goede waterbehandeling toepassen. Het in het water aanwezige zuurstof chemisch binden of thermisch ontgassen.
- C. Als de ketel voor langere tijd stil staat zorgen voor een goede conservering.
- D. De ketel dusdanig bedrijven dat er geen rookgassen kunnen condenseren. In de praktijk zien we vaak dat branders worden omgebouwd men wil vet, olie, biogas of andere stoffen mee verbranden, in deze brandstof zitten vaak bestanddelen die wanneer ze met vocht in aanraking komen corrosie kunnen veroorzaken.

Item B vereist nadere toelichting.

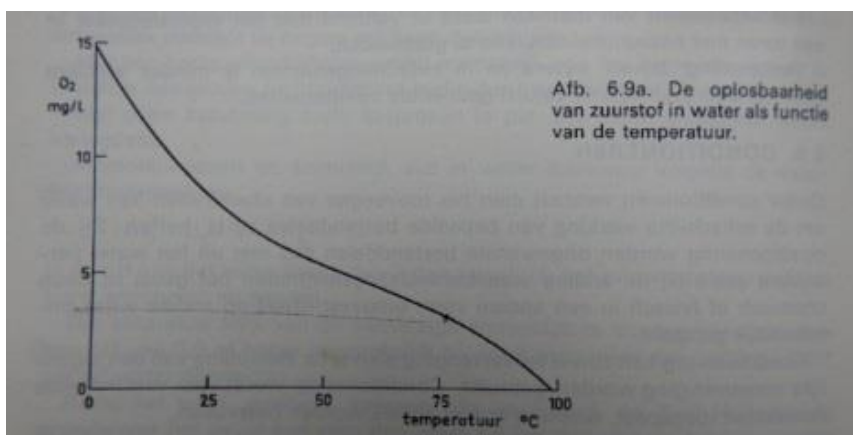
Zuurstof en zuur corrosie aan de waterzijde is veelal oorzaak van schade, meestal lekke vlampijpen.

Een goede conditionering van het voedingswater dat in de ketel gepompt wordt is daarom van het grootste belang.

De conditionering van het ketelwater heeft tot doel :

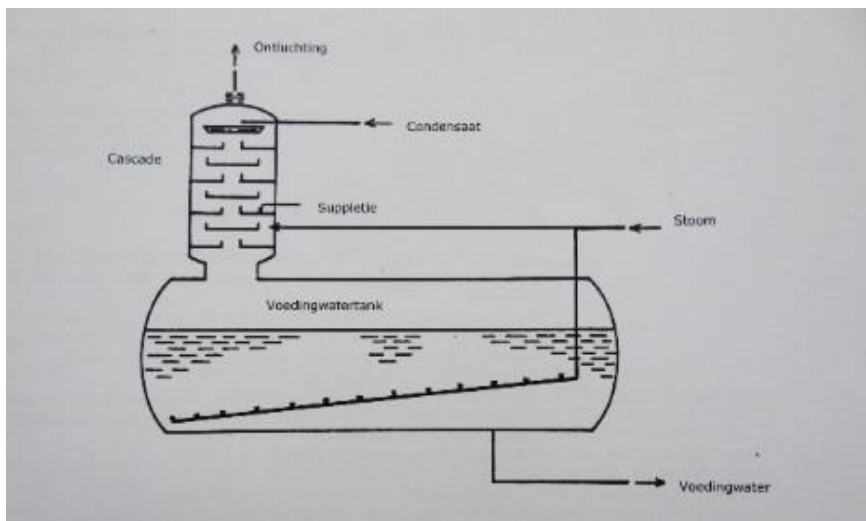
- A. Voorkomen dat er ketelsteen of andere afzetting gevormd wordt meestal door het water te ontijzeren en te ontharden. Dit gebeurt veelal met filters, ionen wisselaars, of reverse osmose apparatuur.

- B. Voorkom dat er zuurstofrijk water in de ketel terecht komt. In het verleden werden hiervoor chemicaliën aan het water toegevoegd. Dit is een dure aangelegenheid en milieu belastend. Tegenwoordig worden bijna altijd voedingswater ontgassers toegepast. Het principe van deze toestellen is, dat naarmate de temperatuur van het water toeneemt, de oplosbaarheid van zuurstof in het water afneemt. Boven de 100°C kan er geen zuurstof door het water worden opgenomen.



Oplosbaarheid van water in relatie tot de water temperatuur.

Om de zuurstof uit het water te halen maken we gebruik van een voedingwaterontgasser.



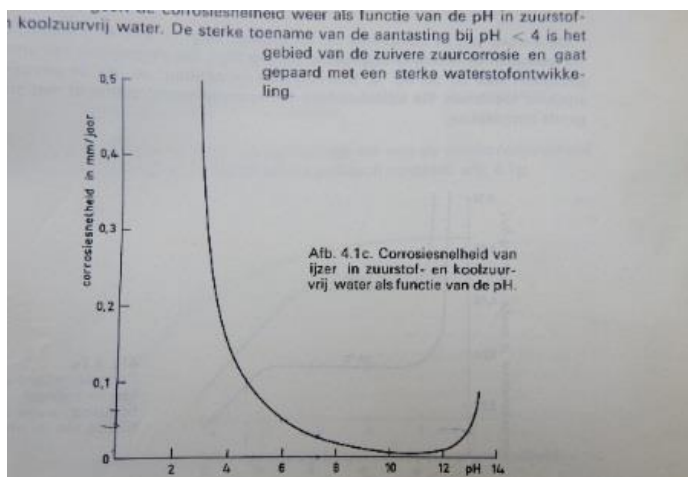
Voorbeeld van een voedingwaterontgasser.

Het water komt als kleine druppels via een sproeier of schotels in de stoomruimte, hier heerst een temperatuur van 108 °C waardoor de zuurstof al grotendeels wordt uitgedreven.

Daarna komt het water in de voorraad tank waar het minstens 20 minuten op 108 °C aanwezig blijft.

Voedingwaterontgassers hebben zelf ook vaak last van corrosie, daarom zijn ze aan de waterzijde voorzien van een coating.

- C. Zorg voor de juiste zuurgraad "pH" in het ketelwater. Zoals in onderstaande grafiek is weergegeven is de corrosie snelheid bij een pH van 11.0, nihil, daarboven neemt de corrosie snelheid weer toe.



Bij gebruik van onthard water (pH 7) wordt er als gevolg van de soda splitsing als gevolg van de hoge temperatuur in het ketelwater voldoende alkaliteit gevormd om de pH 11 te bereiken.

Als er ontzout water als voedingswater gebruikt wordt moeten er alkaliseringsmiddelen toegevoegd worden zoals ammoniak, of natronloog.

Bij gebruik van onthard water ontstaat er als gevolg van de soda splitsing in de ketel aan de ene kant natronloog wat zorgt voor een pH stijging van pH7 in het voedingswater naar pH 11,5 in het ketelwater. Aan de andere kant ontstaat er koolzuurgas wat met de stoom mee gaat en weer in het gevormde condensaat oplost. De zuurgraad van condens ligt tussen de pH 4.5 en pH 6.5 Uit bovenstaande grafiek blijkt dat in dit geval de corrosie snelheid veel hoger ligt. Om de stoom en condensleidingen te beschermen zijn er diverse vluchtige middelen in de handel.

Corrosie soorten waar we in de praktijk mee te maken hebben.

Ondanks dat we proberen zoveel mogelijk maatregelen te nemen om de corrosie in stoomketels tegen te gaan worden we in de praktijk regelmatig met corrosie schade geconfronteerd.

Korte opsomming waar we in de praktijk zoal mee te maken krijgen.

- A. Waterzijdig.
 - Zuurstof corrosie.
 - Loogspannings corrosie.
 - Spleet corrosie
 - Zuur corrosie.
 - Under deposit corrosion, corrosie onder aanslag.
 - Elektrochemische corrosie.
 - Flow accelerated corrosion FAC

- B. Rookgaszijdig.
 - Zuur corrosie.
 - Nitraat spanningscorrosie.
 - Corrosie onder de bemetseling.
 - Hoge temperatuur corrosie.

- C. Aan de buitenkant van de ketel.
 - Corrosie onder isolatie.
 - Corrosie als gevolg van lekkage.



Van elk genoemd type corrosie enige voorbeelden.

Zuurstof corrosie.

Zoals eerder al aangegeven funest voor de vlampijpen.

Ontstaat als gevolg van niet werkende ontgasser, ontharder, onvoldoende zuurstof binder of tijdens stilstand van de ketel.



Zuurstof corrosie in economiser pijpen.

Voordat het ontgaste water de ketel in gaat wordt het in veel gevallen eerst opgewarmd door een economiser welke zich in de schoorsteen bevindt.

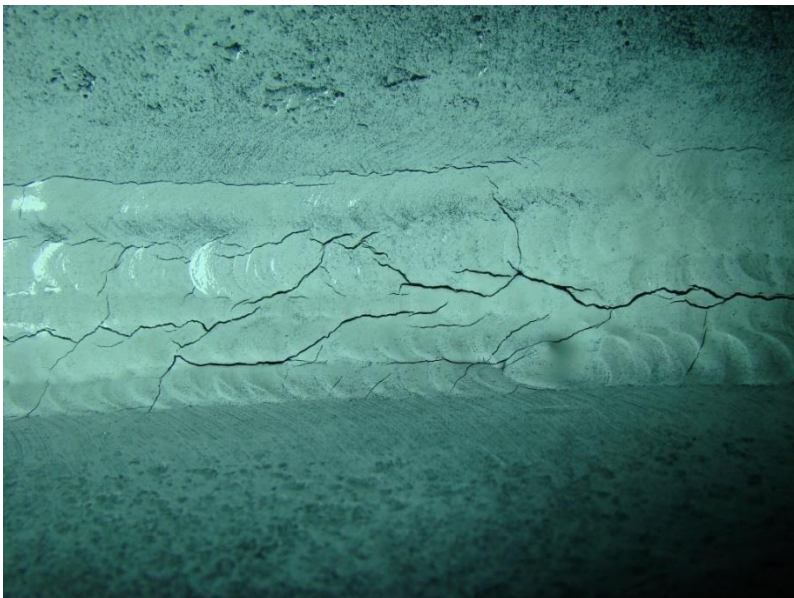
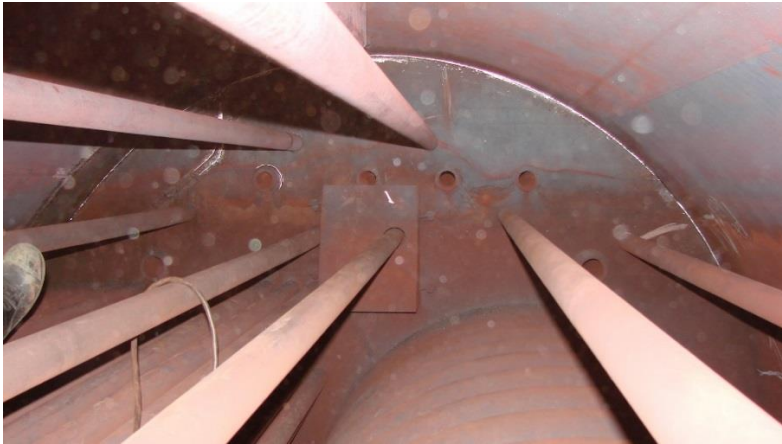
In ontgast water heeft er nog geen soda splitsing plaats gevonden, de pH bevindt zich tussen de pH 7.5 en pH 8.5.

Uit de eerder besproken grafiek blijkt dat de corrosie dan al een stuk sneller gaat. Zeker als er sprake is van zuurstof in het water ontstaan er al vrij snel lekkages.



Loog spanningscorrosie.

Ontstaat in en rond lassen als gevolg van hoge concentraties natronloog en vocht. Verloopt langs de korrelgrenzen en gaat zeer snel. In ons geval binnen 5 maanden door en 28 mm dikke plaat.



Loogspanningscorrosie langs de kamsteunen. Deze waren volledig los
gescheurd. Dit was een nieuwe ketel en 2 jaar in bedrijf.



Loogspanningscorrosie in pijpgaten.
Water met natronloog dikt in, in de spleet tussen de pijp en de plaat.
In de las en de plaat ontstaat loogspanningscorrosie.

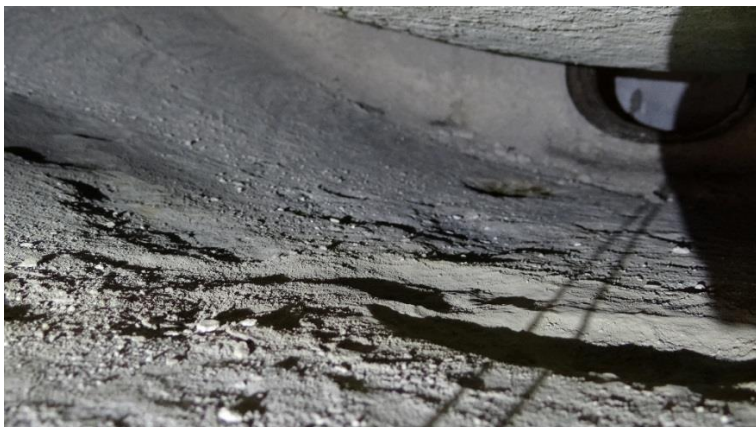


Spleet corrosie en corrosie onder aanslag.

Spleetcorrosie kan ontstaan wanneer twee metalen in een waterige oplossing tegen elkaar geplaatst zijn. Ook kan het optreden indien een niet metallisch onderdeel een metaaloppervlak geheel of gedeeltelijk bedekt. In beide gevallen ontstaat veelal een spleet waarin de vloeistof weinig uitwisseling heeft met de zuurstof in de vloeistof buiten die spleet. Op deze wijze ontstaat een potentiaalverschil dat tot corrosie kan leiden omdat zo'n spleet zich anodisch opstelt in een elektrochemisch element. De zuurgraad wordt hierdoor sterk verlaagd waardoor in zulke gevallen ernstige corrosie op kan treden. Vooral onder capillaire werking kan versneld spleetcorrosie ontstaan.



Pijp waarbij spleetcorrosie is opgetreden.
Bij deze ketel hebben we 140 vlampijpen moeten vervangen.



Corrosie onder aanslag. Dit deel van de romp bevond zich onder de keerkast en was niet goed bereikbaar waardoor de aanslag zich heeft opgehoopt en er een kuil van 10 mm diepte is ontstaan.

Zuur corrosie.

We worden nog al eens geconfronteerd met schade als gevolg van een jaren eerder uitgevoerde chemische reiniging. Sommige te verwijderen delen zitten zo vast dat het zuur zich er onderdoor probeert te vreten.



Vlampijp van chemisch gereinigde ketel



Oppervlak ban gezuurde voedingwater ontgasser.



Deze ketel was 2 jaar na chemisch reinigen op meerdere plakken lek, ook hier moesten er 130 vlampijpen vervangen worden.

Elektrochemische corrosie.

Wanneer er twee verschillende materialen met elkaar in aanraking komen onder vochtige omstandigheden ontstaat een galvanische cel waardoor het minst edele metaal in oplossing gaat.

Bij stoomketels tref je dit op 2 plaatsen aan.

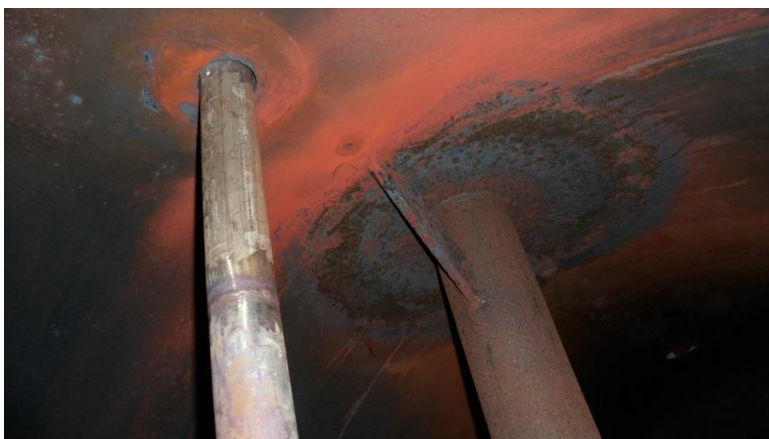
Bijvoorbeeld in ziekenhuizen zitten er in het systeem vaak koperen delen.

Als hiervan deeltjes lostaken of oplossen worden die met het condensaat de ketel ingevoerd. Deze deeltjes zetten zich af op de vlampijpen en er ontstaat een galvanische cel.



In deze ketel zijn er inmiddels 20 pijpen vervangen.

Nadat de corrosie producten geanalyseerd waren werd het duidelijk dat er koper deeltjes aanwezig waren.



Voedingwaterontgasser met een RVS stoom verdeelsysteem.

Voor RVS wordt gekozen omdat dit veel langer mee gaat als een stalen verdeler. Middels een flensverbinding wordt het RVS deel aan de stalen pijp bevestigd, de problemen zien we terug rond de doorvoering van de stalen stoompijp door de wand.

Flow accelerated corrosion.

Dit ontstaat wanneer water en stoom met hoge snelheid door de pijpen stromen. Door de hoge snelheid wordt de beschermende oxide laag aangetast, groeit daarna weer aan waarna deze weer wordt aangetast. Op deze wijze ontstaat er een gelijkmatige afname van het materiaal. De doorstromingsnelheid het toegepaste materiaal en de temperatuur spelen hier een belangrijke rol.



Stijgpijp welke in de stoomdrum uit komt.

Het in de pijpen gevormde stoom / water mengsel heeft een dusdanige hoge snelheid dat de gevormde magnetiet laag van het oppervlak wordt meegenomen.

Loogcorrosie.

Ontstaat door indikking van ketelwater op plaatsen met onvoldoende doorstroming.



Loogcorrosie in verdamper verdeel pijp.

Zuur corrosie aan de rookgaszijde.

Ontstaat wanneer de rookgassen beneden het dauwpunt komen.
Het gevormde condens heeft een zuur karakter pH van 4.5 / 5.5 en zorgt voor aantasting van het materiaal, zeker in combinatie met zuurstof en een hoge temperatuur.



Waterpijpen onder de schoorsteen.

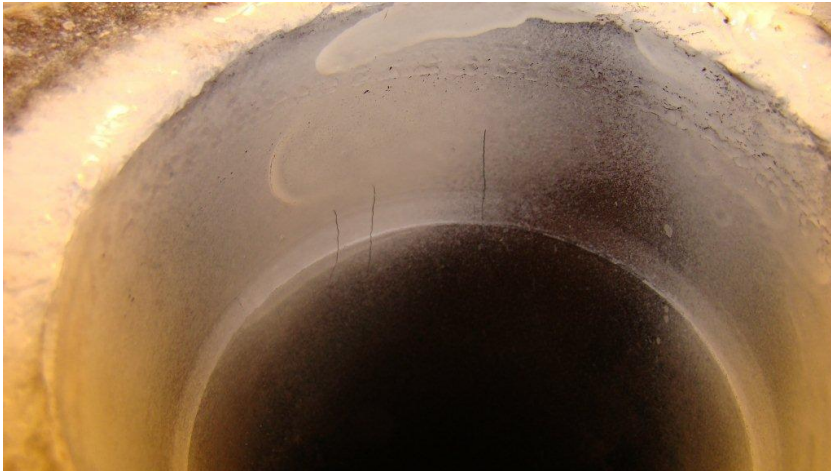
Doordat de regenrand in de schoorsteen defect was kon er condens en regenwater op de pijpen terecht komen waardoor er corrosie en lekkage is ontstaan.



Corrosie van de pijpenplaat, in dit geval zwavelhoudende rookgassen en een kleine lekkage in de las, en hoge temperatuur.

Nitraat spannings corrosie.

Kan ontstaan wanneer de in de rookgassen aanwezige NOx en nitraten in het gevormde condensaat oplossen, in een bepaald temperatuur gebied.



Nitraat spanningscorrosie in de uitgewalste pijp bij stadsverwarmingsketel als gevolg van door koud walsen ingebrachte materiaal spanningen en kleine lekkage aan de waterzijde.

Corrosie onder de vuurvaste bemetseling.



Vuurvaste bemetseling in de vuurgang. Via de spleet kunnen rookgassen achter de bemetseling komen en condenseren, vooral in de tijd dat er op olie gestookt werd ontstond zwavel corrosie achter de bemetseling.



Als gevolg van lekkage is er onder de bemetseling water terecht gekomen. Ernstige corrosie van de waterpijp met aan de binnenzijde talloze scheurtjes.

Hoge temperatuur corrosie.

Ontstaat veelal in oververhitters en wanneer delen onvoldoende gekoeld worden.



Oververhiter pijp uit een vuilverbranding, door de deeltjes in de rookgsstroom hoge temperaturen en in combinatie met een roetblazer ontstaat corrosie aan de bovenzijde.



Als gevolg van verstopping wordt het oppervlak niet meer gekoeld en er ontstaat corrosie aan het oppervlak.



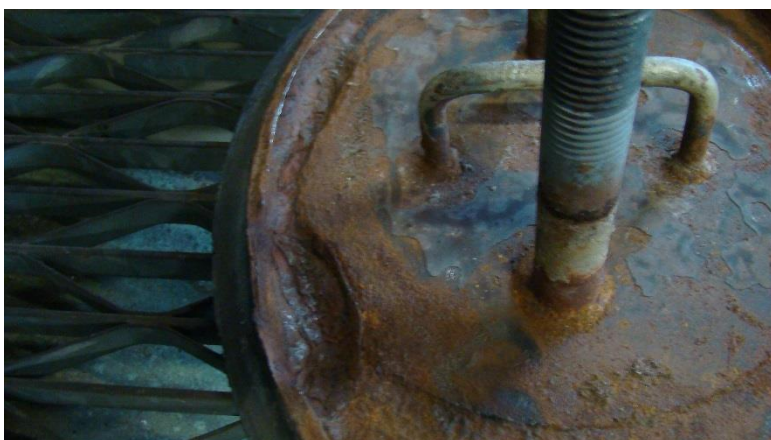
Corrosie onder isolatie.



Ketels die buiten staan kunnen als gevolg van inregenen corrosie schade oplopen.

Corrosie als gevolg van lekkage.

Lekkage van flenzen en mangaten kan corrosie aan het drukdeel ontstaan.



Corrosie van mangatring en deksel bij stadsverwarmings ketel.