

Sulakourujen materiaalitutkimus, VTT – KMP esitys 23.1.2020

Sulakourujen materiaalitutkimus

Konemestaripäivät 23.01.2020
Sanni Yli-Olli
Satu Tuurna

Tavoite

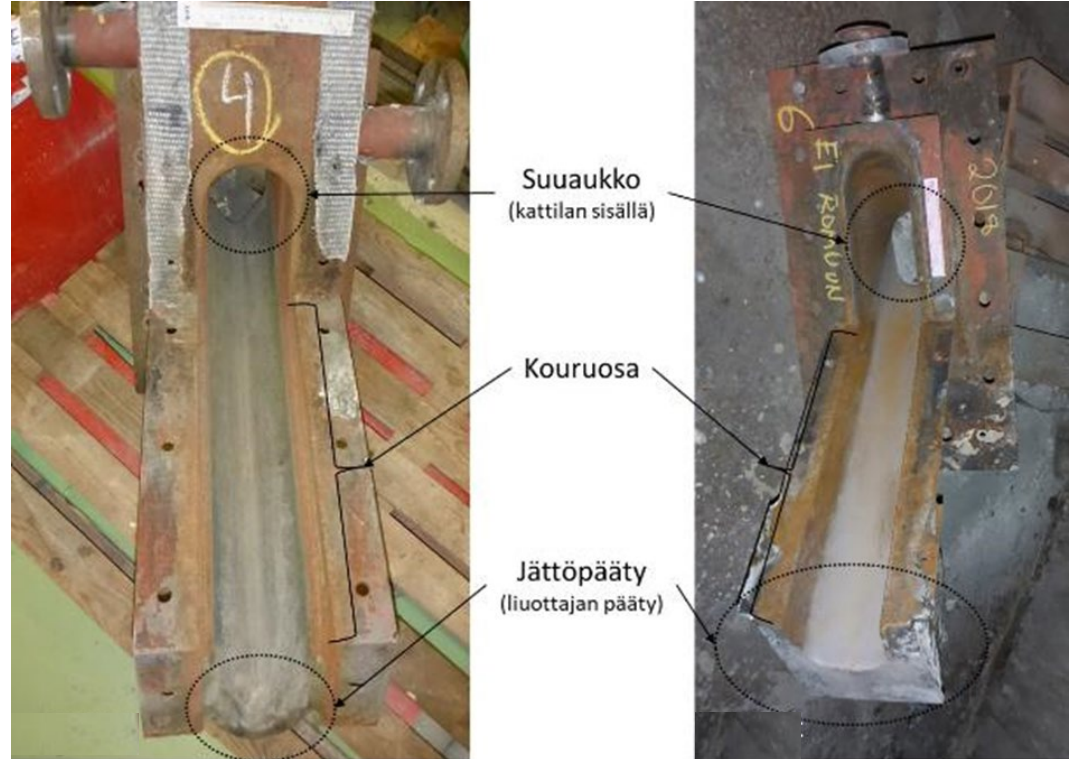
- Selvittää soodakattiloiden sulakouruissa havaittavia vaurioita ja niiden vaikutusta sulakourujen käytettävyyteen
 - usealla laitoksella sulakourut eivät ole kestäneet suositeltua yhden vuoden ajojaksoa
- Kourujen valinta SKYn kestoisuustyöryhmän ohjeistuksen mukaisesti (paras & huonoin + taustatiedot)
- Sulakouruista kartoitettiin ja raportoitiin niissä havaitut vauriot, näiden mekanismi, sijainti ja syvyys
- Tuloksien yhteenveto yhdessä soodakattilayhdistyksen ja kattilakäyttäjien kanssa

Tarkastellut sulakourut

- Tutkimuksessa mukana eri tyyppisiä kouruja seuraavilta laitoksilta:
 - Enocell
 - Joutseno
 - Kaukaa
 - Kaukopää
 - Kemi
 - Kotkamills
 - Kymi
 - Oulu
 - Pietarsaari
 - Rauma
 - Sunila
 - Veitsiluoto
 - Äänekoski

Suoritetut tutkimukset

- Visuaalinen tarkastelu kaikille sulakouruille
- Tarkempi tarkastelu 4 laitoksen kouruille:
 - Mikrorakenne tarkastelut näytteille kourun seinämästä, pohjasta ja jättöpäädystä
 - Säröjen syvyyden määrittäminen
 - Oksidien/kerrostumien määrittäminen



Huomioita visuaalisesta tarkastelusta

- Rännit olivat geometrialtaan erilaisia
 - pituus (770 mm ja 900 mm, 1 poikkeus)
 - Poikkileikkaus V ja U
 - Sisäinen virtauskanavisto
- Materiaalit vaihtelivat
 - Compoud / Laserpinnoitettu
 - Musta (päädyt hitsattu eri tavalla)
- Suuaukoissa ei havaittu säröilyä tai merkittävää syöpymää



Huomioita visuaalisesta tarkastelusta - kouruosa



Rassauksen jättämiä jälkiä



Säröilyä kourun seinämällä



Säröilyä kourun pohjalla

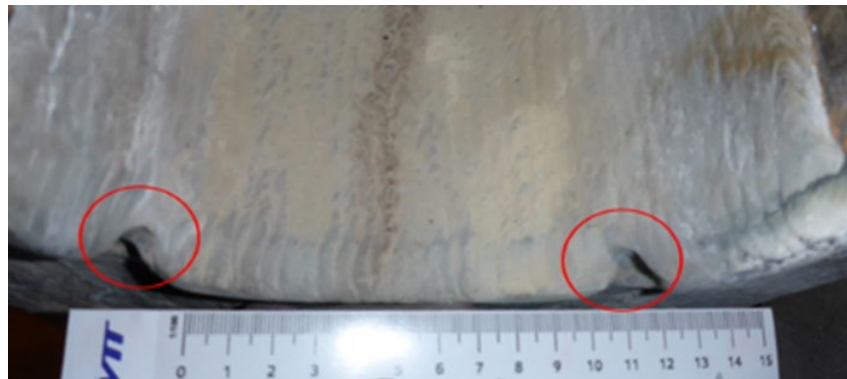
Huomioita visuaalisesta tarkastelusta - jättöpääty



Päädyn syöpymiä



Päädyn syöpymiä

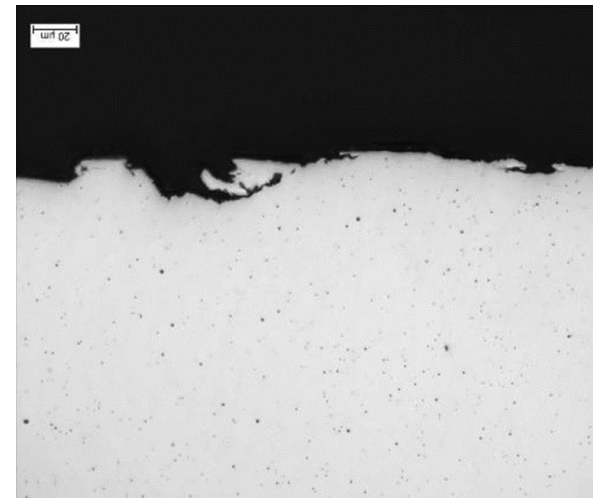
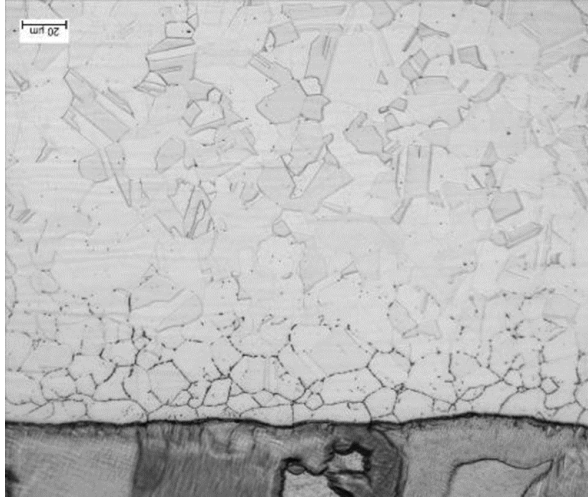


Päädyn syöpymiä

Tarkemmat tutkimukset

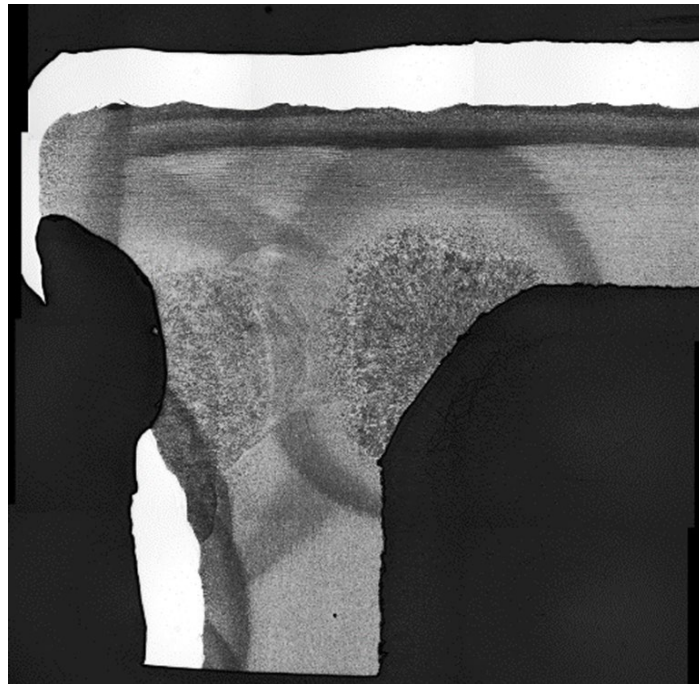
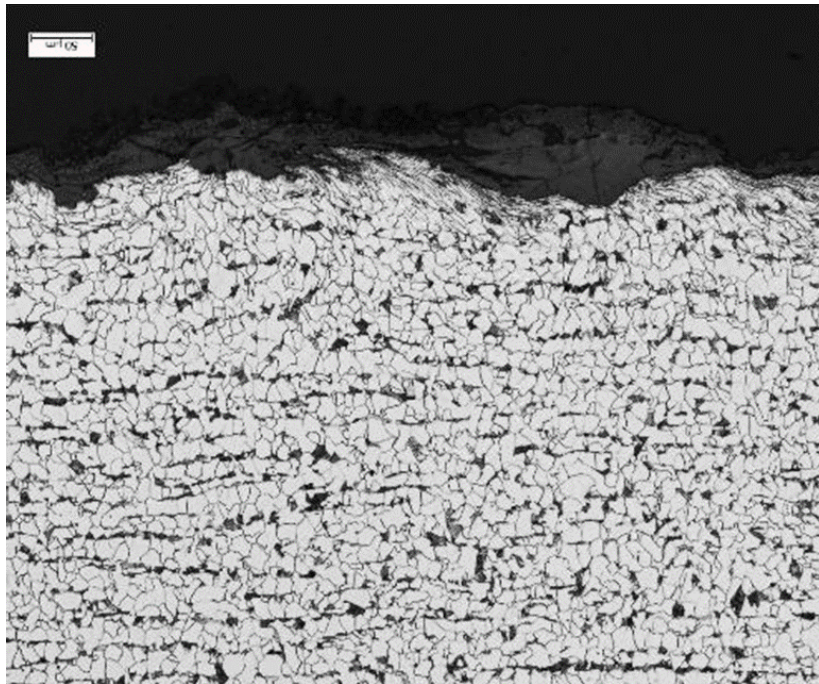
- Neljän eri laitoksen sulakouruille
- Laitos 1, jossa eri kattiloissa eri malliset kourut
- Laitos 2, jolla ollut käytössä sekä compound & laserpinnoitetut kourut
- Laitos 3, jossa V:n malliset kourut (toisessa säröjä kouruosalla, toisessa syöpymää päädyssä)
- Laitos 4, jossa U:n malliset kourut (toisessa säröjä kouruosalla, toisessa syöpymää päädyssä)

Laitos 1 – V:n mallinen compound -kouru



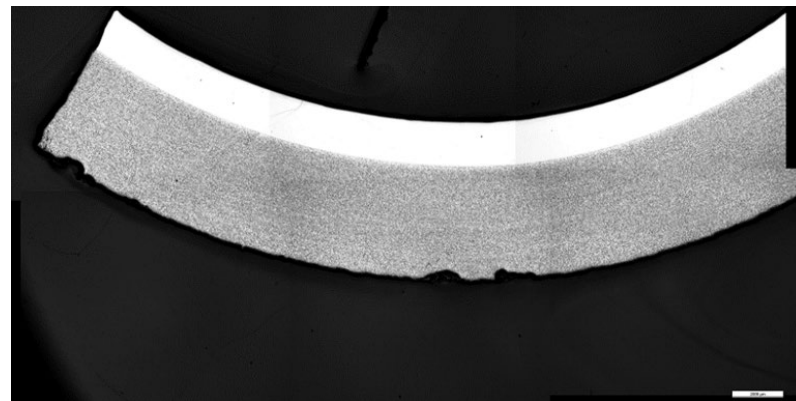
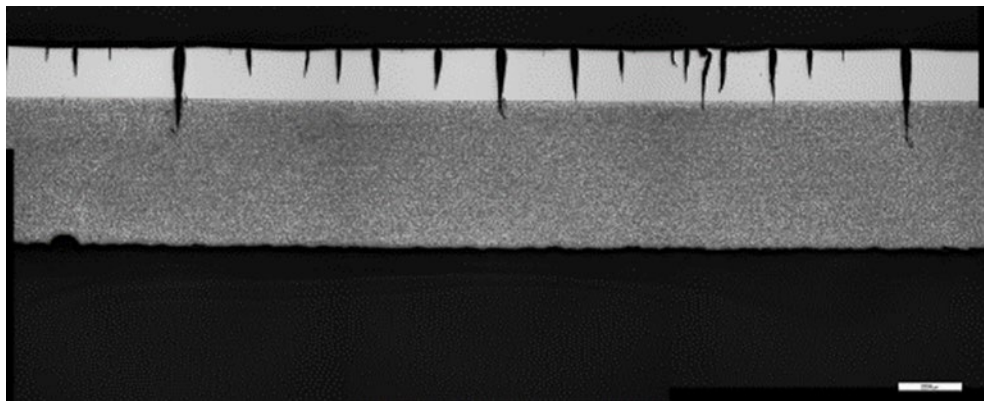
- pinnoitteen puolella n. 55 μm matkalla karbideja raerajoilla sekä perusaineen puolella n. 200 μm hiilenkatovyöhyke
- pinnoitteen pinnalla kourun seinämällä pieniä säröjä
- ajojakso 12 kk

Laitos 1 – U:n mallinen kouru



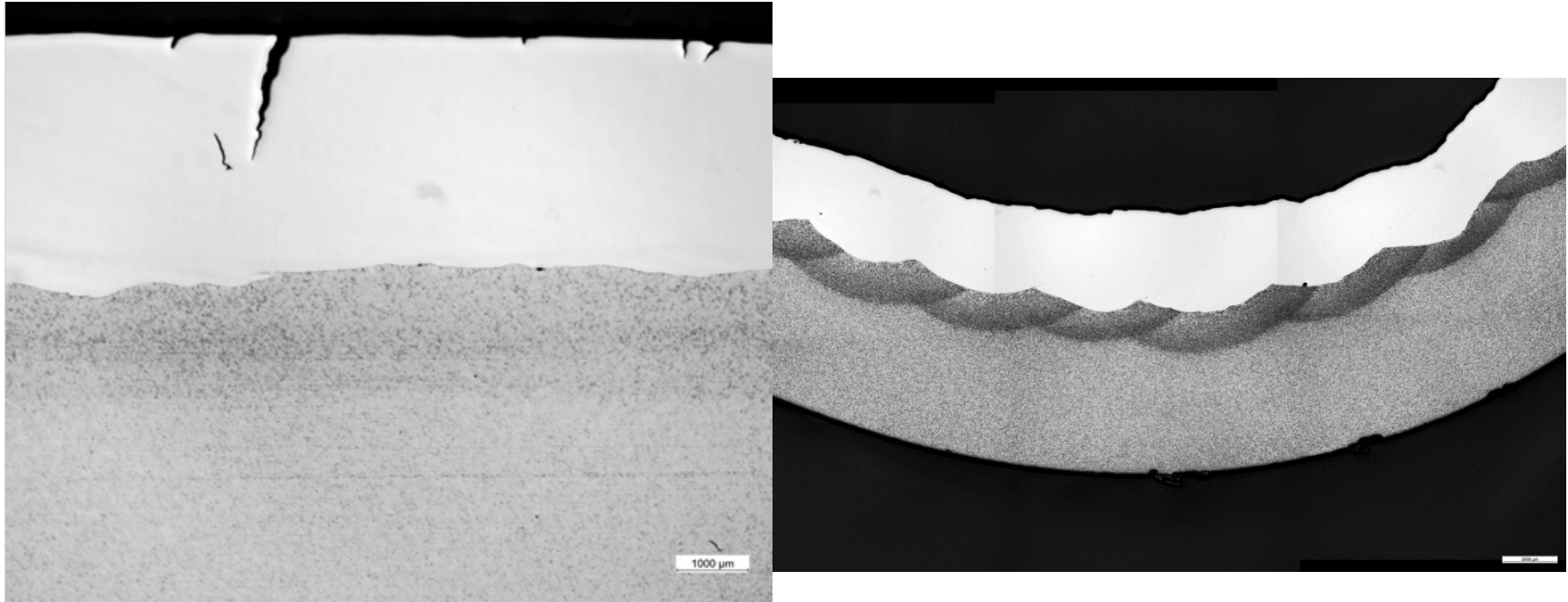
- pinnoittamattomalta kourun pohjalla suolakerrostumia sekä pieniä, matalia säröjä
- pinnoitetussa jättöpäässä syöpymäkuoppa
- ajojakso 12 kk

Laitos 2 – V:n mallinen compound -kouru



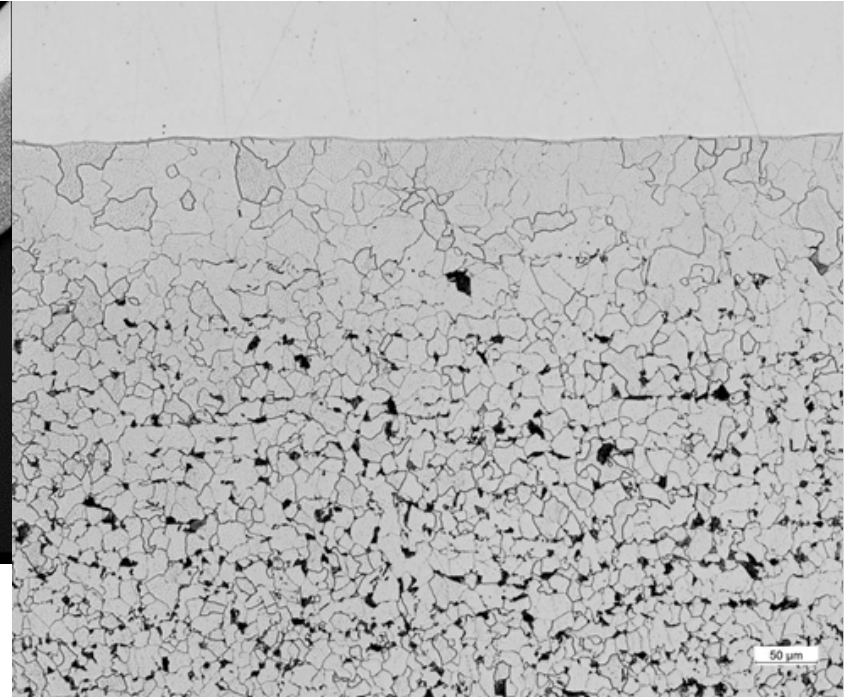
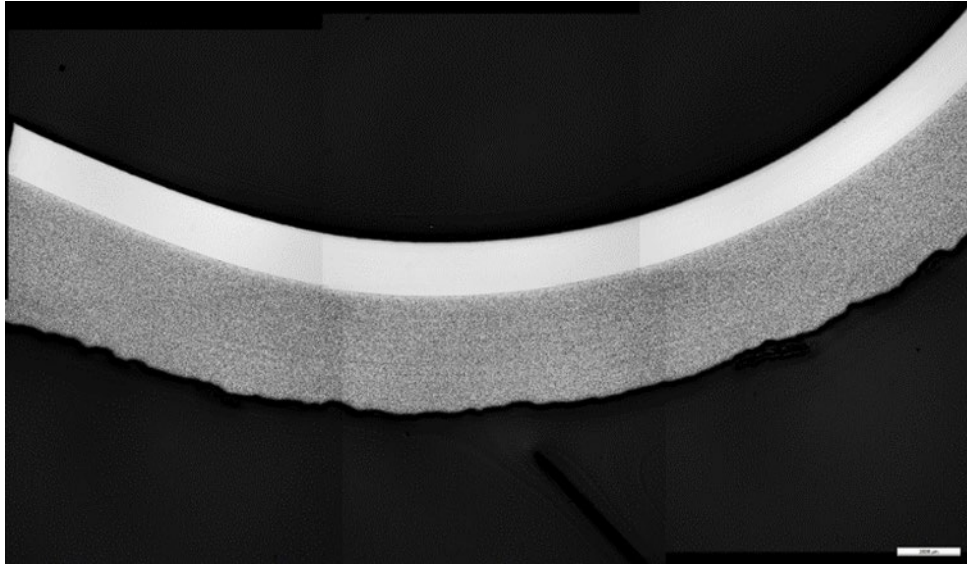
- seinämällä perusaineeseen ulottuvia säröjä, syvimät yli 3000 μm
- ajojakso 18 kk

Laitos 2 – V:n mallinen laserpinnoitettu kouru



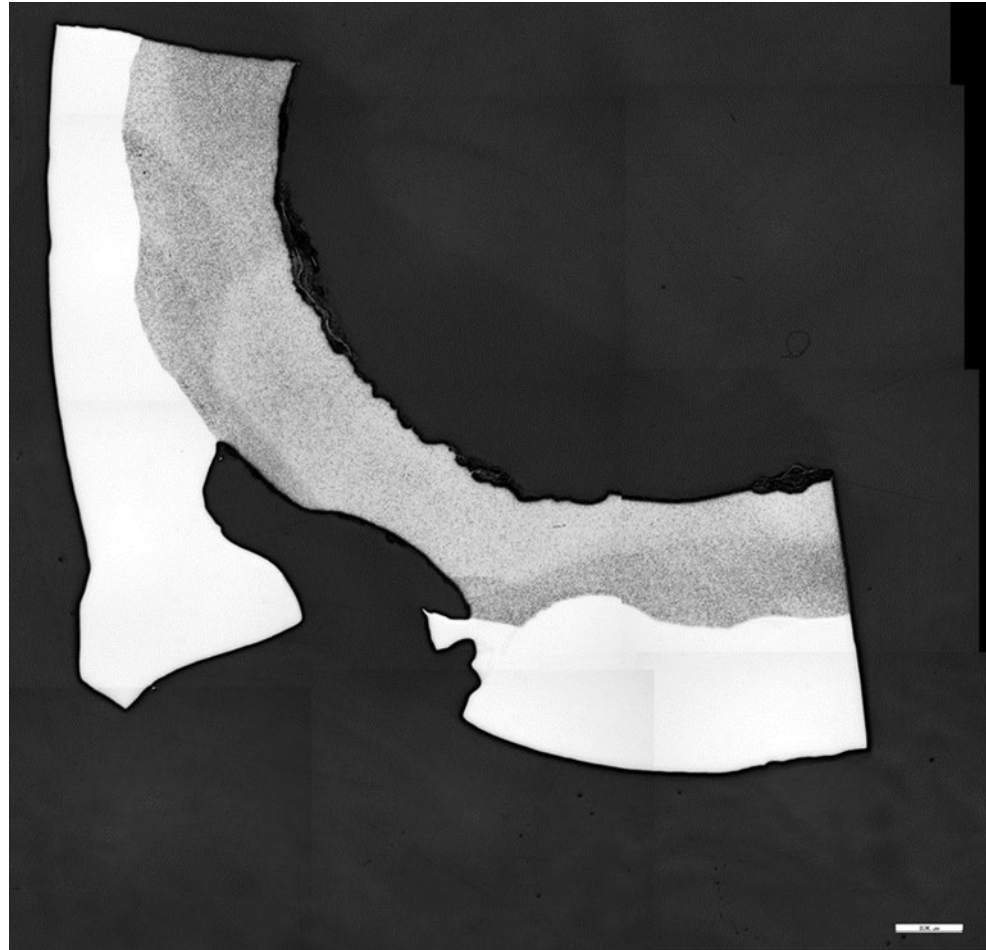
- seinämällä satunnaisia säröjä, jotka eivät ulottuneet perusaineeseen, syvin 1800 µm
- ajojakso 18kk

Laitos 3 – syöpymää compound -kourun jättöpäädyssä

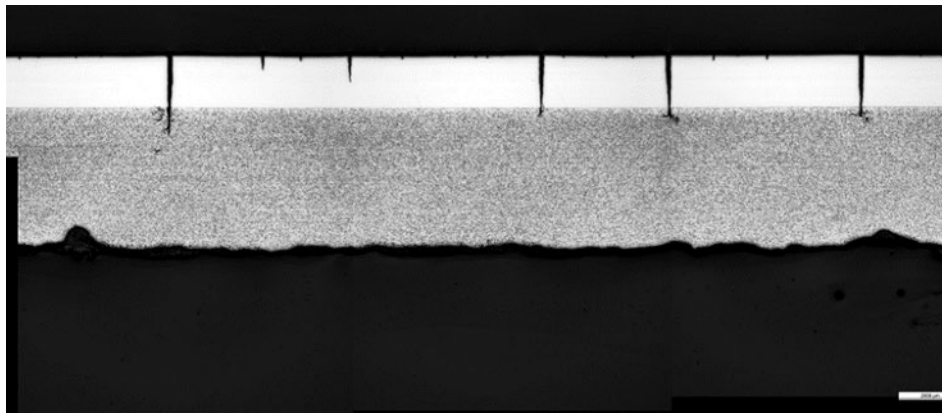


- ferriittis-perliittinen, ei lämpökuorman aiheuttamaa rakenteen hajaantumista
- pinnoite-perusainerajapinnalla noin 140 μm paksuinen hiilenkatovyöhyke
- ajojakso 24 kk

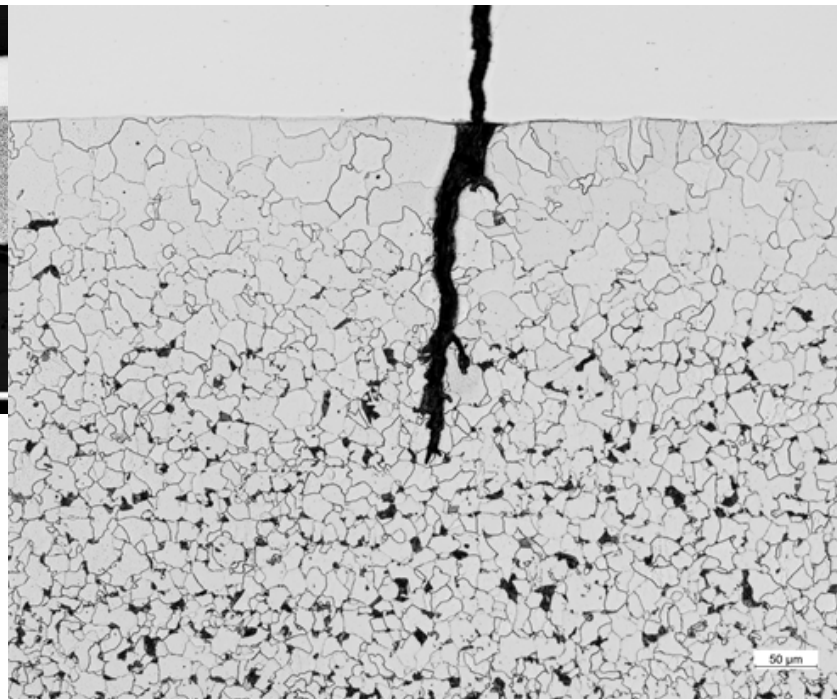
Jättöpään syöpymää



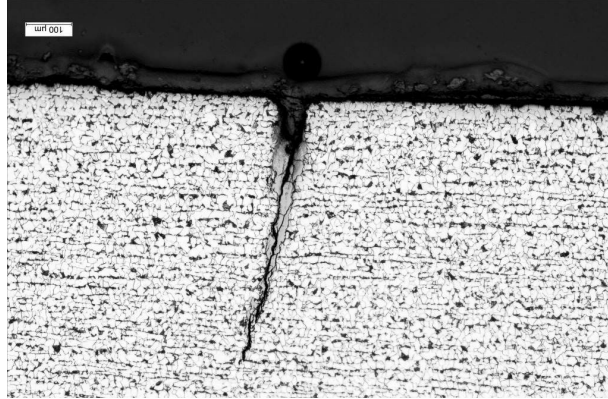
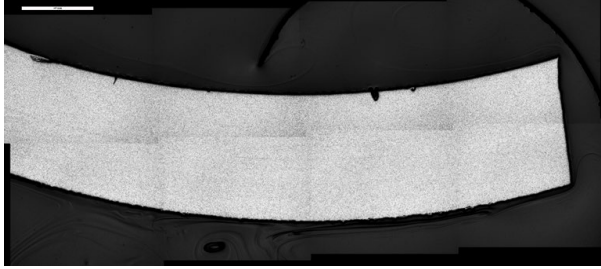
Laitos 3 – säröjä compound -kourun seinämällä



- seinämällä perusaineeseen ulottuvia säröjä ($> 2100 \mu\text{m}$)
- ajojakso 24 kk

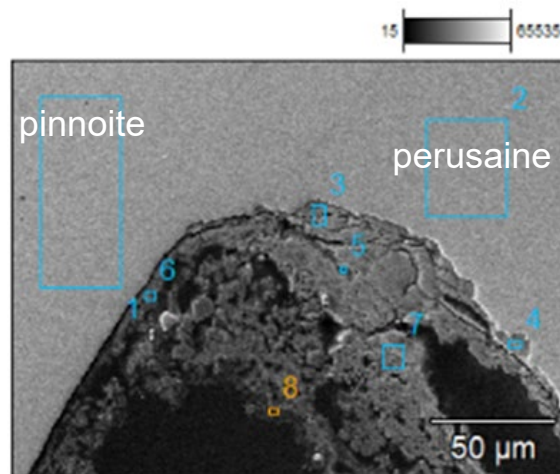


Laitos 4 – musta kouru, säröjä kourun pohjalla



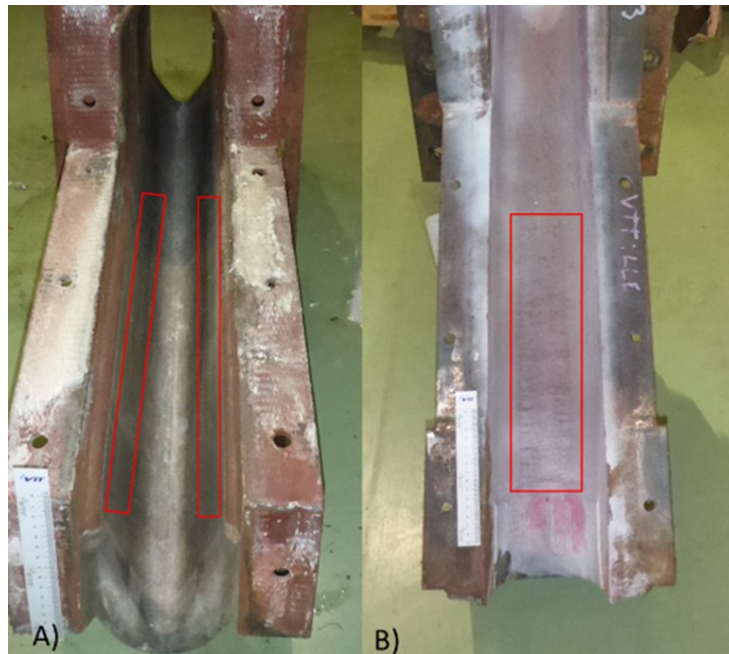
- pinnoitetta jättöpäässä n. 110 mm matkalla
- pinnoittamattomalla alueella kourun pohjalla säröjä, syvyys noin 750 μm
- ajojakso 12 kk

Laitos 4 – musta kouru, syöpymää jättöpäädyssä



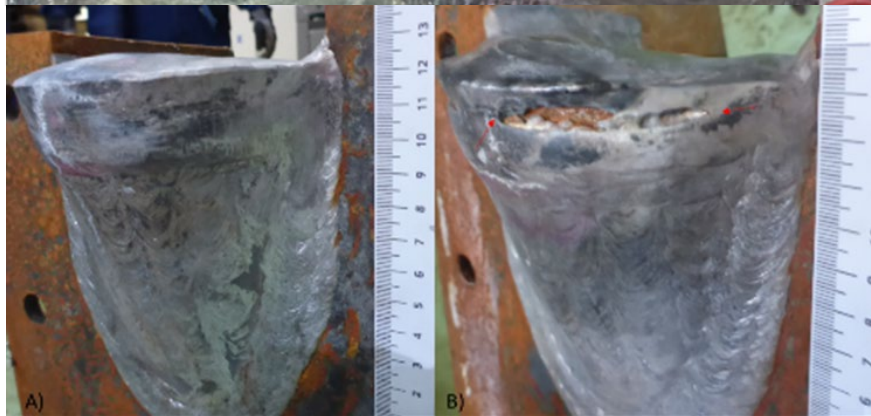
	O	Mg	Al	Si	S	Cl	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Mo	Nb
1	-	-	-	0,5	-	-	-	15,1	-	33,9	41,6	5,0	2,5
2	-	-	-	0,7	0,2	-	-	-	1,3	97,8	-	-	
3	34,9	-	-	0,2	2,4	-	0,3	-	-	62,2	-	-	
4	40,3	-	-	-	4,1	-	0,4	-	-	55,2	-	-	
5	33,7	-	-	-	3,9	-	-	-	-	62,3	-	-	
6	31,2	3,2	1,9	2,3	1,3	-	1,2	1,8	2,5	52,9	-	1,6	
7	39,1	-	-	-	0,7	-	0,3	-	-	58,2	-	1,8	
8	39,3	1,0	8,0	9,4	2,1	2,0	1,3	-	-	36,9	-	-	

Rakenne	Materiaali	Tutkitut kourut (kpl)	Säröjä (kpl)	Syöpymää (kpl)	Ka. Ajoaika (kk)
V-malli	Compound	8	6 (75%)	1 (13%)	16 ± 5
V-malli	Laser	7	1(14%)	0	9 ± 4
U-malli	Musta	12	2 (17%)	7 (58%)	11 ± 1



- Havaitut säröt vastasivat termisen väsymisen säröjä (riippumatta sijainnista)
- U:n mallisissa kouruissa säröt sijoituivat kourun pohjalle
- V:n mallisissa compound ja laser-pinnoitetuissa kouruissa säröt kourun seinämällä, etenivät pinnoitekerroksen läpi perusaineeseen
 - Laserpinnoitetuissa kouruissa vähemmän säröilyä eikä näiden havaittu etenevän perusaineelle

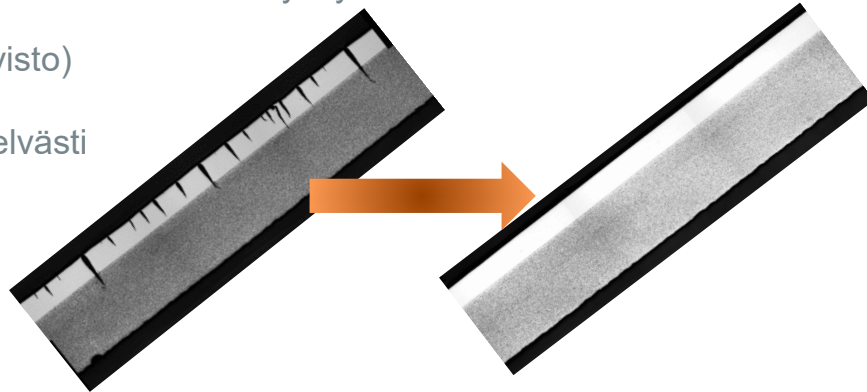
Rakenne	Materiaali	Tutkitut kourut (kpl)	Säröjä (kpl)	Syöpymää (kpl)	Ka. Ajoaika (kk)
V-malli	Compound	8	6 (75%)	1 (13%)	16 ± 5
V-malli	Laser	7	1 (14%)	0	9 ± 4
U-malli	Musta	12	2 (17%)	7 (58%)	11 ± 1



- Tutkittujen sulakourujen jättöpäädyissä havaittiin eroosio-korroosion aiheuttamia syöpymiä lähinnä U:n mallisissa sulakouruissa
- V:n mallisissa kouruissa havaittiin vain yhdessä vakavampaa syöpymää ja muissa vain pientä kulumaa
- Jättöpäädyt, joissa ei havaittu syöpymää, rakenteeltaan hieman sulavalinjaisempia
- Yhdessä syöpymässä havaittiin syöpymän lähtevän liikkeellä kahden hitsipalon rajapinnalta => hitsauksen laadunvalvonta

Johtopäätökset – terminen säröily

- Geometriasta ja materiaalista riippumatta havaittiin termisen väsymisen säröjä
 - Compoud -kouruissa säröt perusaineelle (12 kk ~3000 μm)
 - Laserpinnoitetuissa säröt eivät ulottuneet perusaineeseen (18 kk ~ 1800 μm)
 - Mustissa säröt pohjalla (12 kk ~ 750 μm)
- Säröjen ilmentyminen eri kohtiin kourua eri mallisilla kouruilla on selitettävissä sekä erilaisella rakenteella (sekä ulkoinen rakenne että virtauskanavisto) että eri materiaaleilla
- U-mallisissa kouruissa havaittiin selvästi vähemmän termistä säröilyä
- Termisen väsymisen säröjen syntyyn ja kasvuun vaikuttavat:
 - Sulakourun rakenne ja materiaali
 - Suuret lämpötilojen vaihtelut, esim. suuret kuorman vaihtelut ja sulasyöksyt
- Lisäksi säröjen kasvua kiihdyttää:
 - Liian korkea materiaalilämpötila (liian kuuma jäähdytysvesi ja paksut oksidit)
 - Mahdollisesti säröihin päässyt sula voi syövyttää materiaalia



Johtopäätökset – eroosio-korroosio

- Molemmissa geometrioissa havaittiin eroosio-korroosiota jättöpäädyssä, kuitenkin V-mallisessa vain yhdessä merkittävää
- Eroosio-korroosion aiheuttamien syöpymien syntyyn ovat vaikuttaneet:
 - Päädyn rakenne ja materiaali
 - Epäjatkuvuuskohdat jättöpinnalla
 - Päädyn lämpötila sekä
 - Sulan määrä, virtausnopeus ja viskositeetti
- Jättöpäätyjen syöpymisen estämiseksi on suositeltavaa:
 - Hioa jättöpääty jouhevaksi niin, että sula pääsee virtaamaan liuottajaan hyvin eikä aiheuta pyörteitä päätyyn eikä pintaan jää epäjatkuvuuskohtia, joihin sulasta tai liuottajan höngästä aiheutuvat rikkiyhdisteet voisivat tunkeutua aiheuttaen korroosiota.
 - Pidettävä sulan virtaus mahdollisemman tasaisena, riippuen kuorman ja viskositeetin vaihteluista
 - Huolehtia päätyjen laadun valvonnasta



Tiivistelmä

- Sulavirtauksen tasaisuus
 - Pienemmät lämpögradientit
 - Tasainen virtaus jättöpäädyssä
- Jäähdytysveden lämpötila
- Sulakourun geometria ja materiaali
 - Jouhevuus
- Laadun valvonta

Kiitos!

Kompound-putkien korjaukset - S0-linjaus, KTR – KMP esitys 23.1.2020



Kompound-putkien korjaukset – S0-linjaus

Konemestaripäivä 23.1.2020



Projektin tausta

- Soodakattilan korjaus- ja muutosprojekteissa mahdollista että putken kuorinnan (panelihitsaus vetää putket hieman soikeiksi) jälkeen ollaan lähellä painetta kantavan putken laskennallista minimiä eli nk. S0-aluetta, jolloin pinnoitehitsin tunkeuma tulee menemään S0:n puolelle.
 - Koskee erityisesti korkeapaineisia kattiloita
- Soodakattilayhdistyksen materiaalisuosituksessa linjataan on ettei tunkeumaa S0:n puolelle saa olla
- Standardi (EN 12952-6, liite A kohta A.2.2.2.1) sallii tunkeutumisen S0-alueelle tietyin ehdoin



Kattilastandardi EN 12952-6: 2011

liite A kohta A.2.2.2.1

A.2.2.2 Vaaditut lisäkoheet

A.2.2.2.1 Pinnoitteen hitsin tunkeuman syvyys

Makrohietutkimuksessa määritetään pinnoitteen hitsin tunkeuman syvyys ferriittiseen painetta kantavaan sisäosaan tai hitsiin. Tunkeuma ei saa olla olennaisesti ferriittisen painetta kantavan sisäosan pinnan alapuolella. Ilman tunkeumaa olevan alueen täytyy aina olla vähimmäispaksuuden suuruinen.

Pinnoitteen hitsi voi tunkeutua lasketun ferriittiseen painetta kantavaan sisäosaan vähimmäispaksuuteen asti seuraavissa tapauksissa:

- a) lisäaineen ja hitsiaineen lujuus- ja sitkeysominaisuudet täyttävät ferriittisen painetta kantavan sisäosan materiaaliominaisuudet;
- b) hitsausohjeiden hyväksyntä vastaa standardin EN ISO 15614-1 sekä standardissa EN 12952 esitettyjä lisävaatimuksia;
- c) pinnoitteen hitsin enimmäistunkeuma laskettuun ferriittisen painetta kantavan sisäosan vähimmäispaksuuteen on 1,5 mm;
- d) ennen tuotantoa tehdään työkoe. Käsinhitsauksessa jokainen hitsaaja tekee työkokeen. Mekanisoidussa hitsauksessa tehdään yksi työkoe kutakin hitsausohjetta kohti;
- e) rikkomaton aineenkoetus suoritetaan päällehitsauksen jälkeen standardin EN 12952 mukaisesti.



Projektin tavoite

- Poistaa Soodakattilayhdistyksen suositusten ja standardien väliset ristiriidat ja luoda yhteiset pelisäännöt kaikille liittyen tunkeumaan S0:n puolelle.
- Selvittää, sekä teoreettisesti että kokeellisesti, täyttyykö standardin vaatimus hitsin lujuus- ja sitkeysominaisuuksien osalta, kun hitsauksessa tunkeudutaan S0-alueelle.
- Erityisesti oli tarkoituksena selvittää, miten pinnoitehitsin lisääinevalinta vaikuttaa muodostuvan hitsin ominaisuuksiin
- Projektia varten perustettiin projektityöryhmä jossa edustajat kattilanvalmistajilta sekä tarkastuslaitoksilta.



Projektin toteutus

- Tutkimuksia varten hitsattiin 18 koehitsiä.
- Tavoitteena oli saada aikaan päittäishitsejä, joissa pinnoitteen hitsin tunkeuma S0 – alueelle on välillä 1–1,5 mm.
- Hitsaukset tehtiin annettujen hitsausohjeiden mukaan:
 - Päittäishitsauksen jälkeen päällehitsaus pyrittiin suorittamaan simuloiden kattilaolosuhteita
 - Hitsaus suoritettiin lähellä ohjeistuksen mukaista virranarvojen ylärajaa pyrkien mahdollisimman suureen sekoittumiseen ja tunkeumaan.
 - Päällehitsaus suoritettiin niin sanottuna eripariliitoksena, eli jokaiseen hitsipalkoon tuli mukaan sekä seostamatonta perusainetta (tai seostamatonta hitsiainetta) että compound-kerrosta (tai seostettua hitsiainetta).

**Soodakattilan ajo-olosuhteet ja tulipesän alaosan korroosio, Esa Vihavainen
Andritz – KMP esitys 24.1.2019**



SOODAKATTILAT

SOODAKATTILAN AJO-OLOSUHTEET JA TULIPESÄN ALAOSAN KORROOSIO

24.1.2019 ESA VIHAVAINEN

CHAPTER OVERVIEW



01 INTRODUCTION

02 FURNACE OPERATION AND CHAR BED

03 TYPICAL CORROSION CASES IN THE FURNACE

04 CHECK LIST IN CASE OF CRACKS IN THE LOWER FURNACE

05 CHAR BED CAMERA

06 THERMOCOUPLES; NUMBER AND LOCATION

07 HOW TO CONTROL CHAR BED SIZE AND LOCATION

08 LOWER FURNACE OPERATION AND MATERIALS

09 SUMMARY

INTRODUCTION: CHANGES IN THE PROCESS



Corrosion problems are quite typical also in modern composite furnaces. Several factors during past 20 - 30 years changed which has increased the furnace corrosion risk:

- Dry solids content increased from 65% to 85%
- Furnace loading increased from 15 to 22..25 tds/d, m²
- New more efficient air systems in operation (Vertical air)
- Furnace sizes increased a lot
- Boiler operation pressures increased

There have been always Char Bed problems in the recovery furnaces. Today furnace conditions are very harsh, furnace temperatures are a lot higher than before. +50% more black liquor is sprayed now to same furnaces, so no wonder that there might be some char bed issues.

INTRODUCTION: COMPOSITE FURNACE CORROSION



There are several different types of corrosion where furnace operation has less impact, like:

1. Stress corrosion cracking of composite floors



2. "Cold side" NaOH corrosion of primary air ports



3. "Galvanic"-corrosion of the carbon-composite butt-welds in the floor tubes



These items are not discussed in this presentation

INTRODUCTION: OVERHEATING AND CRACKS



There are three main factors to cause overheating and **thermal fatigue cracking** of furnace tubes in the recovery furnace. Overheating means here, that some tube surface/material becomes at least 50 – 100°C hotter than tubes having a normal condition.

1. Excessive heat flux to the furnace tube surface (char bed and smelt)
2. Overheating caused by deposit layers inside the furnace tubes (water chemistry issue, **not discussed in this Presentation**)
3. Loss of cooling due to stop of circulation in furnace tubes or steam blanketing in the floor tubes (**not discussed in this Presentation**)

INTRODUCTION



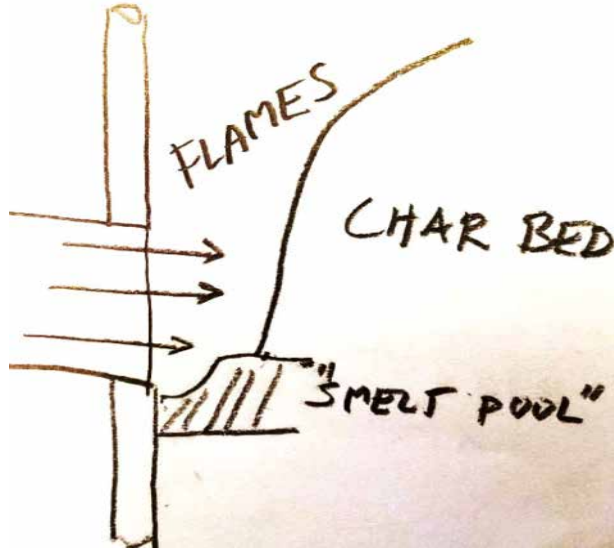
This presentation is based on furnace failure cases during past 20 – 30 years. What we've seen, learnt and how we have fixed the root causes by tuning the operation together with the mill experts and operators.

Target of this presentation is to introduce the causes for typical lower furnace overheating and cracking problems. How to identify them, find out when the situation is critical and how to fix the operation immediately.

Fixing the operation becomes easier if operators understand what is causing the problems. Issues can be identified early enough and operation can be fixed before tubes been damaged.

Not only training, but additional tools are needed to help operators work.

FURNACE OPERATION AND THE CHAR BED



Char bed burning near the walls

When char bed **burns** in the contact with the furnace walls, the tubes receive higher heat flux. There is more corrosion in the lower furnace in these places.

Usually more intense burning (hot spots) takes place *in the vicinity of primary air jets when char bed is very near the primary air ports.*

Sometimes char bed can even be against primary air ports or smelt spout openings. Usually this condition leads to severe corrosion especially when

- Black liquor dry solids content is high, or
- Furnace tubes contain inner deposit layers



Spout opening

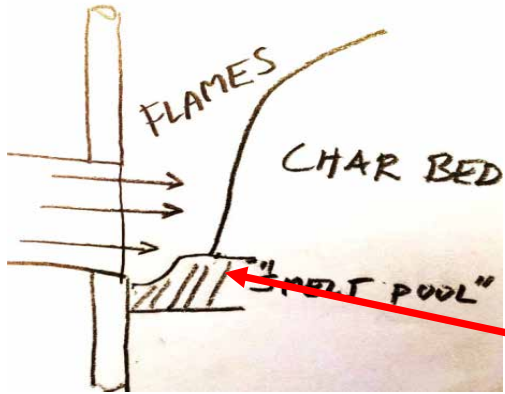
High bed and a pile of char at top of the spouts.
No air flow to spout opening to keep it clean.

*Burning char and smelt is in contact with spout opening tubes
➔ risk of spout opening tube corrosion (cracks or general corrosion)*

FURNACE OPERATION AND THE CHAR BED



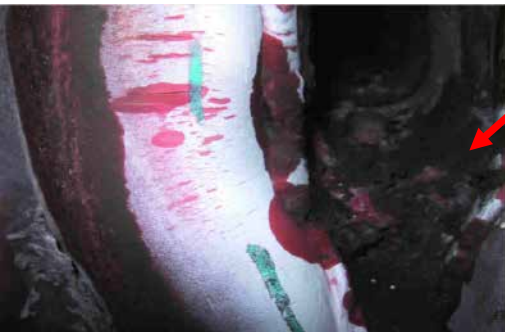
Char bed burning near the walls



When char bed **burns** near the walls, *more corrosion* problems exists in the vicinity of primary air jets, typically in the *furnace corners, primary air ports and in the floor tubes near the walls.*

If smelt pool takes place, "overheated" smelt contact increases the tube material temperature, causing **thermal fatigue** cracks in Aisi 304L layer of the composite tube.

- Smelt contact with air ports → corroded air port sleeves or cracks or general corrosion of tube surface of primary air port by-pass tubes
- Smelt contact with front/rear wall floor bends
- Smelt contact with the seal between side walls & floor





TYPICAL CORROSION CASES IN THE LOWER FURNACE

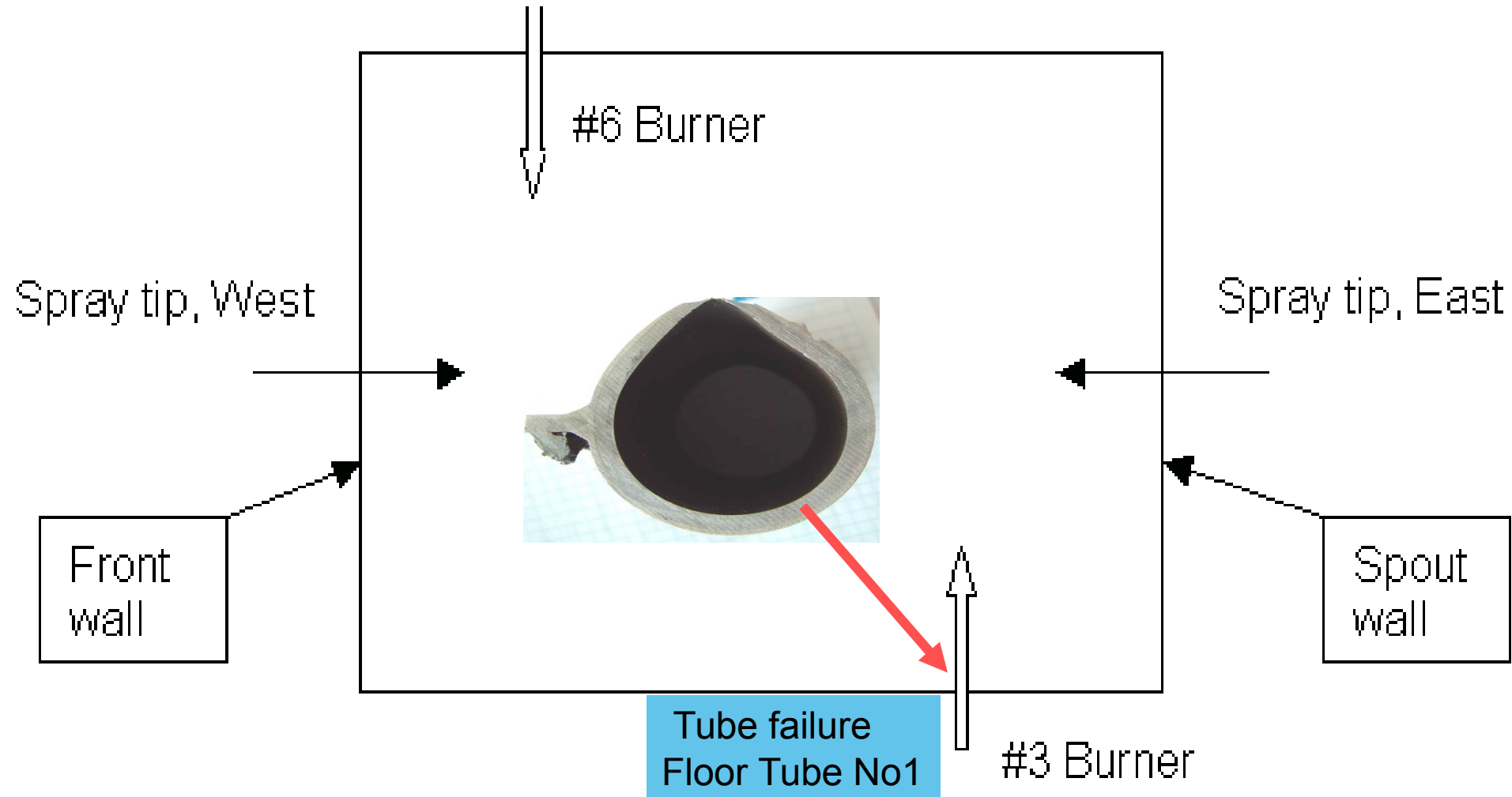
SIX CASES A, B, C, D, E, F, G
CRACKS AND OVERHEATING CAUSED BY
HIGH CHAR BED & LOCAL "HOT SPOTS"

Case A

Local floor tube cracks and a leak due to tube material overheating. *Local high char bed, "hot spot"*



Rec. Boiler 800 tds/d, DS 70%, splash plates



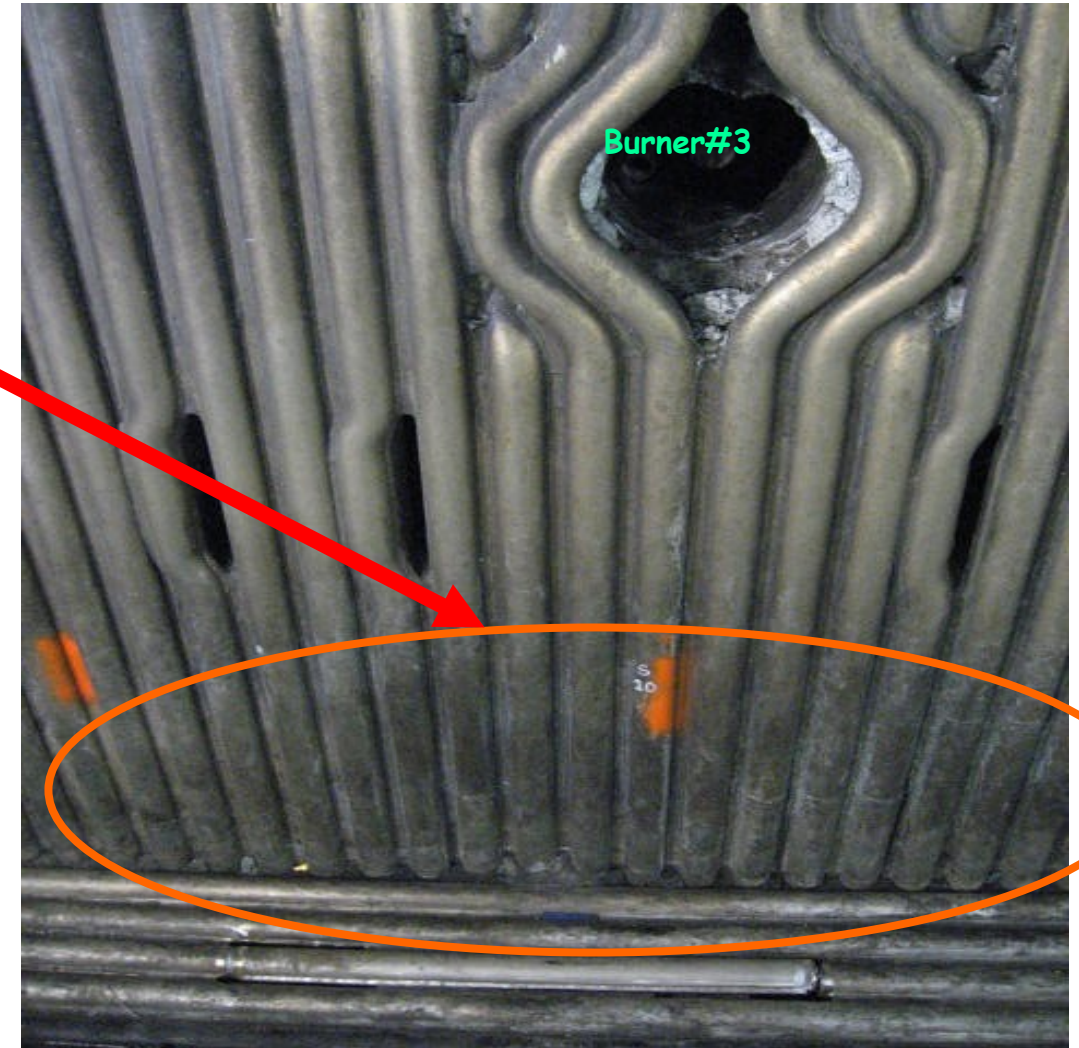
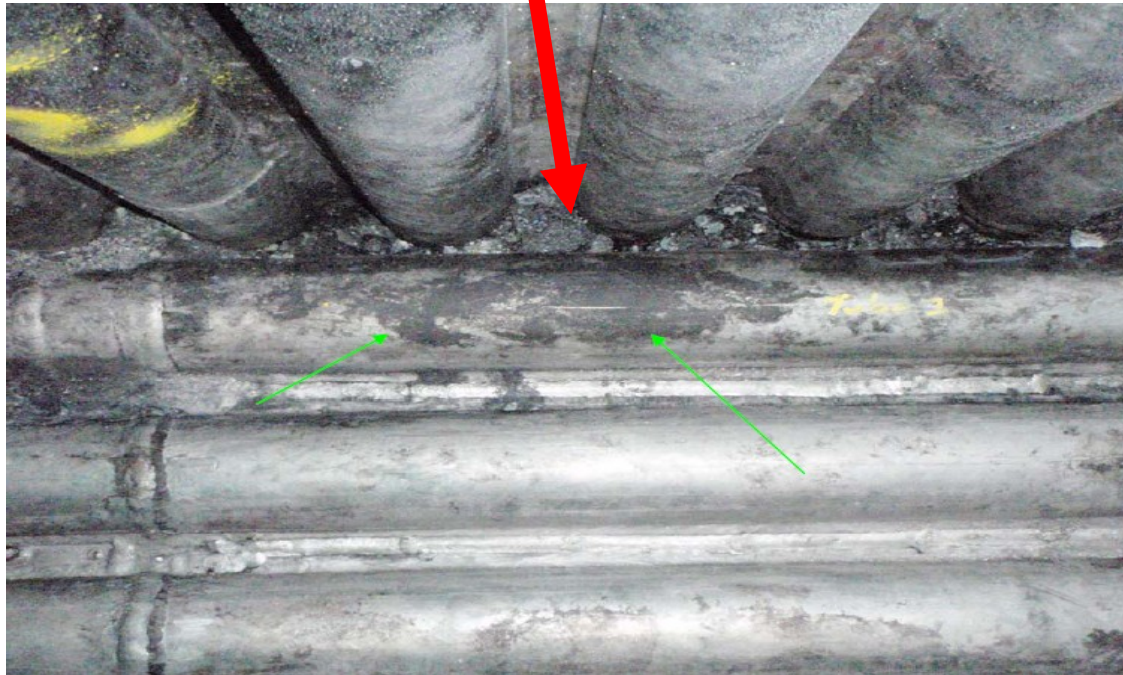
Case A

Floor tube cracks caused by local overheating (high char bed)
Recovery Boiler 800 tds/d, DS 70% , splash plates



Furnace tubes below the burner were discolored black.

High heat flux to floor tubes and floor – sidewall sealing



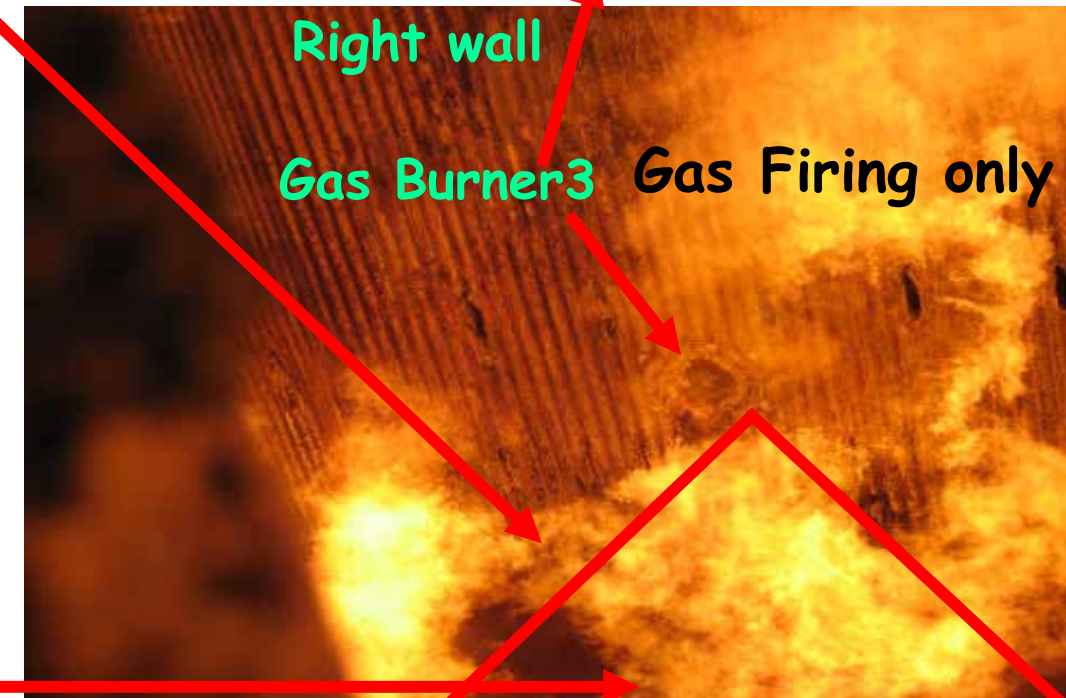
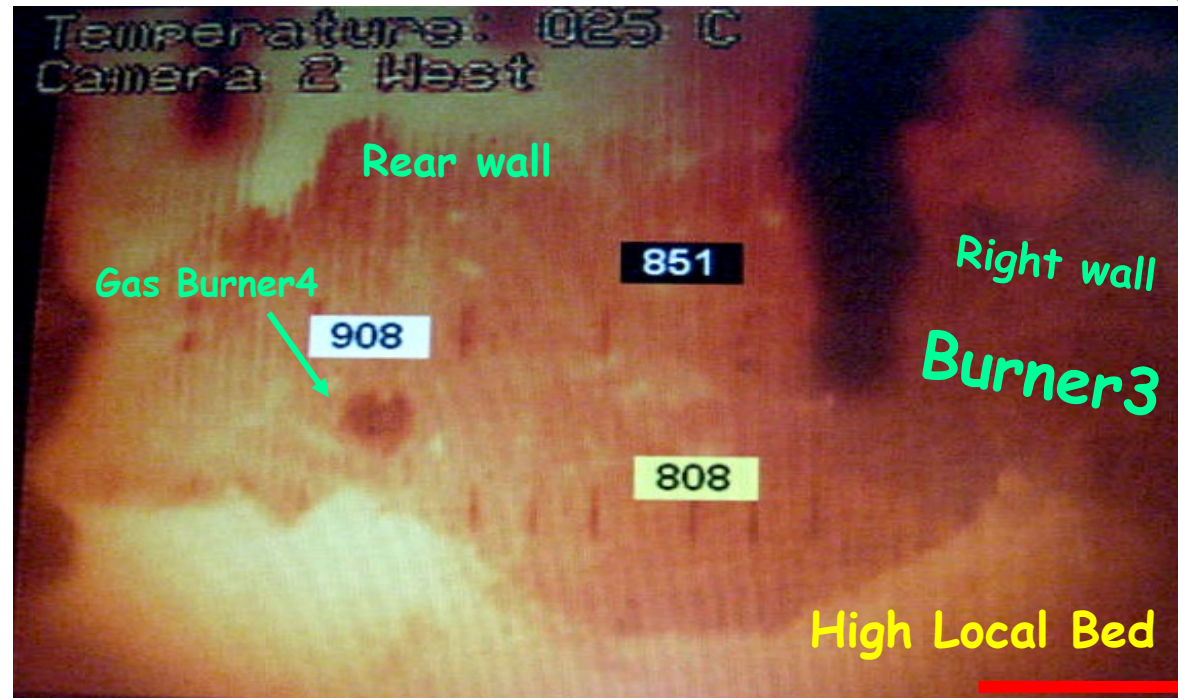
Case A

Floor tube cracks caused by local overheating (high char bed)
Recovery Boiler 800 tds/d, DS 70% , splash plates



Floor tube overheating because of high local bed, "hot spot". No corrosion indications elsewhere.

High local bed (hot spot) in front of gas burners 3 at right side wall. Air jets inside furnace throw more particles to that spot. Also gas burner 3 flame bends down touching floor tubes in this same spot.

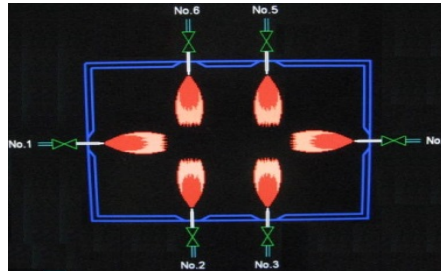


Case A

View through Gas Burner openings during liquor firing



High local bed in front of burner 5



High local bed in front of burner 3

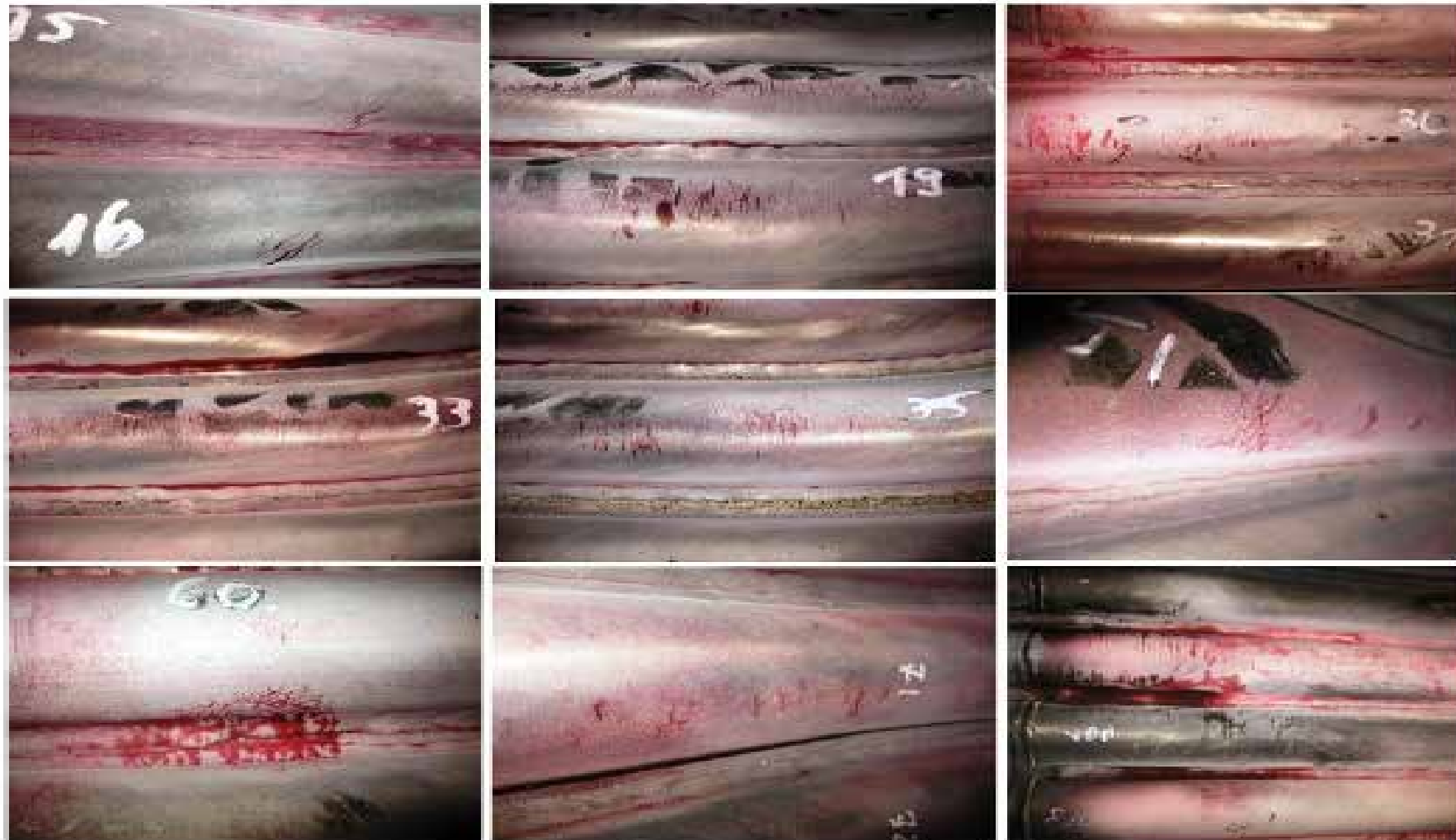
Case A Lot of char particles flying and piling up in front of Burner 3, close to wall
→ high and hot local bed → Temperature spikes in the floor tubes
Caused by “overheated” smelt attack to the floor tubes below.



(Photos from the video, Start-up burner 3)

Case B

Local floor tube cracks and a leak caused by thermal fatigue.
High local char bed, "hot spot"
Recovery Boiler 3500 tds/d, DS 75% , splash plates



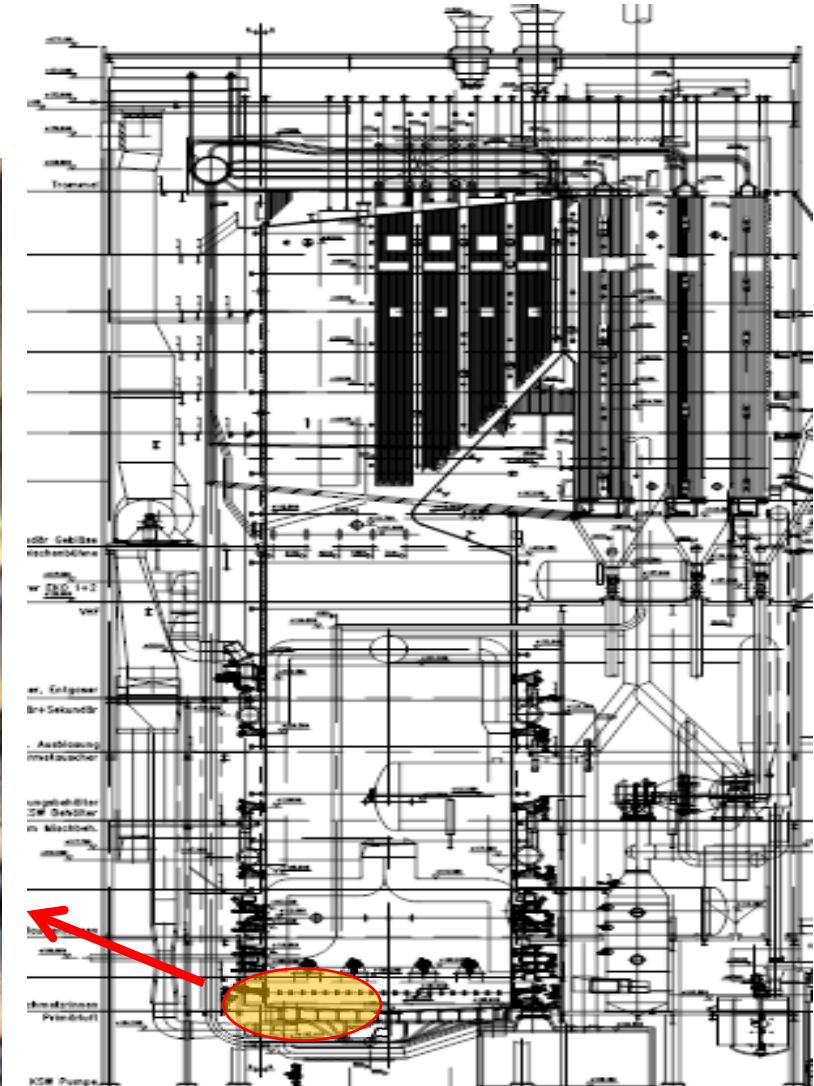
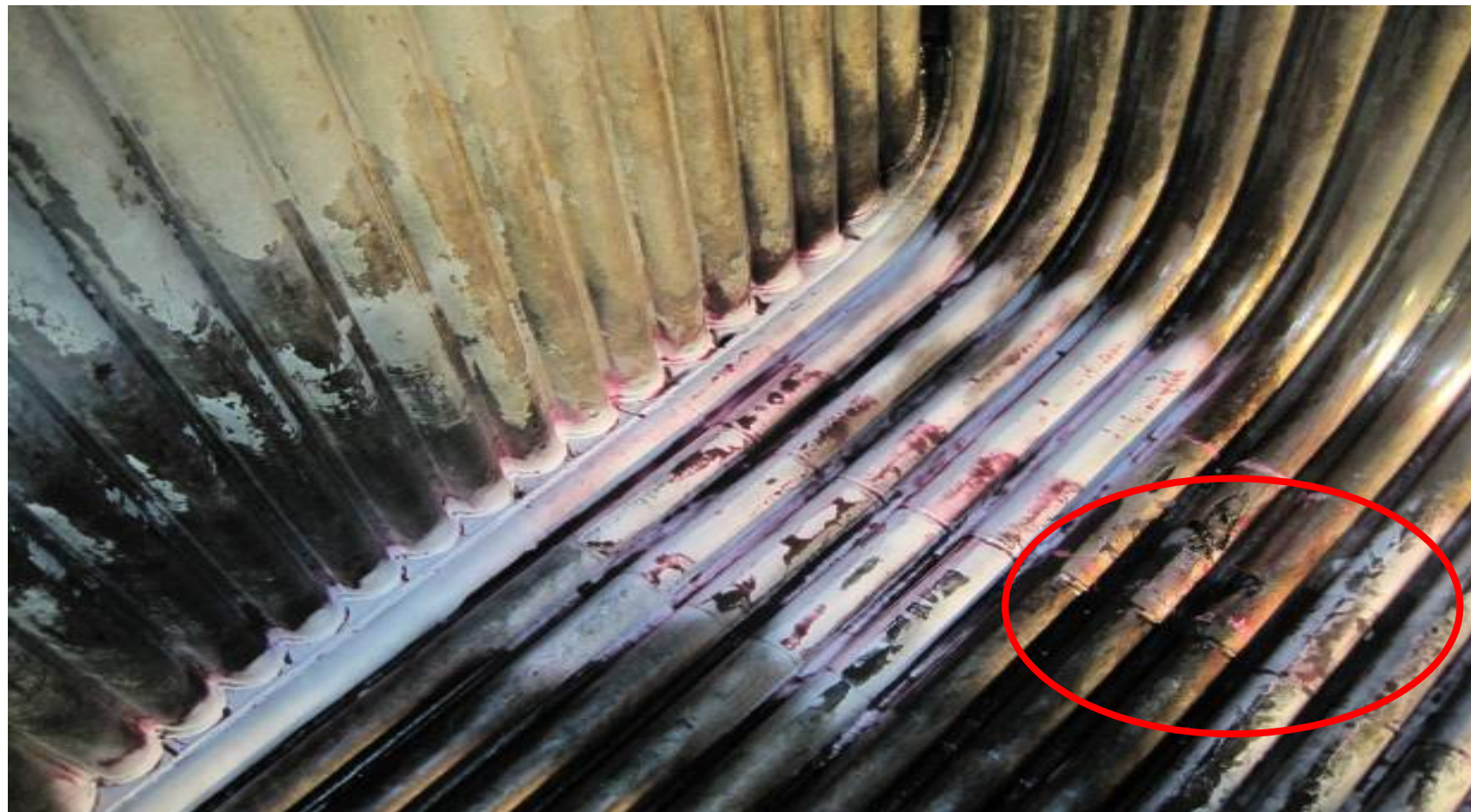
Case B

Local floor tube cracks and a leak caused by thermal fatigue



Critical Incidents / Leaks

Leak at Recovery boiler floor



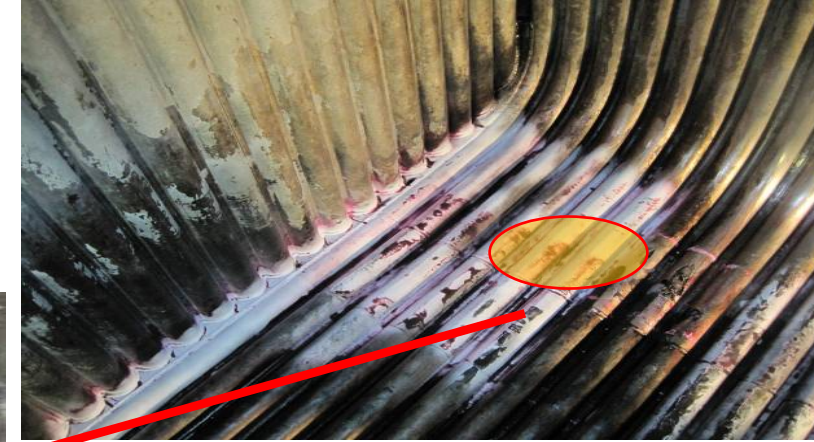
Case B

Local floor tube cracks and a leak caused by thermal fatigue



Critical Incidents / Leaks

Leak at Recovery boiler floor



Case B

Local floor tube cracks and a leak caused by thermal fatigue



8. FURNACE CONDITIONS VS. DAMAGE LOCATION

The damaged tubes must have been exposed to high heat flux from the top. Visually it looks that the furnace is hotter and more char burning at the spots where damages locate. Also the primary air port sleeves have been corroded in the same locations. In the October shutdown totally 18 pieces of cast air nozzles had to be replaced:

- Front wall: 4 – 6, 14–18
- Right wall: 4 & 5
- Rear wall: 3, 5, 8 – 11
- Left wall: none

8.1. Failure theories

The damaged primary air cast sleeves located exactly at the spots where furnace temperature is higher and char is burning just in front of the primary air ports. The indications and cracks are located near the front wall just under the primary air jets. What is the impact of the primary air?

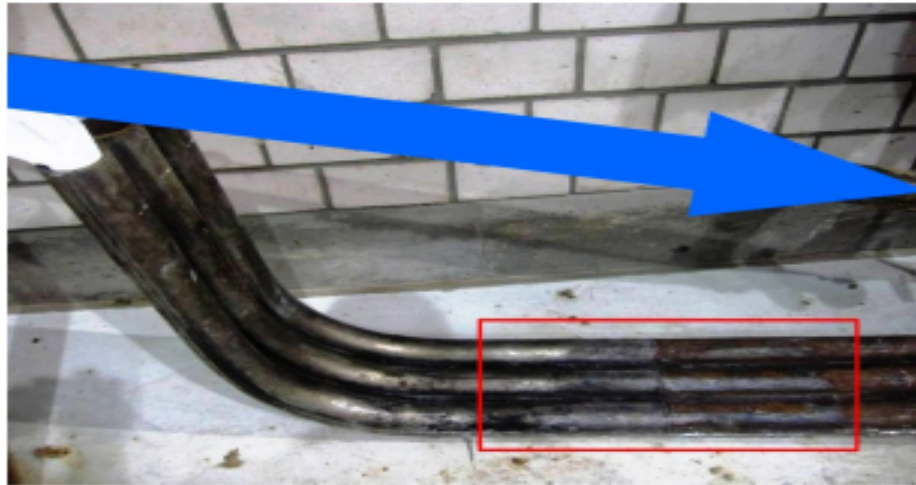
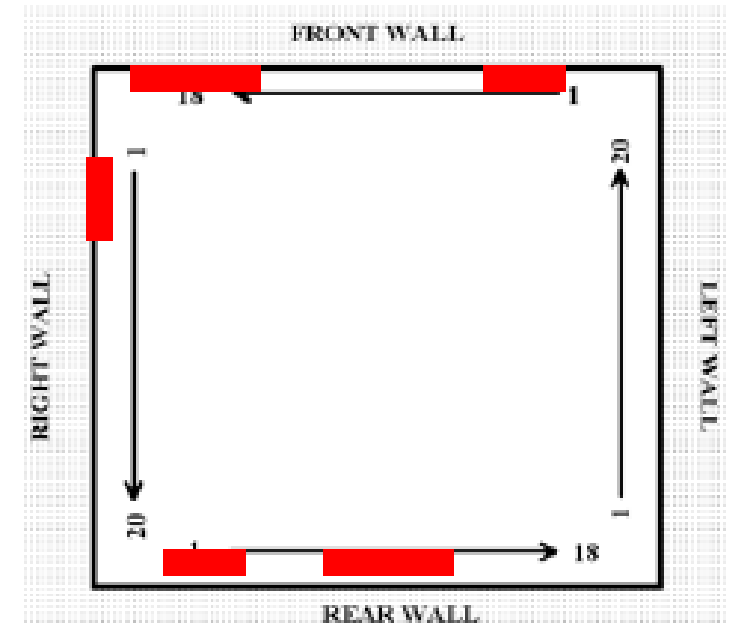


Fig. 11 Primary air jet vs. location of tube damages at the front wall



Damaged primary air opening sleeves

A lot of burnt primary air port sleeves in same location than cracks in the floor tubes

6. TEMPERATURE SPIKES IN THE FLOOR TUBES

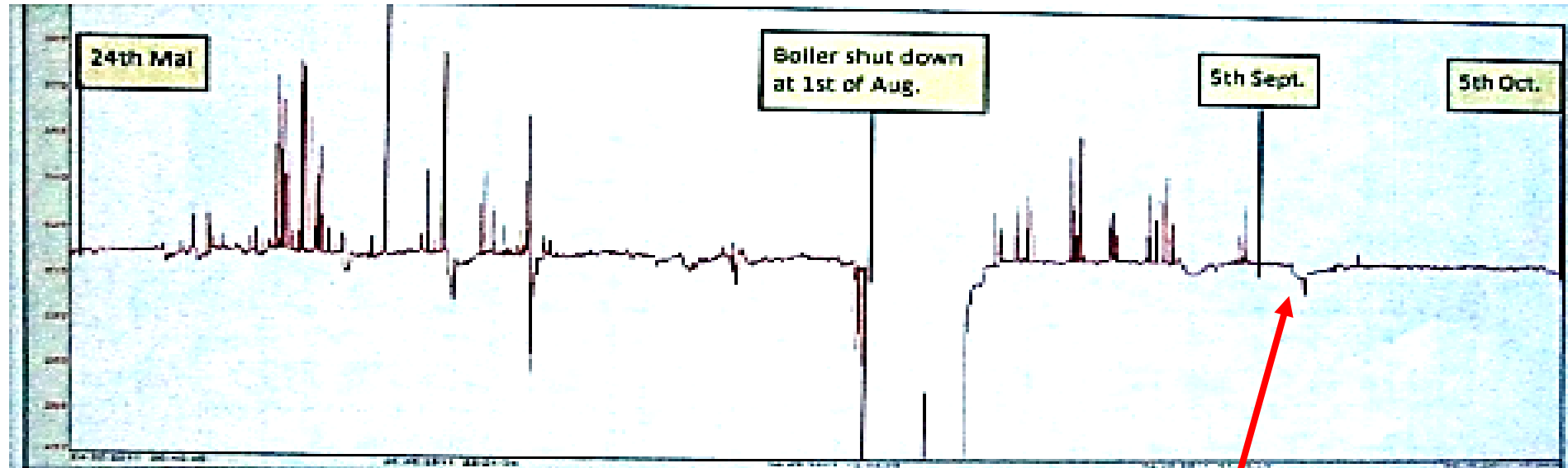


Fig. 5 Floor temp spikes in failed area, scale 250 – 400°C, normal 316°C

Floor tube temperature spiking (=thermal fatigue condition) disappeared when operation was tuned in September.

High char bed and "hot spot" –conditions could be fixed.

Case C

Lower furnace cracks caused by local overheating, "hot spots"
Recovery Boiler 650 tds/d, DS 75%, splash plates

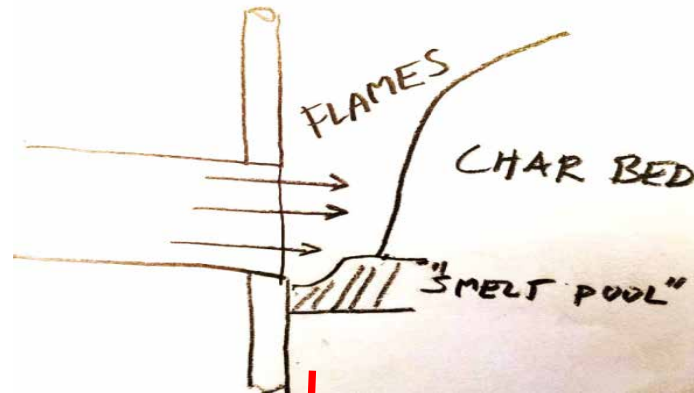


Case C

Lower furnace cracks caused by local overheating, "hot spots"
Recovery Boiler 650 tds/d, DS 75%, splash plates



1. Smelt contact to primary air port tubes causes high heat flux and thermal fatigue cracks

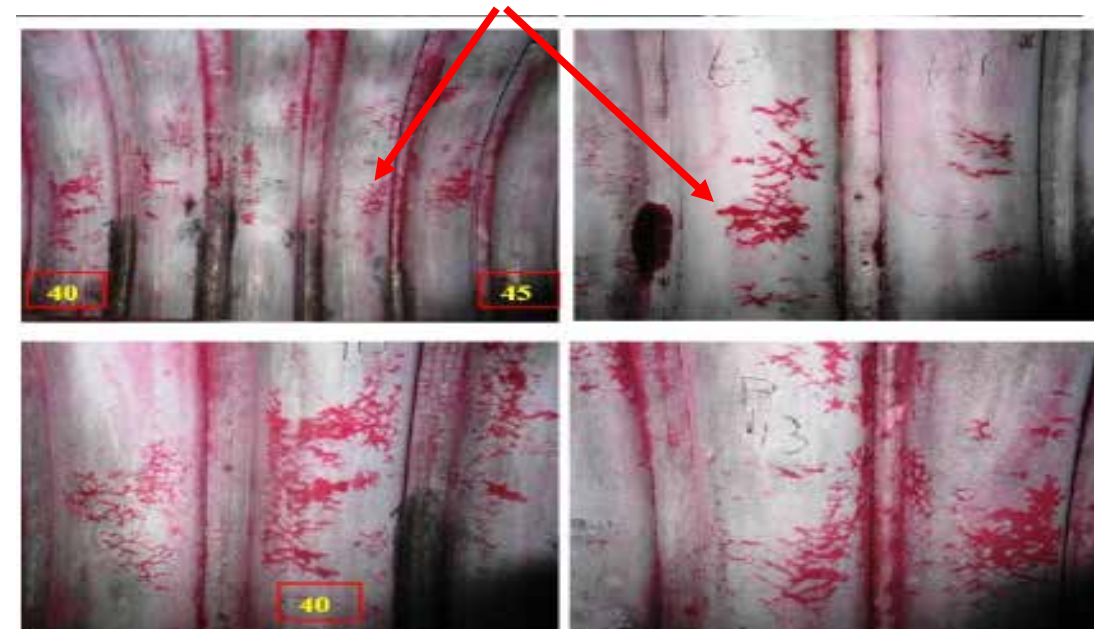


2. Smelt flows down, burns floor-sidewall seal membrane



3. Cracks in the floor bends

Same kind of damages has been found from also from (304L) composite tubes in a recovery boiler in Spain. More damages occurred at the walls where burning char was practically in the contact with primary air ports. See the photos below.



Case D

Damaged primary air port sleeves, cracks in the tubes
Recovery Boiler 700 tds/d, DS 63%, splash plates



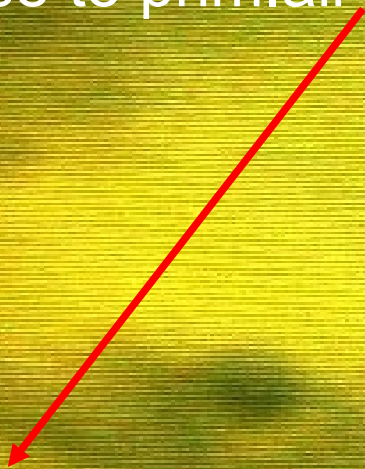


Bed camera view

A lot of temperature spiking and corrosion at front wall where the bed was very close to prim.air ports

No temperature spiking,
No corrosion at side & rear walls

Low bed at side walls
and near rear wall

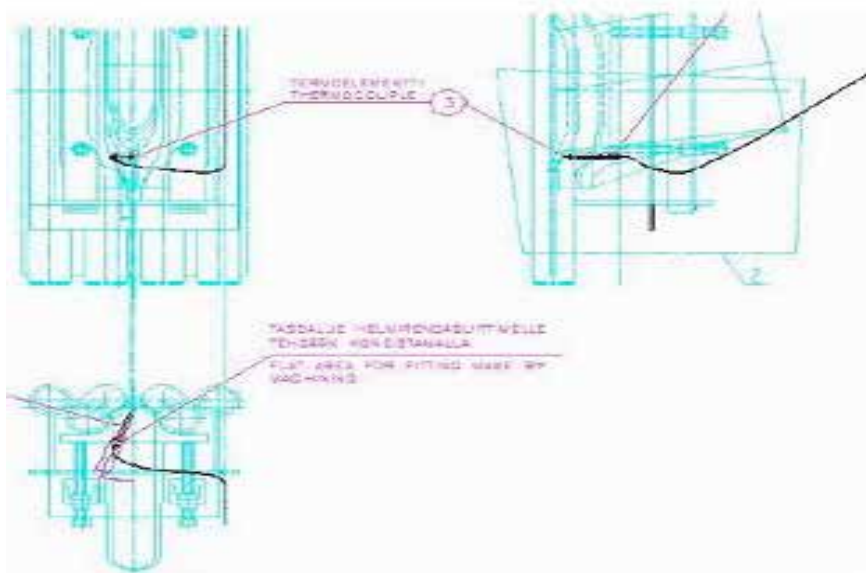


Case D

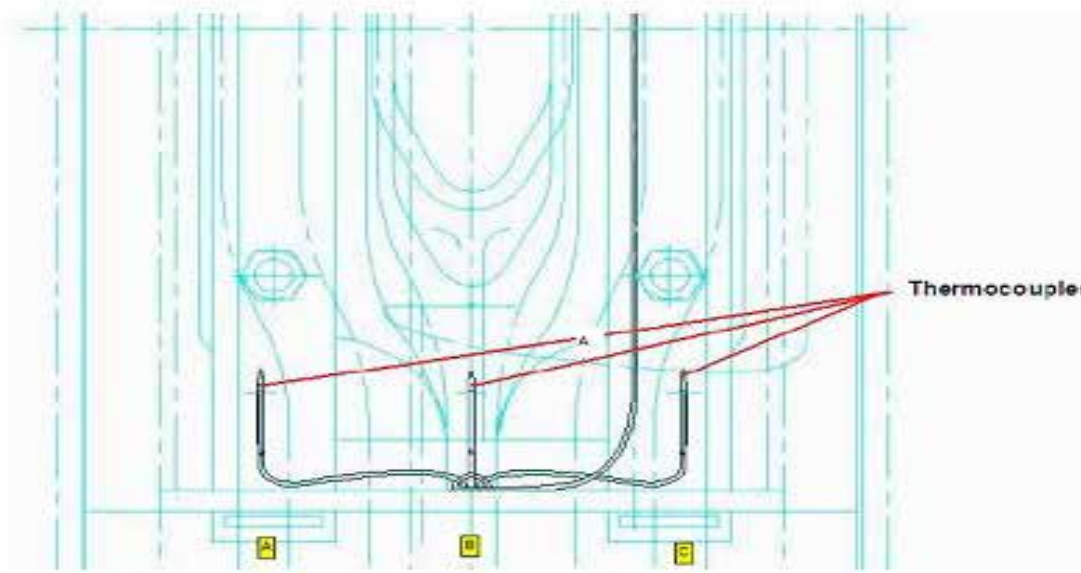
Thermocouple location in the lower furnace tubes



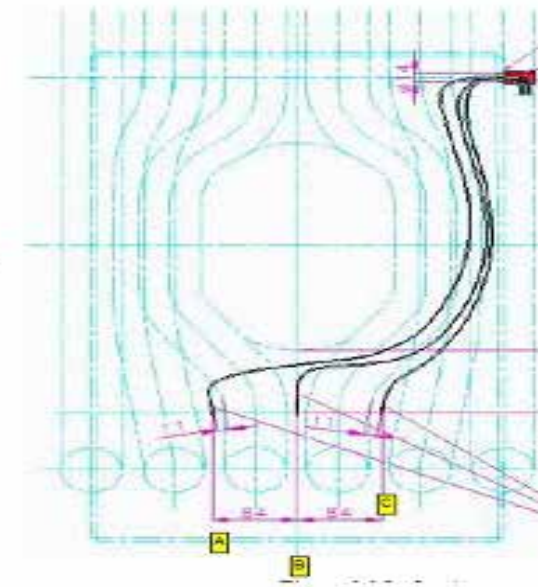
Primary Air Nozzle



Primary Air Port



Spout



Case D

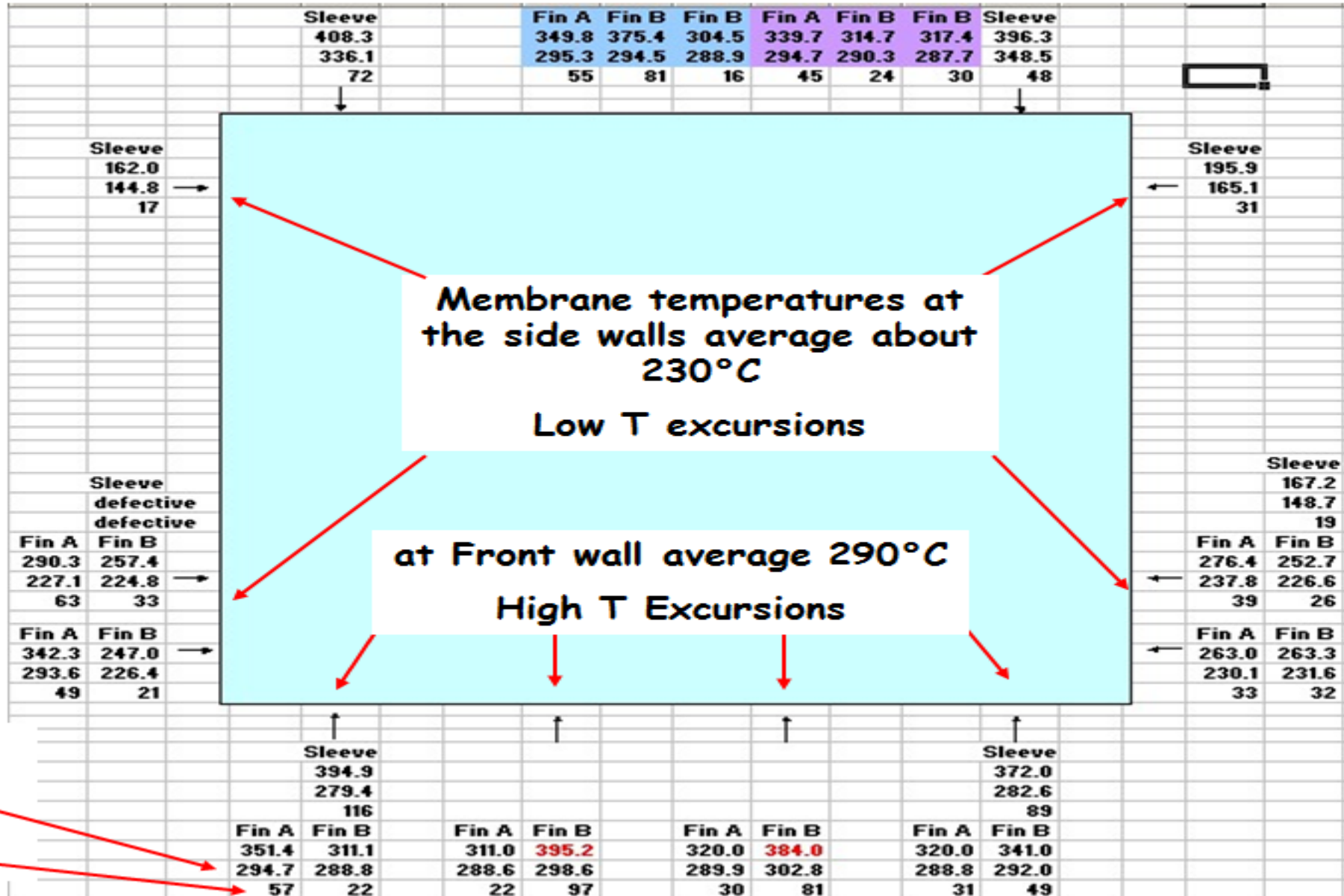
Measured temperatures around the furnace



T max °C

T avg °C

dT °C

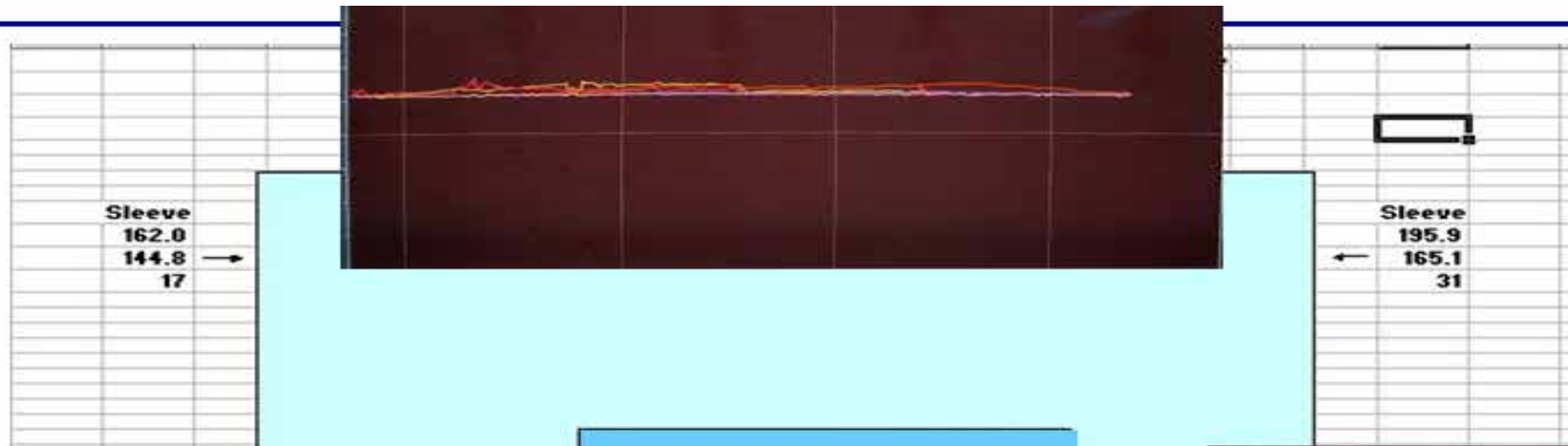


ANDRITZ

Case D

Temperatures trends around the furnace

A lot temperature spikes at front wall, small spikes other walls



Bed very close to front wall

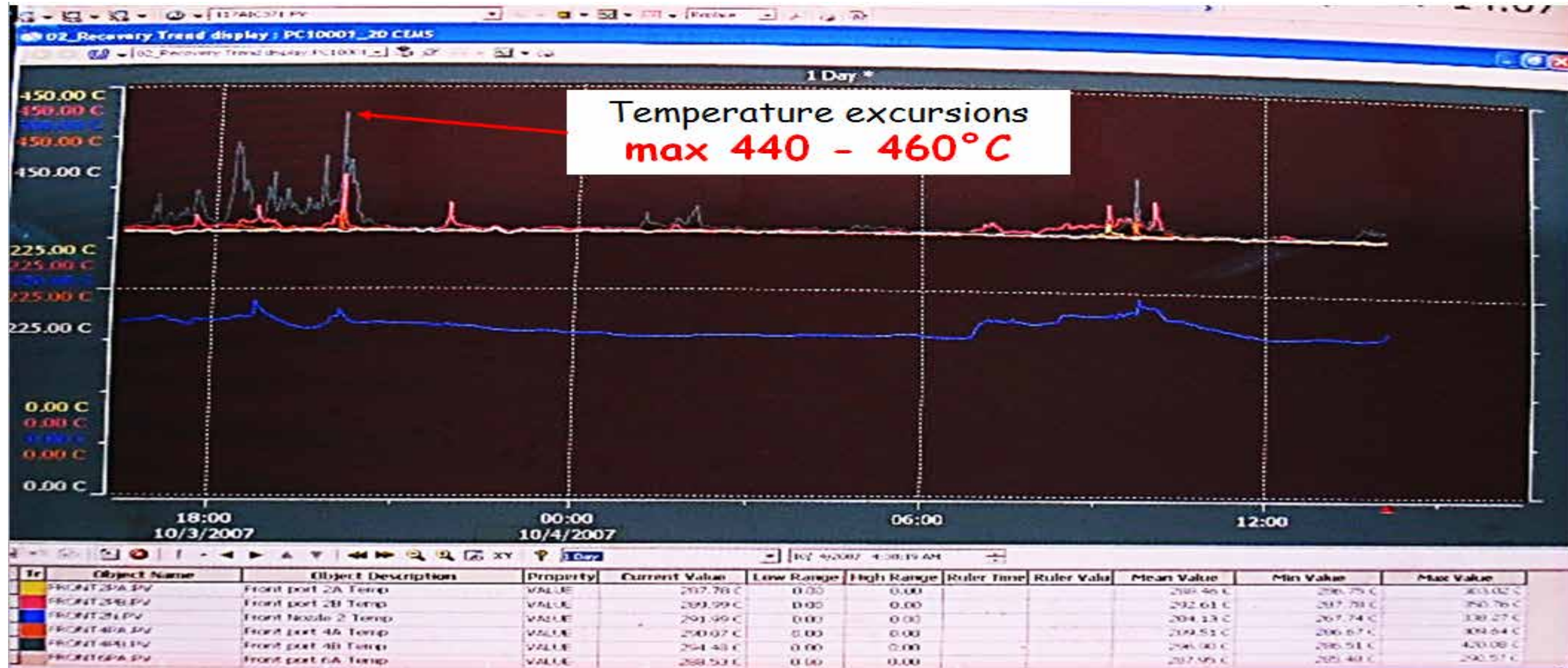
63 33
Fin A Fin B
342.3 247.0 →

237.8 226.8
39 26
Fin A Fin B
← 263.0 263.3

ANDRITZ

Case D

Front wall temperature trend

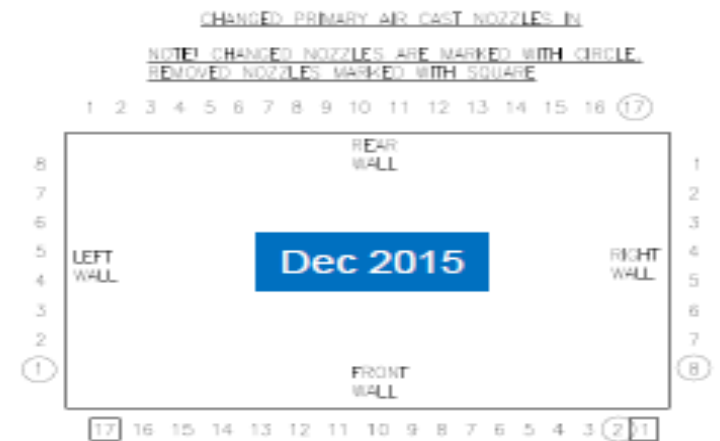
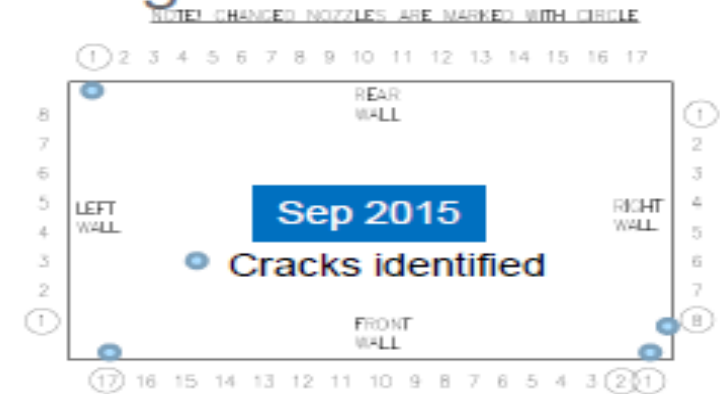
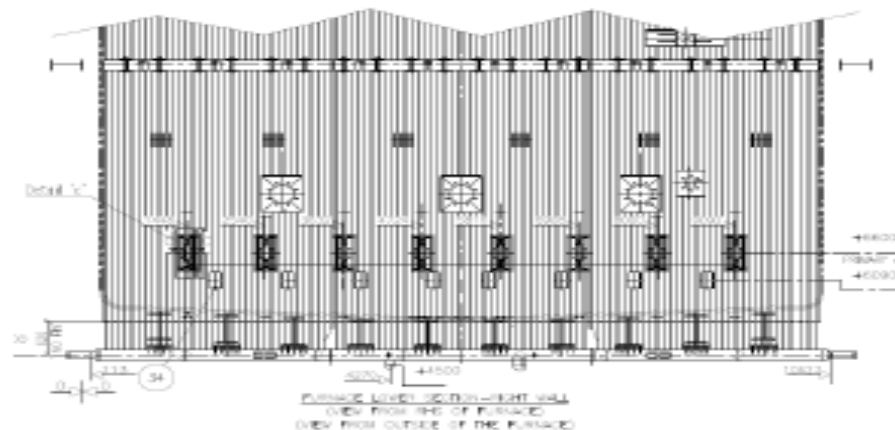
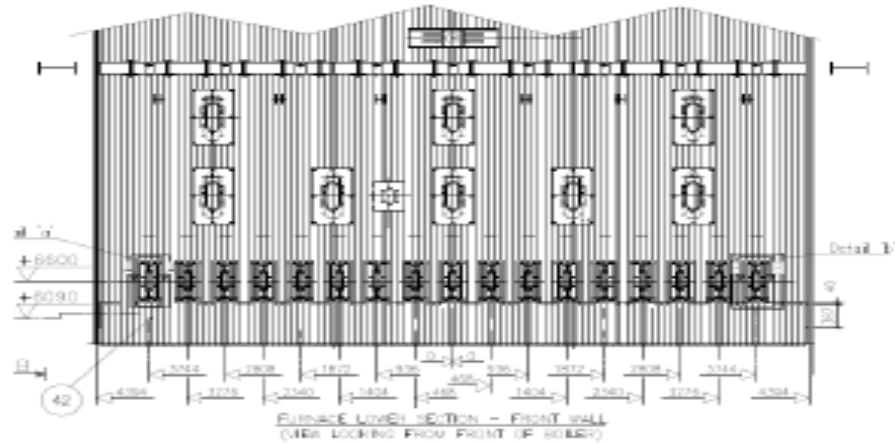


Case E

Primary airport tube cracks Recovery Boiler 2000 tds/d, DS 80%, splash plates



Cracks and burnt nozzles in corner openings



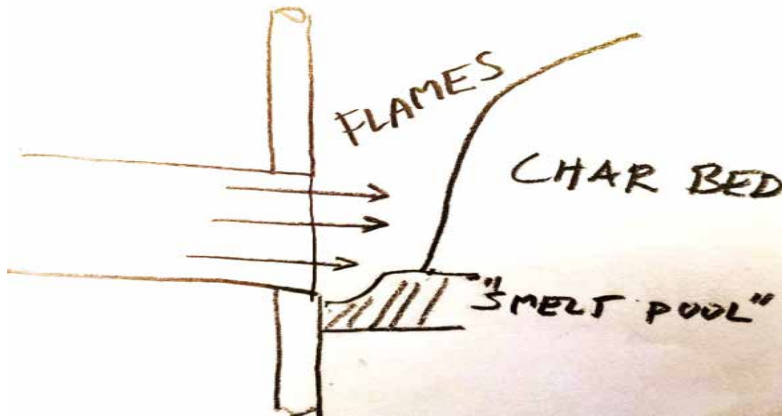
CHANGED AND REMOVED PRIMARY AIR
CAST NOZZLES IN NOVEMBER 2015
SHUT DOWN
(NOT IN SCALE)

Case E

Location of the cracks, Composite tube 304L vs. San38

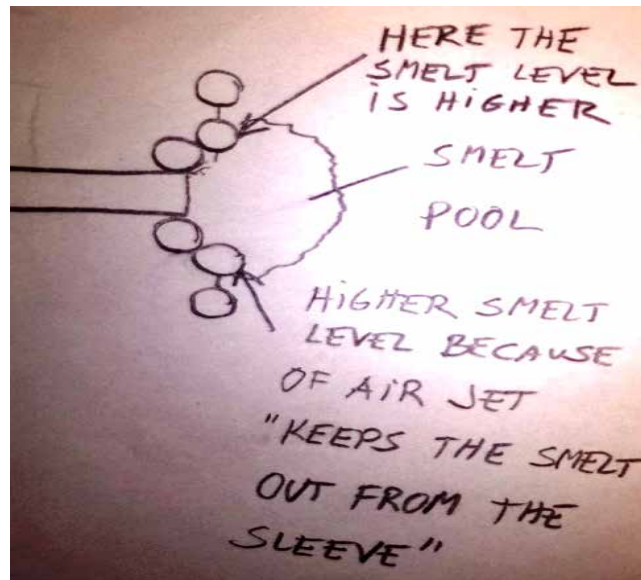


No cracks in the opening tubes but in the second tubes

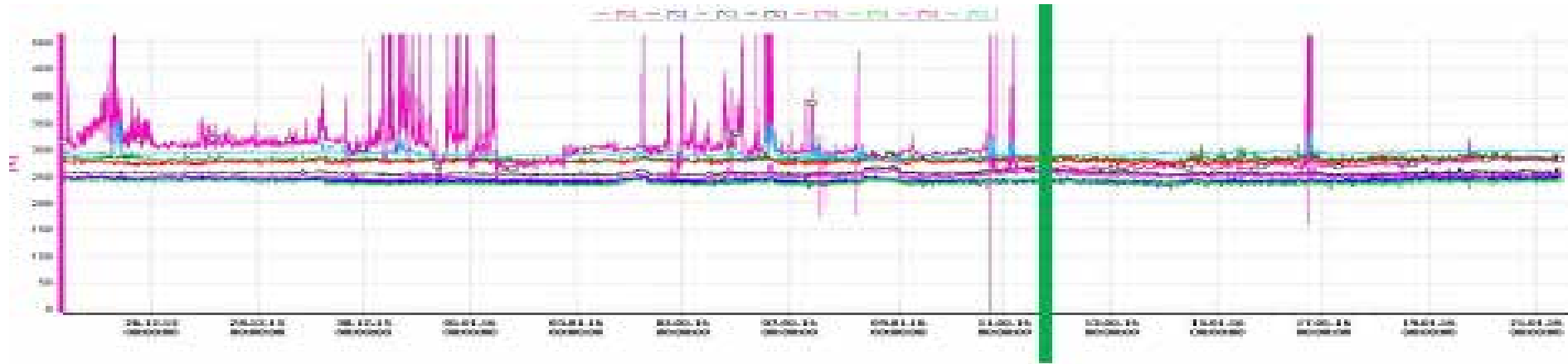


San38 tubes = no cracks
304L tubes = cracks

304L 304L San38 San38 304L



Thermocouples installed, high temperature spikes monitored



Floor tube temperature spiking (= thermal fatigue condition) disappeared when operation was tuned in September.

High char bed and "hot spot" –conditions could be fixed.

Case F

Primary airport tubes and Spout opening tube cracks
Recovery Boiler 1000 tds/d, DS 71%, splash plates



Case F

Primary airport tubes and Spout opening tube cracks Recovery Boiler 1000 tds/d, DS 71%, splash plates



Bed was high at all the walls. High bed at the spout wall caused a lot of problems:

- Heavy smelt flows, unburnt in the smelt
- Increased primary air flow needed
- Corrosion/cracks of primary air ports and spout opening tubes

Operation tuning fixed all these problems. New operation practically stopped the corrosion in the lower furnace.



High bed and a pile of char
in front of spouts

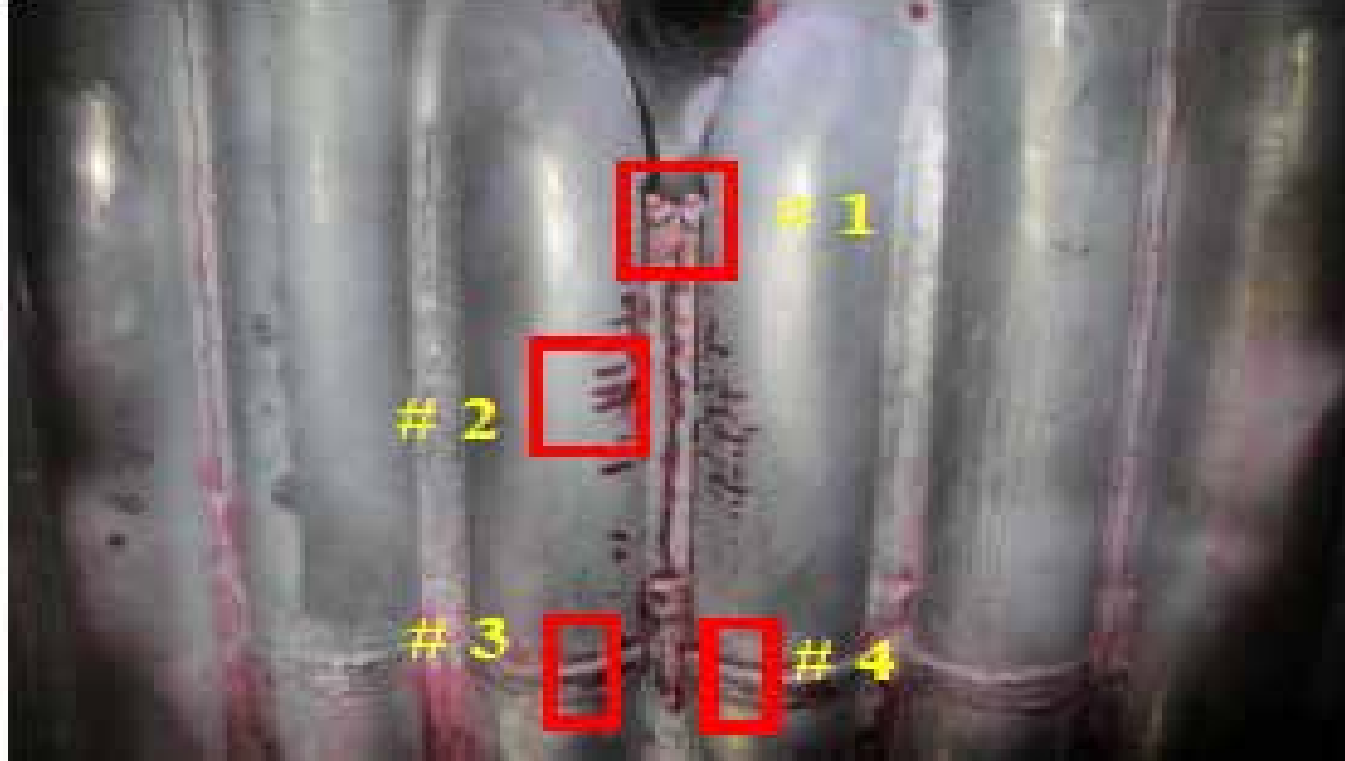
No air flow to keep
openings clean.

Burning char and smelt is in
contact with tubes

Case G

Primary airport tube cracks

Recovery Boiler 1200 tds/d, DS 75%, splash plates

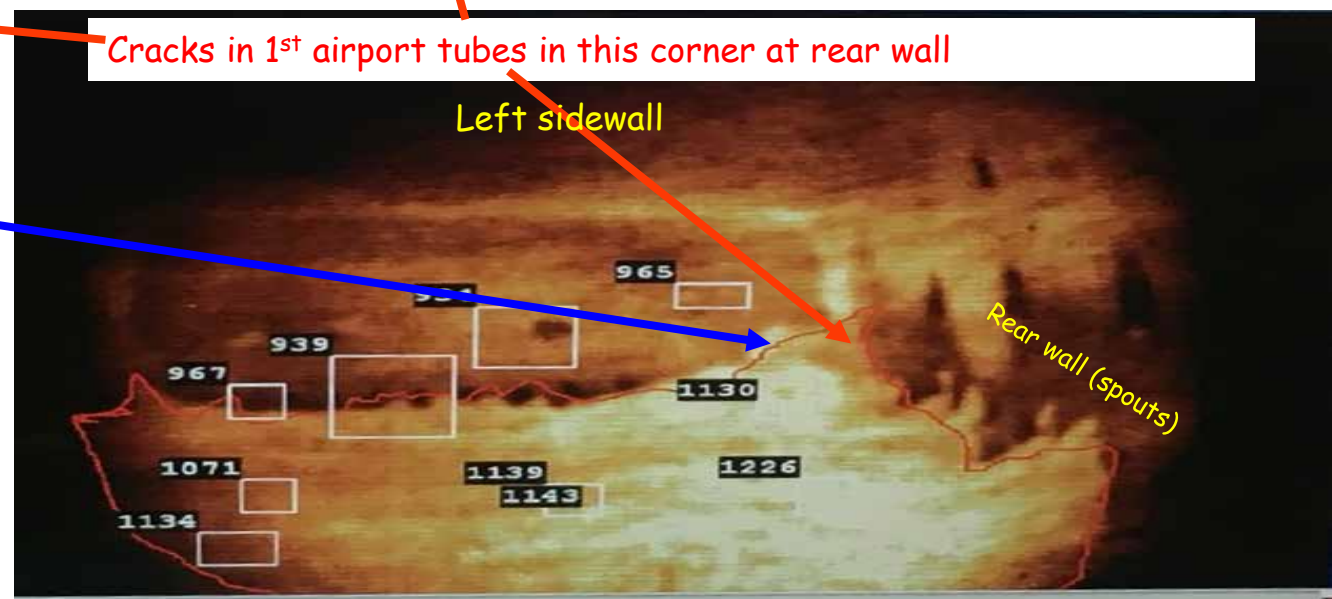
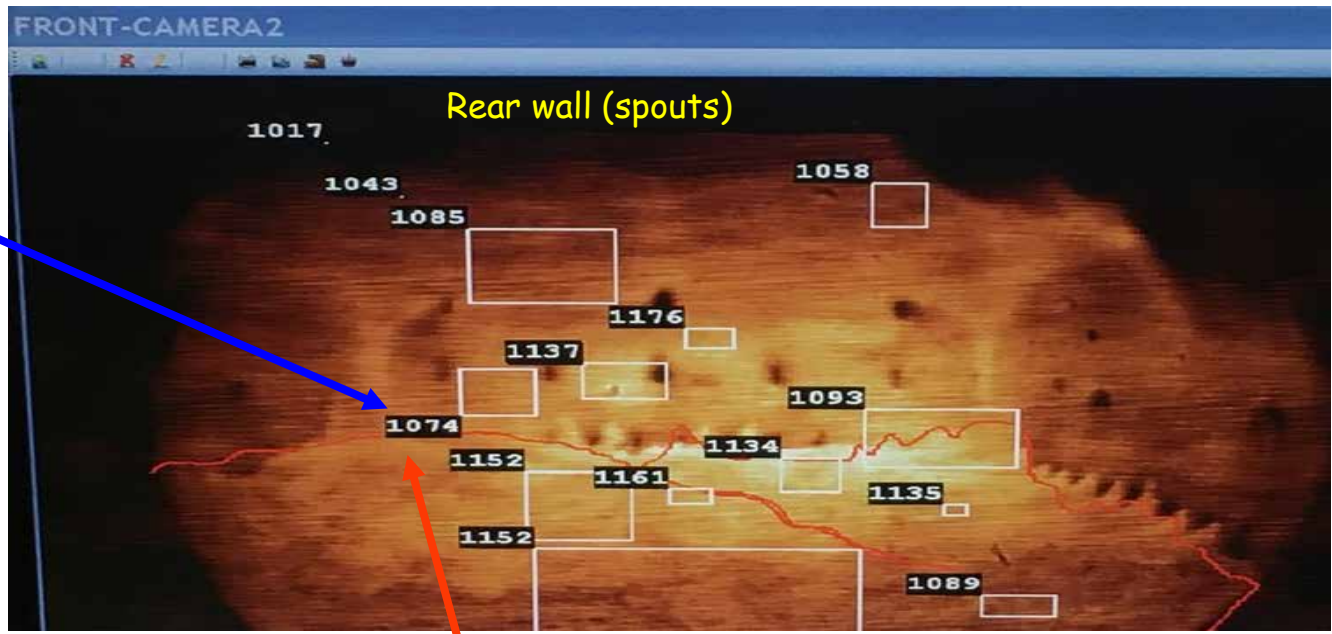
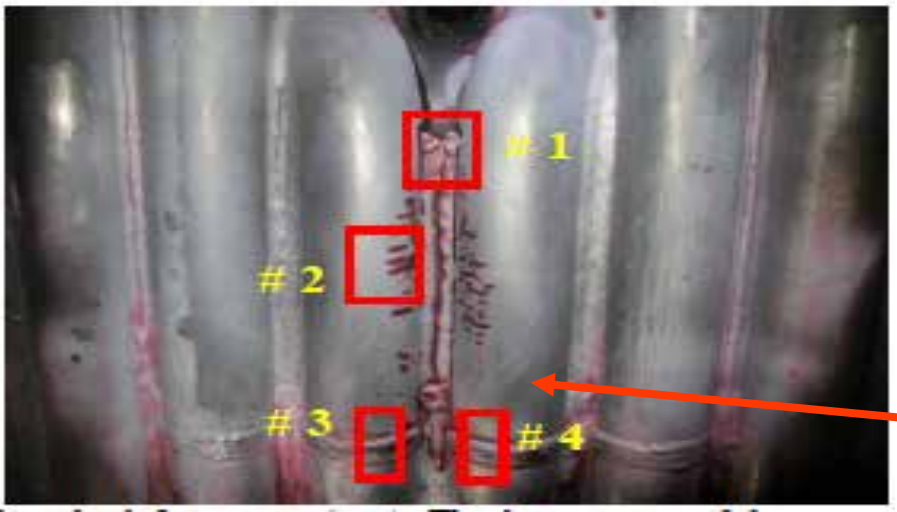


Case G

Location of the crack and Bed camera view



It is difficult to see when the condition is critical from the front wall camera view



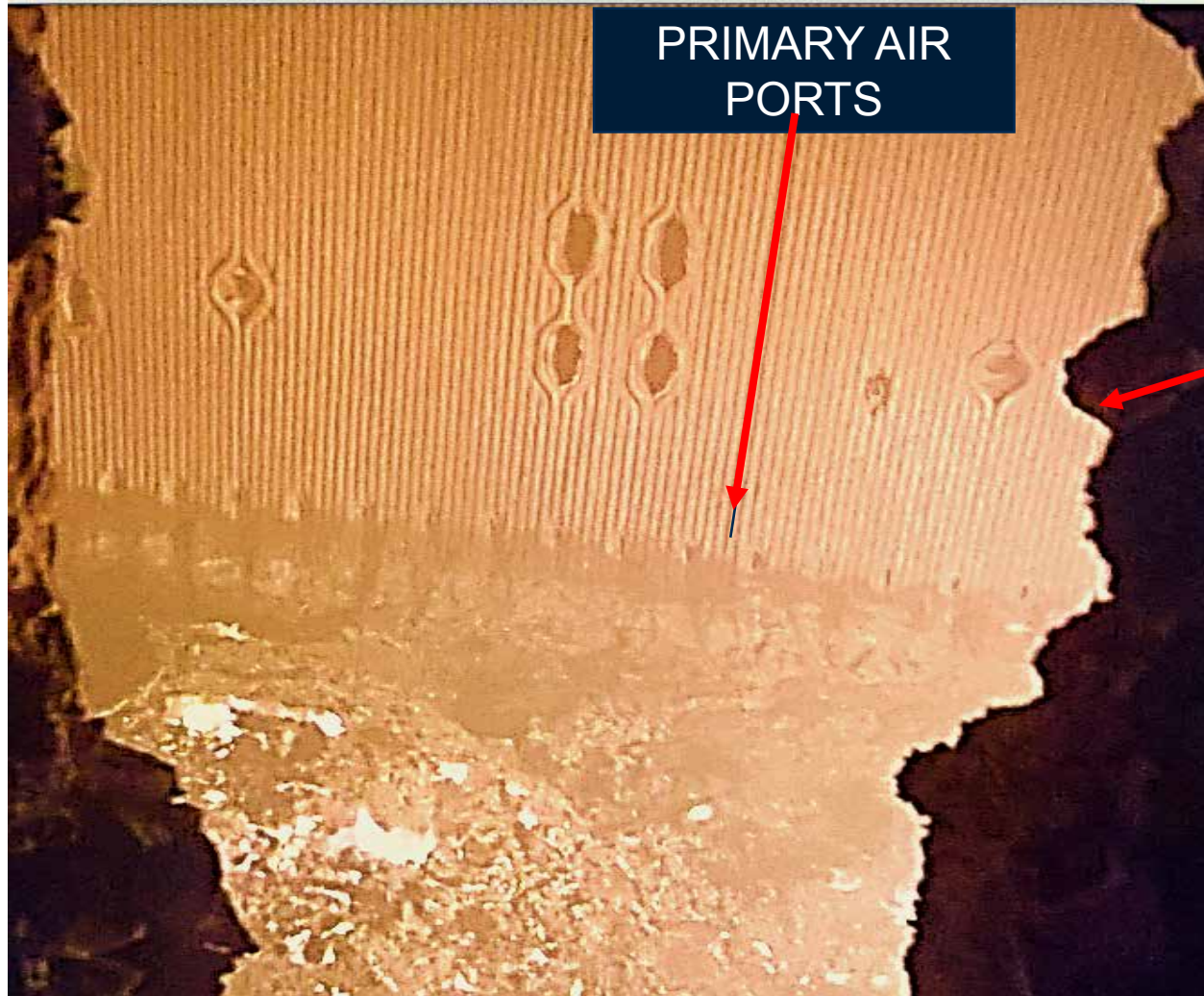
Cracks in 1st airport tubes in this corner at rear wall

It is easier to see from right sidewall camera, that hot char bed is burning close to the rear wall corner ports

Case E

Primary airport tube cracks at front wall

Recovery Boiler 5100 tds/d, DS 80-81%, splash plates



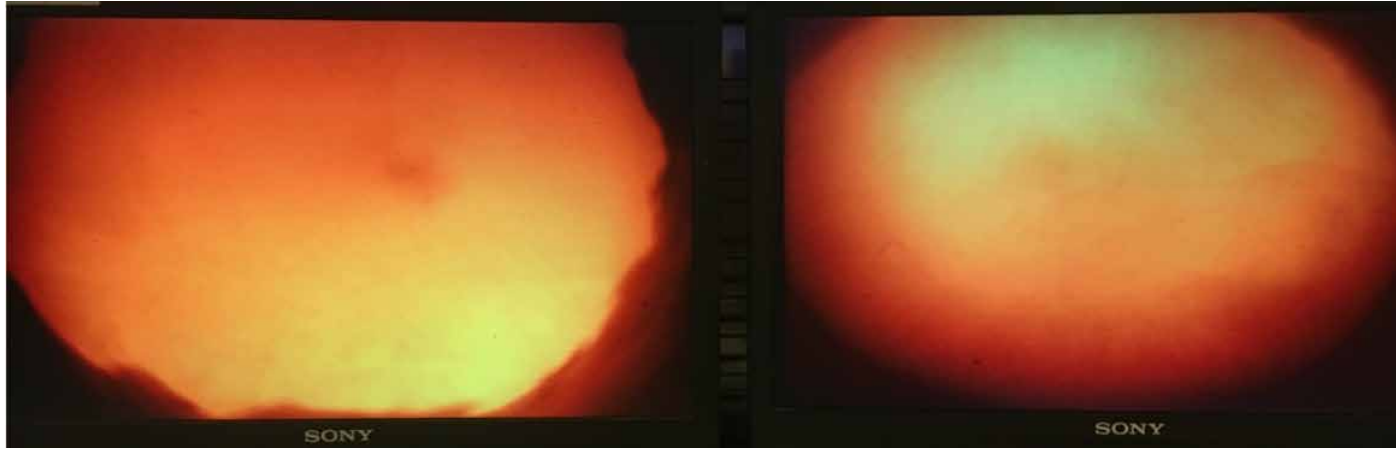
There have been a lot of problems with primary ports cracking at Front wall primary airport tubes.

Photo from 2013 shutdown reveals that hot char bed has been burning close to the front wall primary airports.

There have been a lot spikes in temperature measurements of Primary air port membranes at the Front wall.

Case E

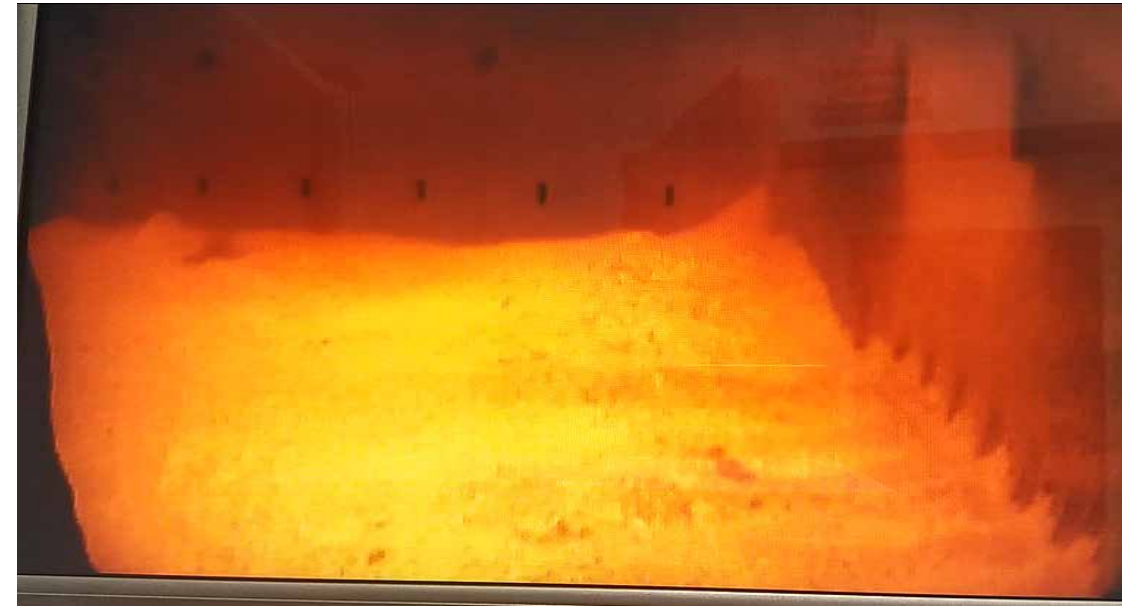
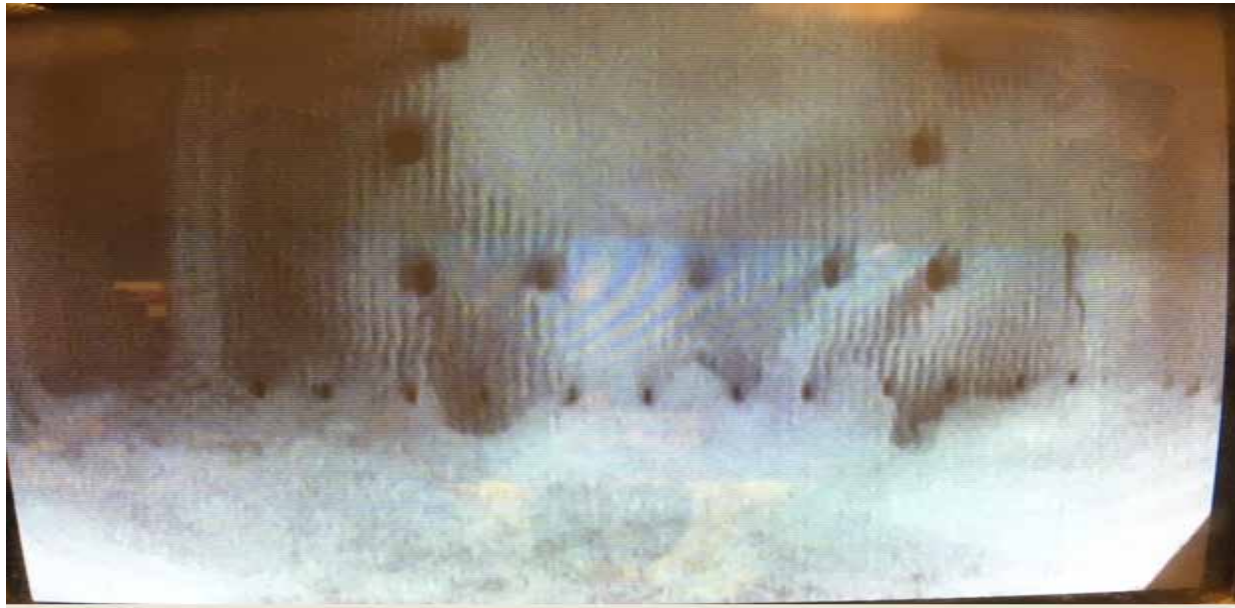
Furnace Bed Camera view



Case G

Char bed tuning is not easy with a camera view like this.

Below is the view what we'd like to see. Good camera shows details about the char bed → easier to tune up and avoid cracking problems.



CHECK LIST: IN CASE CRACKS IN LOWER FURNACE



1. Training of operators and maintenance experts
2. Inspections in shutdowns
 - Operation experts should participate in the inspections during shuts
 - Teamwork to find out root causes (Operation and Inspection experts)
3. Visual observation: Camera view + How Prim.ports look locally
4. Fix the problem: Operation tuning, lower the char bed height or move char bed away from primary air ports having problems

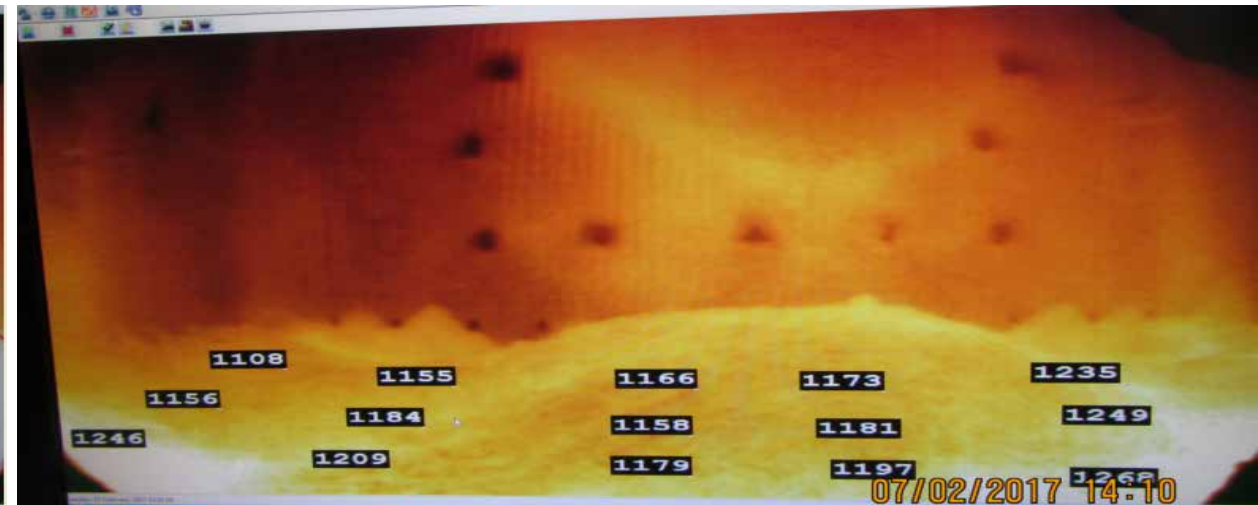
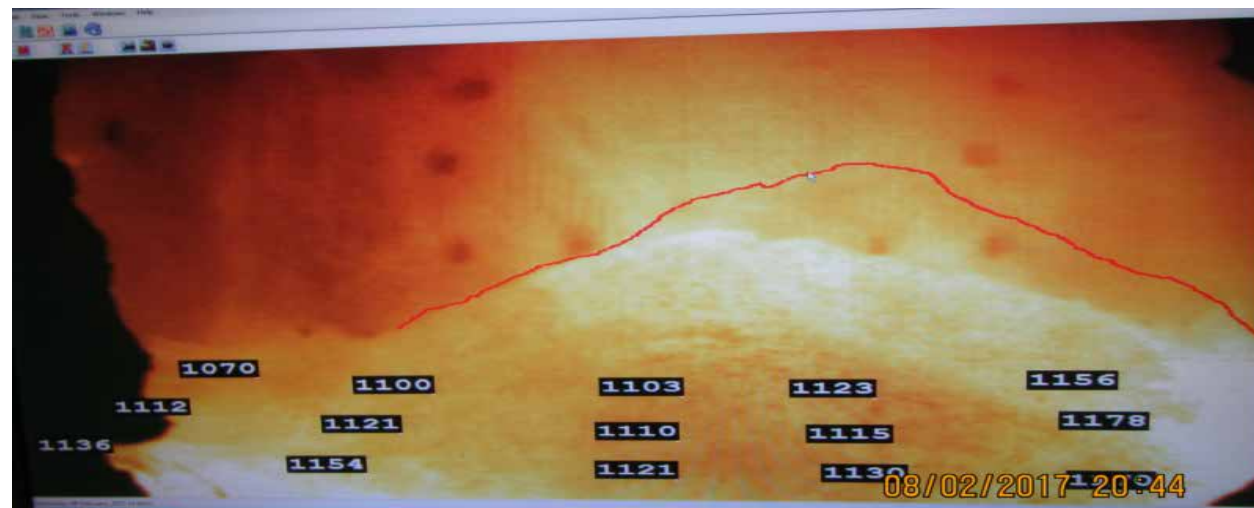
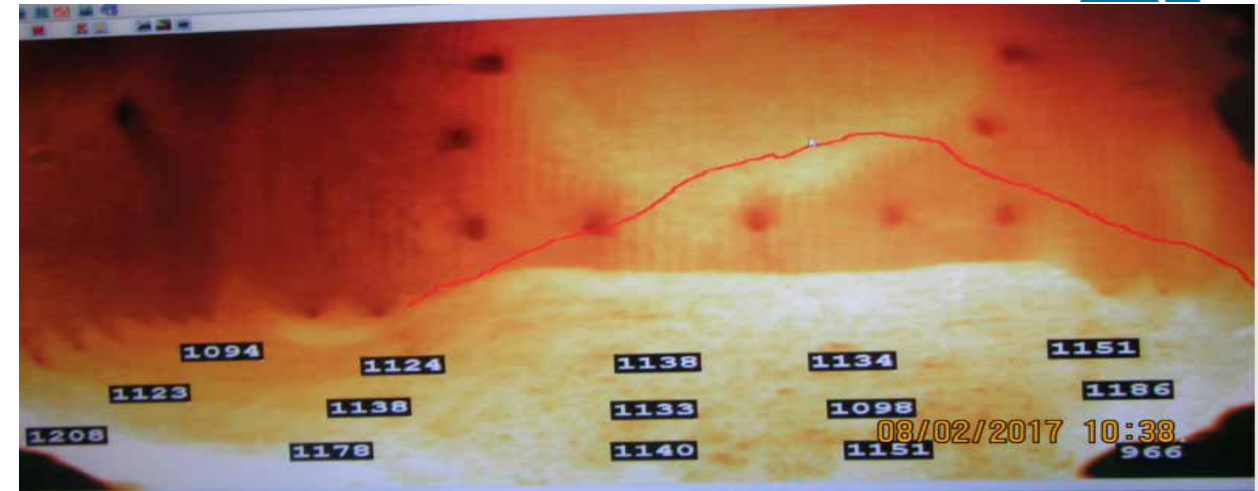
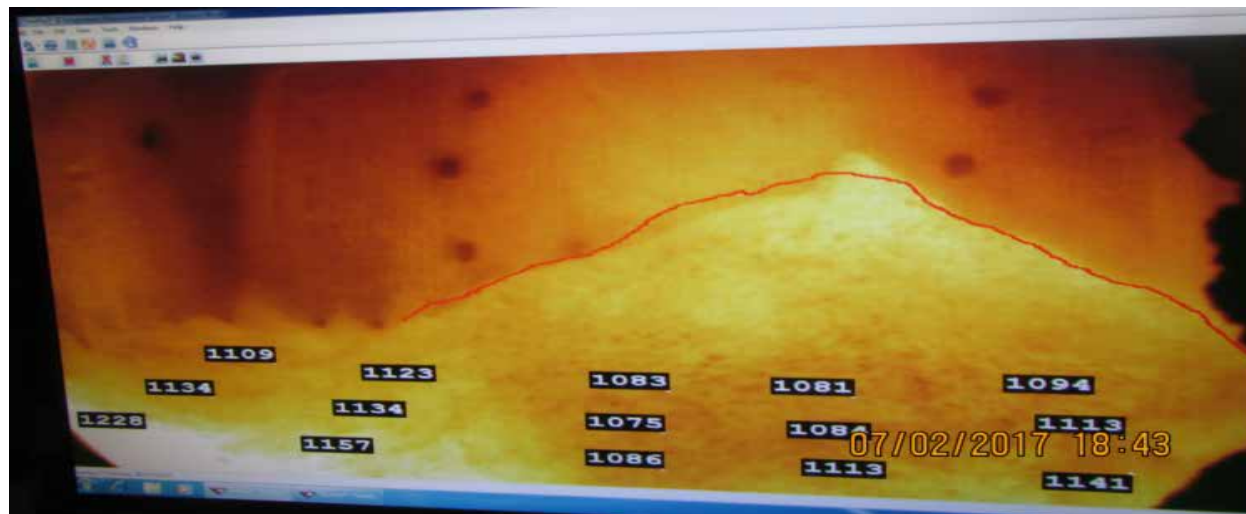
If this doesn't help, additional actions needed, items 5 – 7.

CHECK LIST: IN CASE CRACKS IN LOWER FURNACE



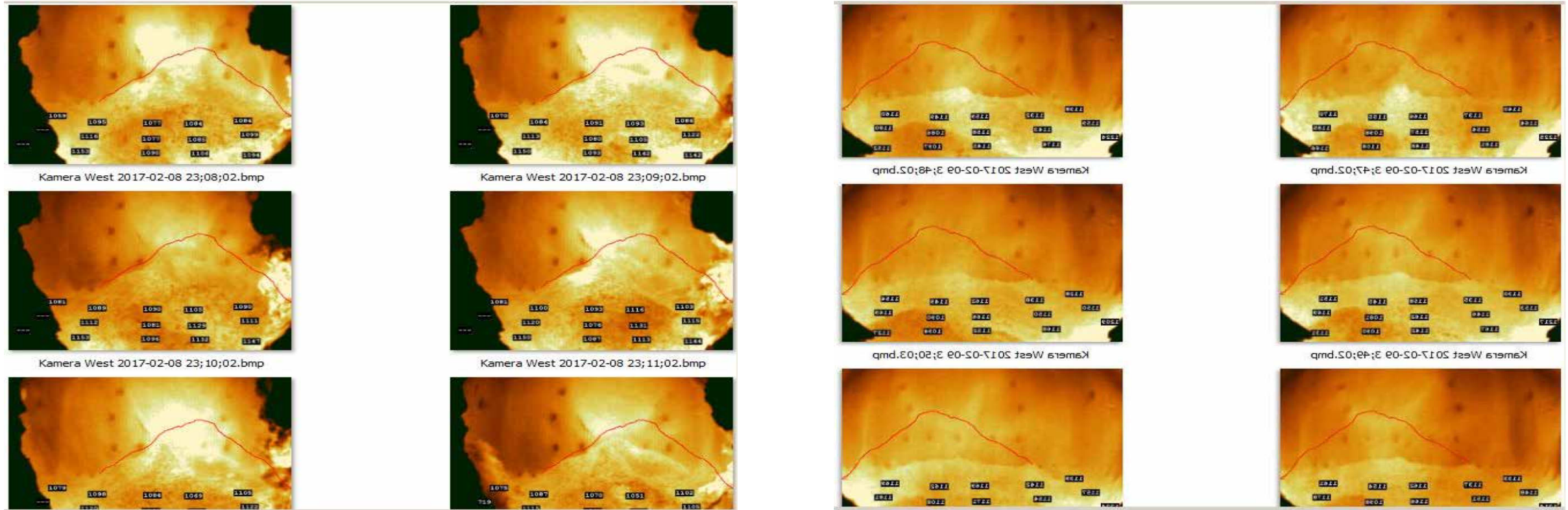
5. More training of operators, testing and tuning together with experts
6. Improve char bed camera view quality
7. Install thermocouples, alarms, trends to help tuning
 - In many cases thermocouples are the best tool to find out how to fix the problems
 - Thermocouples are not expensive investment (compared to production losses)

GOOD BED CAMERA VIEW WITH TEMPERATURE INDICATION



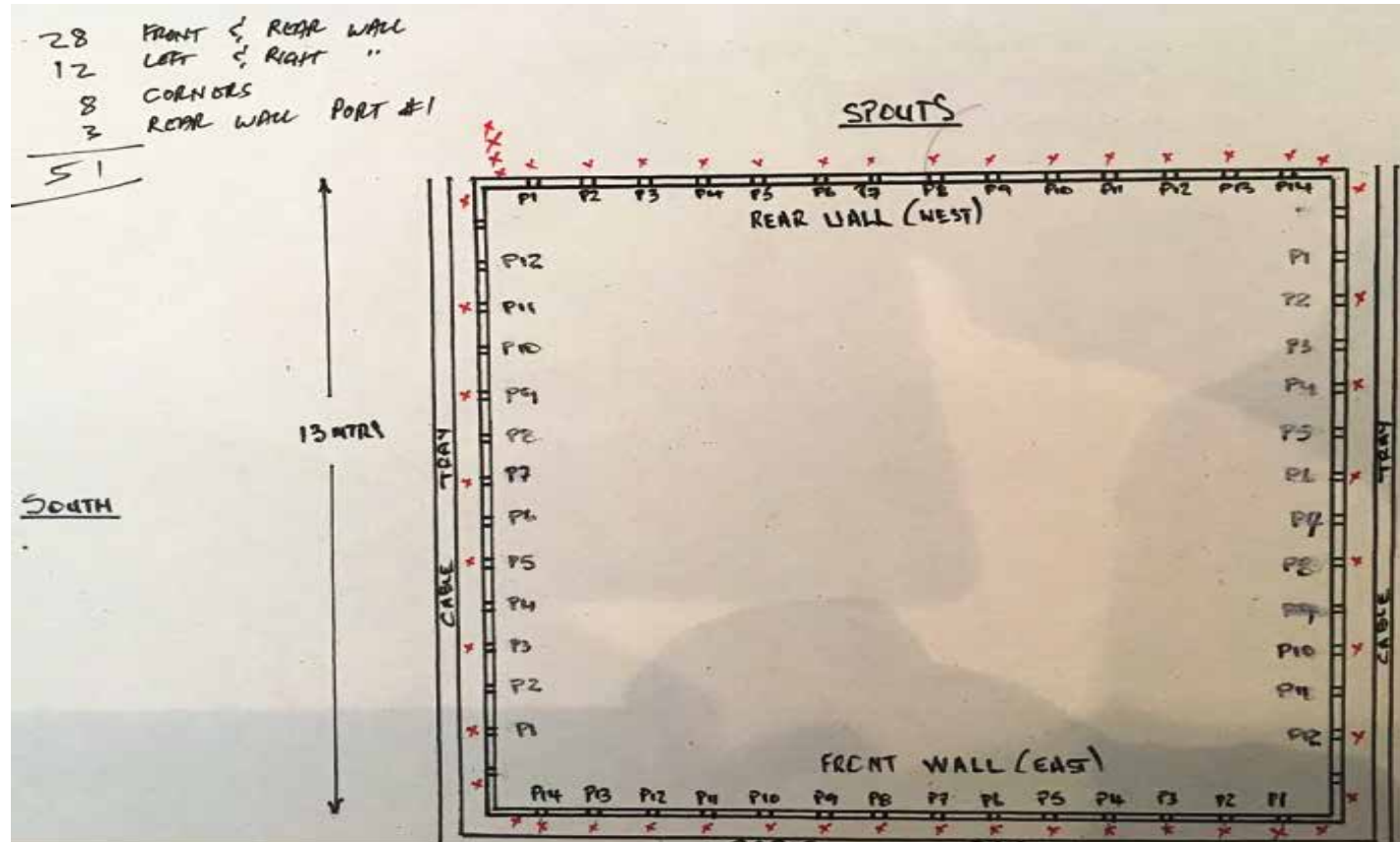
CAMERA WITH TEMPERATURE INDICATION GIVES A LOT OF INFORMATION HOW THE FURNACE IS OPERATING.

GOOD BED CAMERA VIEW VS. TIME (DS, SHIFTS OPERATION)



CAMERA TAKES A SNAPSHOT ONCE A MINUTE AND RECORDS IT.
OPERATORS CAN SEE THE CHANGES IN THE CHAR BED
DURING HIS SHIFT, ONE DAY OR ANY TIME PERIOD.

THERMOCOUPLES; NUMBER AND LOCATION



Mill E maintenance experts prepared a detailed map of corroded (cracked) primary air ports with history information. Based on this map and visual observation, the exact location and number of thermocouples to be installed in the shutdown were selected

HOW TO CONTROL CHAR BED SIZE AND LOCATION (WITHOUT SACRIFICING OPERATION, EMISSIONS, FOULING, REDUCTION EFFICIENCY, SPOUT OPERATION)



Usually, when black liquor & char can be equally distributed on the furnace cross section, everything comes better also in the process point of view.

Furnace can be adjusted by tuning

1. Black liquor spraying
2. Secondary air
3. Fine tuning with Primary air

A couple of more detailed examples will be presented during Konemestaripäivät slide show.

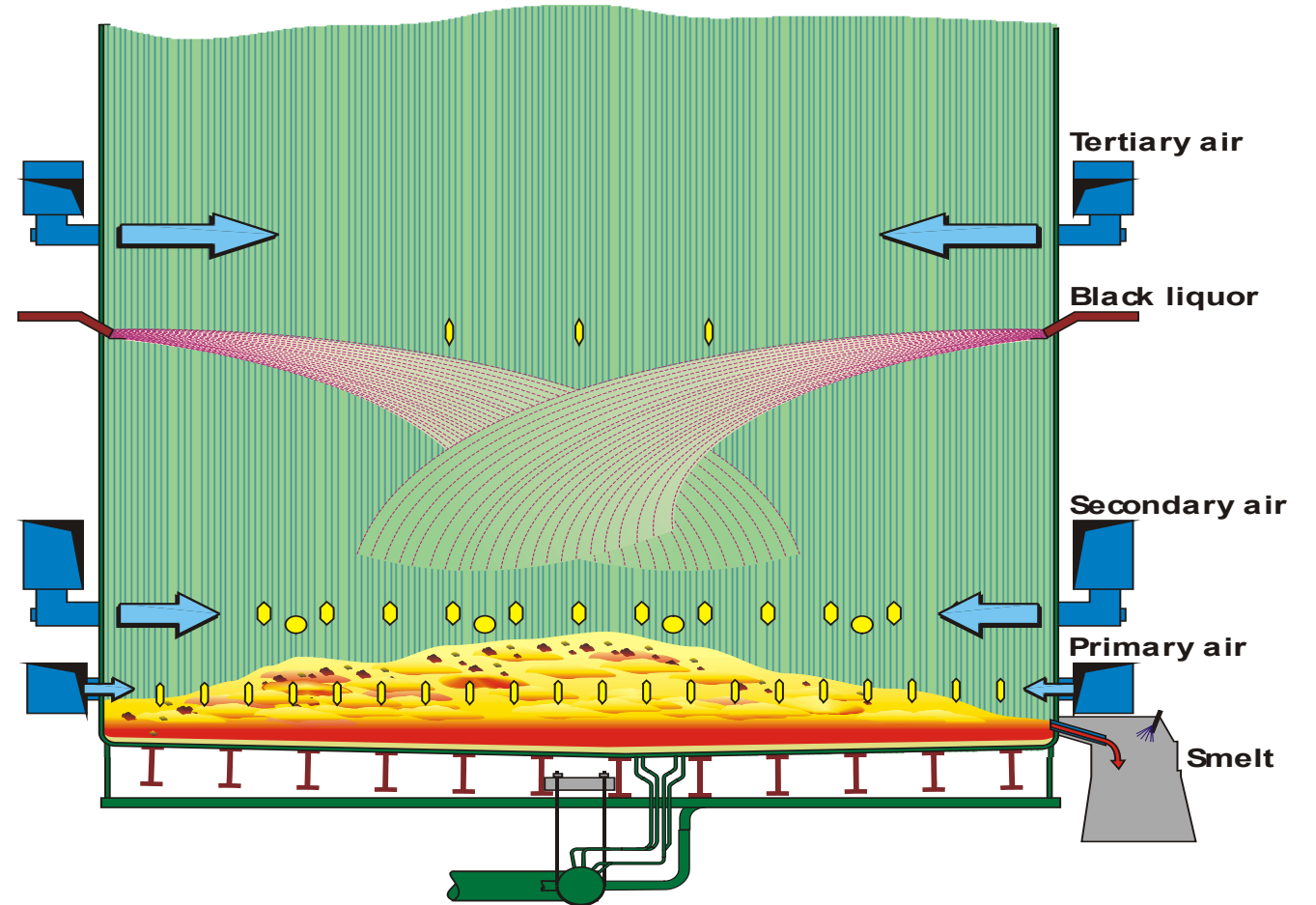
HOW TO CONTROL LOWER FURNACE AND CHAR BED



IMPORTANT
ZONE!!



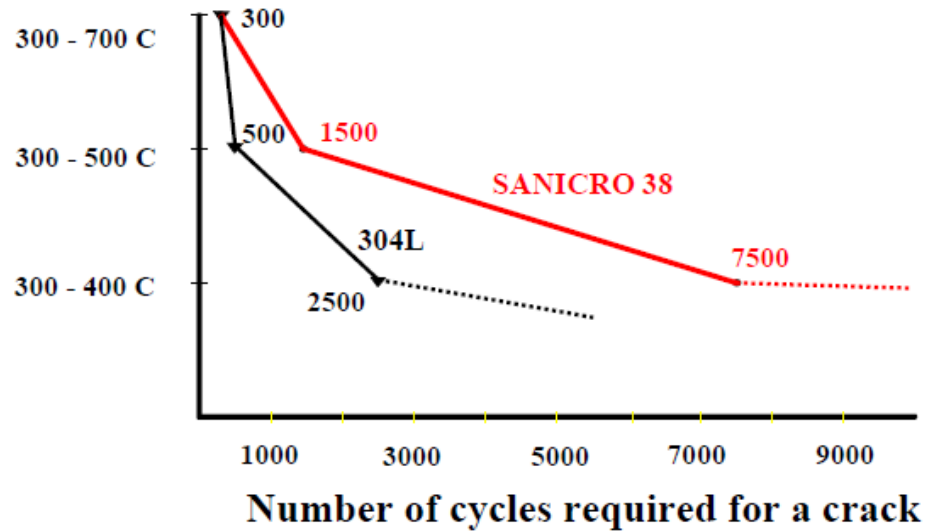
LIQUOR SPRAYING AND
SEC. AIR ARE IMPORTANT!



LOWER FURNACE OPERATION AND MATERIALS

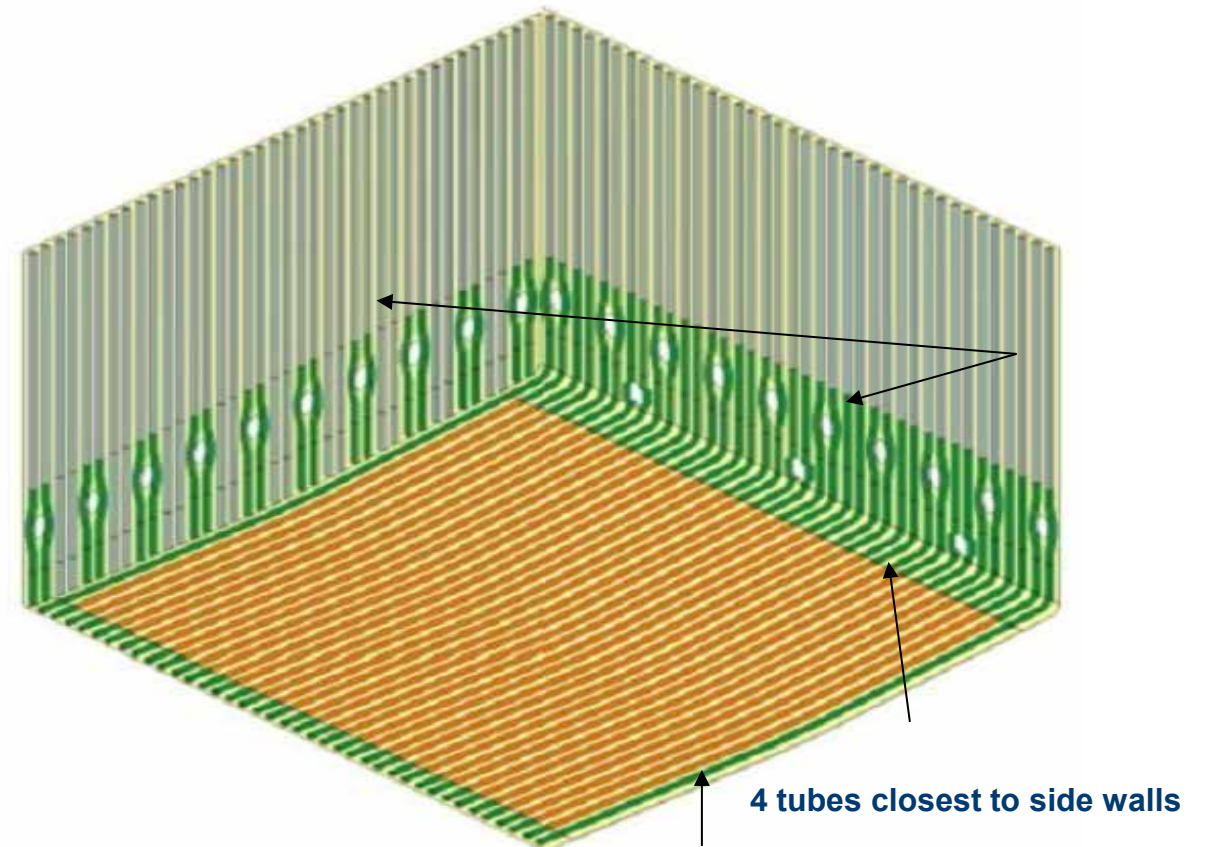


Temperature variation



- Compound AISI 304/SA210
- Sanicro 38
- Carbon steel SA 210-A1

This presentation doesn't cover material selection. However, material selection is important when minimizing the risks and shutdown time! Key target is to get rid of the root causes in the furnace operation, but it is recommended to invest money on better materials to give better protection against thermal fatigue.



SUMMARY



Most of the critical furnace floor tube, primary air port opening tube and smelt spout opening tube cracking failures and indications are caused by char bed behavior and "overheated" smelt contact with the tubes causing thermal fatigue cracks. In worst case a rapid overheating failure of the furnace tube can take place.

Correct material selection extends the tube material lifetime. Better materials are more expensive but it gives a lot of valuable benefits: shorter shutdown (less repair and inspections during shutdowns, less replacement repair needed).

It is possible to identify critical conditions when furnace tubes may damage. Operation and maintenance team training is recommended. Char bed camera view has to be good. When critical condition has been identified, it is possible to fix the furnace operation. Additional material temperature measurements may be needed.

**Ioninvaihto metsäteollisuuden vedentuotannossa, hallinta, seuranta ja
toimenpiteet – Teollisuuden Vesi – projektiehdotus 22.2.2020**

Ioninvaihto metsäteollisuuden vedentuotannossa. Hallinta, seuranta ja toimenpiteet

Karri Aunola
22.1.2020

Tausta ja tavoitteet (1/2)

- Kaikkien soodakattiloiden vedenkäsittely perustuu ioninvaihtoon
- Vuosittain useita ioninvaihtoon liittyviä ongelmatapauksia (nopea ilmaantuminen, yllätyksellinen)
 - Kapasiteetti, vuoto, hartsien karkaaminen
- Tehtaan oma ioninvaihdon osaaminen ja resurssit eivät meinaa riittää
- Vedenkäsittelyyn panostaminen tapahtuu ongelmatilanteissa, ei ennakoon

Tausta ja tavoitteet (2/2)

- Koska seuranta ja osaaminen vajaata, aiheuttaa lisäkuluja (tuotantojarrutus ja pahimmillaan seisakit) sekä ongelmatilanteiden työtä
 - Ongelmatilanteessa lähes ainoa toimintamalli on vaihtaa hartsit. Ongelmien syyt ja vaihtoehtoiset toimenpiteet jäävät selvittämättä, koska ongelmatilanteessa päätavoite on saada tilanne haltuun
- Hartsitoimittajia on vähän ja toimitusajat ovat pitkiä (jopa 0,5...1 vuosi)
- Hartsien toimintakyvyn seuranta ja ymmärrys prosessista lisäävät toimintavarmuutta sekä auttavat ennakoimaan ja välttämään ongelmatilanteita

Sisältö ja tiivistelmä

1. Ioninvaihtohartsien toimintakyvyn seuranta hartsinäytteistä
 - Mikä on hartsien toimintakyky ja miten se on muuttuu ajan myötä. Toimintakyvyn arviointi ajan mukaan
 - Toimenpidemäärittely: erityiskäsittely, onko tapahtunut poikkeavaa kulumista, millä aikataululla varauduttava uusien hartsien hankintaan
 - Lopputuloksena kaikille tehtaille sopiva seurantamalli (riittävän tarkka ja taloudellisesti perusteltava)
2. Vedenkäsittelyprosessin toimintavarmuuden hallinta
 - Vuosittaisten toimenpiteiden linjaus (erikoispesut). Lähtötietona toimiva toimintakyvyn seuranta
 - Hartsien kulumisen mukaan arvioitu uusien hartsien hankinta
 - Laitoksen omassa varastossa varalla pidettävien hartsien määrä toimitusaikojen mukaan
3. Ioninvaihtohartsien ongelmien tarkastelu
 - Kerätään ongelmatietoja tehdashaastatteluilla: ongelmien yhteenveto
 - Hapettimien ja muiden ongelmayhdisteiden oletetut vaikutukset: sopiiko oletus seurannan tuloksiin (hallitut laboratoriokokeet vertailua varten)
 - Toimenpiteet ongelmatekijöiden minimointiin tehtaalla