

Korkealämpötilakorroosio

Jonne Niemi

18.4.2024

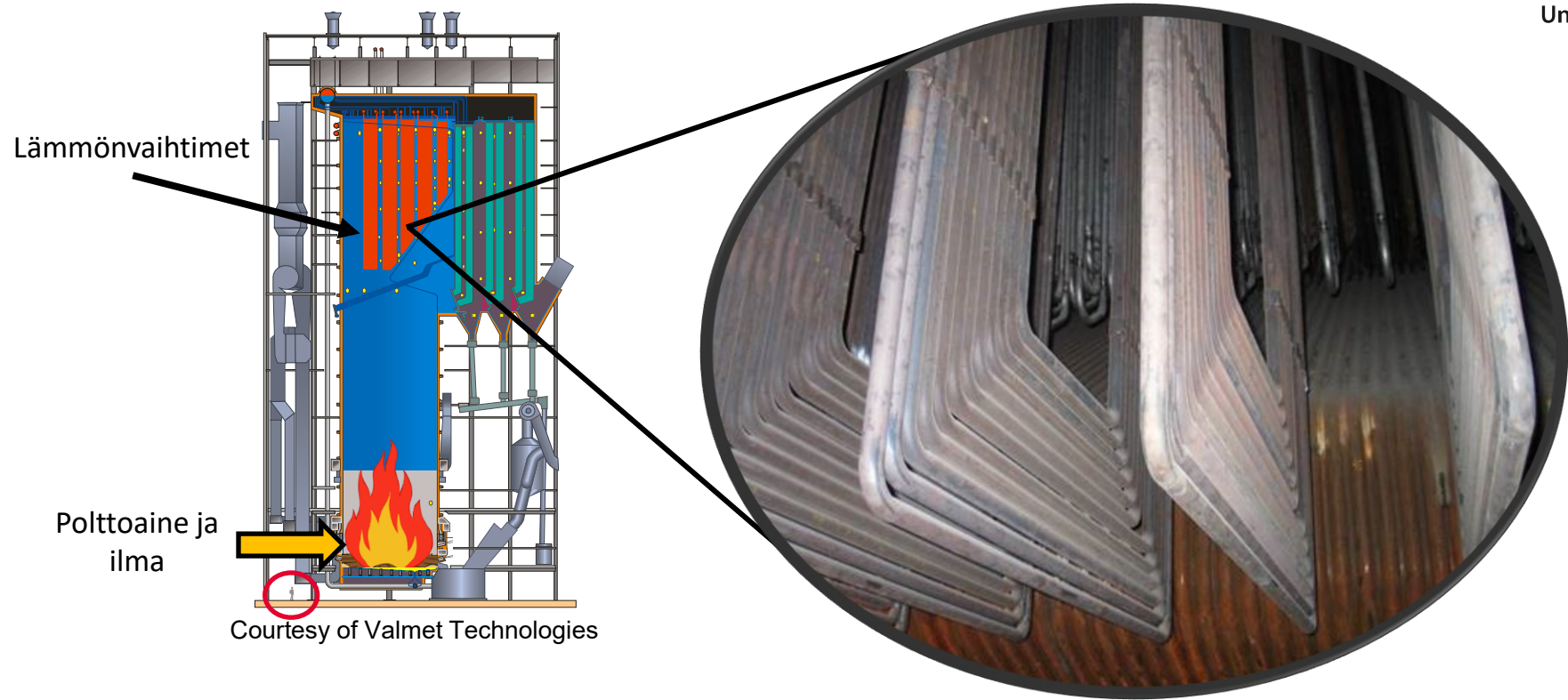
SKY Korroosiokoulutuspäivät

Suomen Korroosioyhdistys SKY - Finlands Korrosionsförening r.y.

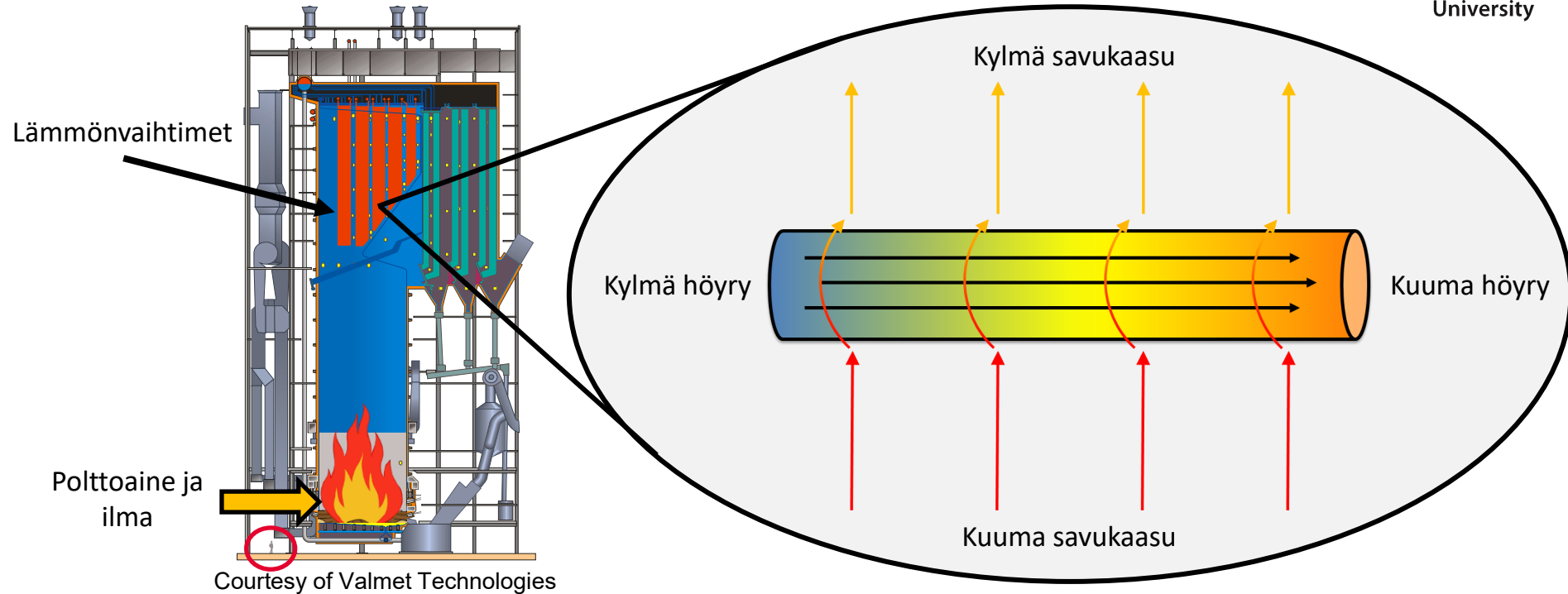
Korkealämpötilakorroosio

- Materiaalilämpötila $> 400\text{ °C}$
- Korroosioreaktio voi olla
 - Hapettuminen
 - Rikittyminen
 - Hiilettyminen
 - Tyyettyminen
 - Kloridoituminen
- Korkealämpötilakorroosiota esiintyy:
 - Polttomoottoreissa
 - Kaasuturbiineissa
 - Voima- ja lämpökattiloissa

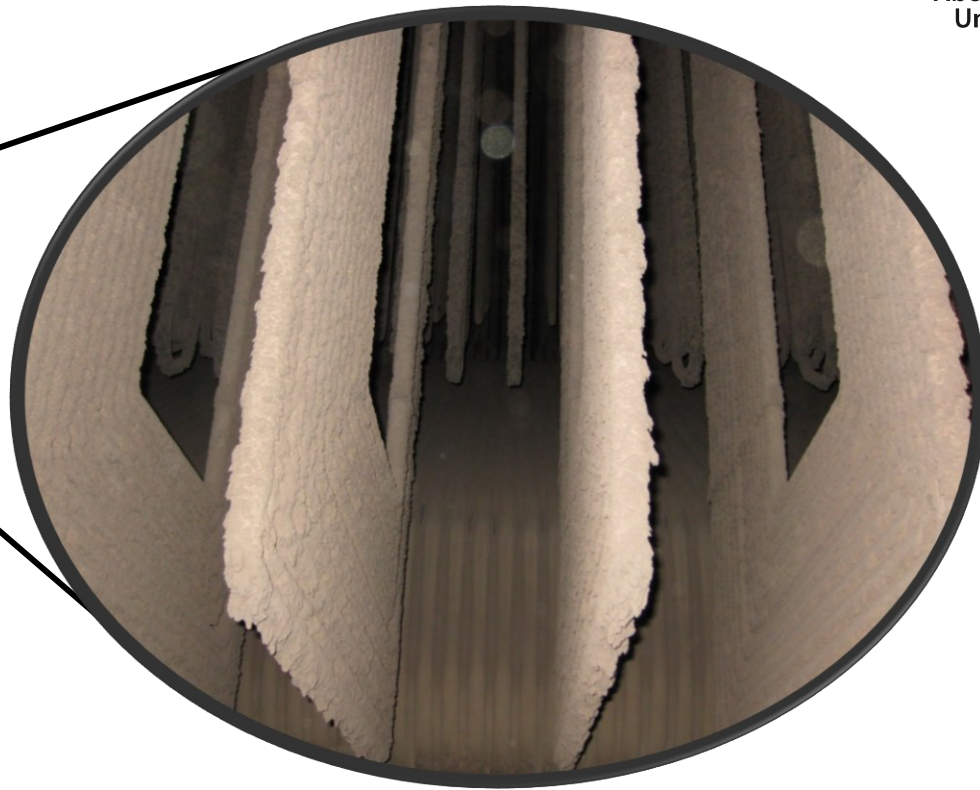
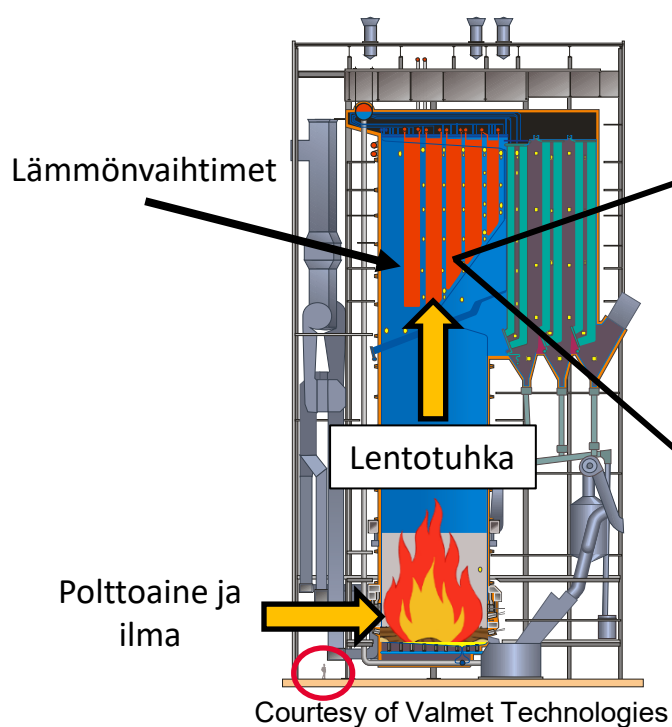
Lämmönvaihdinten korroosio



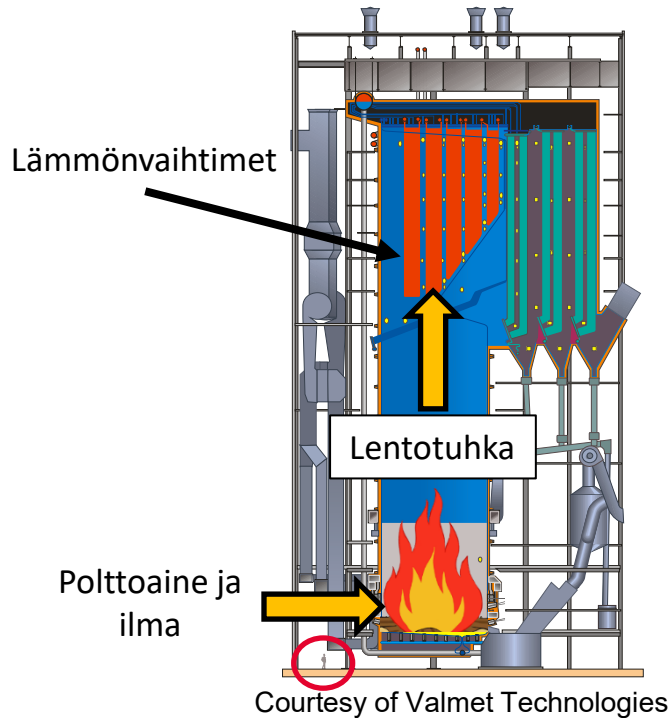
Voimakattilan toimintaperiaate



Lämmönvaihdinten korroosio



Lämmönvaihdinten korroosio

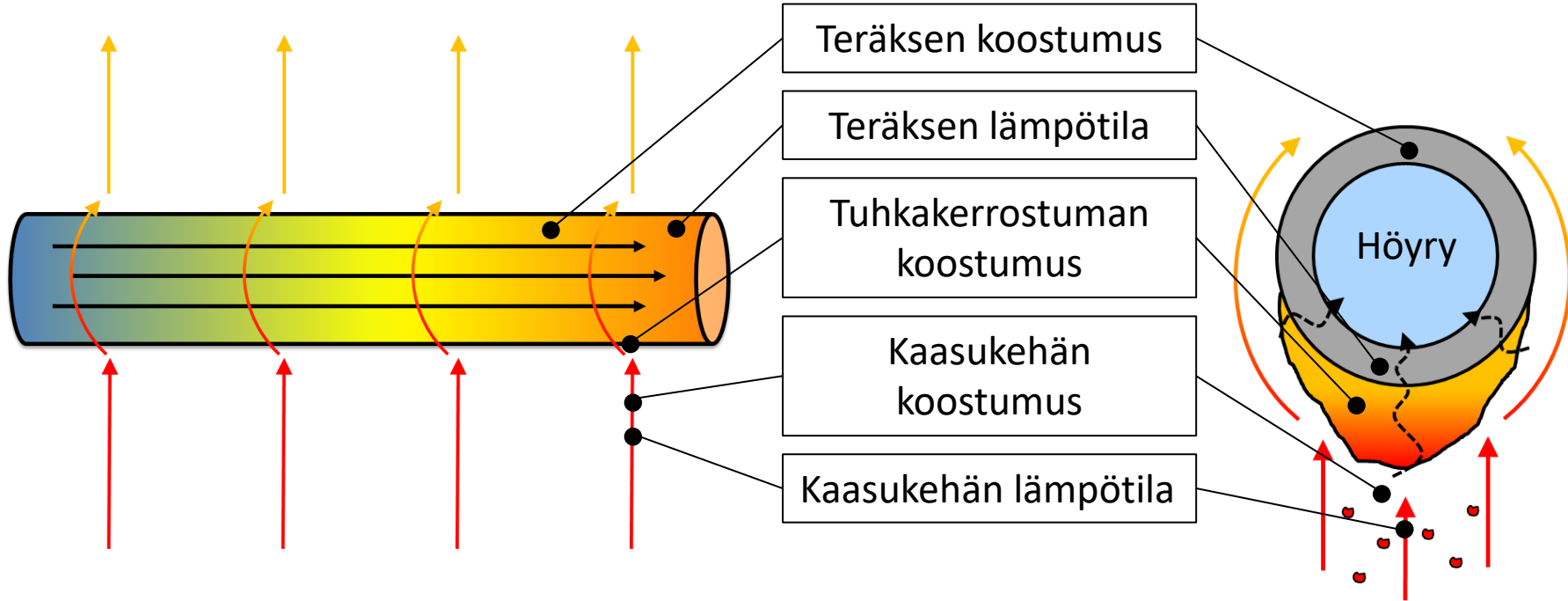


- Hallitsematon ja ennustamaton korroosio aiheuttaa:
 - Kuluja
 - Häiriöitä sähkön- ja lämmöntuotantoon
 - Turvallisuusriskejä

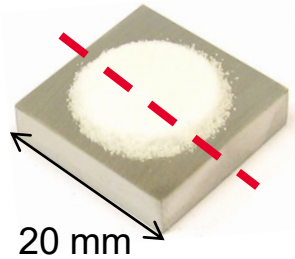


Heath & Tremblay

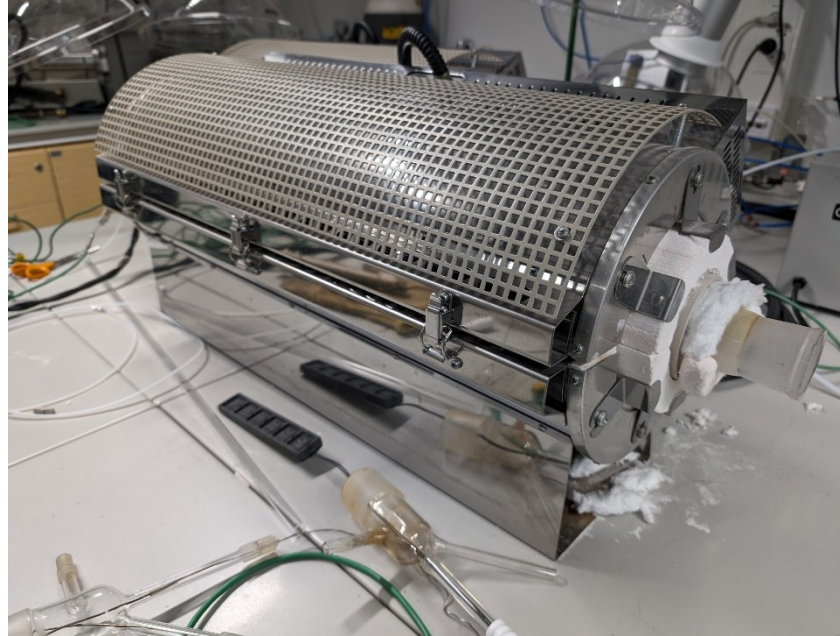
Korroosioon vaikuttavat muuttujat



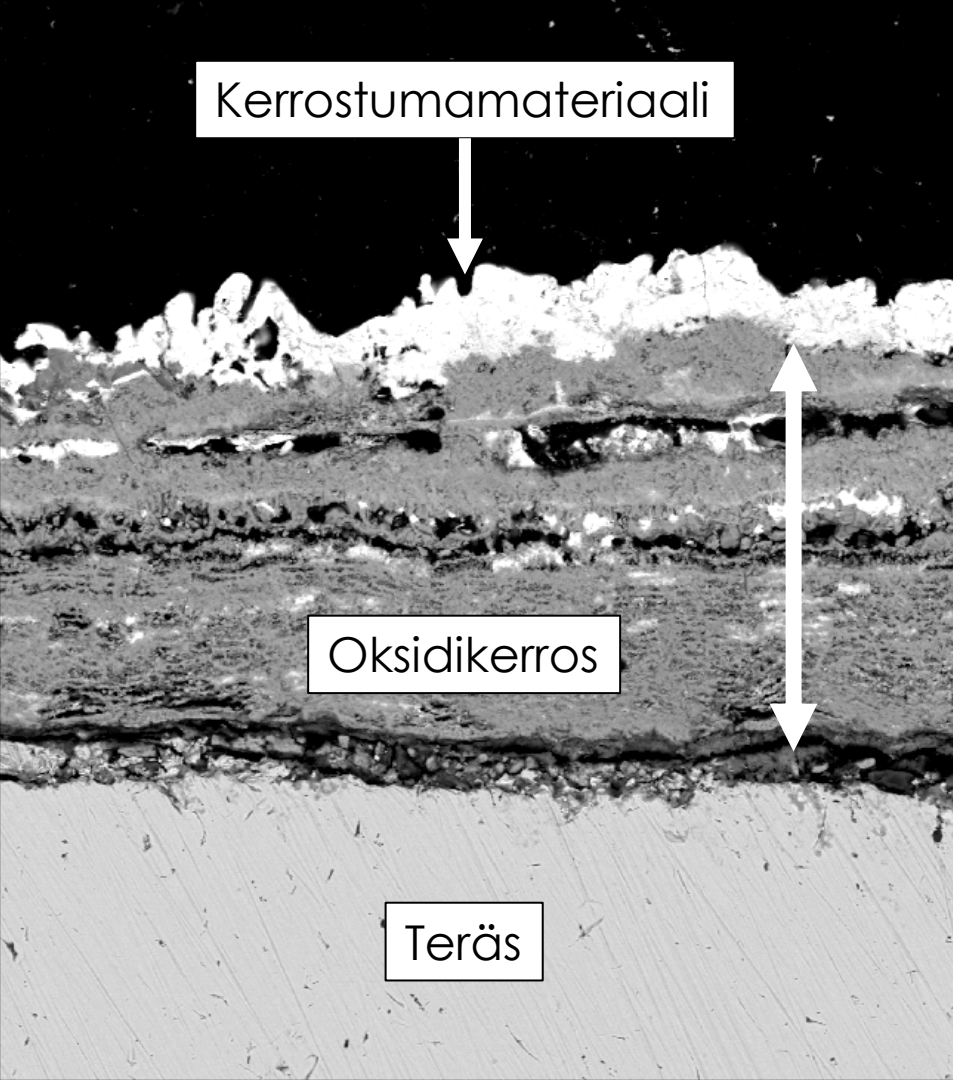
Isoterminen polettikoe



- Voidaan tutkia:
 - Teräslaatu
 - Lämpötila
 - Tuhkakemia
 - Kaasukehän koostumus



- Analyysimetodit
 - SEM/EDS
 - IC
 - Massanmuutos
 - ...

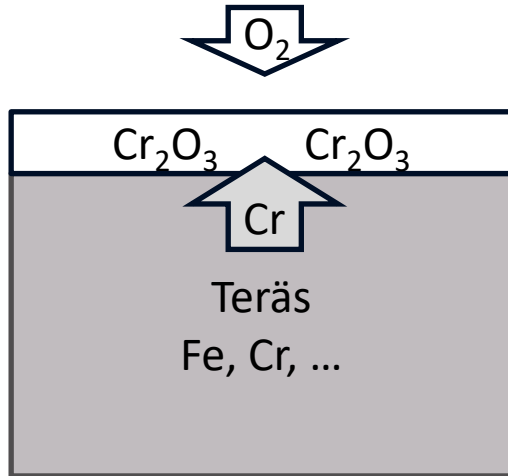


Mitä tietoa testeistä saadaan?

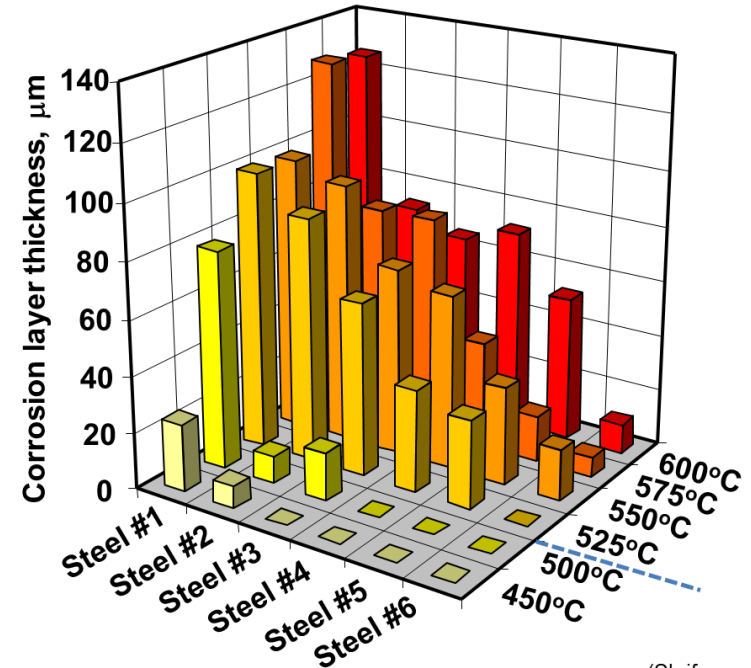
- Korroosion määrä = oksidikerroksen paksuus, massan muutos
- Mitkä yhdisteet osallistuvat korroosioreaktioihin ja mitä reaktiotuotteita syntyy

Teräslaadun merkitys

- Parempilaatuiset teräkset kestävät korroosiota paremmin



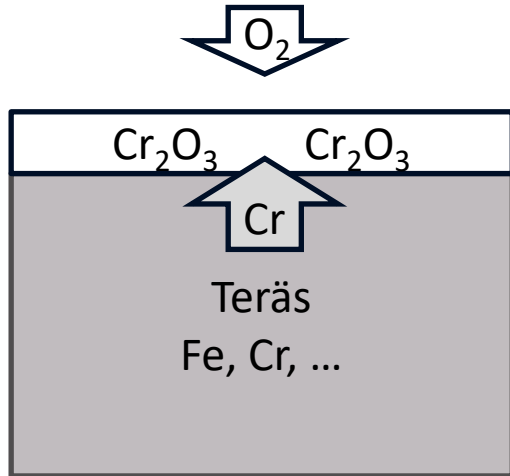
$(Na,K)_2SO_4 + 1.3\% Cl$, $T(\text{solidus})=522^\circ C$



(Skrifvars et al. 2008)

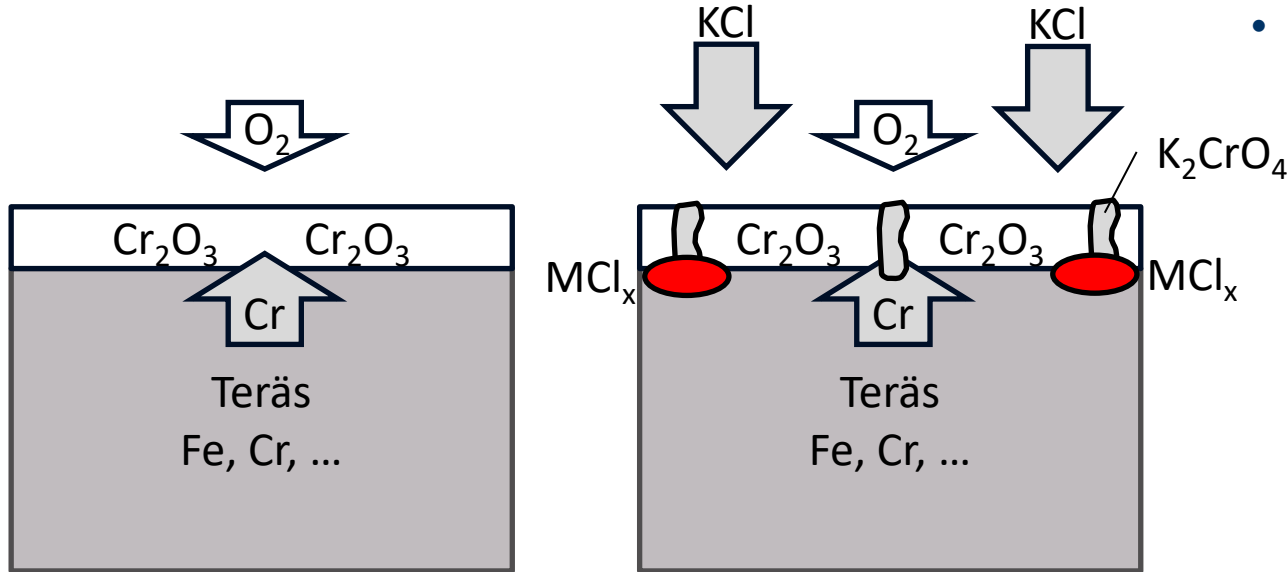
Teräslaadun merkitys

- Parempilaatuiset teräkset
kestävät korroosiota paremmin



Kromi muodostaa hapen kanssa tiiviin kromioksidikerroksen, joka suojaa terästä happihyökkäykseltä

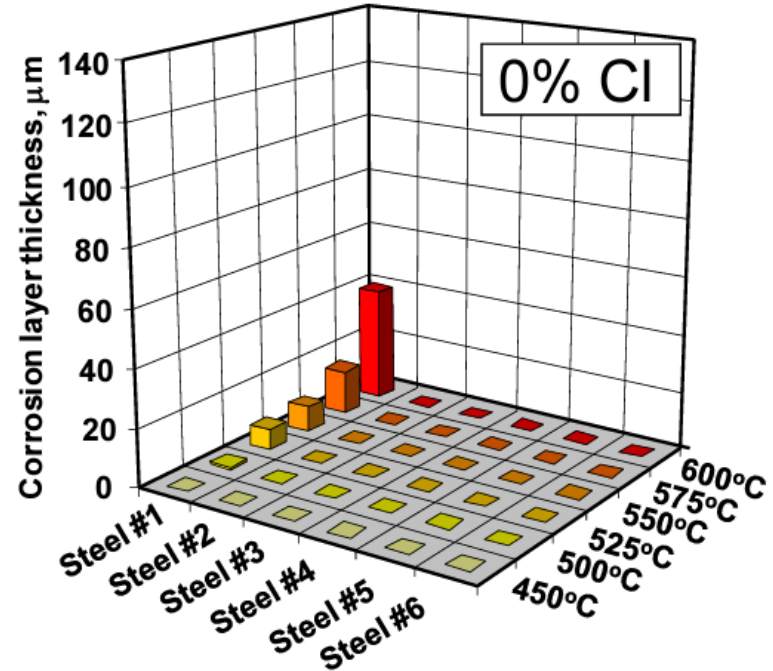
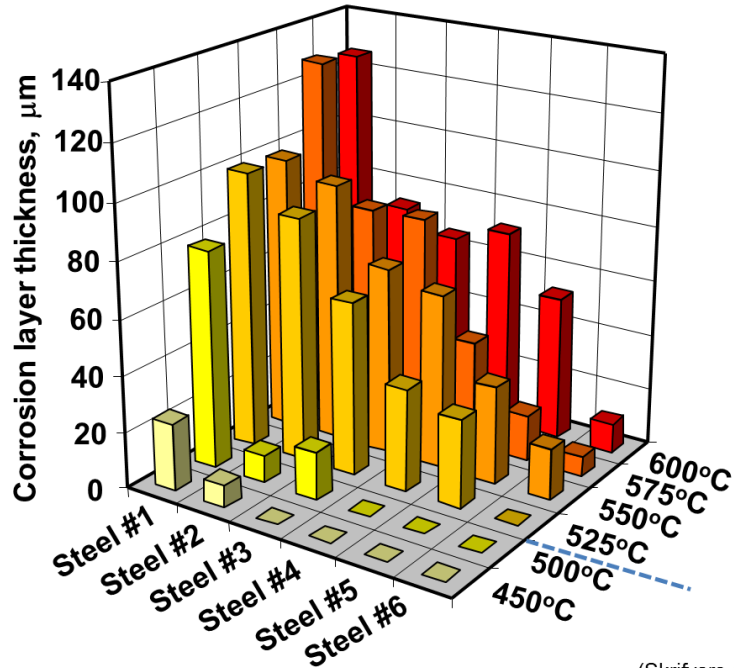
Teräslaadun ja tuhkakemian vaikutus



- Korroosioreaktion kulusta on eri hypoteeseja
 - Aktiivinen hapettuminen
 - Kloori- ja metalli-ionien diffuusio

Lämpötilan ja tuhkekemian vaikutus

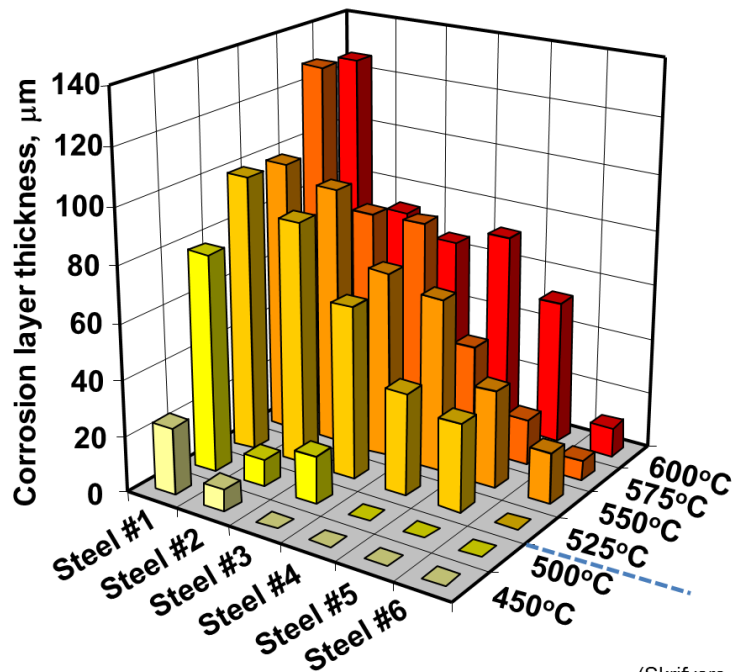
$(\text{Na,K})_2\text{SO}_4 + 1.3\% \text{ Cl}$, $T(\text{solidus})=522^\circ\text{C}$



(Skrifvars et al. 2008)

Lämpötilan ja tuhkekemian vaikutus

$(\text{Na,K})_2\text{SO}_4 + 1.3\% \text{ Cl}$, $T(\text{solidus})=522^\circ\text{C}$



(Skrifvars et al. 2008)

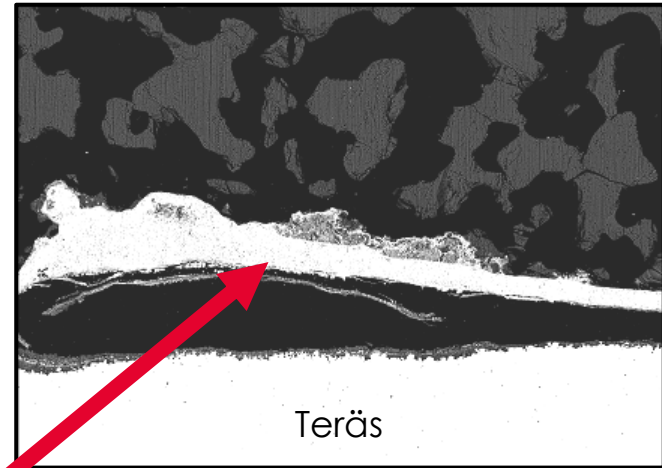
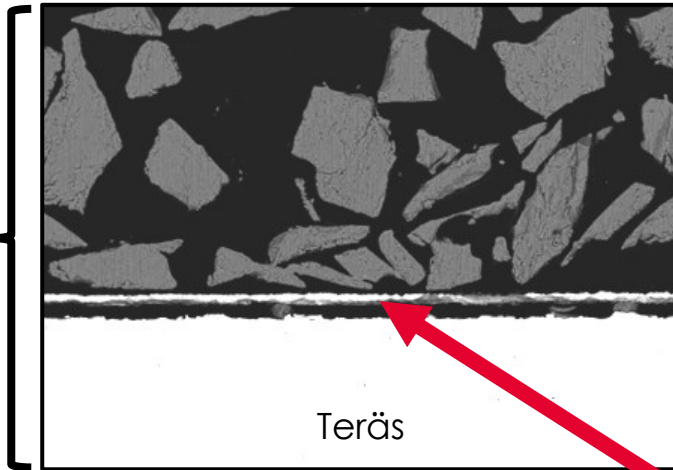
- Korkeampi lämpötila johtaa nopeampiin korroosioreaktioihin
- Alkalikloridit edistävät korroosiota
- Sulan faasin muodostuminen edistää korroosiota

Sulan muodostuminen

0 % sulafaasia kerrostumassa

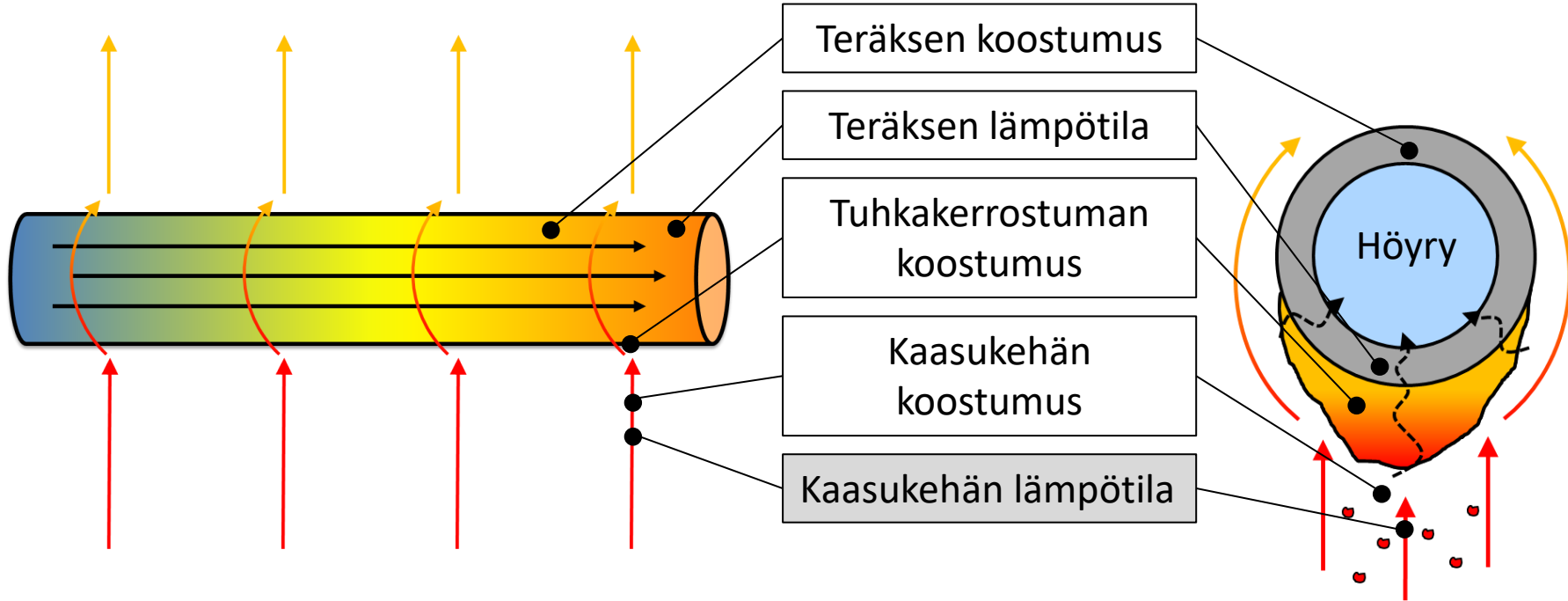
5 % sulafaasia kerrostumassa

T = 550 °C

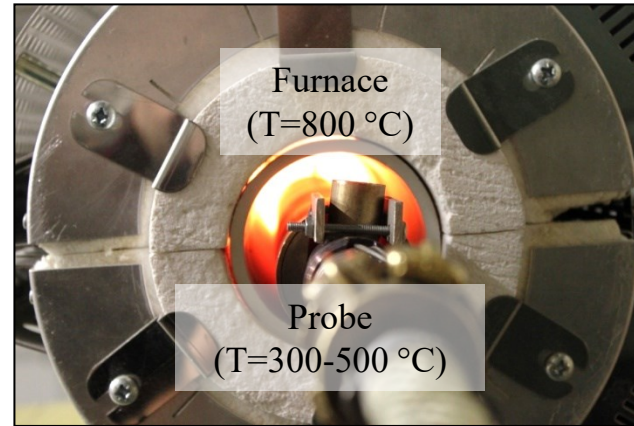
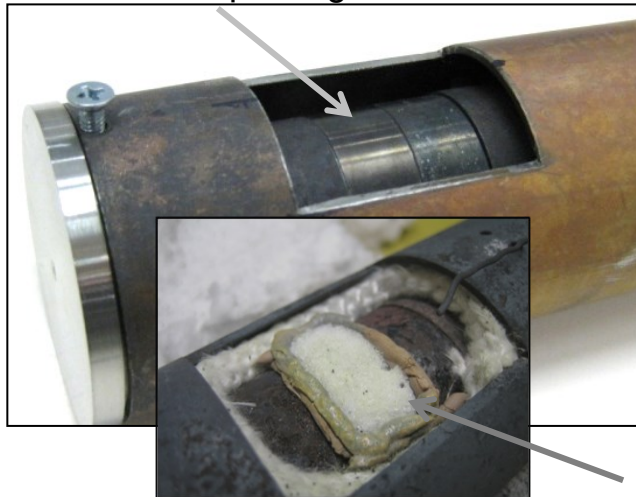
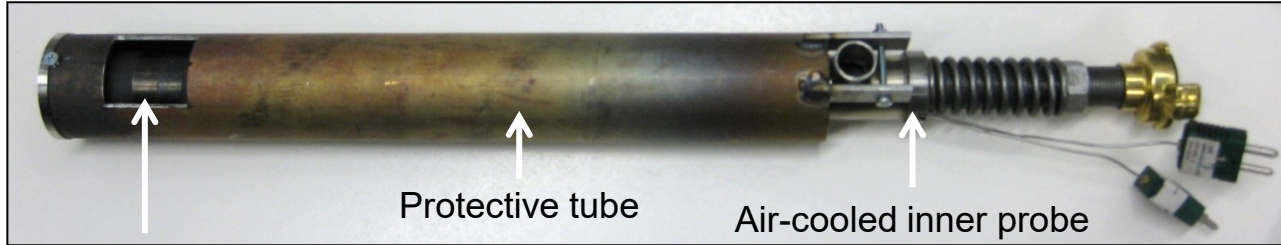


Oksidikerros

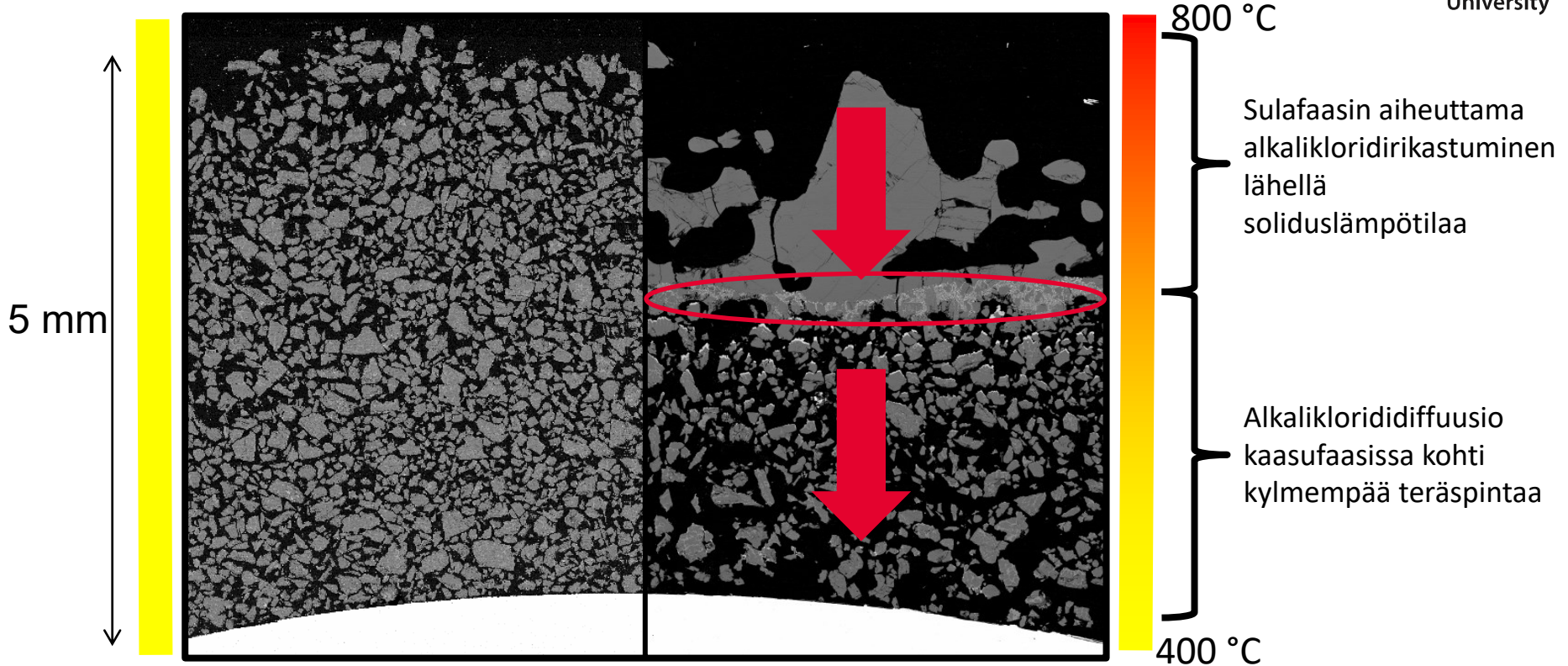
Korroosioon vaikuttavat muuttujat



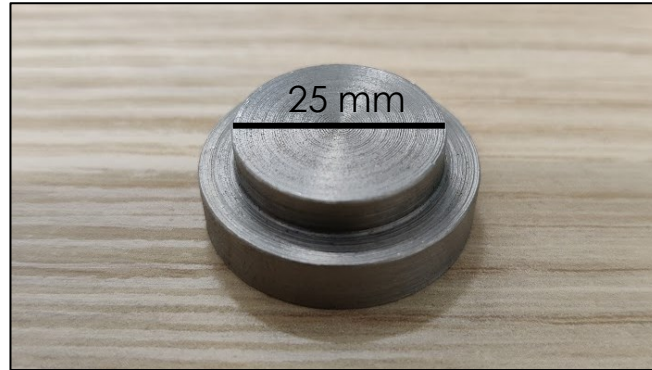
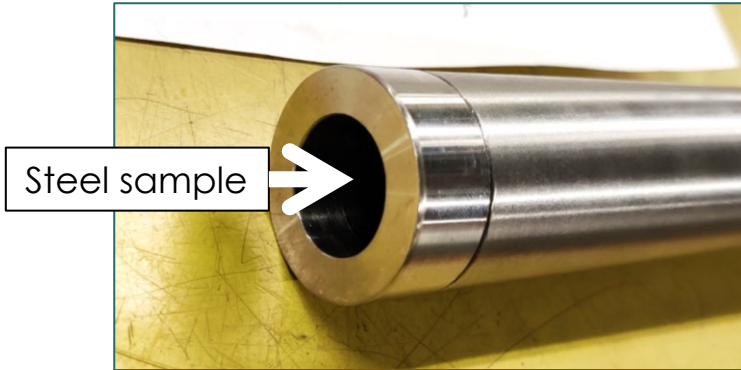
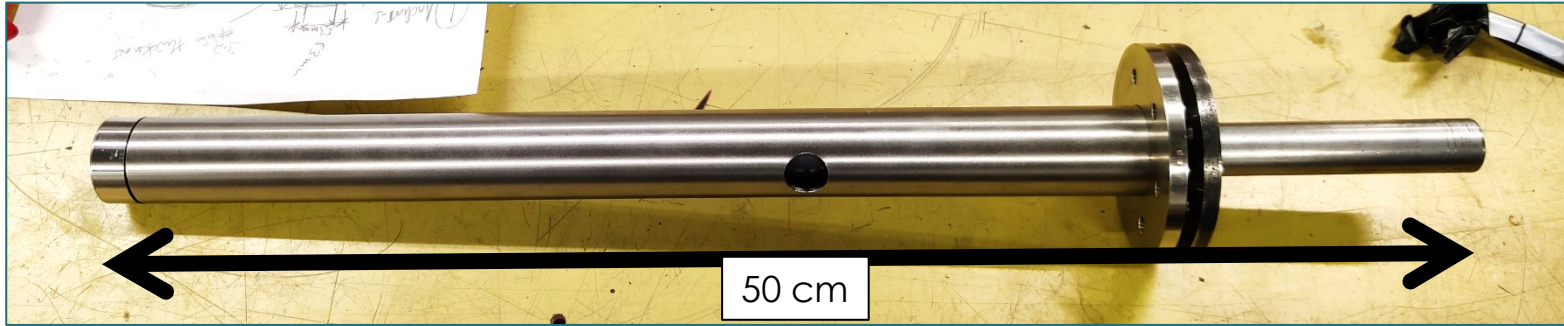
Lämpötilagradienttikoeitin



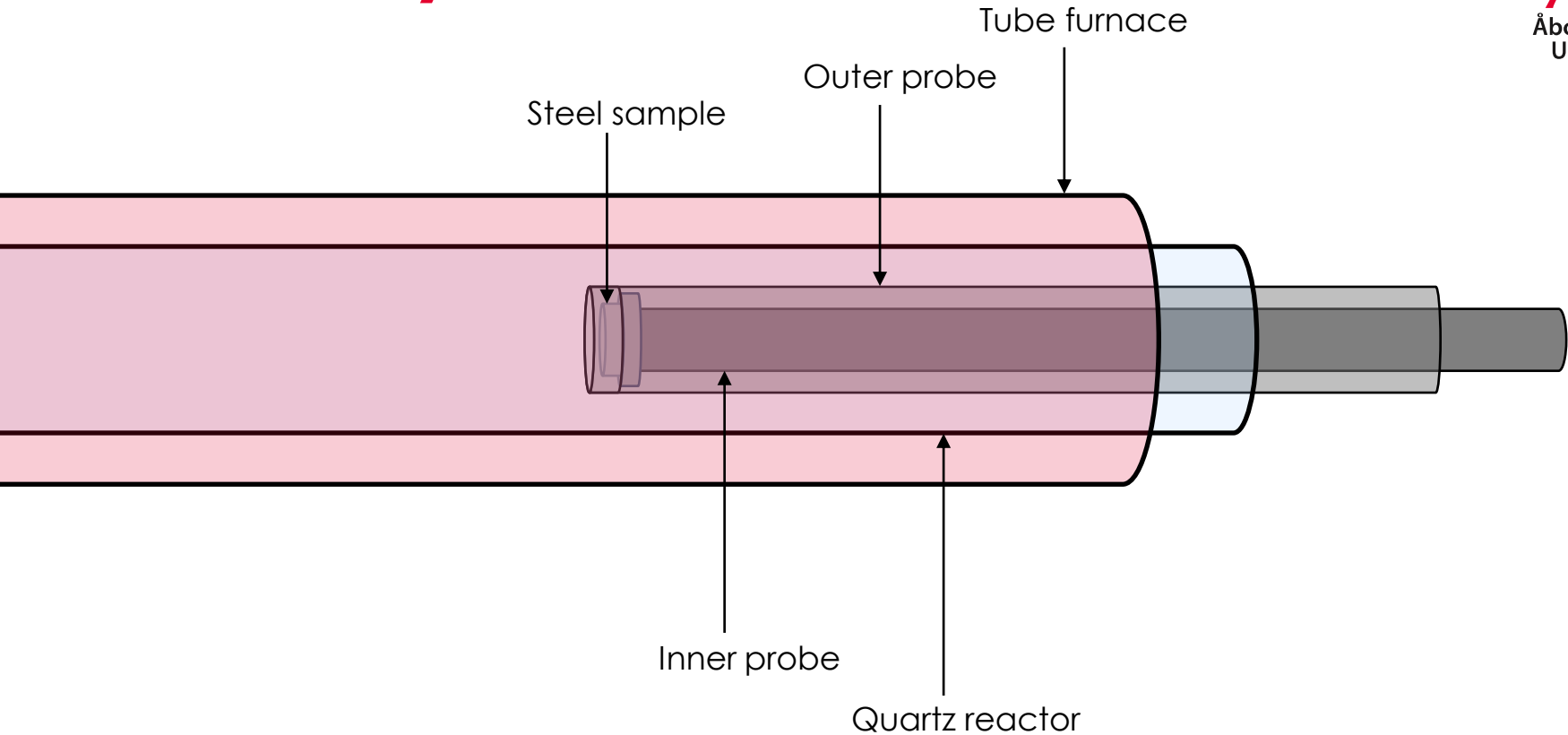
Gradienttiläpileikkaus



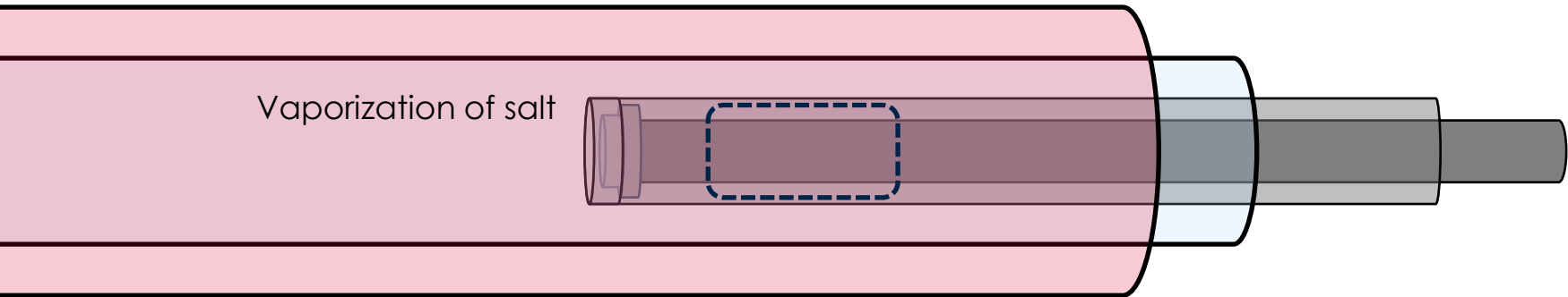
Härmistymiskoetin



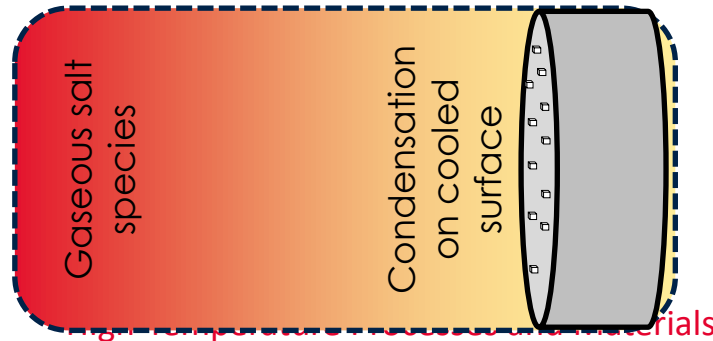
Härmistymiskoetin



Härmistymiskoetin

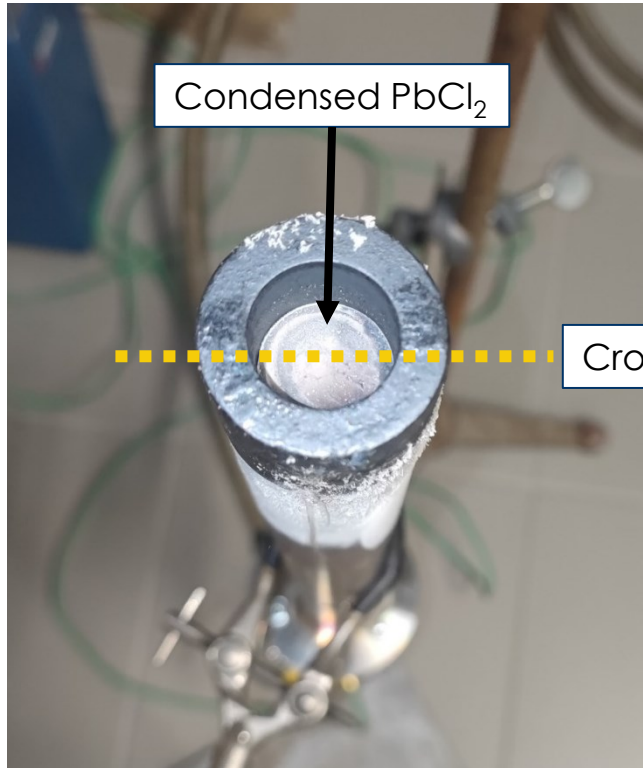


- Furnace temperature
- Material temperature
- Steel sample
- Deposit material

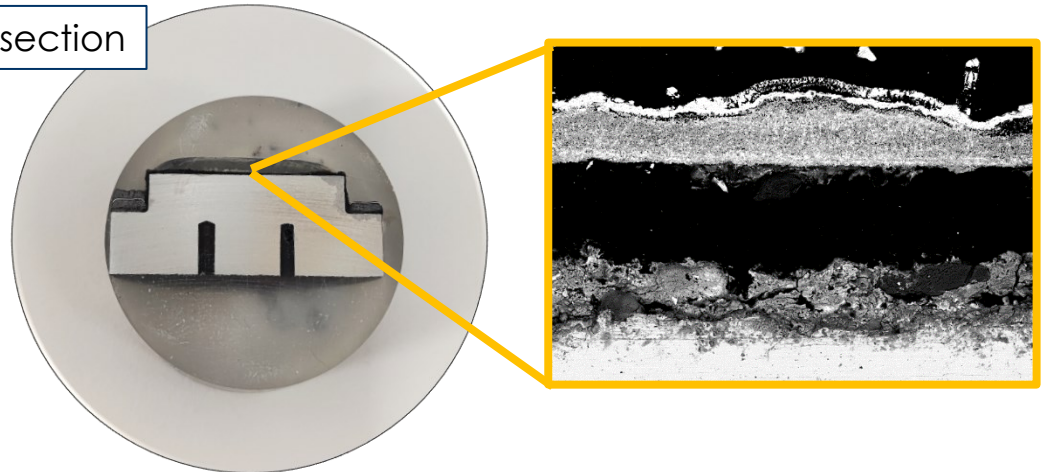


- Deposition behavior
- Corrosion

Näytteen analysointi



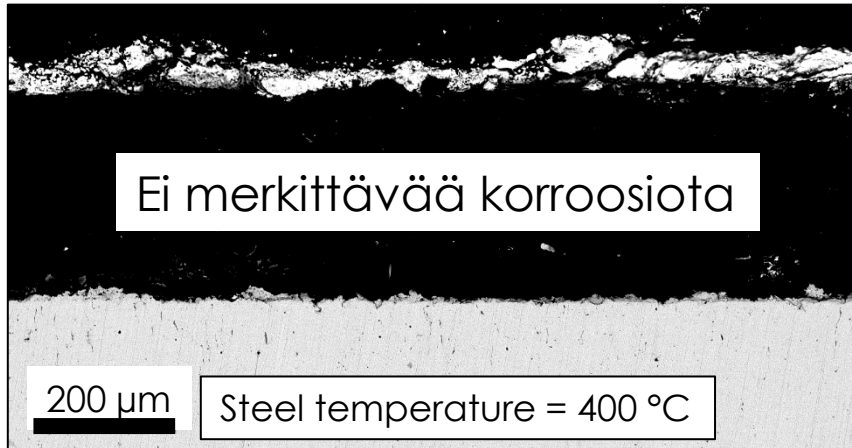
- The steel sample is removed from the probe and cast in epoxy resin
- The sample is cut for a cross-section and analyzed using SEM/EDS



Korroosiotulokset – AISI316

Furnace temperature = 750 °C

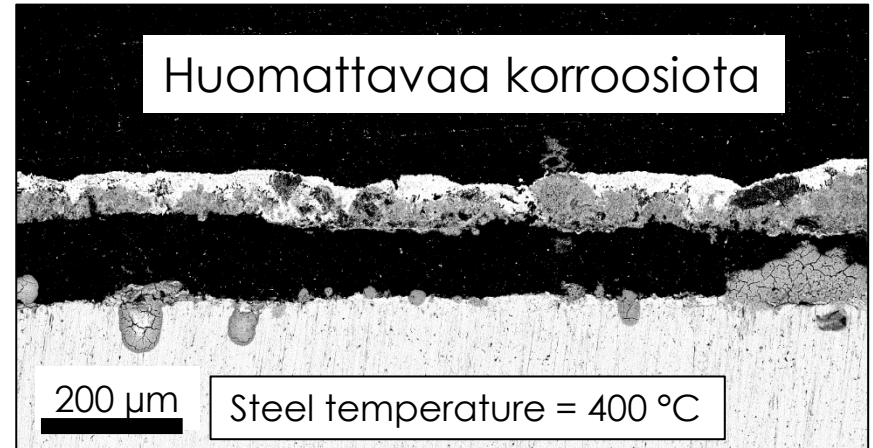
PbCl_2



First melt:
 PbCl_2 : 501 °C
 FeCl_2 - PbCl_2 : 410–420 °C

Furnace temperature = 750 °C

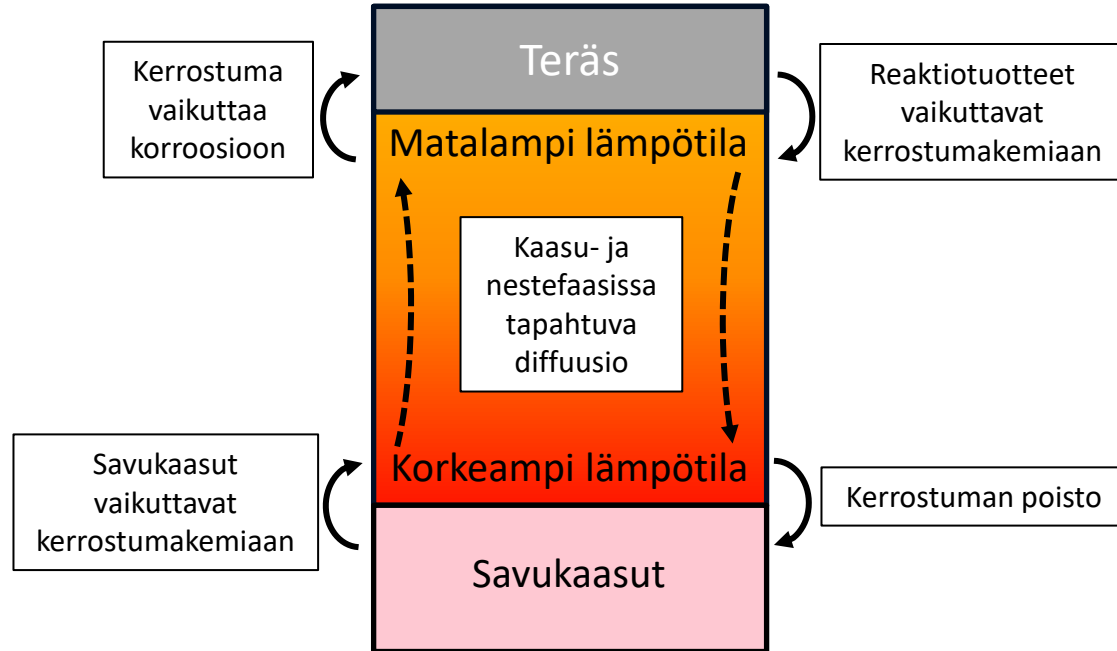
$\text{KCl} + \text{PbCl}_2$



First melt:
 FeCl_2 - KCl - PbCl_2 : 312 °C

Yhteenveto

- Käytännön tilanteissa olosuhteet ovat dynaamiset ja monimutkaiset
- Korkealämpötilakorroosiota edistävät syyt ovat tiedossa, mutta yksityiskohtat eivät
- Perustutkimusta tarvitaan yksityiskohtien ja niiden synergioiden kartoittamiseen



Kiitos!



Suomen Akatemia
Finlands Akademi
Research Council of Finland



Svenska
kulturfonden