

Suomen Soodakattilayhdistys ry

**SOODAKATTILALAITOKSEN
SUOJAUSSUOSITUS 1997**

Raportti 6/97

Suomen Soodakattilayhdistys ry
SOODAKATTILALAITOKSEN SUOJAUSSUOSITUS 1997

ESIPUHE

Soodakattilalaitoksen Suojaussuositus 1997 pohjautuu vuonna 1988 julkaistuun suositukseen (EV-84084-02). Suositusta on muutettu vastaamaan nykytilannetta ja -tarvetta.

Suojaussuosituksessa 1997 on suojauskäsitettä lähestytty laajemmassa merkityksessä kuin aiemmissa suosituksissa. Mm. automaatio, palosuojaus, kunnonvalvonta ja laatu ovat saaneet omat kappaleensa tässä suosituksessa.

Suojaussuositus on koottu laadintahetkellä saatavilla olleiden tietojen ja kokemusten perusteella.

Suomen Soodakattilayhdistys ry ja suosituksen tekijät eivät ota vastuuta suosituksessa mahdollisesti olevista tai suosituksen soveltamisesta aiheutuvista virheistä tai niiden aiheuttamista kustannuksista.

Suojaussuosituksen 1997 laatimiseen ovat osallistuneet seuraavat henkilöt:

Kari Auvinen	Oy Metsä-Botnia Ab, Kaskinen
Juha Hakala	Energia-Ekono Oy
Reijo Hukkanen	Enso Fine Papers Oy, Oulu
Hannu Hänninen	TKK, Materiaalitekniikan laboratorio
Esa Ilves	Keskeytysvakuutusosakeyhtiö Otso
Rauno Karvinen	UPM-Kymmene Oy, Kymi
Jorma Kiimalainen	Tampereen Prosessi-insinöörit Oy
Lasse Koivisto	Ahlstrom Machinery Oy
Kari Korpiola	VTT, Valmistustekniikka
Sulo Lahdelma	Oulun Yliopisto, Koneensuunnittelun laboratorio
Lasse Lahti	Laminating Papers Oy
Jukka Mikkonen	Enso Oy, Imatra
Petri Nieminen	Energia-Ekono Oy
Risto Paldanius	Energia-Ekono Oy
Asmo Rantanen	Teollisuusvakuutus Oy
Kalle Salmi	Kvaerner Pulping Oy
Tuomas Timonen	Laminating Papers Oy
ja	
Automaatiotyöryhmä	

Suomen Soodakattilayhdistyksen kestoisuustyöryhmä haluaa kiittää henkilöitä, jotka ovat olleet mukana suositusta laadittaessa.

SISÄLLYSLUETTELO

ESIPUHE	1
SISÄLLYSLUETTELO	2
1 JOHDANTO	6
2 VALLITSEVAT OLOSUHTEET SUOMALAISSA SOODAKATTILOISSA	7
3 RÄJÄHDYKSET	10
4 SOODAKATTILAN MATERIAALIT JA HITSAUKSET	11
4.1 Yleistä	11
4.2 Hiili- ja matalaseosteiset teräspuutket	11
4.3 Runsasseosteiset materiaalit	11
4.4 Compound-puutket	12
4.5 Tulistinsiteet	12
4.6 Muut materiaalit	12
4.7 Kammiot valitaan kuten puutket	13
4.8 Hitsaus	13
4.9 Erikoishitsaukset	13
5 SOODAKATTILAPINNOITUKSET	15
5.1 Johdanto	15
5.2 Dokumentointi	15
5.3 Soveltamisala	15
5.4 Pinnoitteen valmistus	16
5.4.1 Termisellä ruiskutuksella pinnoitettavan pinnan esikäsittely	16
5.4.2 Pinnoitemateriaali	16
5.4.3 Terminen ruiskutus	17
5.4.4 Vaaditut ominaisuudet ja pinnoitteen testausmenetelmät	17
5.4.5 Pinnoitteen ulkonäkö	17
5.4.6 Tartunta	17
5.4.7 Paksuuden mittaus	18
5.4.8 Vanhojen pinnoitteiden tarkastus ja pintojen korjaus	18
5.4.9 Manipulaattorin käyttöpinnoituksessa	18
5.5 Yhteenveto	19
Tarkistuslista pinnoitteen hankintaa varten.	20
6 PAINEASTIAN KORJAUKSET	23
6.1 Yleistä	23
6.2 Lait ja asetukset	23
6.3 Hitsauksen laatu	23
6.4 Hitsaajan pätevyystodistukset	24
6.5 Hitsausohjeet	24
6.6 Asiapaperit	24
6.7 Paine DOE	25
6.8 Korjauksen luonne	25

6.8.1 Ennakkoon valmisteltu korjaus	25
6.8.2 Ennalta arvaamattoman tapahtuman korjaus	25
6.8.3 Hitsauksen korjaus	26
7 SOODAKATTILATARKASTUKSET	27
7.1 Yleistä	27
7.2 Tarkastusmenetelmät	27
7.2.1 Silmämääräinen tarkastus/VI (visual inspection)	27
7.2.2 Paksuusmittaus/PA (thickness measurement)	28
7.2.3 Magneettijauhetaarkastus/MT (magnetic particle examination)	28
7.2.4 Tunkeumanestetaarkastus/PT (liquid penetrant examination)	28
7.2.5 Radiografia/RÖ (radiographic examination)	28
7.2.6 Ultraäänitarkastus/UÄ (ultrasonic examination)	29
7.2.7 Pyörrevirtataarkastus/ET (eddy current testing)	30
7.2.8 Jäljennemenetelmä/JÄ (replica)	30
7.2.9 Endoskooppitarkastus/END (endoscopy)	30
7.2.10 Akustinen emissiotarkastus/AE (acoustic emission)	30
7.2.11 Lämpökuvaus (thermography)	30
7.2.12 Kovuusmittaus/KO (hardness test)	30
7.2.13 Erikoismenetelmät	31
7.2.14 Ainetta rikkovat tarkastukset	31
7.3 Tarkastettavat kohteet	31
7.4 Dokumentointi	31
Seisokin aikaiset tarkastuskohteet ja menetelmät	32
8 SOODAKATTILAN PALOSUOJAUS	34
8.1 Yleistä	34
8.2 Rakennuksen paloluokka	34
8.3 Palovaarallisuusluokittelu	34
8.4 Osastointi	34
8.5 Osastoivat väliseinät	35
8.6 Kevyet väliseinät	35
8.7 Ovet	35
8.8 Poistumistiet	35
8.9 Savunpoisto	36
8.10 Paineenkevennys	36
8.11 Sähkötilat ja kaapelihyllyt	36
8.12 Läpiviennit	37
8.13 Puhtaanapito ja järjestys	37
8.14 Hälytyslaitteet	37
8.15 Hätäsuihkut	38
8.16 Sammutus- ja palonilmaisujärjestelmät	38
8.17 Palovesi	38
8.18 Käsisammuttimet	38
9 AUTOMAATIO	39
9.1 Yleistä	39
9.2 Suunnittelu	39
9.3 Automaation ja turvajärjestelmien sähkönsyöttö	39

9.4 Automaatiojärjestelmän rakenne	40
9.4.1 Kenttälaitteet, kenttäkotelot ja kaapeloinnit	40
9.4.2 Automaatiojärjestelmän laitetila	41
9.4.3 Valvomo	41
9.4.4 Testaukset	41
9.4.5 Dokumentointi	42
9.5 Turvallisuuden parantaminen automaation käytön avulla	42
9.5.1 Hälytykset ja ilmoitukset	43
9.5.2 Kunnonvalvonta ja mittaukset	44
9.5.3 Ohjeet	44
9.5.4 Näytöt ja operointi	44
9.5.5 Ylläpito	44
10 SOODAKATTILAN OHJEISTUS	45
10.1 Soveltaminen	45
10.2 Käyttö- ja kunnossapito-ohjeet	45
10.3 Turvallisuusohje	46
10.4 Työn opastusohjeet	47
11 VESIKEMIA JA VEDENKÄSITTELY	48
11.1 Yleistä	48
11.2 Näytteenotto ja valvonta	48
11.3 Laatu	49
11.4 Ongelmatilanteet	49
12 SOODAKATTILAN VESIPESU	51
12.1 Soveltamisala	51
12.2 Edellytykset soodakattilan vesipesulle	51
12.3 Pesuvesi	52
12.4 Pesun aloittaminen	52
12.5 Pesun suoritus	52
12.5.1 Tulistinalueen ja tulipesän sisäseinien pesu	53
12.5.2 Tulipesän pohjan puhtaaksipesu	53
12.6 Kattilan kuivaus	53
13 LIUOTTAJA	54
13.1 Liuottaja	54
13.2 Rakenne	54
13.3 Sekoittimet	54
13.4 Höngän poisto	54
13.5 Viherlipeäpumput	55
13.6 Instrumentointi	55
13.7 Viat ja ongelmat	55
13.8 Turvallisuusnäkökohdat	55
14 VEDEN TULON ESTÄMINEN SOODAKATTILAN TULIPESÄÄN	57
14.1 Johdanto	57
14.2 Veden kulkeutumismekanismit kattilaan	57
14.3 Toimenpiteet veden tulipesään joutumisen estämiseksi	57

15 SOODAKATTILAN TESTAUKSET, KOESTUKSET	58
15.1 Yleistä	58
Mallilomakkeita	59
16 SAVUKAASUPUHALTIMIEN JA PUMPPUJEN KUNNONVALVONTA	65
16.1 Johdanto	65
16.2 Kokonaistasomittaukset	65
16.3 Taajuusanalyysi	67
16.4 Mittausväleistä	68
16.5 Tyypillisiä puhaltimen vikoja	68
16.6 Tyypillisiä pumppujen vikoja	69
16.7 Kirjallisuutta	69
Suojaussuosituksessa 1997 esiintyvät lait, asetukset, päätökset, ohjeet ja standardit	70

Liite:

DENÅ, Voimalaitoksen vedenlaatuohjeet, 1985

1 JOHDANTO

Juha Hakala, Energia-Ekono Oy

Kaikkien kattilalaitoksessa työskentelevien henkilöiden velvollisuutena on huolehtia kattilalaitoksen turvallisuudesta. Käytännössä kattilalaitoksessa työskentelevän on huolehdittava laitoksen, itsensä ja muiden turvallisuudesta kaikissa olosuhteissa. Soodakattilalaitoksen suojaussuositus pyrkii omalta osaltaan edesauttamaan laitoksen turvallisuutta ja sen turvallista käyttöä.

Soodakattilalaitoksen suojaussuositus on suunnattu kaikille soodakattilalaitoksessa työskenteleville henkilöille ja se pyrkii vastaamaan käytännön ongelmiin laitoksella. Teosta ovat olleet laatimassa eri alojen asiantuntijat käytön, laitevalmistajien, tarkastuksen ja tutkimuksen puolelta. Tämä uudistettu versio vuonna 1988 ilmestyneestä Soodakattilalaitoksen suojaussuosituksesta on muutettu vastaamaan paremmin nykytilannetta ja -tarvetta. Suojauksiasitettä on lähestytty laajemmassa merkityksessä kuin aiemmin. Soodakattilalaitoksen suojaussuositus soveltuu käytettäväksi myös opetusmateriaalina.

Uusia kappaleita ovat mm. Soodakattilan palosuojaus, Automaatio, Soodakattilan ohjeistus, Vesikemia ja veden käsittely, Liuottaja, Soodakattilan testaukset ja koestukset ja Savukaasupuhaltimien ja pumppujen kunnonvalvonta. Kappaleessa Soodakattilan palosuojaus luetellaan palosuojaukseen liittyviä standardeja ja ohjeita, joihin kappaleen tekstikin perustuu. Automaatio kappaleessa annetaan ohjeita soodakattilan automaatioon ja turvajärjestelmien suunnitteluun, toteutukseen ja käyttöön liittyen. Tavoitteena on myös antaa viitteitä siitä, kuinka automaation avulla voidaan parantaa ja lisätä kattilan käytön turvallisuutta. Kappaleessa Soodakattilan ohjeistus luetellaan, mitä käyttö- ja kunnossapito-, turvallisuus- ja työnopastusohjeiden tulee sisältää. Vesikemia ja vedenkäsittely kappale paneutuu kattilaveden näytteenottoon ja valvontaan, laatuun ja muutamiin ongelmatilanteisiin. Kappaleessa Liuottaja perehdytään turvallisuuden kannalta yhden soodakattilalaitoksen keskeisimmän osan rakenteeseen, toimintaan ja käytön turvallisuuteen. Viimeksi mainittu on huomioitava jo suunnitteluvaiheessa. Soodakattilan testaukset ja koestukset kappaleessa on mallilomakkeita soodakattilan eri laitteiden testaamiseksi ja koestamiseksi. Savukaasupuhaltimien ja pumppujen kunnonvalvonta käsittelee mm. puhaltimien ja pumppujen tyypillisiä vikoja sekä niiden syitä.

Edellisestä Suojaussuosituksesta tuttuja aihepiirejä ovat mm. Soodakattilan materiaalit, Soodakattilapinnoitukset, Soodakattilatarkastukset ja Soodakattilan vesipesu. Näitä aiheita on nyt käsitelty eri kirjoittajien toimesta. Esimerkiksi kappaleessa Soodakattilapinnoitukset on tarkistuslista, joka helpottaa pinnoitevalintoja ja -hankintoja kattilaan ja kappale Soodakattilatarkastukset sisältää mm. luettelon käytössä olevista tarkastusmenetelmistä soodakattilan eri osissa.

2 VALLITSEVAT OLOSUHTEET SUOMALAISISSA SOODAKATTILOISSA

Petri Nieminen, Energia-Ekono Oy

Soodakattilan pohjan säröilyyn ja korroosioon vaikuttavat pääasiassa neljä eri soodakattilan ajotilannetta:

- ylösajo
- normaali käyttö
- alasajo
- vesipesu

Suomen Soodakattilayhdistys ry suoritti kartoituksen edellä mainituista ajotavoista. Kysely suoritettiin vuonna 1992, ja siihen vastasivat kaikki suomalaiset soodakattiloita käyttävät sulfaattiselluloosatehtaat. Seuraavassa on esitetty lyhyt yhteenveto tuloksista, jotka saatiin compound-putkipohjaisista soodakattiloista.

Tulipesän putkien vesipuolen paineen nousunopeus muuttuu käyntiinajon alkuhetkellä vallitsevasta 5 - 10 bar/h aina kattilan käyttöpaine saavutettaessa vallitsevaan 15-20 bar/h nousunopeuteen asti. Lämpötilan nousunopeus vaihtelee vastaavasti 20 °C/h - 70 °C/h. Ylösajossa tulipesän pohjalla ei yleensä ole mustalipeää eikä muita aineita. Käynnistys-polttimet polttavat tavallisesti raskasta polttoöljyä. Tyypillinen polttimien lukumäärä on 2 - 6 kappaletta. Polttimia käytetään normaalisti 4 - 10 h ennen mustalipeän johtamista tulipesään ja 2 - 5 h samanaikaisesti mustalipeän ruiskutuksen kanssa.

Tyypillisten käytettävien mustalipeiden analyysit on esitetty taulukossa 2.1. Tämä taulukko sisältää suomalaisten mustalipeiden lisäksi joitakin esimerkkejä USA:sta. Nämä mustalipeät eroavat suomalaisista lipeistä sellun raaka-aineina käytettyjen eri puulajien vuoksi. Suomalaisilla soodakattiloilla mustalipeän polttokapasiteetti on 600 - 2 000 t kuiva-ainetta päivässä, uusilla kattiloilla noin 3 000 t ka./pv. Höyryntuotto vaihtelee 90 - 300 t/h. Uusilla kattiloilla tuotto on yli 400 t/h ja lieriön paine 70 - 100 bar. Tyypillinen mustalipeän kuiva-ainepitoisuus on 65 - 72 %, uusilla kattiloilla jopa yli 80 %. Joillakin kattiloilla on tulipesän pohjassa lämpötila-anturit. Näiltä antureilta saadut lukemat tavanomaisissa ajotilanteissa vaihtelevat 290 - 305 °C.

Kattilan alasajossa mustalipeän ruiskutus tulipesään keskeytetään 4 - 8 h:n kuluttua ensimmäisistä polttamisen rajoittamistoimenpiteistä. Ennen mustalipeän polton lopettamista öljypolttimet ovat käytössä 4 - 8 h. Lipeän polton lopettamisen jälkeen öljypolttimet ovat päällä vielä 2 - 6 h. Alasajon jälkeen tulipesän pohja on yleensä sulan peitossa ja pohjan keskellä on mahdollisesti vielä pieni keko. Suomalaiset soodakattilat ajetaan alas yleensä 3 - 5 kertaa vuodessa. Kattilan vesipuolen paineen laskunopeus on 5 - 15 bar/h ja lämpötilan laskunopeus on vastaavasti 30 - 60 °C/h.

Pohja vesipestaan puhtaaksi sulasta ja keon jäännöksistä 8 - 12 h polton lopettamisen jälkeen. Vesipesu kestää 6 - 12 h. Vesipesun tarkoituksena on puhdistaa tukkeutuneet tulistimet, puhdistaa tulipesän pohja tarkastusta varten tai pestä koko kattilan sisäpuoli. Pesuvetenä käytetään syöttövettä, lauhdetta tai jokivettä, ja pesuveden lämpötila on 80 - 100 °C. Lieriö lasketaan yleensä paineettomaksi vesipesun yhteydessä.

Ensimmäisenä tulipesän pohjan saavuttava pesuvesi tulee tyypillisesti tulistimilta sekä keittopinnan etuosilta. Jähmettynyt keko poistetaan normaalisti painepesulla. Pohja kuivataan öljypolttimilla tai kuumalla tai kylmällä palamisilmalla.

Yli puolessa suomalaisista soodakattiloista, joissa on compound-putkipohja, on havaittu jonkinlaista säröilyä tulipesän pohjassa. Yleensä havaitut säröt ovat putken harjalla, putkien sivuilla ja lähellä evähitsejä. Joka neljännessä kattilassa on havaittu pistesyöpmistä tai korroosiota tai molempia samoilla alueilla. Compoundista ja ruostumattomasta teräksestä tehdyt evät pohjaputkien välissä ovat kärsineet samanlaisista ilmiöistä kuin pohjaputket. Tutkimukseen on panostettu voimakkaasti ja pyrkimyksenä on ollut selvittää, mitkä ajotilanteet aiheuttavat säröilyä ja pistekorroosiota ja miten ilmiöitä voidaan estää. (Hänninen *et al.* 1995)

Taulukko 2.1. Yhteenvedo suomalaisten sulfaattilipeiden koostumuksista (Backman *et al.* 1995).

Analysoidut komponentit		"tavalliset"	Suursaanto- massa	NSSC
hiili	%	33,2 - 35,8	34,4	33,5
vety	%	3,3 - 3,6	3,3	4
typpi	%	0,06 - 0,08	0,06	0,2
natrium	%	19,5 - 25,9	28,6	14,2
kalium	%	1,2 - 3,2	1,6	1,1
rikki	%	4,6 - 5,7	3,7	7,6
kloori	%	0,2 - 0,6	0,5	0,4
magnesium	mg/kg	50 - 115 ¹⁾	42	509
kalsium	mg/kg	114 - 262	102	1671
fosfori	mg/kg	51 - 79	53	444
natriumsulfaatti	%	2,4 - 4,4	1,1	5,8
natriumkarbonaatti	%	7,2 - 13,2	11,6	<0,5
natriumtiosulfaatti	%	0,5 - 1,1	0,7	0,2
tehollinen alkali	%	3,9 - 5,6	11,5	-
natriumhydroksidi	%	0 - 2,2	8,5	-
natriumsulfidi	%	6,3 - 10,3 ²⁾	5,8	-
tuhka	%	45,5 - 52,3	56,1	40,6
mäntyöljy	%	0,2 - 1,0	0,3	4,6
ligniini	%	32 - 37 ³⁾	35	27 ⁴⁾
polysakkaridit	%	1,3 - 2,2 ⁵⁾	3,2	8,4

¹⁾ Happilientä sisältävillä lipeillä 150 - 220 mg/kg

²⁾ Näytteessä 9 natriumsulfidipitoisuus vain 4,4 %

³⁾ Koivulipeässä 31 %

⁴⁾ Lignosulfonaatti, epätäsmällinen arvo

⁵⁾ Koivumustalipeässä 3,6 %, jälkikuumennetussa lipeässä 1,2

3 RÄJÄHDYKSET

Petri Nieminen, Energia-Ekono Oy

Soodakattilassa tapahtuvat räjähdykset jaetaan kahteen pääluokkaan: kaas- ja sulavesiräjähdysiin. Kaasuräjähdykset jaetaan edelleen apupolttoaine-, liuottajaräjähdysiin sekä lipeänpoltosta syntyvien kaasujen räjähdysiin. Soodakattiloiden Suojeluohjeessa /1/ on käsitelty edellä mainittujen räjähdystyyppien pääpiirteet sekä räjähdysedellytysten syntyminen kattilaan.

Palavien kaasujen pitoisuus soodakattilassa saattaa nousta korkeaksi esim. kattilan sisäpuolisen höyryvuodon vuoksi, jolloin kattilan tehokas tuuletus estyy. Vedon palautuessa voi palaminen käynnistyä tällöin niin rajusti, että palamiseen liittyvä paineen nousu aiheuttaa kattilan rikkoutumisen.

Veden päästessä kattilaputkivaurion tai muun häiriön johdosta sulan keon kanssa kosketuksiin, saattaa vesi höyrystyä niin tehokkaasti, että paine kattilassa nousee äkillisesti. Ilmiötä kutsutaan höyryräjähdykseksi, ja se on mahdollinen aina kun riittävän suuren lämpötilaeron omaavat nesteet joutuvat kosketuksiin keskenään.

Sulavesiräjähdysiksi luokiteltujen räjähdysten ominaispiirteissä on seikkoja, jotka eivät suorasti viittaa keossa tai sen läheisyydessä tapahtuvaan höyryräjähdykseen. Tällaisia ovat vaurioiden aiheuttamat vahingot kattilan keski- tai yläosissa, nesteiden kohtaamisen ja räjähdysvälinen viive sekä höyryräjähdykseen tarvittava samanaikaisesti höyrystyvän veden määrä. Räjähdysmekanismien ymmärtämisessä on vielä aukkoja, joita selvittämällä on mahdollista yhä tehokkaammin ehkäistä räjähdyksiä sekä pienentää niistä aiheutuvia vahinkoja.

Lähde:

1. Soodakattilat, suojeluohje G7, KLTk, Helsinki, 1993.

4 SOODAKATTILAN MATERIAALIT JA HITSAUKSET

Lasse Koivisto, Ahlstrom Machinery Oy

4.1 Yleistä

Valmistajalla tulee olla laatujärjestelmä (esim. ISO 9001 mukainen), jossa kuvataan (soveltuvien osien) materiaalin valinta, tilaus, vastaanotto, aineistodistusten käsittely, materiaalin tuotanto- ja materiaalin tunnistettavuuden säilyttäminen.

4.2 Hiili- ja matalaseosteiset teräsputket

Putket valitaan lujuuslaskujen perusteella paineastiamääräysten ja standardien mukaan. Yleisemmin käytetään standardin DIN 17175 mukaisia putkia (ks. taulukko 1.). Putkien koestusvaatimukset ja muut vaatimukset on esitetty edellä mainitussa standardissa. Vaadittava todistuslaji on yleensä standardin DIN 50049-3.1 B mukainen.

Taulukko 1. Yleisesti käytetyt DIN 17175 mukaiset putket

Merkintä	Tyyppi	Tyypillinen käyttöalue
St 35.8	Hiiliteräs	< 400 °C
St 45.8	Hiiliteräs	< 400 °C
15 Mo 3	0.3 % Mo	< 470 °C
13 CrMo 4 4	1 % Cr - 0.5 % Mo	< 500 °C
10 CrMo 9 10	2.25 % Cr - 1 Mo	< 540 °C

Koska soodakattilassa vallitsevat korrodoivat olosuhteet, valitaan usein suuri seinämänpaksuus niin, että saadaan suuri syöpymisvara.

Tulistinalueella korroosio-olosuhteet ovat vaikeat. Tähän vaikuttavat ennen kaikkea tulistinputkien pintaan syntyvien kerrostumien sulamislämpötila sekä materiaalin lämpötila. Kloridit ja kalium ovat oleellisia aineita erityisesti kerrostumissa (ja lipeässä), sillä ne laskevat kerrostumien sulamislämpötiloja. Edellä mainituissa olosuhteissa on kiinnitettävä erityistä huomiota materiaalin valintaan ja siihen, että materiaalin lämpötila pidetään mahdollisimman alhaisena.

Vesikiertojen sulkeminen aiheuttaa edellä mainittua haitallisten aineiden rikastumista mm. mustalipeään, mikä tulee ottaa huomioon materiaaleja valittaessa.

Seostamattomien ja matalaseosteisten terästen korroosiosuojana voidaan käyttää myös erilaisia pinnoitteita.

4.3 Runsasseosteiset materiaalit

Näihin voidaan lukea kuuluviksi mm. 9-12 % Cr:a sisältävät ferriittiset teräkset X 20 CrMoV 12 1 (DIN 17175) ja X 10CrMoVNb9-1 (VdTUV-Werkstoffblatt 511/2 09.95) sekä erilaiset austeniittiset teräkset.

Ferriittisiä lajeja käytetään korkeissa lämpötiloissa lähinnä voimakattiloissa. Soodakattiloissa teräksiä, joilla on korkea virumislujuus, ei yleensä käytetä, koska yleensä tulistetun höyryn lämpötila ei ole kovin korkea.

Austeniittisiä teräksiä käytetään vaikeissa korroosio-olosuhteissa tulistinputkena. Mikäli käytetään austeniittista materiaalia, on muistettava sen jännityskorroosioalttius. Höyrypuolen jännityskorroosioriskiä voidaan pienentää käyttämällä compound-putkea.

4.4 Compound-putket

Soodakattiloissa käytetään yleisimmin AISI 304L -tyyppisellä pinnoitteella valmistettua compound-putkea. Joissakin tapauksissa on pohjaputkissa käytetty myös Alloy 825 -tyyppistä pintamateriaalia. Kuten edellä mainittiin, myös tulistinmateriaalina voidaan käyttää compoundputkea, jolloin pintakerros voi olla esim. AISI 310 -tyyppinen. Tulistinolosuhteissa sisemmän komponentin tulee tietysti olla lujuutensa puolesta ko. lämpötilaan ja paineeseen sopivaa terästä. Eri pintamateriaalien koostumuksia on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Compound-putkien pintamateriaaleja

Materiaali	Cr %	Ni %	Mo %	Muut
AISI 304L	17 - 19	9 - 12	-	-
AISI 310	24 - 26	19 - 22	-	-
Alloy 825 (Sanicro38)	19 - 23.5	38 - 46	2.5 - 3.5	Cu,Ti

Compound-putket valitaan kuhunkin sovellutukseen lujuuslaskujen ja korroosio-näkökoh-
tien perusteella. Lujuuslaskuissa painetta kantavaksi seinämäksi otetaan ainoastaan
"musta" osuus. Compound-putkien koestus- ja muut vaatimukset on esitetty valmistajan
spesifikaatiossa, jonka mukaan putket tilataan.

Compound-putkien käsittelyssä tulee huolehtia siitä, että pintakerrosta ei vahingoiteta ja
että voimakas kontakti hiiliterästyökaluihin estetään.

4.5 Tulistinsiteet

Putkien lisäksi tulee kiinnittää huomiota tulistinsiteiden konstruktion ja materiaaliin.
Siteiden kesto ja materiaalin valinta riippuu suuresti putkien välisestä etäisyydestä ja
sidekonstruktiosta eli putken kyvystä jäähdyttää sidettä sekä kerrostuvan suolan koostu-
muksesta. Mitä alhaisemmassa lämpötilassa sulavia kerrostumia syntyy, sitä vaikeammat
ovat korroosio-olosuhteet ja sitä paremmin on huolehdittava siteiden jäähdytyksestä ja sitä
suurempi huomio on kiinnitettävä materiaalin valintaan.

4.6 Muut materiaalit

Lieriön kohdalla menetellään kuten edellä eli lujuuslaskujen ja paineastiamääräysten
perusteella valitaan sopiva materiaali. Lieriömateriaalille vaaditaan standardin vaatimien
koestusten lisäksi kerrostumatarkastus. Lieriömateriaalia valittaessa on syytä punnita eri
vaihtoehtojen lujuuksia ja säröilyalttiutta (ks. raportti VTT-MET C-206).

4.7 Kammiot valitaan kuten putket

Voimakkaalle korroosiolle alttiissa osissa, kuten erilaisissa läpivienneissä tms. heikommien jäähdytetyissä osissa, tulee kiinnittää erityistä huomiota niiden korroosion-kestävyyteen, jäähdytykseen ja suojaukseen. Monesti korroosionopeutta ei voida kovinkaan paljon pienentää millään toimenpiteillä, jolloin osa joudutaan vaihtamaan tai korjaamaan huoltoseisokeissa määrä ajoin.

4.8 Hitsaus

Valmistajalla tulee olla laatujärjestelmä (esim. ISO 9001:n mukainen), jossa kuvataan menettelyt hitsausmenetelmien ja hitsaajien pätevöimiseksi, hitsauslisäaineiden tilaaminen ja käsittely sekä lisäaineiden jakelu tuotantoon ja palautus varastoon.

Painetta kantavien ja niihin liitettävien osien hitsaukseen tulee olla käytettävissä pätevoidyt hitsausohjeet ja hitsaajat. Lisäaineiden käsittelyn tulee tapahtua em. järjestelmän mukaan. Lisäaineiden tulee olla viranomaisen hyväksymiä.

Lämpökäsittelyuunien tulee olla kalibroituja samoin kuin mahdolliseen esilämmitykseen käytettävien laitteiden. Tämä koskee myös hitsauskoneita.

Itse hitsaustyö tulee suorittaa tarkoin kyseisen hitsausohjeen mukaan. On erittäin tärkeää, että railosovitus, esilämmitys ja hitsaus-parametrit ovat oikeat. Kaikilla materiaaleilla, mutta erityisesti runsaasti seostetuilla, on hitsattavan alueen puhtaus tärkeää.

Mikäli käytetään runsaasti seostettuja ferriittisiä teräksiä, ovat ne hitsauksen jälkeen (ennen lämpökäsittelyä) huoneenlämmössä hyvin hauraita, mikä on otettava huomioon niiden käsittelyssä.

Erityisesti ohutseinämäisten putkien evähitsauksessa on varottava läpipalamista, joka tehokkailla menetelmillä, kuten jauhekaarhitsauksella tapahtuu helposti häiriötilanteessa. Käsien hitsattavilla eväosuuksilla tulee taata riittävä tunkeuma, mikä yleensä edellyttää viistettyä evää.

4.9 Erikoishitsaukset

Austeniittisen ja ferriittisen teräksen liitos

Tällaisen ns. eripariliitoksen hitsauksessa on erityisesti huomioitava, että erilaisten terästen sekoittuessa toisiinsa syntyy helposti hauras rakenne. Tästä syystä on oltava erittäin huolellinen oikean lisäaineen valinnassa ja itse hitsaustyössä.

Koska eripariliitoksissa käytetyt lisäaineet ovat yleensä huomattavasti huonommin hitsattavia, on syytä tehdä tällaisista liitoksista mahdollisimman suuri osa konepajalla.

Kompound-putkien hitsauksessakin joudutaan tavallaan tekemään em. kaltainen eripariliitos, ja on luonnollista, että siihen on oltava omat erityisohjeet ja compound-materiaalilla pätevöitetyt hitsaajat.

Erikoisesti on huomattava, että pinnoitemateriaalia on kuorittava liitoksen läheltä niin, että se ei "mustaa" osuutta hitsattaessa pääse sekoittumaan hitsisulaan. Pintapalot hitsataan ns. yliseostetulla lisäaineella käyttämällä sellaisia hitsausmenetelmiä ja -parametrejä, että "mustan" hitsi- ja perusaineen sulaminen ja sekoittuminen pintakerrokseen on mahdollisimman vähäistä eikä luotettava liittymisen tämän vuoksi vaarannu. Hitsausta on käsitelty mm. Sandvikin raportissa "Welding of Sandvik Composite Tubes".

Evähitsauksessa on compoundia hitsattaessa varottava tunkeumaa putken hiiliteräs-osaan, koska hiiliteräksen seostuminen evähitsiin vaikuttaa haitallisesti laatuun ja lujuuslaskut perustuvat ainoastaan hiiliteräsosan paksuuteen.

5 SOODAKATTILAPINNOITUKSET

Kari Korpiola, VTT Valmistustekniikka

5.1 Johdanto

Termisesti ruiskutetut metalliset pinnoitteet tehdään ruiskuttamalla sulaan tilaan kuumentettu pinnoitemetalli kaasuvirtauksen avulla pinnoitettavaan pintaan. Sula metalli jähmettyy pinnoitettavan materiaalin pinnalla ja muodostaa suojaavan kalvon, joka on paksuudeltaan 0,1 -1,5 mm. Pinnoitemateriaalit ovat usein koostumukseltaan kromi- ja nikkeli-valtaisia seoksia, koska niiden korroosio-ominaisuudet on havaittu hyväksi korkeissa lämpötiloissa. Pinnoittaminen tehdään useimmiten kuumentamalla lankamainen metalli sähkövalokaaren avulla sulaan tilaan ja puhaltamalla se paineilmalla kohteen päälle, jolloin menetelmää kutsutaan *valokaariruiskutukseksi* tai lyhyesti *kaariruiskutukseksi* (wire arc, ARC). Toisessa käytössä olevassa menetelmässä jauhemainen metalli tai keraaminen pinnoitemateriaali kuumentetaan hapen ja propaanin (myös vedyn ja kerosiinin) avulla sulaan tilaan rakettimoottorin periaatteella toimivassa polttimessa. Menetelmää kutsutaan *suurnopeusliekkiruiskutukseksi*. Menetelmää kutsutaan myös usein *HVOF-ruiskutukseksi* (High Velocity Oxy Fuel). Menetelmän etuna on pidetty sen aikaansaamia hienorakeisia erityisen tiiviitä pinnoitteita. Kolmantena menetelmänä käytetään plasma-ruiskutusta, jossa sähkövalokaari kuumentaa kaasun noin 10 000 °C:ksi. Kuuma polttimesta suihkuava kaasu kuumentaa ja sinkoaa tällöin jauhemaisen pinnoitteen pinnoituskohteeseen, jonka päällä sulapisarat jähmettyvät. Edellä kuvattuja menetelmiä käytetään kattiloissa niiden ruiskutusnopeuden, laadun ja taloudellisuuden vuoksi.

Markkinoilla on myös muita ruiskutusmenetelmiä, jotka eivät sovellu kattilaolosuhteisiin taloudellisista tai teknisistä syistä, kuten liekkiruiskutus. Pinnoitusprosessia vertailtaessa muihin kattilan huollon kunnostusmenetelmiin on merkittävää, etteivät työn suorittamisessa vaadittavat menetelmät ole standardoituja. Pinnoitemateriaaleja ja ruiskutusprosesseja ei ole standardoitu. Ruiskuttajille ei ole vielä Euroopassa pätevyysvaatimuksia, joten pinnoittamisen laatuvaatimuksista ja ruiskuttajien koulutuksesta vastaavat pinnoitus-työtä suorittavat yritykset. Kattilapinnoitetta hankittaessa on olennaista, että pinnoittaja ja tilaaja määrittelee pinnoitemetallin tai seoksen, pinnoitettavan alueen, vaadittavan pinnoitepaksuuden ja pinnoitteen tartuntalujuuden alustaansa.

5.2 Dokumentointi

Hankintasopimuksessa tulee määritellä pinnoitettava alue, pinnan paksuus, pinnoitettava-materiaali, pinnoitusmenetelmä, pinnoitteen tartuntalujuus alustamateriaaliin ja pinnoite-materiaali. Lisäksi on määriteltävä mahdolliset pinnoitettavan kohteen esikäsittelyprosessit sekä ennen pinnoitusta että sen jälkeen (pesut) ja mahdollinen ulkopuolinen työn valvoja, jolla on tarpeellinen asiantuntemus termisen ruiskutuksen pinnoitteiden ja työn suorituksesta.

5.3 Soveltamisala

Tämä ohje käsittelee ruiskuttamalla tehtyjen soodakattilapinnoitteiden valmistusta paikan päällä (on site) ja verstaalla. Lisäksi se antaa soveltuvia testaustapoja, joiden avulla suoritettu pinnoitustyö voidaan hyväksyä.

Se käsittelee pinnan esikäsittelyä, pinnoituksen suoritusta ja pinnoitteiden luonteenomaisia ominaisuuksia: paksuutta, ulkonäköä ja tarttuvuutta. Lopuksi ohje antaa testausmenetelmiä näiden ominaisuuksien toteamiseksi ja käsittelee vanhan pinnan tarkastusta ja korjausta. Tämä ohje ei ota kantaa pinnoitemateriaalin suojausominaisuuksiin.

5.4 Pinnoitteen valmistus

5.4.1 Termisellä ruiskutuksella pinnoitettavan pinnan esikäsittely

Pinta tulee puhdistaa kauttaaltaan ja karhentaa sopivalla kuluttavalla rakeella puhaltaen. Puhallusta jatketaan, kunnes pinta on metallinpuhdas ja rakenteeltaan yhtenäinen. Juuri ennen ruiskutusta on pinnan oltava kuiva, eikä siinä saa olla pölyä, rasvaa, NDT-nesteitä ja geelejä, hilsettä, ruostetta tai muita epäpuhtauksia, joihin kuuluvat myös liukoiset suolat. Liukoiset suolat voivat erityisesti vaikeuttaa pinnoitteen tarttuvuutta kattilan pintaan. Vanhoissa kattiloissa on syytä selvittää tarvittava pesuprosessi ennen pinnoitusta, jolla poistetaan aiemmat putkistojen pinnoille kertyneet suolat. Ennen työhön ryhtymistä on myös selvitettävä poistetaanko vanhan pinnoite kokonaan vai vain osittain. Kullakin pinnoittajalla on omat menetelmänsä suolojen ja kemikaalien poistoon, ja ne syytä yksilöidä ennen työhön ryhtymistä. Kaikissa tapauksissa on puhdistetun pinnan karheus yksilöitävä vertailukappaleilla, joilla on samanlaiset ominaisuudet kuin työkappaleilla ja jotka on valmistettu osapuolten määrittelemällä tavalla. Ellei muuta ole sovittu, voidaan pinnan puhdistukseen käyttää toista seuraavista raemateriaaleista:

1. valurautarae, josta hematiitti on erotettu
2. alumiinioksidirae.

Raemateriaalin raekoko on yleensä 0,5 - 1,5 mm. Olipa puhdistusmateriaali minkä tyyppistä tahansa, se tulee olla puhdasta ja kuivaa. Varsinkaan se ei saa sisältää liukenevia suoloja. Kun suihkupuhdistuksessa käytetään paineilmaa, on ilman oltava riittävän puhdasta ja kuivaa, jotta raemateriaali tai metallilla ruiskutettava pinta ei likaantuisi. Ilmamäärän tulee olla riittävä siten, että suihkupuhalluksessa suositeltu minimipaine on 6,5 bar käyttöletkun päässä. Edelleen on tarkistettava suihkupuhdistetun pinnan puhdistusaste, niin että se vastaa astetta Sa 3 standardin ISO 8501-1 mukaisesti. Pinnoitettavasta kohteesta on ennen pinnoitusta tarkistettava mahdolliset viat, säröt, kulumat ja perusaineen vahvuus ym., ja ne on ilmoitettava kirjallisesti pinnoituksen tilaajalle. Pinnoituskohteeseen on varattava riittävä määrä valoa, jotta pinnoitettavan kohteen pinnoitus ja silmä-määräinen tarkistus voidaan suorittaa vaivatta. Pinnoitettavan kohteen tarkistus tulee suorittaa myös 15° viistolla valolla, jolloin havaitaan mahdolliset poikkeamat pinnan puhdistuksessa. Lisäpuhallusta vaativat kohdat merkitään liidulla. Pinnoitettavan kohteen ilmanvaihto pitää olla riittävä, jotta pinnan puhdistuksessa ja pinnoituksessa syntyneet pölyt voidaan imeä pois.

5.4.2 Pinnoitemateriaali

Pinnoitemetallin tulee täyttää seuraavat vaatimukset: 1) pinnoitemateriaalin koostumuksen pitää olla selvillä kaupanimen lisäksi, 2) samoin tulee olla selvillä pinnoitteen keskeisimmät alkuaineet ja muoto (lanka tai jauhe), 3) kuten myös pinnoitustapa, valokaari- tai HVOF-menetelmä yms.

5.4.3 Terminen ruiskutus

Terminen ruiskutus voidaan aloittaa puhdistetussa osassa, kun tilaaja on hyväksynyt edellä mainitun pinnan esikäsittelyn. Terminen ruiskutus tulee tehdä pian sen jälkeen, kun pinta on esikäsitelty suihkupuhdistamalla niin, että metalli ruiskutetaan valmisteltuun pintaan, joka on vielä puhdas ja kuiva eikä näkyvästi hapettunut. Käytettävissä oleva aika tulee pitää mahdollisimman lyhyenä, kuitenkin enintään 4 tuntia paikallisten olosuhteiden mukaan. Ruiskutusta ei saa tehdä olosuhteissa, joissa tapahtuisi kondensoitumista ruiskutettavalle pinnalle, ja pinta tulee pitää kastepistettä korkeammassa lämpötilassa. Termistä ruiskutusta suoritettaessa tulee teräksen lämpötilan olla ainakin 3 °C kastepisteen yläpuolella, jotta välttyttäisiin tartunnan heikkenemiseltä perusmateriaaliin. Mikäli pinnoitettava pinta on hapettunut tai likaantunut, tulee sen esikäsittely uusua. Ruiskutuksen pyyhkäisyjen tulee tapahtua pääsääntöisesti kohtisuorassa putkistojen pintaan nähden. Lisäksi ruiskutuksen näiden tulee olla putkistojen pituusakselin suuntaisia. Tällöin vältetään mahdollisimman paljon viiston ruiskutuksen aiheuttamaa varjostusvaikutusta.

5.4.4 Vaaditut ominaisuudet ja pinnoitteen testausmenetelmät

Termisesti ruiskutetuille pinnoitteille voidaan tehdä hyvin vähän yksikäsitteisiä laadun mittauksia. Tällaisia ovat pinnoitteen tartunta alustaan, vetotestit, kemiallinen analyysi sekä kulumistestit abraasiassa ja eroosiossa sekä pinnoitteen paksuus ja pinnoitettu pinta-ala. Mikrorakenteeseen liittyvät seikat, kuten oksidit, huokoiset sulamattomat partikkelit ja karbidien määrä, ovat laboratoriotutkimuksissa vielä kiistanalaisia asioita. Samoin pinnoitteiden kemiallinen kestävyys soodakattilaolosuhteissa voi olla vaikeasti selvitettävissä. Käytännössä pinnoitteiden ominaisuuksia voidaan testata soodakattilassa.

5.4.5 Pinnoitteen ulkonäkö

Pinnoitteen tulee olla tasalaatuinen ilman kuplia tai paljaita alueita, eikä siinä saa olla tarttumaton metallia tai vikoja, jotka voivat olla haitallisia pinnoitteen kestävyydelle tai suojapinnoitteen tarkoituksenmukaiselle käytölle. Epäonnistuneessa kaariruiskutuksessa vikoina voidaan pitää pinnoitelangan pätkiä, pinnan epätasaisuutta ja ylipaksuuteen pinnoitettuja kattilan osia. Ulkonäköä voidaan verrata pinnoittajan toimittamaan vertailupalaan, joka on riittävän suuri, (300*300*10 mm).

5.4.6 Tartunta

Pinnoitteen ja perusaineen tartunta tulee mitata ennen tilaamista koekappaleella, joka on vähintään mitoiltaan 300*300*10 mm rakenneteräslevy. Koekappaleeseen liimataan epoksiliimalla tartuntasauvat, joiden alla oleva pinnoite vedetään irti. Tällöin voidaan määrittellä pinnoitteen tartunta alustamateriaaliin. Pinnoittaja saa tehdä koekappaleen vapaasti kattilassa käytettävillä aineilla ja pinnoitusmenetelmillä. Levyyn tehdyt vetonäytteet antavat yleensä paremmat tartuntalujuudet kuin putkistoon tehdyt pinnoitteet. Suositeltavan pinnoitteen tartuntalujuuden tulisi olla vähintään $> 25 \text{ N/mm}^2$. Hyvä tartuntalusta materiaaliin kertoo usein onnistuneesta pinnoituksesta. Pinnoitteen tartunnalle tasopinnalle on olemassa VTT:n mittausten menetelmä. Samoin DIN-50 161- ja ASTM-C-633-79 -standardien mukaiset vetosauvatestausmenetelmät, jotka eivät luontevasti sovi kattilaympäristöjen pinnoitteiden testaukseen.

Mikäli vetokokeen lopussa ei ilmene pinnoitteen irtoamista perusmateriaalista ennen sovittua murtolujuutta, katsotaan pinnoitteen läpäisseen tyydyttävästi tarttuvuuskokeen. Pinnoitteen tartunnalle voidaan tehdä myös tarkistusmittauksia pinnoituksen aikana, mistä on syytä sopia testaajan kanssa erikseen.

5.4.7 Paksuuden mittaus

Magneettisten mittausten etuna on, että ne ovat ainetta rikkomattomia, nopeita ja ne voidaan tehdä suoraan mistä tahansa tarkastettavan pinnan kohdasta. Paksuuden mittausta voidaan tehdä useita satoja kertoja pinnoituskohteesta ja jopa pinnoituksen aikana. Pinnoitteen paksuutta mitattaessa tulee sopia ennen pinnoitusta, millä asteikolla pinnoitteen paksuudet tarkistetaan, koska paksuus voidaan mitata mikrometreinä tai tuhannesosatuuminä. Tuuma mittaus voi aiheuttaa metriseen järjestelmään tottuneella sekaannusta. Paksuuden mittaukset tulee tehdä magneettisella tai pyörrevirta menetelmällä. Mittalaite kalibroidaan koepalaan, joka on pinnoitettu samalla materiaalilla, jota kattilan pinnoituksessa käytetään. Paksuuden tarkistuksesta on laadittava pinnoitteen paksuuskartta, jonka pinnoitteen ostaja saa.

Mikroskooppinen tarkastus poikkileikkauksesta tehdään kontrollipinnoitteille. Tällöin pinnoitteista katsotaan yleinen rakenne, pisarakoko, sulamattomat partikkelit, huokokset, oksidit sekä pinnoitteen ja perusmateriaalin rajapinta. Menetelmä on tuloksiltaan subjektiivinen, ja ne ovat riippuvaisia käytetystä materiaalista, ruiskutusparametreista ja -menetelmästä. Mikroskooppitarkastelun ei voi katsoa soveltuvan ensisijaisesti määrittämään pinnoitteen laatua. Mikroskooppisia näytteitä otetaan ensisijaisesti koekappaleista. Mikroskooppinen tarkastusmenetelmä on ainetta rikkova testi, jolloin se soveltuu hankalasti jo pinnoitetun kappaleen ominaisuuksien tutkimiseen. Mahdollisissa vauriotapauksissa voidaan kuitenkin ottaa ruiskutetun kattilan pohjasta 10 -pennisen kokoisia näytteitä ja tehdä niistä rakennetutkimus.

5.4.8 Vanhojen pinnoitteiden tarkastus ja pintojen korjaus

Kattilan seisokkien aikana on syytä tarkastaa pinnoitteiden kunto, jolloin tarkastetaan ensisijaisesti mahdolliset pinnoitteiden vauriot. Silmämääräisesti havaittavia vauriota ovat pinnoitteen irtoaminen sekä mahdolliset korroosio- ja painepesuvauriot. Mikäli havaitaan pinnoitteen irtoamista, voidaan alustavasti tutkia pinnoitteen kiinnipysyvyyttä piikkaamalla pinnoitetta pois vauriokohdan ympäristöstä. Piikkaus tehdään pienellä taltalla ja vasaralla vaurioittamatta putkistoa. Jos pinnoite lähtee helposti putkiston päältä ja sen alla on korroosiotuotetta, on syytä ryhtyä laajempiin jatkotarkastuksiin. Samoin jos pinnoite irtoaa painepesussa, on syytä olettaa, ettei se ole hyvin kiinni alustassaan. Jos vanha pinnoite irtoaa helposti alustasta, on siinä usein jonkin piilevän vika, josta on syytä raportoida pinnoittajalle. Mahdollisten vikojen korjausprosessi on selvitettävä ennen työn aloitusta pinnoittajan kanssa.

5.4.9 Manipulaattorin käyttöpinnoituksessa

Tilaajien kireät pinnoiteruiskutuksen aikatauluvaatimukset aiheuttavat usein kiirettä itse työssä. Tämän vuoksi vaikeissa työskentely olosuhteissa pinnoituksen laadun lasku. Pinnoitteen tasaisen laadun kannalta on tärkeää, että laajoilla pinnoilla käytetään *manipulaattorilevitystä*, joka takaa tasaisemman pinnoitteen laadun.

Käsiruiskutuksen voi jättää tällöin vaikeammin suoritettaviin kohteisiin, kuten nurkkiin, seinämille tai yksittäisiin putkiin.

5.5 Yhteenveto

Tilattaessa kattilan pinnoitusta täytyy ensin määritellä seuraavat asiat: pinnoitettava alue, pinnan esikäsitteilyt, pinnoitteen paksuus, pinnoitemateriaali, pinnoitusmenetelmä, ja pinnoitteen tartunta. Lisäksi on määriteltävä ja dokumentoitava, kuka suorittaa pinnoituksen aikana työn valvonnan ja hyväksymisen.

Kirjalliset lähteet:

SFS-EN 22063, Metalliset ja muut epäorgaaniset pinnoitteet. Terminen ruiskutus. Sinkki, alumiini ja niiden seokset. Suomen standardisoimisliitto, 1994.

Sisäinen työohje, Metalspray on Site Application and QA/QC for BLRB, Update Oct. 96, Metalspray International, L.C., USA.

Suulliset lähteet:

Henkilökohtainen tiedonanto, Rauno Karvinen, UPM Kymmene Oy, 1997.

Henkilökohtainen tiedonanto, J. Tenkula, Telatek Oy, 1997.

Tarkistuslista pinnoitteen hankintaa varten

Tämä lista on laadittu soodakattilapinnoitteiden hankkimista varten. Sen avulla käydään läpi keskeiset asiat pinnoitteen hankinnassa. Lisäksi sitä voidaan käyttää dokumenttina myöhemmin, kun tarkistetaan pinnoitteiden kuntoa, tai dokumenttina aiemmin tehdystä työstä, kun pinnoittaja vaihtuu.

Työn kohde ja osapuolet

Aika ja paikka

Pinnoitteen ostaja

Vastuuhenkilö työmaalla

Pinnoittava yritys

Vastuuhenkilö työmaalla

Pinnoitusryhmän jäsenet

Pinnoitusmenetelmät ja -aineet

Pinnoitusmenetelmä: HVOF, kaariruiskutus, jokin muu

Lisäainetyyppi: lanka/pulveri, kauppanimi ja mitta

Kemiallinen koostumus, alkuaineet

Mekaaninen manipulaattorilevitys/käsiruiskutus

Pinnoituksen esikäsittelyt

Pesut ja niissä käytetyt mahdolliset kemikaalit

Maksimipesupaineet

Kuivaus proseduuri/aika

Kosteuden mittaus

Liukoisten suolojen määrittäminen pinnoituskohteesta kyllä/ei

Raepuhallusmateriaalit

Putkiston kunnon tarkistus ennen pinnoitusta

Ilmastointi ja valaistus

Ilmastoinnin toimittaja ja vaadittava korvausilma

Valaistuksen toimittaja ja määrä

Telinetyöt, tasoväli ja etäisyys seinästä

Paineilma

Pinnoiteala ja -paksuus

Pinnoitettava ala, työpiirustus

Pinnoiteen paksuus

Poikkeama määrä sovitusta paksuudesta +/- ja toimenpiteet

Pinnoitepaksuuden mittausmenetelmä, paksuuden yksiköt tuhannesosamillimetri / in

Pöytäkirjat paksuudesta kyllä/ei

Koepalat ja vetokokeet

Tehdäänkö koepalat

Pinnoitteen minimitartunta putkessa harjalla/sivussa

Pinnoitteen minimitartunta koelevyssä (suositus $>25 \text{ N/mm}^2$)

Mittausmenetelmä/kuinka monta mittausta

Mikroskooppikuvat koelevystä

Vanhojen pintojen pinnoittaminen

Pesut

Vanhan pinnan irrottaminen, irrotusmenetelmät

Voiko uuden pinnan alla olla vanhaa pintaa, jos vanha pinta ei lähde helposti pois

Vanhan pinnan sijainti uuden pinnan alla

Raportointi

Paksuuden mittauskartat ja pinnoitettu alue, sekä mahdolliset erikoistoimenpiteet. Alustassa vanha pinnoite tai poikkeama normaalista

Pinnoitteen tartunta alustaansa

Pinnoitteen kemiallinen analyysi

Tarkistus ja muut asiat

Ulkopuolinen tarkistaja raportoi esikäsittelyn, pinnoituksen paksuuden ja tartunnan

Takuusopimukset

Aikataulu milloin alkaa ja milloin loppuu, mahdolliset sakot

Muut työt, jotka häiritsevät pinnoitusta työmaalla

Ennakoitavissa olevat sähkö- ja paineilmakatkot

Muuta

6 PAINEASTIAN KORJAUKSET

Kalle Salmi, Kvaerner-Pulping Oy

6.1 Yleistä

Soodakattilan käyttövarmuuden ja käytöturvallisuuden ylläpitämiseksi on tehtävä korjauksia, joiden sisältö ja laajuus on etukäteen tiedossa. Tämän lisäksi tulee sellaisia yllättäviä tilanteita, joissa paineastia joudutaan korjaamaan ilman ennakoivaa tarkempaa suunnittelua. Esimerkiksi paineastian vuotovauriotapaukset ovat tällaisia. Tähän kappaleeseen on kerätty laeista, asetuksista ja muista määräyksistä paineastian korjausta käsitteleviä ohjeita sekä käytännössä esiin tulleita asioita.

Viime vuosien aikana on tapahtunut runsaasti muutoksia paineastioita koskevissa määräyksissä ja ohjeissa muun muassa jäsenyydestä EU-jäsenyyden vuoksi. Asiakirjat, joihin tässä kappaleessa viitataan, ja muut paineastioita käsittelevät ohjeet ja standardit, muuttuvat edelleen tämän kehityksen seurauksena kohtuullisen nopealla aikataululla.

6.2 Lait ja asetukset

Nykyisessä paineastia-asetuksessa 549/73 (ja sen muutoksissa 672/75, 636/77, 1106/81, 257/84, 506/87, 1024/91, 1477/93 ja 1162/95) rinnastetaan asennus sekä muutos- ja korjaustyö paineastian valmistukseen. Tulevaan säännöstöön on suunniteltu muutoksia, joissa valmistaminen ja toisaalta asennus-, korjaus- ja muutostyöt ovat selkeästi eriteltyinä. Tuleva painelaitedirektiivi ei nimittäin pidä sisällään korjaus- ja muutostöitä.

Asetusmuutoksessa (1162/95) todetaan mm: "Paineastian valmistajalla tulee olla 1) palveluksessaan asiantunteva henkilöstö, 2) käytettävissään asianmukaiset tilat ja paineastian valmistuksessa tarvittavat koneet, välineet ja laitteet, sekä 3) käytössään riittävät hallinnolliset ja tekniset menettelyt paineastioita koskevien säännösten ja määräysten täyttämiseksi. Paineastioita saa valmistaa vain toiminnanharjoittaja, jonka 1. momentissa mainitut toimintaedellytykset tarkastuslaitos on arvioinut riittäviksi. Lisäksi valmistuksen on tapahduttava 4. luvussa tarkoitetun valmistajan valvojan valvonnassa." Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mikä tahansa konepaja ja sen henkilöstö eivät saa tehdä paineastian valmistusta ja korjauksia. Valmistusta tarkastaa tällä hetkellä TTK (tulevaisuudessa voi Suomessa olla muitakin tarkastuslaitoksia) ja määräysten noudattamista valvoo TUKES.

Myös A-ryhmään kuuluvaan putkistoon sovelletaan Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen 71/75 (ja sen muutokset 394/84, 1027/91 ja 1192/95) mukaan paineastia-asetuksen valmistusta ja valmistuksen valvojaa koskevia säännöksiä sekä paineastian suunnittelusta ja valmistuksesta annettua Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöstä 391/84 (ja sen muutoksia 1026/91 ja 1190/95).

6.3 Hitsauksen laatu

Standardi SFS-EN 729-2:1995, "Hitsauksen laatuvaatimukset. Metallisten materiaalien sulahitsaus. Osa 2: Kattavat laatuvaatimukset" on hyvä apuväline sekä valmistavassa että korjaavassa hitsauksessa laatutoimintojen hallintaan. Standardi täydentää hitsaavan yrityksen mahdollisesti olemassa olevaa laatujärjestelmää.

Muun muassa TTK on arvioinut ja sertifioinut eräiden hitsattavien yritysten laatujärjestelmän. Myös lämpökäsittelyn laadunhallintaan saataneen tulevaisuudessa vastaavanlainen standardi.

6.4 Hitsaajan pätevyystodistukset

Korjaustyötä tekevällä hitsaajalla on oltava voimassa oleva pätevyyskoe, joka on teräksille standardin SFS-EN 287-1 mukainen.

6.5 Hitsausohjeet

"Hitsausohjeita tarvitaan hitsauksen aikana hitsaustöiden suunnittelun perustaksi sekä laadun valvontaan. Hitsaus katsotaan erikoisprosessiksi laatujärjestelmästandardien terminologiassa. Laatujärjestelmästandardit edellyttävät yleensä, että erikoisprosessien suorituksessa noudatetaan kirjallisia menettelyohjeita. Hitsausohje (WPS) on asiakirja, jossa yksityiskohtaisesti esitetään tiettyyn hitsaussovellutukseen vaadittavat muuttujat toistettavuuden varmistamiseksi. Hitsausohjeen hyväksyntä voidaan hankkia perustuen aikaisempaan hitsauskokemukseen, hyväksyttyyn hitsausaineeseen, menetelmäkokeeseen, standardimenetelmään tai esituotannolliseen kokeeseen." (otteet standardista SFS-EN 288-1). Myös lämpökäsittelyä voidaan pitää tällaisena erikoisprosessina, josta pitää olla kirjalliset ohjeet.

6.6 Asiapaperit

"Käyttöön hyväksytyn paineastian saa korjata paineastian valmistuksessa käytetyn ja hyväksytyn rakennesuunnitelman mukaan, ellei vaurioitumisen syy muuta edellytä. Korjaus- ja muutostyön tarkastamista varten on tarvittaessa tehtävä piirustukset ja lujuuslaskelmat, jotka on toimitettava vähintään kahtena kappaleena tarkastuslaitokseen." (Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös paineastiain suunnittelusta ja valmistuksesta 391/84 ja sen muutokset 1026/91 ja 1190/95). Kyseisessä tapauksessa tarkastuslaitos on TTK.

Korjaustyöhön ja asennukseen liittyy seuraavanlaisia asiapapereita:

- korjaussuunnitelma mahdollisine piirustuksineen, hitsaussuunnitelmineen ja lujuuslaskuineen
- tarkastuslaitoksen (TTK) päätös korjaussuunnitelman tarkastuksesta ja hyväksynnästä
- materiaaliluettelo käytetyistä aineista
- rakenneainetodistukset
- lämpökäsittelytodistukset
- korjausselostus
- valmistuksen valvojan vakuutus
- hitsaajaluettelo ja heidän pätevyytensä
- NDT-tarkastuspöytäkirjat ja röntgenfilmit
- tarkastuslaitoksen (TTK) hyväksyntä korjaukselle.

Edellä mainituista asiapapereista jää yleensä yksi kappale paineastian omistajalle ja yksi valmistajalle. Aikaisemmasta käytännöstä poiketen TTK ei enää tarvitse kopiota kyseisistä asiapapereista.

Luontevin toimintatapa on se, että korjauksen toimittaja hoitaa hyväksynyt ja kyseiseen tapaukseen liittyvän dokumentoinnin.

6.7 Paineekoe

Standardi SFS 3321 antaa ohjeet paineastian painekokeen suorittamisesta. Kyseisessä standardissa todetaan, että painekoe on yleensä suoritettava nestepainekokeena, jolloin nesteenä käytetään vettä. Paineekokeen aikana paineastian seinämien lämpötila ei saa ylittää +50 °C:ta ilman perusteltua syytä. Kuitenkin on muistettava, että paineastian kuormittaminen matalassa lämpötilassa voi vahingoittaa haurasmurtumiselle altista materiaalia. Mikäli esimerkiksi lieriömateriaali on sellaista terästä, että haurasmurtumariskin välttämiseksi paineastian seinämän lämpötila +50 °C joudutaan ylittämään, on tällaisessa tapauksessa syytä arvioida ja tiedostaa kaikki riskit (henkilövahingonmahdollisuus) ja sopia kokeen suorituksesta tarkastuslaitoksen (TTK) kanssa.

6.8 Korjauksen luonne

6.8.1 Ennakkoon valmisteltu korjaus

Normaaleihin huoltoseisokkeihin ajoittuviin paineastian korjauksiin valmistaudutaan yleensä riittävän ajoissa ja riittävän suunnitelmallisesti. Hyvällä etukäteisvalmistelulla ja asiantuntemuksella (toimittajavalinta) saadaan aikaan hyvä lopputulos.

Jos korjauskohde tai -tapa on erityisen vaativa tai poikkeuksellinen (esimerkiksi huono luoksepäästävyys tai harvinainen työtapa), voidaan toimittaja velvoittaa tekemään sellainen työkoe, joka vastaa mahdollisimman hyvin korjausolosuhteita joko konepajaolosuhteissa tai tulevilla työmailla.

6.8.2 Ennalta arvaamattoman tapahtuman korjaus

Tilanne muuttuu oleellisesti, kun joudutaan korjaustilanteeseen yllättäen joko vaurion tai huoltoseisokkitarkastuksen seurauksena. Tällöin lähes kaikki ennakkovalmistelut ovat tekemättä. Tällöinkin pitää muistaa lait ja asetukset sekä työturvallisuus. Laitoksilla tulisi olla kattilan jokaiseen eri lämpöpintaan kohtuullinen määrä sellaista varaosaputkea, jolla voidaan korvata vanhaa ja mahdollisesti vaurioitunutta putkea. Yleensä lämpöpintaputki voidaan vaihtaa parempaan (lujempaan) samoilla ulkohalkaisijadimensiolla ja/tai paksummalla seinämällä olevaan putkeen. Yleisesti ottaen voidaan todeta, että hitsaustyö vaikeutuu ja lämpökäsittely on mahdollisesti tarpeellinen, kun mennään lujempiin ja/tai runsaasti seostettuihin teräksiin. Kattilan käyttäjillä tulisi olla yhteystiedot kattilan toimittajaan, jolloin on mahdollista saada asiantuntevaa teknistä apua ja mahdollisesti materiaaleja kussakin tapauksessa.

Vauriotapauksissa, korjausseisokin aikana, tulisi kiinnittää huomiota niihin tekijöihin, jotka ovat mahdollisesti vaikuttaneet vaurioon. Dokumentointi, esimerkiksi valokuvat, tarkastusraportit ja silmämääräiset havainnot tapahtumapaikalta antavat usein selvyyttä vaurion syistä. Syiden selvitys on tärkeää siksi, että voidaan mahdollisesti poistaa vaurion aiheuttaja tai oleellisin syy, joka on johtanut vaurioon.

6.8.3 Hitsauksen korjaus

Yleisperiaatteena voidaan pitää sitä, että hitsiä voidaan korjata hitsaamalla kaksi kertaa, jos kyseessä on pienehkö hiomalla avattavissa oleva hitsausvirhe. Korjaushitsauksessa pitää käyttää samaa alkuperäisen hitsin aikaansaamiseksi käytettyä hitsausohjetta. Mikäli ajaudutaan sellaiseen tilanteeseen, jossa lämpöpintaputken hitsi ei täytä laatukriteereitä kahdella korjauskerralla, on perusteltua katkaista alue pois ja asentaa tilalle uusi putki. Tällainen tilanne saattaa helposti syntyä esimerkiksi silloin, kun hitsisulaan tipahtaa kattilassa olevia suoloja. Myös silloin, kun särö on edennyt hitsialueella lämpöpintaputken seinämän läpi, on hyvän lopputuloksen kannalta varmempaa katkaista kyseinen putki vaurion kohdalta, jotta tarkastuksessa on helpompi löytää kaikki mahdolliset särön haarat.

Pintatarkastuksissa esiin tulleet näyttämät hitsin ja perusaineen liittymässä voidaan useasti poistaa pyöreällä viilalla, kunhan varmistetaan, että kyseessä on pienehkö reunahaava tai jyrkkä palon liittymä. Hiontaa/viilausta pitää jatkaa niin pitkälle, että näyttämät poistuvat. Pyöristämisellä saadaan aikaan myös jouhea jännitysjakautuma, jolloin väsymissärön liikkeelle lähtö ei tapahdu niin helposti kuin teräväpohjaisesta urasta.

Jos hionta- tai viilaussyvyys hitsin liittymässä perusaineeseen on niin suuri, että sen perusteella voidaan päätellä näyttämän olevan muuta kuin pelkkä hitsausvirhe, on se merkki jostakin merkittävämmästä ilmiöstä. Kyseessä saattaa tällöin olla materiaalin väsyminen ja väsymissärö. Jotta syy väsymiseen pystytään selvittämään, tulisi tehdä vähintään silmämääräisiä tarkistuksia ympäristöstä, jotta nähdään esimerkiksi sidontojen kunto ja niiden osuus vauriossa.

7 SOODAKATTILATARKASTUKSET

Esa Ilves, Keskeytysvakuutusosakeyhtiö Otso

7.1 Yleistä

Soodakattilatarkastuksien onnistumisen perusedellytykset ovat:

- pitkäntähtäimen tarkastussuunnitelmat ja tarkastusohjeet
- pätevitetyt tarkastajat: EN-pätevyydet
- kunnolliset tarkastusolosuhteet: työturvallisuus, telineet, valaistus ja puhdistus

100 %:lla tarkastuslaajuudellakin kohde tulee vain harvoin täysin luotettavasti tarkastettua. Hyvän käsityksen kattavuudesta saa kohdan 7.2.1 kuvasta 1, joka esittää ellipsiröntgenkuvausta. Molemmat railopinnat kattava röntgenkuvaus vaatii neljä valotusta, mikä ei ole taloudellisesti mielekäästä. Röntgenkuvauksessa tarkastamatta jääneet liitospinnat voidaan tarkastaa ultraäänimenetelmällä. Ultraäänitarkastus puolestaan paljastaa huonosti kolmiulotteiset viat, kuten esim. huokokset.

NDT-menetelmät ovatkin toisiaan täydentäviä ja vain harvoin toisiaan täysin korvaavia. NDT-menetelmien rajoitusten vuoksi tarkastukset tulee aina ajoittaa valmistuksen tai korjauksen alkuun, jolloin tarkastuksilla voidaan ohjata hitsauksen laatua. Samasta syystä on järkevää panostaa hitsausvalvontaan, johon tärkeänä osana kuuluvat menetelmä- ja hitsaajakohtaiset työkokeet.

Menetelmiä ja tarkastuslaajuutta arvioitaessa on huomioitava viranomaismääräykset sekä kohteen sijainti sulavesiräjähdystä ja korjattavuutta ajatellen. Esim. "putkirykelmiin" on syytä panostaa jo luoksepäästävyyden johdosta.

Kun tarkastuslaajuus on vähemmän kuin 100 % tulee, vaaditun tarkastuslaajuuden täytyä hitsaajakohtaisesti.

Tarkastukset voidaan jakaa valmistuksen ja käytön aikaisiin tarkastuksiin. Valmistuksen aikaiset tarkastukset pohjautuvat yleensä standardeihin. Revision aikaisissa tarkastuksissa menetelmä valitaan sen mukaan, mitä vauriomekanismia ollaan etsimässä. Tarkastuksissa haetaan seuraavia ilmiöitä tai vauriomekanismeja: eroosio, korroosio, väsyminen, viruminen, jännityskorroosio, korroosioväsyminen, terminen väsyminen, puutteellisen tuennan aiheuttamat rasitukset, väärä vesikemia, jne.

7.2 Tarkastusmenetelmät

Yleisesti NDT-menetelmät voidaan jakaa pintatarkastuksiin ja volymetrisiin tarkastuksiin. Tärkeimmät ja yleisimmin käytettävät tarkastusmenetelmät ovat visuaalinen tarkastus, röntgenkuvaus, ultraääni-, magneettijauhe- ja tunkeumanestetarkastus.

7.2.1 Silmämääräinen tarkastus/VI (visual inspection)

- hitsien silmämääräinen tarkastus SFS 5550
- tekijän on tunnettava kattilan rakenne ja mahdolliset vauriomekanismit
- vaatii hyvän valaistuksen

- suurennuslasi ja peili ovat usein välttämättömiä apuvälineitä
- käytä valokuvausta ja videointia!

7.2.2 Paksuusmittaus/PA (thickness measurement)

- nykyisin ATK-pohjaiset keräävät järjestelmät
- ohentuminen voi olla epäsymmetristä: esim. seinäputken evän viereinen syöpyminen
- vaativissa mittauksissa suositellaan käytettäväksi mittalaitetta, jossa on a-kuva. A-kuvassa x-akseli kertoo näyttämän paikan ja y-akseli näyttämän amplitudin.

7.2.3 Magneettijauhetarkastus/MT (magnetic particle examination)

- hitsausliitosten magneettijauhetarkastus SFS 5609
- pintamenetelmä, jossa kohteen on oltava magnetoituva ferriittinen teräs (hiiliteräs), jolloin lähes aina on suositeltavaa käyttää magneettijauhetarkastusta haettaessa särötyyp-pisiä vikoja
- fluoresoiva menetelmä parantaa tarkastuksen herkkyyttä, mutta vaatii hämärän ympäris-tön ja ultraviolettilampun
- magnetointi voidaan suorittaa myös virtakaapelilla vieruskaapelimenetelmänä, jonka avulla on mahdollista päästä tarkastamaan ahtaita ja vaikeasti tavoitettavia kohteita ("putkirykelmät").

7.2.4 Tunkeumanestetarkastus/PT (liquid penetrant examination)

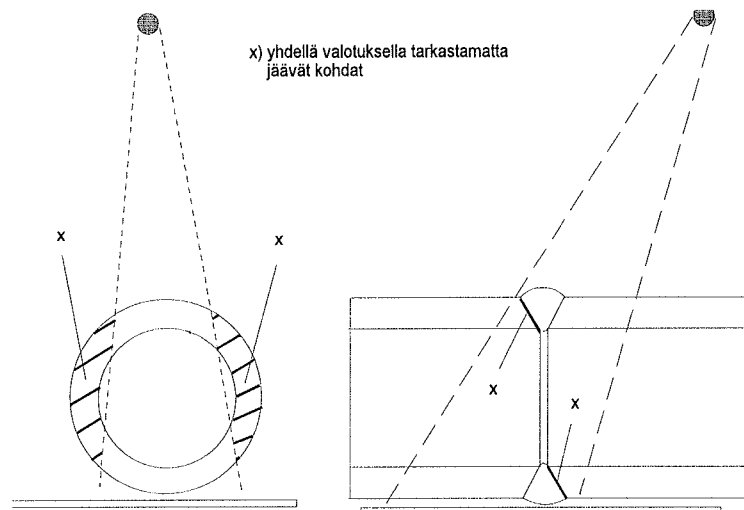
- yleiset ohjeet SFS 3287
- pintamenetelmä, joka soveltuu kaikille muille paitsi huokoisille materiaaleille
- paljastaa pintaan asti ulottuvat huokokset ja kuonan, jotka magneettijauhetarkastuksessa tulevat huonosti näkyviin
- vaatii pinnan puhdistamisen metallipinnalle ja rakenteen kuivaamisen, jos epäillään, että säröt sisältävät vettä/kosteutta esim. kattilan pesun aiheuttamana.

Kattilaolosuhteissa on suositeltavaa käyttää fluoresoivaa menetelmää, joka helpottaa tunkeumanesteen poistoa/puhdistusta erityisesti silloin, kun käytetään vedellä poistettavaa tunkeumanestettä. Riittävä puhtausaste nähdään heti uv-valossa eikä kohdetta tarvitse puhdistaa varmuuden vuoksi, kuten värillisellä menetelmällä joudutaan tekemään. Jos puhtausaste ei ole riittävä, lian aiheuttamat indikaatiot peittävät todelliset viat.

7.2.5 Radiografia/RÖ (radiographic examination)

- standardit: radiografinen kuvaus, sanasto SFS 5489, hitsausliitosten radiografinen kuvaus SFS 3207 ja hitsausluokkien hyväksymisrajat ja radiografinen kuvaus SFS 5067
- volymetrinen tarkastus, joka soveltuu erityisesti kolmiulotteisten vikojen, kuten huokos-ten ja kuonan toteamiseen.

Lineaaristen vikojen, kuten liitosvikojen ja halkeamien suhteen valotus on tehtävä vian suuntaisesti. Kuvassa 1 on esitetty ellipsikuvauksessa yhdellä valotuksella tarkastamatta jäävät alueet. Hitsin täysin kattava röntgenkuvaus vaatii 4 valotusta, mikä jo kustannus-syistä jää toteutumatta.



Kuva 1. Ellipsikuvauksessa yhdellä valotuksella tarkastamatta jäävät alueet.

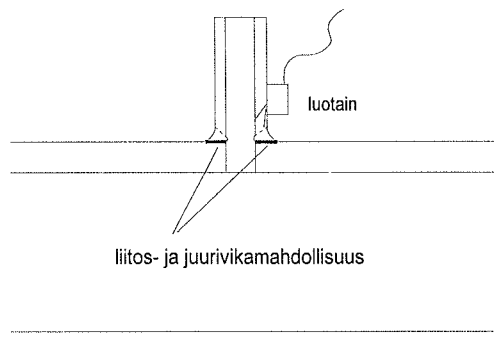
Soodakattilaympäristöön soveltuvana sovelluksena on isotoopilla suoritettu korroosiokuvaus.

7.2.6 Ultraäänitarkastus/UÄ (ultrasonic examination)

Standardit: hitsausliitoksen ultraäänitarkastus SFS 3290, ultraäänitarkastuksessa käytettävät hyväksymisrajat SFS 5108 ja ultraäänitarkastus, sanasto SFS 5489.

Ultraäänitarkastus on volymetrinen menetelmä, joka paljastaa kaksidimensioiset viat, kuten liitosvian ja halkeaman. Lineaarisen vian on kuitenkin oltava lähes kohtisuoraan äänikeilaan nähden, minkä vuoksi esim. hitsiin nähden poikittaiset viat jäävät löytymättä ilman erillisiä toimenpiteitä. Menetelmää onkin syytä täydentää pintamenetelmillä.

Ultraäänitarkastusta voidaan käyttää standardin SFS 3290 vastaisesti ohuiden materiaalien (seinämä < 6 mm) tarkastuksessa. Esim. jakotukin ja putken välistä pienaliitosta (kuva 2), jossa liitosvian mahdollisuus on suurempi kuin päittäisliitoksessa, ei voida tarkastaa röntgenkuvauksella. Ultraäänitarkastuksen herkkyys ei ole vioissa sama kuin optimikulmassa tehdyllä röntgenkuvauksella, mutta se on nopeampi suorittaa eikä vaadi kattilan tyhjentämistä muista työntekijöistä. Tarkastuksen luotettavuutta parannetaan pisto-koeluontoisella röntgenkuvauksella.



Kuva 2. Jakotukin ja putken välinen pienaliitos.

Erikoissovelluksena voidaan mainita tulistinputken magnetiittikerroksen paksuudenmäärittäminen putken ulkopuolelta.

7.2.7 Pyörrevirtatarkastus/ET (eddy current testing)

- suurin käyttö on lämmönvaihtimien putkien sisäpuolisessa tarkastuksessa, kun kyseessä on sähköä johtava metalli
- käytetään myös pintamenetelmänä (myös ferriittinen teräs)
- erikoissovellutuksina ferriittisen materiaalin tarkastukset kaukokenttä- ja magneettikentän kyllästysmenetelmällä.

7.2.8 Jäljennemenetelmä/JÄ (replica)

- paineastiat, virumisasteen arviointi SFS 3280
- määritetään virumisaste mikrorakenteesta jäljenteen avulla, kun ollaan virumisalueella (yli 400 °C, materiaalin mukaan)
- voidaan paljastaa myös ylikuumentuminen ja selvittää säröilyn syy ainetta rikkomatta.

7.2.9 Endoskooppitarkastus/END (endoscopy)

- sisäpuolinen tarkastus
- nykyisillä tv-kamerajärjestelmillä on mahdollista mitata korroosiokuopan syvyys ja hyvissä olosuhteissa todetaan jopa säröily (ei kuitenkaan luotettavasti)
- videointi mahdollistaa vertailun myöhemmissä tarkastuksissa.

7.2.10 Akustinen emissiotarkastus/AE (acoustic emission)

- voidaan käyttää rakenteen kuunteluun säröilyn ja rasituksien toteamiseksi sekä atmosfäärin kuunteluun vuotojen ilmaisemiseksi
- rakenteen kuuntelu tehdään aaltoputkien (hitsattu putkeen) välityksellä. Ne mahdollistavat antureiden asennuksen eristeen ulkopuolelle ja samalla pudottavat antureiden lämpötilaa
- antureiden määrää voidaan pudottaa asentamalla aaltoputkia etukäteen kiinnostaviin kohteisiin ja siirtämällä antureita tarpeen mukaan
- rakenteen AE-tarkastus auttaa ohjaamaan muiden tarkastusmenetelmien käyttöä.
- antaa tietoa ajokäyttäytymisen vaikutuksista ja siitä, missä vaiheessa käyttöä vioittuminen mahdollisesti tapahtuu
- aikainen vuodon toteaminen estää vaurion laajenemisen viereisiin putkiin.

7.2.11 Lämpökuvaus (thermography)

- infrapunakameralla voidaan mitata suurienkin alueiden lämpötilaeroja
- on käytetty mm. kattilan täytön seurannassa.

7.2.12 Kovuusmittaus/KO (hardness test)

- nopea tapa määrittää metallografisia muutoksia esim. vauriotilanteessa.

7.2.13 Erikoismenetelmät

Erikoistilanteissa voidaan harkita seuraavia menetelmiä: Barkhausenin kohina, röntgen-diffraktio, twinprofilemenetelmä (putkiston seinämän paksuuden mittaus eristettä purkamatta), kalvonpaksuuden mittaus, värinämittaukset jne.

Uusina menetelminä soodakattiloissa kuvaan ovat tulleet korroosionopeuden seuranta-menetelmät. Nämä voidaan jakaa periaatteellisesti kahteen eri ryhmään. 1) Menetelmiin, joissa korroosionopeuden seuranta perustuu suoraan materiaalin syöpymisen mittaamiseen ja 2) menetelmiin joissa korroosionopeus määritellään välillisesti jonkin muun mitattavan suureen, kuten korroosiovirrantiheyden avulla. Esimerkiksi sulan aggressiivisuus saattaa merkittävästi muuttua kiertojen sulkemisen vaikutuksesta. Menetelmillä pystytään seuraamaan ympäristön syövyttävyydessä tapahtuvia muutoksia.

7.2.14 Ainetta rikkovat tarkastukset

Vauriotapauksessa on aina syytä ottaa kunnolliset näytepalat, joita voidaan myöhemmin tutkia. Näytepalojen turhaa puhdistusta ja käsittelyä on vältettävä.

7.3 Tarkastettavat kohteet

Liitteessä on esitetty luettelomaisesti seisokinaikaiset tarkastuskohteet ja menetelmät seuraavilla periaatteilla: onko tehty, onko tarvetta tehdä ja mitä muuta kattilassamme pitäisi tehdä?

Listaus ei voi olla täydellinen, kun otetaan huomioon kattiloiden ikäjakauma sekä erilaiset rakenteet ja ajotavat.

7.4 Dokumentointi

Kaikista tarkastuksista, mukaan lukien silmämääräiset ja toteamisluontoiset tarkastukset, on tehtävä sellaiset pöytäkirjat, että ulkopuolinenkin ne ymmärtää. Pöytäkirjat on syytä tehdä heti tarkastuksen jälkeen, jolloin asiat ovat vielä tuoreessa muistissa. Tarkastuksista ja korjauksista tulee tehdä yhteenveto, joka auttaa myöhemmissä tarkasteluissa. Dokumentointiin on saatavissa ATK-ohjelmia, joihin voidaan liittää jopa hitsausohjeet.

Liite:

Seisokinaikaiset tarkastuskohteet ja menetelmät

Seisokinaikaiset tarkastuskohdeet ja menetelmät

KOHDE	MENETELMÄ	KOMMENTIT
Päähöyrylinja	MT ja JÄ	Viruminen, myös venttiilit.
Tulistimet	MT ja JÄ PA MT VI ja PA VI VI/KO MT	Viruminen, kammiot. Eroosio/korroosio, tulistintukien alakäyrät mukaan lukien paketista ulos tulleet käyrät. Sidehitsien päät. Suolavuodot kattokaapien läpivientikohdissa voivat olla putkivaurioiden esiaste. Nuohoimien kohdat joka seisokissa (eroosio/korroosio paketista irti päässeissä putkissa). Värin ja muodon muutokset voivat johtua ylikuumenemisesta. Läpivientikoteloiden ja putkien pienahitsit.
Verhot/nokat	PA VI	Korroosio/eroosio. Kollhut ja muotovirheet.
Seinät/sisäpuoli	PA VI ja PA VI/PT RÖ tai UÄ ja PT	Paksuusmittaus linjoittain (huomioi epäsymmetrinen oheneminen). Korroosio kompond/hiiliteräs-hitsien yläpuolella. Säröt/syöpymä kompond/hiiliteräs-hitseissä. Jatkohitsit: kriittisimmät sularännien ympäristön hitsit (terminen rasitus).
Seinät/ulkopuoli	VI ja PA	Hiiliteräksen syöpyminen (onko ulkopuolelta pinnoittamattomia kompond-hitsejä?).
Aukot	VI ja PT PT PA	Säröt ja metallin ylikuumeneminen ilmarekistereissä. Säröily aukkojen reunaputkissa. Kompond-alueen yläpuolelta.
Pohja/kompond	VI PT VI ja PA RÖ tai UÄ ja PT	Syöpyvät ja kollhut. Koko pohjan alue, katso ETY:n ohje. Sivuseinien tiivistelevyissä on tavattu alapuolista korroosiota (hiiliteräksen puoli). Putkien jatkohitsit (myös vesipuolen viat mahdollisia).
Pohja/hiiliteräs	VI ja PA	Korroosio on usein hyvin tasaista, jonka johdosta oheneminen selviää vain paksuusmittauksella. Hitsien, kompond-alueen ja tiivisterautojen tarkastus tehdään kuten edellä.

Höyrylieriöt	VI MT	Sisäpuolinen tarkastus ennen puhdistustoimia, sillä pahimmat säröt/halkeamat näkyvät ruostejälkinä Sisäpinnan tarkastus vaipan ja päätyjen hitseille (myös juoksuputket, miesluikut, miesluukkujen saranat ja muiden varusteiden pienasaumat) sekä reikäkenttäalueet ja alalieriön pohja-alue pistokoeluateisesti.
	UÄ	Vaipan ja päätyjen hitsit. Onko esim. pääty/miesluuku-hitsissä rakenteellinen juurivirhe?
Keittopintaputkisto	VI PA	Keittopintaputkien päät lieriön sisäpuolelta ja putkien syöpyminen ulkopuolelta. Keittopintaputken korroosio lieriön vaipan kohdalla mankelointikohdan vieressä: tarkastus suoritetaan luotaimpidikkeen avulla tai ultraääneen perustavalla IRIS-laitteella, joka vaatii kuitenkin putken vesitäytön.
	UÄ	Huonon tuennan aiheuttama säröytyminen mankelointikohdan vieressä. Tarkastus tehdään pidikkeellä kuten edellä, mutta kulmaluotaimella.
	VI/PA	Nuohomien kohdat.
Veden esilämmitin	PA PA ja UÄ	Eroosio vesipuolella maksimivirtauskohdissa, kammiot ja yhdysputket. Jos syöttöveden lämpötila on alle 120 °C, saattaa ilmetä kastepistesyöpymää aivan alakammion vieressä putkessa ja putki/alakammio-hitsissä.
	VI/PA	Nuohomien kohdat sekä paikat joihin kerääntyy suolaa (esim. seinän ja reunimmaisen elementin väli).
	VI PT/MT	Sidonnat kolistelemalla. Evien päät ja tukki/putki-hitsit.
Jakotukit	END ja PA	Sisäpuolinen endoskooppitarkastus
Tuenta	VI	Pohjaputkien lepääminen palkkien päällä, ripustintankojen kireys ja kattilan asema sekä käynnissä että seisokissa.
Vesikemia	VI END	Yleensä lieriön sisäpinnan punerrus kertoo huonosta vesikemiasta. Toisena selvänä indikaationa on epäpuhtaudet alajakotukeissa ja vesityslinjoissa.
Syöttövesilinja	PA	Eroosio/korroosio.
Sulavuodot	VI	Pohjakaappi.
Nuohoimet	VI ja PA	Ensimmäisessä elementissä seinästä katsottuna saattaa olla nuohoimen vuodon aiheuttamaa eroosiota/korroosiota. Tarkista nuohomien venttiilit!

8 SOODAKATTILAN PALOSUOJAUS

Asmo Rantanen, Teollisuusvakuutus Oy

8.1 Yleistä

Seuraavat standardit ja ohjeet käsittelevät palosuojausta:

- SFS 5712
- Teollisuusvakuutuksen suojeluohjeet:
 - G2: Öljynpoltto
 - G3: Kaasunpoltto
 - G7: Soodakattilat
 - G9: Rakenneohje
 - G11: Höyrykattilan vesi-höyryjärjestelmä
 - G13: Kattilalaitoksen suunnittelu.

8.2 Rakennuksen paloluokka

Kattilalaitosrakennus rakennetaan palonkestäväksi (RakMK E 1). Kantavat rakenteet mitoitetaan siten, että rakennus säilyttää lujuutensa tulipalossa, jossa rakennuksen sisältämä palokuorma palaa.

Paloluokkaa määritettäessä kattilalaitosrakennus tulkitaan yleensä kaksikerroksiseksi rakennukseksi.

Rakennuksen runko voidaan tehdä suojaamattomista teräsrakenteista, jos kattilarakennuksessa on niin vähän palokuormaa, että teräs ei kuumene tulipalossa kantokyvyn kannalta kriittiseen lämpötilaan. Tämä selvitetään laskennallisesti käyttämällä todellisia rakennus- ja palokuormatietoja.

8.3 Palovaarallisuusluokittelu

RakMK E 2 luokittelua käytetään soveltuvin osin.

8.4 Osastointi

Kattilahuoneen palokuormaa voidaan vähentää erottamalla paljon palokuormaa sisältävät tilat omiksi osastoikseen. Esimerkiksi öljyn esilämmitystila ja sähkötilat suositellaan sijoitettaviksi omiin paloteknisiin osastoihin.

Osastoinnin tarkoituksena on rajoittaa palo sen syttymisosastoon ja estää savukaasujen leviäminen, jolloin turvataan ihmisten poistuminen rakennuksesta ja pienennetään omaisuuteen kohdistuvia palovahinkoja. Osastoinnin avulla helpotetaan palokunnan sammutus- ja pelastustyötä.

Poistumistienä toimiva porrashuone erotetaan kattilahuoneesta lujarakenteisella ja osastoivalla A60 luokan seinällä. Korkeapaineputkistoja ei saa sijoittaa poistumistienä käytettäviin tiloihin, esim. porraskäytäviin.

Kattilahuoneen ja turbiinisalin välinen seinä tehdään päähoitotason yläpuoliselta osalta

A60 ja päähoitotason alapuoliselta osalta A120 luokan osastoivana rakenteena.

Kattilahuoneen viereen sijoitetut toimisto- ja valvomotilat, työhuoneet ja henkilökunnan pukeutumis-, peseytymis- ja ruokailutilat erotetaan kattilahuoneesta lujarakenteisella ja osastoivalla A60 luokan seinällä.

Kattilahuoneen viereen sijoitetun palovaaraa aiheuttavan tilan tai laitteen kohdalla rakennuksen ulkoseinä on tehtävä osastoivana rakenteena, jonka luokka määräytyy viereen sijoitetun kohteen palokuormasta ja suojaustasosta.

8.5 Osastoivat väliseinät

Osastoivien väliseinien luokkavaatimus määräytyy palokuorman mukaan. Koska A60 on kattilalaitoksissa yleisin, sitä on käsitelty tässä tarkemmin. Seinän tulee olla palamatonta materiaalia, esim. betonia, tiiltä tai terästä. Pintakerrosten tulee täyttää syttymisherkkyysluokan 1 ja palonlevittämislukon I vaatimukset.

8.6 Kevyet väliseinät

Kattilahuoneessa on suositeltavaa erottaa likaiset, pölyiset tai meluiset tilat ja laitteistot erilliseen huonetilaan. Näissä tiloissa voidaan käyttää kevyitä väliseiniä, ellei erityisesti jostain syystä vaadita suurempaa palonkestoa.

Seinärakenteen tulisi olla tiivis ja sileäpintainen. Mahdolliset orsirakenteet, jotka keräävät pölyä, sijoitetaan siten, että ne voidaan helposti puhdistaa.

Seinän materiaalin tulee olla palamaton ja pintakerrosten tulee täyttää syttymisherkkyysluokan 1 ja palonlevittämislukon I vaatimukset.

8.7 Ovet

Kaikissa kattilahuoneeseen liittyvissä seinissä suositellaan käytettäväksi SFS-tyyppihyväksytyjä, vähintään palonkestovaatimuksen A30 täyttäviä ovia.

Osastoivaan seinään sijoitettavan oven tulee olla palonkestoajaltaan vähintään puolet seinältä vaadittavasta palonkestoajasta.

Kattilahuoneen ovien tulee aueta ulospäin. Kuitenkin ovien, jotka johtavat porrashuoneeseen tai sellaisiin tiloihin, joita ei käytetä poistumistienä, tulee olla itsestään sulkeutuvat ja palonkestävät sekä aueta kattilahuoneeseen (SFS 3206).

8.8 Poistumistiet

Kattilahuoneesta tulee olla varsinaisen uloskäytävän lisäksi hätäpoistumismahdollisuus (RakMK E1 ja E9J). Kulkutien pituus uloskäytävään saa tällöin olla enintään 30 metriä. Jos kattilahuoneesta on järjestetty kaksi toisistaan riippumatonta uloskäytävää, saa kulkutien pituus lähimpään uloskäytävään olla enintään 45 m. Uloskäytävän vähimmäisleveys yksikaistaisena on 0,9 m ja vähimmäiskorkeus 2,1 m (RakMK E1).

Jos kulkutiet hoito- tai aputasolta kahteen toisistaan riippumattomaan uloskäytävään osittain yhtyvät, yhteisen osan pituus on laskettava kaksinkertaisena (RakMK E1).

8.9 Savunpoisto

Rakennuksen katolle tai ulkoseinän yläosaan järjestetään savunpoisto luukuilla tai koneellisesti tarkoitukseen hyväksytyillä puhaltimilla (SisM ohje). Ensisijaisesti savunpoistoluukut on varustettava luotettavalla kauko-ohjauksella. Tarvittaessa osa luukuista voidaan varustaa automaattisella avausmekanismilla (lämpösulake tms.). Tehollisen savunpoistopinta-alan tulee olla vähintään 1 % lattiapinta-alasta. Tarvittava pinta-ala voidaan määrittää myös laskennallisesti ottamalla huomioon rakennuksen korkeus-, tilavuus- ym. tiedot ja palokuorman vaikutus sekä muut savun muodostumiseen vaikuttavat tekijät. Umpinaisten välitasojen vaikutus on otettava huomioon savunpoistoa suunniteltaessa.

8.10 Paineenkevennys

Tulipesäräjähdyksissä aukeaviksi tarkoitettujen nurkkien ja räjähdysluukkujen läheisyydessä olevat vaara-alueet on merkittävä erityisesti hoitotasojen, kulkusiltojen ja portaiden kohdalla. Huoltoa tai valvontaa vaativia laitteita ei saa sijoittaa näihin kohtiin ja oleskelu niissä on kiellettävä.

Paineenkevennyskanavat on suunniteltava siten, että ne eivät aiheuta vaaraa myöskään kattilahuoneen ulkopuolella mahdollisen räjähdyksen sattuessa. Paineenkevennyskanavat on suunniteltava siten, että ne voidaan huoltaa ja tarkastaa ulko- ja sisäpuolisesti. Kanavan mitoitus voidaan tehdä esim. SFS käsikirja 60:n mukaan.

8.11 Sähkötilat ja kaapelihyllyt

Sähkötilat tulisi järjestää omiksi palo-osastoikseen siten, että suurjännitekojeistot, pienjännitekojeistot ja automaatiikatilat ovat eri huonetiloissa.

Muuntajat sijoitetaan mieluiten ulos kytkinkentälle tai ulkoseinälle siten, ettei muuntajapalo uhkaa itse rakennusta tai toisia muuntajia. Tilojen sijoittelussa on otettava huomioon paksujen, suurta taivutussädeettä vaativien syöttökaapeleiden reitit.

Kaapelihyllyjen sijoittamista kuljetintunneleihin on syytä välttää, koska palon sattuessa kaapelit vaurioituvat myös sprinklatuissa kohteissa.

Sisätiloissa kaapelihyllyt on sijoitettava niin, että ne eivät kulje kattilan tai savukanaviston aukkojen lähellä eikä niiden läheisyydessä ole kuumia pintoja tai muuta palokuormaa.

Kaapelihyllyjen kannatus ja kulkureitit on valittava niin, että mahdollinen kaapelipalo ei aiheuta vaaraa kattilaa suoranaisesti kannattaville rakenteille.

On suositeltavaa, että tärkeimmät ja suurimmat kaapelikeskittymät suojataan sprinklaamalla (esim. 3 kaapelihyllyä tai enemmän päällekkäin, ja jos yli 6 kaapelihyllyä päällekkäin, kaksitasoinen sprinklaus jne.)

Palo-osastojen väliset kaapelointien läpiviennit tulee tiivistää palotiiviiksi. Myös pystysuoriin kaapelinousuihin on rakennettava palokatkoja palon leviämisen estämiseksi.

Pölyisissä tiloissa kaapelihyllyt on varustettava suojakatteella tai hyllyt on asennettava pystysuoraan seinää vasten tai johdottaa vaakasuorat hyllyt mahdollisimman väljästi.

Kaapelikuilu suositellaan tehtäväksi esim. porraskuilun yhteyteen erilliseksi palotekniseksi tilaksi.

8.12 Läpiviennit

Osastoivan rakennusosan läpiviennin (esim. putkistot, kaapeloinnit, yms.) tulee paloluokaltaan vastata lävistettyä rakennetta. (Huom. myös kaapeliläpivientien erityisvaatimukset.) Ilma-, savukaasu- ja ilmastointikanavien läpivientejä palo-osastosta toiseen on vältettävä.

Kattorakenteiden lävistysten kohdilla käytetään palamatonta eristettä vähintään 300 mm:n säteellä läpiviennistä (SFS 4921).

Kuumien pintojen läpivientien läheisyydessä ei saa käyttää palavia materiaaleja. Sama vaatimus koskee myös tilapäisesti kuumien putkistojen läpivientejä, kuten varoventtiilien ulospuhallusputkistoja ja pölyputkistoja.

8.13 Puhtaanapito ja järjestys

Kattilalaitos on pidettävä siistinä. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota kaapelihyllyjen puhtauteen.

Pölyn kertymisen vähentämiseksi ja puhdistuksen helpottamiseksi tulee rakenteissa pyrkiä tiiviisti koteloituihin ratkaisuihin ja sileisiin pintoihin sekä välttää hyllymäisiä pölyä kerääviä rakenteita.

Lämpöeristetyissä rakenteissa on sisäpintojen suojaukset tehtävä niin tiiviiksi, etteivät polttoaineroiskeet, pöly tai vesi tunkeudu eristeisiin.

Kattilalaitoksessa ei saa missään olosuhteissa (rakennusvaihe, käyttö, kunnossapito tai muut seisokit) säilyttää mitään ylimääräistä ja kattilan käytön kannalta tarpeetonta materiaalia, joka lisää palokuormaa tai vaikeuttaa pelastustoimia onnettomuustilanteissa.

8.14 Hälytyslaitteet

Soodakattila on varustettava riittävällä määrällä ääni- ja valohälytyslaitteita, jotka voidaan käynnistää valvomosta vaaran uhatessa. Hälytyslaitteiden tulee sijaita siten, että kattilalaitoksen sisäpuolella olevat sekä sisään pyrkivät havaitsevat hälytyksen. Vaarahälytys aktivoituu, kun pikapysäytys käynnistyy.

8.15 Häätäsuihkut

Tilat, joissa käsitellään vaarallisia kemikaaleja tai joissa on mahdollisuus joutua kosketuksiin kemikaalien kanssa, on varustettava häätäsuihkulla. Lisäksi suositellaan häätäsuihkujen asentamista tiloihin, joissa on palon tai pölyräjähdysten vuoksi vaatteiden syttymisvaara (SFS 5411) .

8.16 Sammutus- ja palonilmaisujärjestelmät

Paloturvallisuuden varmistamiseksi on kattilalaitos varustettava järjestelmin, joilla tulipalot voidaan havaita ja sammuttaa nopeasti. Palosuojausjärjestelmien laatu ja määrä harkitaan laitospohjaisesti ottamalla huomioon käytetyt tila-, rakenne- ja laiteratkaisut, palokuormat, polttoaineen ominaisuudet sekä laitoksen käytettävyyssnäkökohdat. Suojauksratkaisuihin vaikuttavat viranomaisien määräykset ja vakuutusyhtiön suojeluohjeet.

8.17 Palovesi

Rakennuksessa tulee olla vähintään yksi seinäpaloposti ulkoseinällä sekä vähintään yksi paloposti jokaisella tasolla palokunnan vedensaannin turvaamiseksi. Lisäksi rakennus on varustettava pikapaloposteilla, joista voidaan selvittää suihku jokaiseen kattilahuoneeseen pisteeseen.

8.18 Käsiammuttimet

Laitos tulee varustaa riittävällä määrällä tarkoitukseen sopivia käsiammuttimia nopean alkusammutuksen mahdollistamiseksi.

AB III E -luokan jauhesammuttimen pitää olla ainakin seuraavissa paikoissa:

- poltintasolla polttimien läheisyydessä
- joka tasolla porrastuksen läheisyydessä
- nestemäisten polttoaineiden käsittelytiloissa (B III E tai AB III E)
- korjaamotiloissa.

Lisäksi on tapauskohtaisesti harkittava edellä mainittua järeämmän alkusammutuskaluston (esim. 25 kg:n tai 50 kg:n jauhesammutin) sijoittamista erityisen riskialttiisiin paikkoihin.

Sähkö-, elektroniikka- ja valvomotilat tulisi varustaa 6 kg CO₂ -sammuttimilla. Sosiaali- ja toimistotiloihin sijoitetaan harkinnan mukaan vesi-, CO₂- tai jauhesammuttimia.

9 AUTOMAATIO

Automaatiotyöryhmä ja Jukka Mikkonen, Enso Oy Imatra

9.1 Yleistä

Tässä tekstissä annetaan ohjeita soodakattilan automaation ja turvajärjestelmien suunnittelua, toteutusta ja käyttöä varten. Tavoitteena on lisäksi antaa viitteitä siitä kuinka automaation avulla voidaan parantaa ja lisätä kattilan käytön turvallisuutta.

9.2 Suunnittelu

Kaikissa suunnitteluvaiheissa (esi-, perus- ja toteutussuunnittelu) on huomioitava kattilalaitoksien määräysten asettamat vaatimukset ja suositukset mahdollisimman turvallisen ja käytettävän toteutuksen aikaansaamiseksi. Lisäksi toteutuksessa on otettava huomioon laatuajärjestelmien asettamat vaatimukset.

Turvallisuutta valvovat viranomaiset on pidettävä informoituina. Suunnittelussa on huolehdittava siitä, että kattilan turvajärjestelmille asetettavat vaatimukset on otettu huomioon (TTK-suositus 1-94 ja TTK-ohje C1-94).

Suunnittelijoiden tulee tuntee:

1. Soodakattilan turvallisuusohjeet, -suositukset ja vaatimukset
2. Soodakattilan vaara- ja riskitilanteet
3. Turvallisuuden kannalta kriittiset toiminnot
4. Turvallisuusvaatimuksien täyttämiseksi tarvittavat toimenpiteet ja toteutusperiaatteet
5. Kohteet, joihin tulee työ- tai lepovirtatoiminnot (esim. pikasulkuventtiilit)
6. Turvallisuuden kannalta varmistettavat laitteet (esim. lieriön pinta, syöttövesipumput)
7. Yksittäisten laitteiden häiriötoiminnot ja niiden vaikutukset soodakattilan turvallisuuteen.

9.3 Automaation ja turvajärjestelmien sähkönsyöttö

Sähkönsyöttö on rakennettava siten, että teollisuussähköverkon normaalit häiriöt eivät aiheuta häiriötä järjestelmien toiminnalle.

Sähkönsyöttö rakennetaan kahdennettuna siten, että sähkönsyöttö pysyy päällä, vaikka toinen sähkönsyöttö katkeaa.

Sähkönsyöttö varustetaan standardin mukaisella UPS-laitteistolla tai DC-akustolla. Ne tulee mitoittaa akustoliitaintöjen suurimmilla virroilla vähintään 0,5 tunnin kapasiteettia varten. Dieselvarmennuksen käynnistysajan tulee olla vähemmän kuin 30 sekuntia. Dieselvarmistusta käyttävät UPS- tai DC laitteistojen lisäksi mm:

1. Pikatyhjennyslaitteet
2. Päähöyry- ja starttiventtiileiden syötöt
3. Turvallisuuteen liittyvät mittalaitteet syötöt, jotka eivät ole UPS- tai DC-syöttöisiä
4. Lieriön pinnan TV-valvonta
5. Turvallisuuteen liittyvät toimilaitteet, jotka eivät ole UPS- tai DC-syöttöisiä

6. Sularännien jäähdytysvesipumput
7. Varavesipumput.

Turvallisuuteen liittyvä pneumaattinen toimilaite tulee varustaa siten, että toimilaite ohjautuu turvalliseen tilaan paineilman kadotessa. Lisäksi niiden syöttö voidaan varustaa dieselverkkoon tai varasähköverkkoon kytketyllä kompressorilla ja paineilma-akulla, jonka kapasiteetti on riittävä laitoksen turvalliseen alasajoon.

9.4 Automaatiojärjestelmän rakenne

Prosessia automatisoitaessa huomioidaan erityisesti turvallisuus, prosessin luonne, häiriötilanteista toipuminen ja tuotannon muutoksen hallintavaatimukset sekä ympäristön-suojeluvaatimukset.

Automaatiojärjestelmä on varmennettava siten, että kattilan turvallinen käyttö on aina mahdollinen ja käytettävyys mahdollisimman korkea. Hätä-seisohjauksia (öl-jyn/kaasunpoltto) varten tulee laitoksella olla tarvittava määrä valvomosta erillään olevia varaohjauspaikkoja (esim. kattilalla tai automaatiotilassa tai molemmissa).

Kattilan toiminnassa kriittiset toiminnot (tuuletus, kattilasuoja, pikapysäytys, pikatyhjennys, syöttövesiventtiilit, syöttövesipumput, tulistuksen jäähdytys) on varmennettava ja toteutettava niin, ettei mikään yksittäinen vika järjestelmässä voi vaarantaa niiden turvallista toimintaa.

Turvallisuusjärjestelmien tulee olla varsinaisesta automaatiojärjestelmästä rakenteellisesti eroteltuja tai erillisiä järjestelmiä, jotka ovat toiminnoiltaan varmennettuja. Tällaisia ovat turvallisuuden kannalta tärkeät kenttäliitäntäasemat, prosessi- tai logiikka-asemat, valvomoasemat sekä väylät.

9.4.1 Kenttälaitteet, kenttäkotelot ja kaapeloinnit

Kenttälaitteet sijoitetaan ottamalla huomioon prosessi- ja mittaustekniset vaatimukset niin, että ne on suojattu ulkoisia vaikutuksia vastaan. Mikäli tällaista sijoitusta ei ole mahdollista tehdä, on itse laite suojattava niin, että vahingoittumisen vaara on pieni.

Jatkuvatoimisten analysaattoreiden (tärkeimpinä O₂, CO, SO₂, TRS ja kuiva-ainemittari) kalibrointi tulee tarkistaa ja emissioanalysaattoreiden toimintaa tulee seurata kalibrointi-kaasuilla suoritettavien (esim. 1 kk:n välein) tarkistuksien lisäksi tarpeellisin välein tutkimusosaston tai vastaavan toimesta näytteitä analysoiden. Tarkistustoimenpiteet on tehtävä määrävälein ja niistä on tehtävä tarkastuspöytäkirjat. Näillä toimenpiteillä ja mittareiden huollolla varmistetaan, että niiden toimintakyky säilyy jatkuvasti hyvänä. Mikäli analysaattorit vikaantuvat ajon aikana, on tällaisen tilanteen varalta oltava selkeät ohjeet vaihtoehtoisesta ajotavasta tai prosessin tilan seurannasta.

Kenttäkoteloiden sijoitus tehdään niin, että ne ovat suojassa suorilta ulkoisilta vaurioita aiheuttavilta kohteilta. Lisäksi niiden rakenteen on oltava sellainen, että ne suojaavat sisäänsä sijoitettuja laitteita ja varmistavat niiden toiminnan myös poikkeusolosuhteissa (kosteus, pöly, painevaikutukset, syövyttävät aineet).

Kaapelointien reitit suunnitellaan niin, että kaapelit viedään kahdennetuille laitteille eri reittiä. Tämä koskee myös kahdennettuja kenttä- ja järjestelmävyöliä automaatiotilan ulkopuolella. Tällöin toisen kaapelin mahdollisesti vahingoittuessa siirrytään käyttämään varayhteyttä.

9.4.2 Automaatiojärjestelmän laitetila

Automaatiojärjestelmän laitetila on sijoitettava turvalliseen paikkaan, sekä suojattava ja ilmastoitava niin, että sen toiminta on mahdollista myös poikkeusoloissa (tärinä, kosteus, pöly, painevaikutukset, syövyttävät aineet). Tila on varustettava riittävillä savun ja tulipalon ilmaisulaitteilla (esim. näytettä ottava), kuten mm. jatkuvalla lämpötilamittauksella hälytyksineen, ja sammutusjärjestelmillä. Ilman puhtaus on tarvittaessa varmistettava kemiallisilla suotimilla, joiden tarkastukset ja testaus on tehtävä ja dokumentoitava riittävän usein. (esim. 6 kk:n välein).

9.4.3 Valvomo

Valvomo sijoitetaan prosessin kannalta keskeiselle paikalle niin, että se on suojassa mahdollisilta painevaikutuksilta. Valvomon työpisteet järjestetään niin, että operointi tapahtuu pääasiassa kunkin prosessialueen omilta näppäimistöiltä ja monitoreilta (haihduttamosta meesauuniin). Tarpeen vaatiessa (asemahäiriö) voidaan siirtyä operoimaan toiselta paikalta.

Valvomossa on oltava:

1. Pikapysäytys- ja pikatyhjennysohjaukset
2. Prosessin vaatima TV-valvontajärjestelmä (sularännit, lieriön pinta)
3. Vaaratilannehälytysjärjestelmä
4. Vaaratilanteen ilmaisujärjestelmä (ääni, valo)
5. Hätä-seisohjaukset (esim. kaasun tai öljyn poltto).

9.4.4 Testaukset

Automaatiojärjestelmän testaukset voidaan jakaa ajankohdan mukaan ennen tehtaalle viemistä (tehdaskoestukset) ja paikalleen asennuksen jälkeen. Tehdaskoestuksissa varmistetaan järjestelmän eri komponenttien, kytkentöjen ja ohjelmistojen luotettava toiminta. Laitoksella suoritetaan järjestelmän ja kenttälaitteiden sekä prosessin välisten kytkentöjen testaukset (kylmäkoestukset). Loppukäyttäjän, automaatiotoimittajan ja laitetoimittajan tulee osallistua testauksiin.

Laitoksella on ennen soodakattilan käyttöönottoa suoritettava lisäksi:

1. Kaikkien kattilasuojan laukaisujen ja laukaisuihin johtavien kriteerien koestukset joko prosessiarvoon vaikuttamalla tai niin lähellä todellista prosessitilannetta kuin se turvallisesti on mahdollista
2. Tuuletuksen koestus
3. Pikapysäytyksen koestus
4. Pikatyhjennyksen koestus
5. Varavoimajärjestelmän koestus

6. Turbosyöttövesipumpun käynnistys
7. Häätä-seisohjauksien koestus (esim. kaasun tai öljyn poltto).

Jos on mahdollista, pikapysäytys koestetaan silloin, kun kaikki pikapysäytykseen liittyvät laitteet ovat käytössä.

Pikatyhjennysventtiilien toiminta tulee testata käynnin aikana säännöllisesti. Ohjauksen toiminta tulee varmistaa myös normaalilanteessa.

Käytön aikana testataan laadittavan testaussuunnitelman mukaisesti suojaukseen liittyvät kattilasuoja- ja pikapysäytyslogiikat, turbopumpun käynnistys, dieseljärjestelmän käynnistys sekä pikatyhjennysventtiilien avautuminen. Testaus voidaan suorittaa joko kattilan alasajon tai ylösajon aikana niin, että testaus ei aiheuta kattilalle vaurioita.

9.4.5 Dokumentointi

Turvajärjestelmiin liittyvän dokumentoinnin tulee sisältää seuraavat asiat:

1. Turvallisuuteen liittyvien järjestelmien toimintakaaviot ja selostukset
2. Suojaus-, lukitus- ja hälytysrajaparametrit
3. Turvajärjestelmien piirikaaviot
4. Turvajärjestelmien muutos-, testaus- ja hyväksymisohjeet
5. Säättötoimintojen sanalliset kuvaukset
6. Säättökaaviot
7. Ohjelmalistaukset tai vastaavat listaukset
8. Operointiohje
9. Varmuuskopiot
10. Koestuspöytäkirjat.

Lisäksi suositeltavia ovat:

1. Turvallisuustoimintojen toimintaselostukset
2. Käyttöohje
3. Vuritysohje.

9.5 Turvallisuuden parantaminen automaation käytön avulla

Soodakattilan käytön turvallisuutta voidaan parantaa automaation oikealla ja täysipainoisella käytötavalla:

1. Hälytykset
2. Kunnonvalvonta
3. Ohjeet
4. Näytöt ja operointi (erityisesti lukitus- sekä toimintakuvausikkunat)
5. Itsediagnostiikka
6. Hyvin viritetyt säädöt.

Edellä mainitut piirteet liittyvät automaation käyttöliittymään, jonka tehtäviä ovat mm. prosessin tilan esittäminen, ajomuutosten hallinta, prosessin tehokkuuden seuranta,

häiriöiden hallinta, prosessin tilan analysointi ja ajomuutosten ennakointi sekä prosessin viritys.

9.5.1 Hälytykset ja ilmoitukset

Hälytykset jaetaan prioriteettinsa mukaisesti ilmoituksiin ja hälytyksiin. Hälytyksiä voidaan luokitella kriittisyysasteen mukaan niin, että turvallisuuden kannalta merkittävimmät ilmaistaan kiireellisimpinä. Turvallisuuden kannalta kriittiset hälytykset tulee ilmoittaa 10 ms:n tarkkuudella, ja erottelutarkkuuden tulee olla 10 ms tai pienempi.

Tapahtumista tulee kerätä riittävästi tietoa. Analysointiin tulee kiinnittää erityishuomiota, jotta voidaan selvittää tapahtumien syy-seuraussuhteet. Näin ollen ensihälytysten ilmaisuun soodakattiloiden häiriötilanteissa sekä alas- ja ylösajoissa tulee kiinnittää erikoisesti huomiota.

Ilmoitukset ovat informatiivisia eivätkä normaalisti aiheuta erikoistoimenpiteitä. Esimerkkinä mainittakoon mm. "soodakattila: optimoiva happisäätö otettu päälle".

Kriittiset hälytykset tulee erottaa muista joko näyttövärein tai hälytyksen erikoisäänellä, jotta niihin reagoitaisiin välittömästi. Näitä hälytyksiä ovat mm.:

1. Tulistuslämpö
2. Syöttöveden ja tulistetun höyry virtausero
3. Tulistuksen jäähdytysveden määrät
4. Syöttövesipumpun pysähtyminen
5. Höyryn paine
6. Höyryn paine- ja lämpötilagradientti
7. Syöttöveden paine
8. Lieriön pinta
9. Ilmapuhaltimet
10. Savukaasupuhaltimet
11. Kanavien paineet
12. Kattilan painehäviö
13. Lipeäpumpun pysähtyminen
14. Liuottimen pinta
15. Sularännien vesikierto ja lämpötila
16. Sähkösuotimen toiminta
17. Pesurien toiminta
18. Apupolttimien pikasulut.

Järjestelmässä tulee olla hälytys, mikäli kattilasuoja-, pikapysäytys-, pikatyhjennystoiminnot tai kattilan turvallisuudelle tärkeä käynnistys (turbopumppu) eivät jostain syystä toimi loppuun saakka (päätetilavirhe). Järjestelmän tulee valvoa, että turvallisuuskriittisten järjestelmien rinnakkaiset kanavat ja anturit toimivat samalla tavalla.

Hälytyksien toteutukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota jo suunnitteluvaiheessa, jotta vältetään käyttäjää turhauttavilta hälytyksiltä.

9.5.2 Kunnanvalvonta ja mittaukset

Soodakattilan toiminnalle oleellisten laitteiden (mm. tärkeimmät puhaltimet ja pumput) kunnan seurantaa voidaan suorittaa ohjelmallisesti, jos ao. laitteet on varustettu sensorein (mm. lämpötila, pyörimisnopeus, värinä, venyminen jne.). Kunnanvalvonnan ilmoittaessa laitteen vikaantumisen vaarasta se voidaan vaihtaa pois käytöstä ja korjata varalaitteen ollessa käytössä.

Soodakattilalaitoksen tärkeimpien mittalaitteiden kunnan ja oikean toiminnan valvonta voidaan tehdä joko suoraan mittalaitteessa (kiinteät toimintarajat) tai ohjelmallisesti tai molemmiin tavoin. Mittalaitteiden toiminnan valvonnalla saadaan laitteiden toimintatilatiedot kunnanvalvontaan ja käyttäjälle.

9.5.3 Ohjeet

Käyttötilanteiden vaihtuessa tulee esille erilaisia toimenpidetarpeita, joita joko ei ole tullut esille pitkään aikaan tai ne ovat niin monimutkaisia, että ne vaativat tarkempia ohjeita. Tällaisia tilanteita ovat mm. alas- ja ylösajot, pikapysäytykset, pikatyhjennykset jne.

Näiden tilanteiden hallintaa helpottamaan voidaan automaatiojärjestelmään rakentaa käyttöohjeita, joiden avulla käyttäjä pystyy hakemaan näytölle aktiivisena olevan toimenpide ohjeen, ja samalla hän voi katkotta seurata prosessitilanteen kehitystä. Ohjeet voivat pitää sisällään suoranaisia ohjeita eri tilanteisiin, ne voivat olla käyttäjän itsensä kirjoittamia, kokemukseen perustuvia neuvoja ja ohjeita tai tilanteen mukaisia, ohjelmallisesti tuotettuja päätelytietoja.

9.5.4 Näytöt ja operointi

Näytöt jakaantuvat yleisnäyttöihin, yksityiskohtanäyttöihin ja erikoistilannenäyttöihin. Yleisnäytöt on tarkoitettu prosessin normaaliajoon, yksityiskohtanäytöt mm. säätäjän parametrien muutoksien seurantaa varten. Erikoistilannenäytöt ovat mm. turvallisuuteen (esim. pikapysäytyksen seuranta) ja tehokkuuden seurantaan liittyviä näyttöjä, joihin on oltava joko suoravalintanäppäintoiminto tai ao. näytön muu nopea poiminta.

Kriittisen suureen antama hälytys voidaan näyttää kirkkaalla värillä näytössä, jolloin siihen reagoiminen nopeutuu. Näyttöissä oleelliset asiat kannattaa varustaa joko kehyksin tai käyttää tekstissä suurempaa fonttikokoa. Lisäksi on huomioitava, että eri näyttöissä toistuvat samat asiat voidaan sijoittaa näytössä aina samaan kohtaan (esim. yläoikea), jolloin käyttäjä voi hakea tiedon aina samasta paikasta (näkömuistin näyttö). Ryhmä- ja sekvenssiohjauksiin kuuluvien laitteiden ohjauksien on purkauduttava häiriötilanteissa.

9.5.5 Ylläpito

Soodakattilan automaation ylläpitoon on kiinnitettävä erikoista huomiota, jotta käytettävyyden ja prosessin hyötysuhde säilyvät mahdollisimman korkealla tasolla. Automaation laitteille ja säädöille on tehtävä määrävälein huollot ja viritysten tarkistukset. Lukituksille ja suojuuksille on suoritettava määrävälein primääriset koestukset. Kaikki huollot, viritykset ja koestukset on dokumentoitava. Lukitusrajojen tai -toimintojen muuttuessa on päivitettävä myös käyttö- ja ylläpitodokumentit.

10 SOODAKATTILAN OHJEISTUS

Reijo Hukkanen, Enso Fine Papers Oy

10.1 Soveltaminen

Soodakattilan turvalliseen ja taloudelliseen käyttämiseen ja korjaamiseen tarvittava ohjeisto.

10.2 Käyttö- ja kunnossapito-ohjeet

Paineastia-asetuksessa todetaan mm: "Paineastian valmistajan tai maahantuojan on riittävän ajoissa annettava paineastian omistajalle tai haltijalle hänen haluamallaan kotimaisella kielellä laaditut käyttö- ja kunnossapito-ohjeet sekä paineastiaa luovutettaessa tarkastuskirja." [Paineastia-asetus n:o 549 13§]

Käyttö- ja kunnossapito-ohjeet on laadittava osaksi mahdollista tehtaan laatujärjestelmää. Käytönvalvojan on yleensä hyväksyttävä kattilalaitoksen käyttöohjeisiin tehtävät muutokset.

Soodakattilan käyttö- ja kunnossapito-ohjeet on kattilan käyttöönoton ja suurten muutostöiden jälkeen sekä muulloinkin säännöllisin välein päivitettävä. Tämä on vastaavasti määrätty edellä mainitussa asetuksessa kattilan omistajan velvollisuuksiin.

Käyttöohjeeseen voidaan ja yleensä tulee sisällyttää seuraavia asioita:

- tiedot laitteista
 - mitoitusarvot
 - tekniset tiedot
 - laiteluettelo
 - tarpeelliset kaaviot
- varolaitteet
 - tekniset tiedot
 - avautumispaineet
 - koestusohje
- laitoksen toiminta prosessilohkoittain
 - prosessitiedot, säädöt, ohjaukset sekä lukitukset prosessilohkoittain esitettynä
- käynnistys ja pysäyttäminen
 - käynnistys
 - pysäytetyn prosessin käynnistys
 - pysäytys lyhyeen tai pitkään seisokkiin
 - äkillinen pysäytys

- normaalikäynti
 - valvonta automaatiojärjestelmästä ja kierrot kattilalla
 - poikkeusten havainnointi
 - hälytysten ja varoitusten käsittely
- häiriötilanneohje ainakin seuraaville poikkeamille:
 - poikkeamat normaaleista ajotavoista
 - vesihäiriö
 - ”pullotusohje”
 - sähköhäiriö
 - vaarahälytysohje
 - pikapysäytysohje
 - pikatyhjennysohje
- ympäristönsuojeluohjeet
 - öljyvahingot
 - sähkösuodin- ja pesurihäiriöt ja hajukaasupäästöt
- testaukset ja koestukset
 - oikeutukset testaukseen ja tehtyjen testausten dokumentaatio
 - valmistelevat toimenpiteet
 - koestukset (vaarahälytys, pikapysäytys, pikatyhjennys)
- Automaatiojärjestelmän operointiohje
- kunnossapito-ohjeet

10.3 Turvallisuusohje

Laitoskohtainen ohje kattilalaitokselle, joka voi sisältää muitakin kuin soodakattiloita. Suojelusuunnitelma vaaran arviointeineen on yleensä osa turvallisuusohjetta.

- yleiset ohjeet
 - ohjeen sitovuus ja tiedotus sekä sen noudattaminen ja valvonta
 - työskentely, luvat (mm. tulenkäsittelyluvat) ja liikkuminen
 - vaarahälytysjärjestelmä (poistumishälytys)
(käytön syyt, suorittaminen ja koestukset)
 - poistumistiet
- pelastustoiminta
 - sammutusvälineet
 - ensiapu
 - palokunta, kartat, opasteet

- erityiset vaaratilanteet soodakattilalla
 - tulipesäräjähdykset
 - kuiviin kiehunnan vaara
 - sula-vesiräjähdykset
 - paineenalaisten osien räjähdysvaara
- vaarojen ehkäisy ja toiminta vaaratilanteessa
 - tulipesäräjähdyksen estäminen öljynpoltossa
 - pikapysäytyksen vaativat häiriöt soodakattilalla
 - pikapysäytyksen suoritus
 - pikatyhjennyksen suoritus
 - liuotinräjähdykset ja niiden estäminen

10.4 Työn opastusohjeet

Työpestekohtainen työntekijän opastusohje. Ohjetta tehtäessä huomioidaan opastettavan työkokemus. Ohje laaditaan tarkkuudeltaan päiväkohtaiseksi. Ohjeeseen sisällytetään riittävästi kertausta ja testausta opetetun omaksumisesta.

Työn opastajat tulee valita huolella ottamalla huomioon työkokemus ja henkilökohtaiset ominaisuudet. Työnopastajat tulee kouluttaa työnopastuskurssilla.

Kattilalaitoksessa on huolehdittava myös riittävästä koko henkilöstön jatkokoulutuksesta, sekä työn kierrosta eri tehtävissä.

11 VESIKEMIA JA VEDENKÄSITTELY

Jorma Kiimalainen, Tampereen Prosessi-Insinöörit Oy

11.1 Yleistä

Periaatteeltaan soodakattilan vesikemia on samanlainen kuin vastaavanpaineisessa voimakattilassakin. Suomessa soodakattilat ovat yleensä paineluokassa 84 bar. DENÅ:n ohjearvosuosituksessa kattilavedelle määritetään tärkeimmät analyysiarvot rajoineen, joita kussakin paineluokassa tulee noudattaa. Käytännössä soodakattilalaitoksissa pyritään seuraamaan seuraavaksi korkeamman paineluokan ohjearvoja, jolloin ollaan kattilan toimivuuden ja keston kannalta ns. varmalla puolella. On huomattava, että DENÅ:n normit ovat tarkoitettu kattiloille, joissa käytetään fosfaattiin perustuvaa alkalista ajotapaa. Jos kattilaveteen ei syötetä fosfaattia, vaan ainoastaan kalvonmuodostaja-amiinia, muuttuu vesikemia olennaisesti. Kalvonmuodostaja-amiinit (polyamiinit) syötetään syöttö-veissäiliöön, ja ne muodostavat kattila- sekä lauhdejärjestelmissä veden koskettamille pinnoille ohuen suojakalvon. Koska polyamiinit eivät haihtuvina aineina puskuroi kattilavettä kuten fosfaatit, on kattilaveden puskurikapasiteetti lähes olematon ja pH:n vakaana pitäminen on hankalaa. Onko kattilaveden alkalointi polyamiinimenetelmässä tärkeää? Tässä asiassa mielipiteet eroavat eri käyttäjien kesken.

Soodakattiloiden syöttövetenä käytetään poikkeuksetta suolavapaata vettä. Kattilaveden laatua voidaan säädellä ainoastaan tarkkailemalla ioninvaihtolaitoksen toimintaa, lauhteiden käsittelyä, säätämällä kemikaalien syöttöä (mikä se kussakin tapauksessa onkaan) ja ulospuhalluksen määrää. Kattiloilla määritetään ulospuhallustarve erilaisten kriteerien perusteella. Joissain tapauksissa sen määrittää kattilaveden sähkönjohtavuuden nousu, Na^+ -, K^+ -pitoisuus, korkea pH, KMnO_4 -kulutus tai korkea silikaattipitoisuus. Soodakattilan vesiarvojen seurannassa on ensiarvoisen tärkeää suorittaa näytteenotto oikein.

11.2 Näytteenotto ja valvonta

Näytteenottoyhde tulee asentaa kattilan laskuputkeen niin, että putken sisälle tulee näytteenottosuutin, mikä varmistaa oikean näytevirran koko putkipiirilin alueelta. Suutin on olennainen, sillä kattilavesikemikaalit piiloutuvat putkipinnalle ("hide-out"-ilmiö). Jos näyte otetaan vain putkiseinään hitsatun yhteen kautta, se ei edusta todellista kattilavettä.

Usein näkee näytettä otettavan ulospuhallusputkesta. Käytettäessä fosfaatteja kattilaveden kemikaliointiin, muodostuva jälkikovuussakka $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ ja $\text{Mg}(\text{OH})_2$ leijuu höyrylieriön vesipinnan tuntumassa, josta ulospuhallusputki lähtee. Tämän vuoksi epäpuhtaudet ovat ulospuhallusvedessä konsentroituneempina kuin varsinaisessa kattilavedessä. Näin otetusta näytteestä tehdään väärät päätelmät kattilavesiarvoista, ja ulospuhallus on usein liian suuri.

Kattilaveden arvoja seurataan laboratorioanalyysien sekä jatkuvatoimisilla mittareilla. Kattilaveden pH- ja sähkönjohtavuusmittaukset ovat jokapäiväistä rutiinia. Useissa laitoksissa silikaattia seurataan automaattianalysaattorilla. Käytännössä on huomattu, että soodakattiloilla, joissa kemikaalina on polyamiini, ei automaattisilla silikometreillä saada luotettavia ja toistettavia silikaattianalyysejä. Polyamiini pinnoittaa analysaattorin optisen mittakyvatin, jolloin tulos vääristyy.

Kattilavesiärvot tulisi analysoida laboratoriossa kerran päivässä. Tuloksia verrataan automaattien näyttöihin, jolloin niiden toiminta ja toimintavarmuus tulee testattua.

Soodakattilasta lähtevän kylläisen höyryn pH, sähkönjohtavuus, silikaatti- ja Na^+ -pitoisuuksien seuranta suoritetaan päivittäin laboratoriossa automaattimittausten ohella. Näin seurataan pisananerotuslaitteiden toimintaa ja varmistetaan, ettei tulistimiin eikä turbiiniin muodostu suolakerrostumia.

11.3 Laatu

Kun soodakattilan vesikemia on hoidettu oikein, kemikaliointi on järjestetty kunnolla ja ohjearvoja on noudatettu, on putkien ja lieriöiden pinnoille muodostunut magnetiittikalvo pienikiteinen ja tiiviisti teräspinnassa kiinni. Tiivis kalvo suojaa terästä happi- ja eroosiokorroosiolta. Oikeanlainen kalvo on väriltään tummanharmaa ja muodostaa tasaisen pinnan.

Soodakattilan ensi- tai kunnostuspeittauksen jälkeen on magnetiittikalvon kehitysajolla tärkeä merkitys. Kehitysajo tulee suorittaa hapettomalla, lähes neutraalilla kattilavedellä. Vettä on vaihdettava kattilassa mahdollisimman paljon. Tällöin teräspinnoille muodostuu hitaasti pieniä magnetiittikiteitä tiiviiksi kerrokseksi, jotka ovat hyvänä pohjana suojaavalle kalvolle. Kehitysajon kemikaliointiin riittää hapenpoistokemikaalin annostelu syöttöve- teen. Fosfaatin tai lipeän syöttöä ei suositella pH:n säätöön, sillä niitä käytettäessä on magnetiittikiteiden kasvu nopeaa eikä kalvosta tule kyllin tiivis.

Käytettäessä kattilaveden kemikaliointiin kalvonmuodostaja-amiineja, ei veden kosketta- milla teräspinnoilla ole magnetiittikerrosta, vaan silmällä havaitsematon polyamiinikalvo. Jos kemikaali toimii hyvin, putkien ja lieriön pinnat ovat teräksenharmaat. Jos teräspin- noilla havaitaan punertavaa kerrostumaa, tällöin joko polyamiinikerros ei ole tiivis tai kattilavedessä on ennen alasajoa ollut huomattavasti liuennutta rautaa.

11.4 Ongelmatilanteet

Soodakattilan syöttövesi koostuu lisävedestä ja lauhteesta. Kattilavesianalyysien seurataan päivittäin tärkeimpiä arvoja, mutta jos on syytä epäillä veden- tai lauhteenkäsittelylaittei- den toimimattomuutta tai vuotoja vesisysteemiin, otetaan kattilavedestä ja syöttövedestä näytteitä, joista analysoidaan:

- kovuus
- SiO_2
- Na^+/PO_4
- KMnO_4 -kulutus

Kovuus ilmaisee raakavesivuodon lauhteisiin.

Ioninvaihtosarjan liian pitkän ajojakson suhteesta voidaan päätellä natriumvuoto ionin- vaihtimesta tai raakavesivuoto lauhteen joukkoon, jolloin sitä tietä pehmentimestä tulee liikaa natriumia syöttöve- teen. Natriumin joutuminen syöttöve- teen ja sitä kautta kattilaan nostaa vapaan alkalin (NaOH) määrää kattilavedessä. Kemikaaleilla on taipumus väkevöi- tyä kuumien putkiseinien läheisyyteen magnetiitin joukkoon. Tästä ns. "hide-out"- ilmiöstä saattaa aiheutua suoranaista alkalikorroosiota ja siitä johtuvaa magnetiittikerrok-

sen liukenemista. Tällöin syntyy vetykaasua, joka tunkeutuu teräkseen aiheuttaen vetyhaurastumaa. Myös vedyn ja teräksessä olevan hiilen välisessä reaktiossa syntyy metaanirakkuloita, joissa paine saattaa nousta aina 100 barin, kuten vetyrakkuloissakin. Nämä aiheuttavat pullistumia ja säröilyä putkimateriaalissa.

Natrium-fosfaatti tasapainon seuraamiseksi on laadittu käyrästöjä (ns. koordinoitu fosfaattimenetelmä), joiden avulla voidaan pH-fosfaattianalyysin perusteella määrittää syötettävän fosfaatin laatu (tri-, di- tai mononatriumfosfaatti).

Merivesivuotojen tai prosessiliuoksissa olevien happamien kloridien joutuminen kattilaveteen aiheuttaa myös vedyn kehittymistä kuumilla putkipinnoilla, ja tätä tietä syntyy ns. "vetyhyökkäys", jolloin putkimateriaalit haurastuvat.

Soodakattilalaitoksissa valvotaan prosessista palaavien lauhteiden sähkönjohtavuutta automaattisesti. Kun johtavuus ylittää asetetun ylähälytysrajan, kääntyvät lauhdevirrat kanaaliin. Sähkönjohtavuusmittaus ei reagoi orgaanisiin aineisiin, joten esimerkiksi glykoli, tärpähti yms. eivät näy mittauksissa. Näiden yhdisteiden esiintyminen kattilavedessä laskee kattilaveden pH:ta jopa happamaksi. Tämä johtuu siitä, että orgaaniset aineet hajoavat lämmön vaikutuksesta hiilidioksidiksi (CO_2), joka reagoidessaan veden kanssa synnyttää hiilihappoa (H_2CO_3). Tällaisten vuotojen havaitsemiseksi määritetään KMnO_4 -kulutus syöttö- ja kattilavedestä. Kun havaitaan epätavallisen korkeita KMnO_4 -kulutusarvoja, vaihdetaan kattilavettä mahdollisimman paljon ja jäljitetään vuotoja KMnO_4 -analyysin.

12 SOODAKATTILAN VESIPESU

Reijo Hukkanen, Enso Fine Papers Oy

12.1 Soveltamisala

Soodakattilan puhdistaminen ennen kattilaan tehtäviä korjauksia tai tarkastuksia sekä tukkeentuneen kattilan pesu.

12.2 Edellytykset soodakattilan vesipesulle

Soodakattilat on rakennettava ja korjattava ottamalla huomioon vesipesun tarve, suoritustapa ja vesipesun tuomat korroosio- ja suolavesiongelmien sekä kattilan rakenteeseen että myös kattilahuoneessa oleviin laitteisiin. Kattilan sisäpuoliseen pesuun on hyvä sisällyttää aina kattilan ulkopuolinen pesu jälki- ja sivutyönä.

Kattilan rakenteissa tulee huomioida seuraavaa:

- Seinämien ja aukkojen on hyvä olla vesitiiviitä eikä vettä saa kerääntyä aukkojen kehyksiin.
- Massausten tulee olla vedenkestäviä (esim. LC -massa.)
- Lämpöpintoja ei tule suunnitella ja asentaa välittömästi kiinni seinäpintaan, jotta lämpöpinnat peseytyisivät täysin puhtaaksi ja kuivuisivat helposti eivätkä altistuisi korroosiolle. Tällainen lämpöpinta, joka on käytännössä suolakerroksen peittämä, on lisäksi tehoton.
- Kuljettimet ja tuhkasuppilot on rakennettava niin, että pesuveden pois johtaminen otetaan huomioon. Ekonomaisesta ja keittopinnalta tuleva ”puhdas” suolaliuos on myös usein edullista käsitellä erillisenä, koska sen johtaminen vesistöön voidaan yleensä tehdä ilman lisätoimenpiteitä. Tulipesästä tulevan sulfidipitoisen liuoksen jatkokäsittely on huomattavasti ongelmallisempaa.

Kattilan ulkopuolisissa rakenteissa tulee huomioida seuraavaa:

- Eristysten tulee olla niin tiiviitä, että ne eivät päästä valuvaa vettä läpi. Eristepeltien on oltava kaikkialla profiloituja ja kattopinnoissa on oltava huomattavat kallistukset.
- Automaation ja sähköistyksen osalta koteloiden, laitteiden, kaapeliläpivientien, moottoreiden kytkentäkoppien yms. tulee olla rakennettu vesitiiviiksi. Kaapeliläpiviennit on tiivistettävä silikonimassalla. Palohälytys ja ilmoituslaitteet ovat osoittautuneet kaikkein huonoiten vettä kestäviksi.
- Betonilattiat tulee varustaa riittäväillä reunakohotuksilla ja kallistuksilla. Myös ulkoseinäelementtien tulee olla niin tiiviitä, että ne eivät päästä alas valuvaa vettä läpi. Kannatinpalkkien risteyksiin on hyvä tehdä vedenpoisto.

- Kattilalle on rakennettava pesuvesiputkisto lisäksi siihen sokeointijärjestelmä, jotta vesi ei joutuisi tahattomasti kattilaan. Kattilan ulkopuolinen pesu vaatii myös runsaasti vedenottopisteitä ja putkistoa.

12.3 Pesuvesi

Kokemuksen mukaan soodakattilan pesu edellyttää minimissään 60 °C:n lämpötilaa. Tehokkaaksi pesu tulee jo 70 °C:n vedellä. Ekonomaisierit ja keittopinta peseytyvät jo 50 °C:lla vedellä. Jos pesuvesiputkistoon liittyy letkuyhteitä työsuojelullisten seikkojen vuoksi, korkeampia lämpötiloja ei voida käyttää.

Veden paineen tulee olla nuohoin tasolla vähintään 5 bar. Korkeat paineet rikkovat nuohoimen reaktiovoimien vuoksi.

Pesuvetenä voidaan käyttää lämmitettyä, mekaanisesti puhdistettua vettä. Primäärilauhteen käytöstä ei varastokapasiteettia lukuun ottamatta ole erityistä hyötyä. Sekundäärilauhdetta käytettäessä tulee varautua hajuhaittoihin. Jälkilämmön johdosta soodakattilan omalta savukaasupesurilta saatavaa lämmintä vettä voidaan hyödyntää ekonomaisierin ja keittopinnan alueella.

Veden tarve koko kattilan puhtaaksi pesussa on arviomäärältään n. 1000 m³. Jäteveden aiheuttama lupakäsittely tulee hoitaa paikkakuntaakohtaisesti.

12.4 Pesun aloittaminen

Turvallinen pesun aloitusaika on luonnollisesti kattilakohtainen. Jos kattila on alaspoltossa saatu hyvin pienelle keolle tai keottomaksi, voi pesu käytännössä alkaa ekonomaisierin alueella n. 8 tuntia lipeän polton lopettamisen jälkeen. Jähmettynyttä sulaa (kekoa) on tällöin jäähdytettävä paineenlaskun aikana primääri-ilmalla. Kattilan lieriön ja pohjaputkien lämpötila on silloin n. 100 °C. Suuren keon kyseessä ollessa pesun aloitukseen voi mennä 8 -16 h öljynpolton lopetuksesta.

Kattilakohtaisesti on nimettävä henkilö, joka voi antaa luvan pesun aloitukseen. Ekonomaisierin alueet, joista vesi ei voi päästä kattilan puolelle, voidaan pestä aiemmin. Eräät ohjeet antavat tähän mahdollisuuden kattilan paineen ollessa 10 bar.

12.5 Pesun suoritus

Kattila ja ekonomaisieri pidetään täynnä vettä pesun aikana. Kattilan savukaasu ja ilmanpuhaltimet pidetään käynnissä paineenlaskun aikana. Veto säädetään sellaiseksi, että savukanavissa ja sähkösuodattimessa säilyy lähes käyttölämpötila. Ilmarekisteriin muodostetaan ilmalla pieni vastapaine, ettei suolainen pesuvesi aiheuta tuhoja rekistereissä ja kattilan ulkopuolella. Juuri ennen pesun aloitusta savukanaviin järjestetään tuuletusta avaamalla muutamia luukkuja eri puolilta kattilaa, erityisesti ekonomaisierin jälkeen. Edellä olevalla järjestelyllä pystytään käytännössä pitämään sähkösuodin kuivana, koska se on näin säilynyt lämpimänä. Happimittausten anturit ja tulipesäkamerat poistetaan pesun ajaksi.

12.5.1 Tulistinalueen ja tulipesän sisäseinien pesu

Pesu suoritetaan käytännössä aina nuohoimilla. Pesu aloitetaan yläosasta ja ekonomaisemmin puolelta siten, ettei ajettavan nuohoimen yläpuolella ole nuohoimia rikkovaa putoavaa suolaa. Tulistinalue voidaan pestä helposti niin puhtaaksi, ettei suojatason rakentamista tarvita. Tämä edellyttää visuaalista tarkastelua pesun aikana ja nuohouksen keskittämistä tarpeellisiin kohtiin. Jos kattilan tulipesässä suoritetaan seisokin aikana töitä, on edullista pestä lopuksi tulipesän sisäseinät tulipesän yläosasta suuttimien avulla seinälle johdetulla vedellä. Tällainen pesu vie aikaa noin 2 tuntia, ja näin saavutetaan täysin puhtaat seinät. Kattilan pohjalla tehtävät korjaus- ja tarkastustyöt helpottuvat näin merkittävästi. Tulistimista pudonnut suola liuotetaan tarvittaessa välittömästi pois pesän pohjalta.

12.5.2 Tulipesän pohjan puhtaaksipesu

Tulistinalueen puhdistuttua pesua jatketaan tarvittaessa pohjan pesulla. Tämä voidaan aloittaa samaan aikaan kuin tulipesän seinämien pesu. Puhtaaksi pesu edellyttää veden johtamista pohjalle riittävällä nopeudella, jotta pohjalla oleva vesi saadaan liikkumaan ja liuottamaan sulaa. Peseytymistä on tarkkailtava ja keskitettävä pesu tarpeellisiin paikkoihin. Pesu on edullista keskeyttää 1 - 2 kertaa ja poistaa vesi pohjalta kokonaan. Näin saadaan sulan liukenemista hidastava noki liikkumaan ja poistumaan veden mukana dekantoitavalta pohjalta. Kattilan pohjan pesu vie aikaa noin 8 - 12 tuntia. Lopputuloksena pohjalla voi parhaassa tapauksessa olla vain hieman nokea ja sulaa putkievien päällä sekä muutama irtokami. Kattilan pohjan loppupesua tehdään menemällä tulipesään ja letkuttamalla lämpimällä vedellä samaan aikaan, kun pohjan matalammalla olevasta kohdasta imetään vettä pois. Veden pois imeminen tehdään putkien välistä muotoillun suuttimen avulla käyttämällä imuautoa.

Korkeapainepesun käyttö pohjan pesussa on kokemuksen mukaan tarpeetonta. Erityisesti on huomattava, että metalliruiskutuksella pinnoitettu pohja ei kestä korkeapainepesua ilman, että pinnoite vahingoittuisi. Kattilahuone ja kattilan kulkuaukot pestään letkuttamalla pesun loppuvaiheessa.

12.6 Kattilan kuivaus

Kattila on pesun jälkeen kuivattava ainakin alueelta, joka on rakennettu korroosiolle alttiista normaalista paineastiateräksestä. Kuivaukseen voidaan käyttää savukaasupuhaltimella aikaansaattua ilmanvaihtoa tai lämmitettyä primääri- tai sekundääri-ilmaa. Kattila tyhjenetään pesun loppuvaiheessa, jotta kuivaus voidaan tehdä.

Korroosion vuoksi pohjan puolittainen kuivaaminen ei ole suositeltavaa. Tällainen tilanne syntyy liian lyhyellä ilma-kuivauksella tai käynnistyspolttimien käytöllä. Käynnistyspolttimilla kattilan paine tulee nostaa vähintään 5 bariin. Riittävä kuivuminen ei tällöinkään ole aivan varmaa, koska tunnetaan lukuisia tapauksia, joissa kattila on pesun jälkeen otettu käyttöön ja todettu yhdestä rännistä tulevan vielä pesuvettä, kun toisesta rännistä tulee jo sulaa. Pinnoitetun pohjan kuivaamisessa tulee myös noudattaa tarkkaa harkintaa, koska pinnoitteet eivät ole tiiviitä ja on mahdollista, että pinnoite irtoaa syntyvän korroosion takia. Erääksi hyväksi tavaksi kuivata puhdistettu pohja tarkastusta varten on huomattu pohjan lämmittäminen putkiston sisäpuolelta tyhjennys yhteen kautta johdetulla 110 - 120 °C:lla lauhteella.

13 LIUOTTAJA

Kari Auvinen, Oy Metsä-Botnia Ab

13.1 Liuottaja

Soodakattilan pohjalta valuva sula saa laihavalkolipeän kanssa aina aikaan jonkin asteisia räjähdyksiä liuottajassa. Tämän johdosta esim. KLTK:n laatima Soodakattiloiden Suoje-luohje neuvoo tekemään liuottajat lujarakenteisiksi. Lisäksi ohjeessa käsitellään liuotinrä-jähdyksen edellytyksiä.

13.2 Rakenne

Liuottaja on hiiliteräksestä tehty säiliö, jonka seinät ja pohja on vuorattu betonipinnoituk-sella. Tämä suojaa vaippalevyä syöpymiseltä, kulumiselta ja toimii samalla äänenvaimen-timena liuottajan paukkumista vastaan.

On kokeiltu myös sellaista rakennetta, jossa seinä on tehty kahdesta haponkestävästä levystä, joiden väli on täytetty betonilla. Perinteinen betonipinta on kuitenkin yleisesti käytössä. Mikäli pohjassa esiintyy alueita, joista betonointi kuluu pois, on paikallinen suojaus haponkestävällä levyllä käyttökelpoinen korjausmenetelmä.

13.3 Sekoittimet

Jotta sula saataisiin liuotettua mahdollisimman tasaisesti laihavalkolipeään, tarvitaan riittävän tehokkaat sekoittimet. Ne voivat olla joko liuottajan katolla olevat pysty akseliset tai seinillä olevat vaaka-akseliset potkurisekoittimet. Pystymallisen sekoittimen etuna on se, ettei akselin tiivisteiden kanssa tule ongelmia, mutta tällöin katosta kannatettu pitkä akseli joutuu kovan kuormituksen alaiseksi. Nykyaikaiset sekoittimet ovat seinissä, ja akselitiivisteinä on punos- tai mekaaninen tiiviste. Sekoittimen akseli pitää tehdä koko-naan haponkestävästä teräksestä, muuten akselin syöpyminen aiheuttaa vuotoja akselin ja poksiholkin välistä.

Sekoittimen sijoittelussa täytyy ottaa huomioon seuraavia seikkoja:

Suoraan hönkätorvien alapuolella olevat sekoittimet vaurioituvat hönkäputkien seiniin kerrostuneiden kamien tippuessa alas. Potkurin suojus estää rikkoutuessaan sekoitinta pyörimästä ja on jopa ohentunut, jolloin potkurin akseli on katkennut tämän johdosta.

Pohjan kuluminen lisääntyy mikäli sekoittimet ovat liian alhaalla ja lähellä pohjaa. Sekoittimien pyörimissuunta tulee varmistaa sellaiseksi, että virtaus on seinästä pois päin. Tämä vähentää seinän kulumista sekoittimien ympärillä.

13.4 Höngän poisto

Sulan tulo liuottajaan aiheuttaa hönkimistä. Hönkä on kuumaa (80 - 100 °C) ilmaa, jonka suhteellinen kosteus on lähes 100 %. Hönkä sisältää natriumsuoloja pölynä sekä sumu-pisaroihin liuenneena.

Höngän poisto tapahtuu soodakattilarakennuksen katolle tai savukaasupesurin kautta savupiippuun. Ilmansuojelumääräysten mukaan höngät täytyy ensin pestä. Hönkäpesuri on varustettu kierrätyspumpuilla, suihkusuuttimilla ja usein pisaranerottimella. Pesuneste kiertää jäähdyttimen kautta ja siihen lisätään jatkuvasti laihavalkoliipeää. Liika neste poistuu liuottajaan.

13.5 Viherlipeäpumput

Viherlipeäpumppuja on vähintään kaksi kappaletta. Periaatteena on, että toinen pumppaa viherlipeää kaustisointiin ja toinen, varapumppu, on laihalipeähuuhtelulla vähän samaan tapaan kuin viherlipeä- ja laihavalkolipeälinjat soodakattilan ja kaustisoinnin välillä. Näin ei tilanne kuitenkaan aina ole, vaan joskus tarvitaan kaikki pumput viherlipeän siirtoon. Lisäksi voi olla oma pumppu, joka kierrättää viherlipeää sulan hajotukseen.

13.6 Instrumentointi

Kaksi välttämätöntä tietoa, jotka liuottajalta täytyy saada ovat liuottajan pinta ja viherlipeän tiheys. Perinteisesti näiden molempien mittaukseen on käytetty kuplailuputkia, joiden toiminta perustuu paineilman pursotukseen. Lisäksi pinnan varmistaminen esim. mekaanisen uimurin ja siitä tulevan hälytyksen kautta on tarpeen. Tiheyden mittausta voidaan suorittaa myös putken ulkopuolelle asennetun radioaktiivisen mittarin avulla. Myös refraktometriä on ruvettu käyttämään tähän tarkoitukseen. Tiheyden säätö voidaan tehdä myös useammassa vaiheessa. Liuottajassa voidaan tehdä hieman karkeampi säätö, jota ensimmäisen kerran korjataan tasaussäiliön ja selkeyttimen välissä. Sitten lopullinen hienosäätö tehdään selkeyttimestä sammuttimeen menevälle lipeälle. Liuottajan tiheysmittausten kalibrointi tulee suoritettua siten, että titraus tehdään esim. joka toinen tunti.

13.7 Viat ja ongelmat

Vaikka laihavalkolipeässä oleva meesa ja muut kiteytyvät partikkelit aiheuttavat hyvinkin paksuja kerrostumia liuottajassa, kuluttaa potkurin aiheuttama virtaus betonivuorauksen pois ja aiheuttaa vuotoja sekoittajien läheisyyteen seinissä ja pohjassa. Betonoinnin korjaaminen vaatii aina kunnolliset puhdistukset, jotta tulos olisi luotettava. Ongelmatilanteita taas aiheuttaa kiteytyminen, joka tukkii viherlipeäpumppujen juoksupyörät, pesät ja viherlipeälinjat. Myös kuplailuputkien tukkeutuminen aiheuttaa sekä pinnan että tiheyden mittaamisessa virhettä. Katosta sisään viedyt kuplailuputket pysyvät paremmin auki kuin seinästä sisään viedyt.

13.8 Turvallisuusnäkökohdat

Kuten aiemmin tuli todettua, liuottajan tulee kestää normaalista sulan tulosta aiheutuvat räjähdykset, mutta poikkeuksellisen suuret paineen nousut tulee estää.

Tätä varten liuottajaan tehdään ns. "räjähdysluukku", joka avautuu vaarattomaan tilaan. Lisäksi hönkäpesurin ohitusputkessa on painoilla varustettu pelti, joka avautuu paineen noustessa. Räjähdysedellytykset ovat olemassa aina silloin, kun suuri määrä kuumaa materiaalia joutuu nesteen kanssa kosketuksiin.

Käynnistyksessä rännit voivat pysyä huonosti auki, jolloin pohjalle pääsee kertymään suuri sulalammikko, joka purkautuu kerralla vaikkapa yhdestä rännistä. Myös matala sulfiditeetti voi vaikeuttaa sulan juoksua, jolloin virtaus voi olla epätasaista.

Paukkumisen vähentämiseksi ja sulan liukenemisen parantamiseksi ränneistä valuva sula täytyy hajottaa pieniksi partikkeleiksi höyrysuutinten hajoitushöyrysuihkuilla. Hajotus-suuttimet on suunnattava siten, että ne osuvat aina tehokkaasti sulaan, vaikka sulan virtaus vaihtelee. Toinen haitta, joka aiheutuu huonosti suunnatuista hajoitushöyrysuihkuista, on kamien kerääntyminen liuottajan kattoon ja kaapuihin. Niiden irtoaminen voi aiheuttaa voimakkaita räjähdyksiä ja roiskeita. Huolellinen rännien auki pitäminen aikaansaa tasaisen sulan juoksun, ja on jopa tapauksia, joissa sulan hajoitusta ei kaikin ajoin ole käytetty ensinkään.

Henkilöturvallisuuden kannalta betonitason alla oleva liuottaja antaa määrättyä turvallisuuden tunnetta, mutta silti pakoreitin täytyy aina olla avonaisena.

Pelkät sularoiskeet liuottajan hoitotasolle ovat aiheuttaneet tehtaan pysähtymisen polttamalla sähkökaapeleita sekä reikiä instrumentoinnin ilmakaapeleihin.

Turvallisuuden vuoksi olisi liuottajaa suunniteltaessa varmistettava, että kaikki jäykisteet ja muut ulokkeet katossa ovat ulkopuolella ja katto on niin sileä kuin mahdollista. Näin katossa riippuvat kerrostumat saadaan helpommin pudotettua alas, jolloin työskentely sisällä tulee turvallisemmaksi.

Nykyisin liuottajiin on tehty kunnolliset ovet sisälle menoa varten. Ne ovat paljon turvallisemmat käyttää kuin entiset 500 mm:n kulkuluukut. Tänä päivänä löytyy myös yhdistettyjä piikkaus- ja kaivinkoneita jotka mahtuvat 850 x 1700 mm:n ovesta sisälle. Näin paksut kerrostumat voidaan poistaa nopeammin, kuin esimerkiksi vesipiikkauksella.

14 VEDEN TULON ESTÄMINEN SOODAKATTILAN TULIPESÄÄN

Lasse Lahti ja Tuomas Timonen, Laminating Papers Oy

14.1 Johdanto

Tässä tarkastellaan veden joutumista soodakattilan tulipesään palamisilman mukana. Soodakattiloiden palamisilman esilämmitys on yleensä järjestetty ripaputkipattereilla, jotka lämmitetään joko vastapaine- tai väliottohöyryllä.

14.2 Veden kulkeutumismekanismit kattilaan

1. Höyrylämmitteisen esilämmittimen puhjetessa (joko ripaputki tai kokoojakammio) syntyy höyryvuoto vuotokohdan kautta palamisilmakanavaan. Kanavaan joutuessaan höyry lauhtuu vedeksi, joka kulkeutuu palamisilman mukana kanavan pohjaa pitkin tulipesään. Koska esilämmittimet on sijoitettu ilmapuhaltimen painepuolelle ja ilmarekisterien yläpuolelle, voi vettä joutua kattilaan.
2. Vesi joutuu kanavaan muusta ulkopuolisesta syystä. Ulkopuolisena syynä voi olla esimerkiksi kattilarakennuksen yläosassa sijaitsevan vesiputken murtuminen, jolloin vesi suihkuu palamisilmakanavan ilmanottoaukkoon.

14.3 Toimenpiteet veden tulipesään joutumisen estämiseksi

1. Ilmakanavan pohjan matalimpaan kohtaan järjestetään vuotovettä varten viemäröinti. Näin mahdollinen vuotovesi pääsee pois kanavasta. Viemäri varustetaan koko kanavan pohjan leveydeltä korotuksella, joka voidaan tehdä esimerkiksi hitsaamalla lattarauta kanavan pohjaan.
2. Primääri- ja sekundääri-ilmakaapit varustetaan myös korotuksella sekä kattilan ulkopuolisella viemäröinnillä.
3. Edellä mainituilla toimilla pyritään varmistamaan, että ilmakanavaan päässyt vesi joutuu kattilan ulkopuolelle eikä tulipesään.

15 SOODAKATTILAN TESTAUKSET, KOESTUKSET

Reijo Hukkanen, Enso Fine Papers Oy

15.1 Yleistä

Tässä osassa esitetään mallin avulla toteuttamistapa soodakattilalle säännöllisesti tehtävistä turvallisuuteen liittyvistä laitteiden testauksista ja koestuksista.

Koska vuosittain käytönvalvojan tekemät ja dokumentoimat kokeet ovat täyttäneet viranomaisten vaatimukset ovat viranomaiset luopuneet näiltä osin tekemistään omista tarkastuksista. Viranomaisten ovat tällöin suorittaneet paineasiatarkastusten yhteydessä suoritettujen koestusten dokumentaatiotarkastuksen.

Esitettyjen testausten lisäksi suoritetaan luonnollisesti paineastia-asetuksen mukaisesti säädetyin väliajoin viranomaisten valvonnassa varolaitteiden koestus sekä kattilan sisäpuolinen käyttö- tai täystarkastus.

Liitteet: Mallilomake 6 kpl

**ENNEN PIKAPYSÄYTYS- JA PIKATYHJENNYSKOEETTA TEHTÄVÄT VALMISTAVAT TOIMENPIT
JA KOKEEN JÄLKEEN KATTILAN LAITTAMINEN NORMAALITILAAN**

Kohde	Toimenpiteet ennen koetta	Kuittaus	Toimenpiteet kokeen jälkeen	Kuittaus
1. Koko kattila	Laitetaan kattila ajokuntoon ja öljynpolttovalmiuteen käyttöohjeen mukaisesti.		Jää seisokkiin tai käynnistetään käyttöön	
2. Lipeänruiskutuspumput	Onko Sekoitussäiliössä vettä ?, käynnistetään pumppu.		Normaali käyttö	
3. Sekoitussäiliön pinnan säätöventtiili	Ohjataan auki esim. 50 %.		Normaali käyttö	
4. Lipeän lämmitysventtiili sekoitussäiliöön	Avataan säätöventtiiliä 50 % ja suljetaan käsikulku.		TRCA-??? ja HS-? kiinni	
5. Suolakuljettimet	Käynnistetään kuljetusketjun viimeinen kuljetin.		Normaali käyttö	
6. Syöttöveden säätöventtiilit	Ohjataan kiinni. Otetaan toisen kautta vettä kun tarvitaan.			
7. Syöttöveden sulkuventtiilit	Ajetaan kaikki rinnakkaiset venttiilit auki.		Yksi reitti auki, muut suljetaan	
8. Syöttövesipumppu	Käynnistetään pumppu.			
9. Primääri-ilmapellit	Pellit auki esim. 30 %.		Normaali käyttö	
10. Sekundääri-ilmapellit	Pellit auki esim. 30 %.		Normaali käyttö	
11. Tertiääri-ilmapellit	Pelti ajetaan kiinni.			
12. Päähöryventtiili	Tarkistetaan, että päähöry-putken sulkuventtiili on kiinni.		Suljetaan venttiili	
13. Päähöryventtiilin ohitusventtiili	Kuten edellä.		Suljetaan	
14. Käynnistysventtiili	Venttiili suljetaan.		Avataan	
15. Ulospuhalluksen venttiili	Avataan esim. 30 %.		Normaaliin käyttötilaan	
16. Hälytyskeskus	Ilmoitetaan, että tulee koestus.		Tarkistetaan, tuliko ilmoitus	
17. Öljypoltin	Sytytetään käynnistyspoltin.		Normaali tila	
18. Nuohous	Käynnistetään nuohous.		Normaali tila	
19. Sähkösuodatin	Käynnistetään toinen suodatin.		Normaali tila	
20. Pikatyhjennysventtiili	Suljetaan käsiventtiilit.		Avataan käsiventtiili	

SULARÄNNIEN VESIKIERTO

Sularännien koestukset tehdään seisokissa

Toimenpide	Toimi	Ei toiminut	Huom.
1. Käynnissä oleva kierrätyspumppu pysäytetään, jolloin varapumpun tulee käynnistyä 2. Molemmat pumput pysäytetään videolta, jolloin varavesiventtiili avautuu: - hälytys - avautuminen. Virtaushälytin 1 Virtaushälytin 2 Virtaushälytin 3 Virtaushälytin 4 3. Sularännien vesisäiliön pinnan säätö ja hälytys koestetaan venttiilillä ylärajahälytys xx % alarajahälytys yy % 4. Lämpötilan ylärajahälytykset koestetaan käynnin aikana muuttamalla hälytysarvoa - 1 ylärajahälytys 70 °C - 2 ylärajahälytys 70 °C - 3 ylärajahälytys 70 °C - 4 ylärajahälytys 70 °C			Kun varavesi on auki, tulee virtaushälytysten poistua.

Koestuspäivä _____

Koestajat _____

Kierto: Käytön valvoja - > Paineastiakirja

Koestukset voidaan tehdä käynnin aikana

Varavesisäiliö	Toimi	Ei toiminut	Huom.
1. Säiliön pintaa muuttamalla todetaan: - xxx.x ylärajahälytys yy % - mmm.m alarajahälytys nn % - VTA-venttiilin avautuminen gg % - VTA-pumpun käynnistyminen, kun pinta ll %			Tarkistetaan käynnistyminen.
Savukaasupesuri			
2. - Koestetaan pesurin lämpötilan ylärajahälytys 80 °C. - Tarkistetaan varaveden tulo. - Koestetaan lasikuitusavupiipun lämpötilan ylärajahälytys °C.			Testataan muuttamalla hälytysrajaa. Testataan muuttamalla hälytysrajaa.

Koestuspäivä _____

Koestajat _____

Kierro: Käytön valvoja - > Paineastiakirja

Tehdään alasajon tai käynnistyksen yhteydessä

Lieriön pinta	Toimi	Ei toiminut	Huom.
Lieriön pintaa ajamalla koestetaan: - LICZA-1 - ylähälytys - alahälytys - alalukitus - LICZA-2 - ylähälytys - alahälytys - alalukitus - LICZA-3 - ylähälytys - alahälytys - alalukitus			
Kattilansuoja			
Kattilansuoja koestetaan lieriön pinnan ja tulipesän paineen kautta: 1. lieriön pinta on alalukituksella -250 2. tai tulipesän paine >+25 mbar (ei testattavissa). Jommankumman toimiessa tapahtuu: - öljynpoltto SEIS - lipeänpoltto SEIS.			LZ-1--3

Koestuspäivä _____

Koestajat _____

Kierto: Käytön valvoja - > Paineastiakirja

PIKAPYSÄYTYS JA PIKATYHJENNYS

Tehdään alasajon tai käynnistuksen yhteydessä.

Pikatyhjennyksen käsiventtiilit GA-1-3 tulee sulkea (tarkistus rajatiedosta).

	Käynnistetään painikkeesta, jolloin tapahtuu:	Toimi	Ei toiminut	Huom.
1	Tulee varahälytys automaattisesti			
2	Ilmoitus portille			
3	Hälytys			
4	Pikatyhj. piirturi LR-	KÄYNTII		
5	Pikatyhj. piirturi TR-			
6	Öljynpoltto	SEIS		
7	Nuohous	SEIS		
8	Prim.ilmapuhallin	SEIS		
9	Prim.ilmapellit FIC-1 - 8	KIINNI		
10	Polttolipeäpumppu x ja y	SEIS		
11	Sekund.ilmapellit	KIINNI		
12	Kuormaöljyilman säätöpelti	AUKI		
13	1-kuormaöljypolttimen pelti	AUKI		
14	2-kuormaöljypolttimen pelti	AUKI		
15	3-kuormaöljypolttimen pelti	AUKI		
16	Sekundääripuhallin	SEIS		
17	Sähkösuodatin S	SEIS		
18	Sähkösuodatin S	SEIS		
19	Laimean hajuk. ventt. katt. HIC-	KIINNI		
20	Laimean hajuk. ventt. katolle HIC-	AUKI		
21	Tert.ilman säätöpelti PIC-	AUKI		
22	Suolasiilon purkauskuljetin	SEIS		
23	Hajukaasukattilan savukaasupelti pesurille ??HS	AUKI		
24	Väkevien hajukaasujen pelti katolle 22-HS-02	AUKI		
25	Sekoitus säiliön pinnansäätöventtiili LICA-	KIINNI		
26	Syve-pumput	SEIS		
27	Turb.pumpun käynnistys	ESTO		
28	Syven sulkuventtiilit HI-1-2	KIINNI		
29	Syven ohitusventt. HIC-1	KIINNI		
30	Syve SK:lta bar tukille HS-?	KIINNI		
31	Jatkoulospuhallusventtiili FIC-1	KIINNI		
32	Polttolipeän lämm.ventt. TRCA-0	KIINNI		
33	Päähöyryventtiili HIC-1	KIINNI		
34	Päähöyryn ohitusventtiili HS-??	KIINNI		
35	Käynnistyshöyryventtiili HIC-?? 10 %	AUKI		
36	Laimeat hajukaasut katt. HIC-??	KIINNI		
37	Hajukaasukattila	SEIS		

Koestuspäivä _____

Koestajat _____

Kierto: Käytön valvoja - > Paineastiakirja _____

TURBIINIPUMPPU, VAARAHÄLYTYS JA PIKATYHJENNYSVENTTIILIT

Turbiinipumppu koekäytetään ja varahälytys koestetaan jokaisen kuukauden viimeisenä työpäivänä.

Turbiinipumppu, kokeilu erillisenä	Toimi	Ei toiminut	Huom.
1 Turbiinipumpun käynnistyminen todetaan pysäyttämällä apuöljypumppu			
Vaarahälytys, kokeilu erillisenä ja pikapysäytyskokeen yhteydessä			
1 Ilmoitus hälytyskeskus, puh.no _____, että on kysymyksessä kokeilu 2 Painetaan painiketta "soodakattilan vaarahälytys" ja tarkastetaan - sireenien toimiminen - varoitusvilkkuvalojen (yht. ?? kpl) toimiminen kaikilla ulko-ovilla, hississä ja ohjaamon käytävässä - hälytyksen meneminen portille 3 Tarkastetaan kokeen jälkeen kattilahuoneesta ulos johtavien ovien ja varapoistumistien ovien päällä olevat vihreää tasavaloa antavat valaisimet			Merkintä mikä vilkku tai valaisin tai sireeni ei ollut kunnossa.
Pikatyhjennysventtiilit, kokeillaan pikapysäytyskokeilun yhteydessä			
1 Koestus tapahtuu sulkemalla käsiventtiilit Todetaan sulkeutuminen myös videolta rajatiedosta - koestetaan pikatyhjennystaulusta - ohjataan kiinni venttiilit HS-4...HS-7 - avataan käsiventtiilit GA-1-3			Pikatyhjennys saa tapahtua 2 min kuluttua pikapysäytys toiminnasta.

Koestuspäivä _____

Koestajat _____

Kierto: Käytön valvoja - > Paineastiakirja

16 SAVUKAASUPUHALTIMIEN JA PUMPPUJEN KUNNONVALVONTA

Sulo Lahdelma, Oulun yliopisto

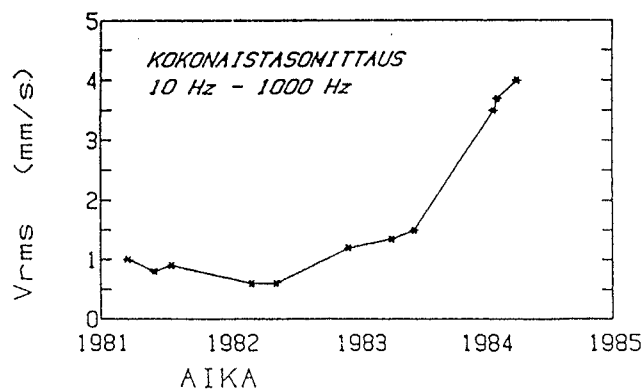
16.1 Johdanto

Voimalaitosten savukaasupuhaltimet ja pumput, kuten syöttövesipumppu, ovat voimalaitosten toiminnan kannalta kriittisiä laitteita. Siksi niiden kunnan seurantaan on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Aluksi tarkastellaan kokonaistasomittauksia ja taajuusanalyysia. Sen jälkeen esitellään puhaltimien ja pumppujen kunnanvalvontaan liittyviä erityispiirteitä ja tyypillisiä näissä kohteissa esiintyviä vikoja sekä niiden syitä.

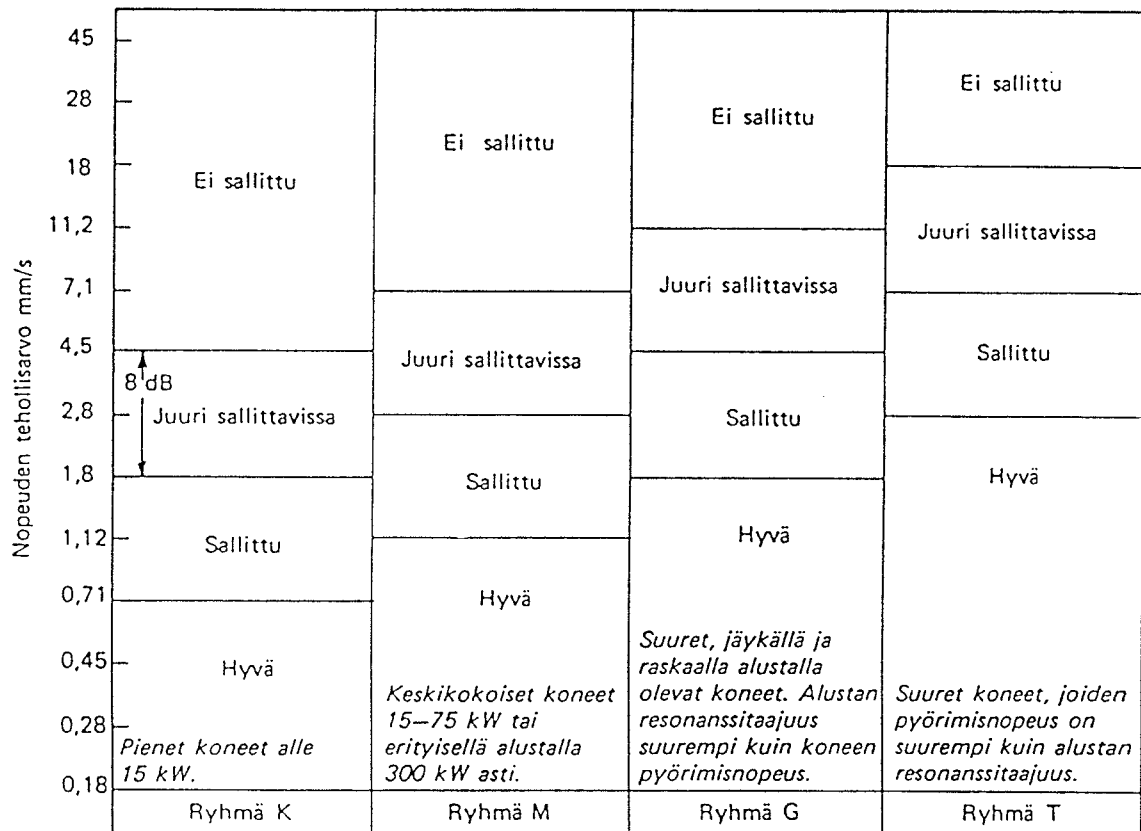
16.2 Kokonaistasomittaukset

Mittaamalla värähtelyjen kokonaistasoja pyritään selvittämään, onko tutkittava kohde kunnossa vai ei. Mikäli kokonaistasoissa ei tapahdu oleellisia muutoksia, niin päätellään, että koneen kunto on säilynyt hyvänä. Tavallisesti ollaan huolestuneita, jos värähtelytasot ovat voimistuneet. On kuitenkin syytä pitää mielessä, että tietyn tyyppisten vikojen yhteydessä voivat värähtelytasot myös heiketä. Näin tapahtuu esimerkiksi, jos laakerin ulkokehä alkaa pyöriä pesässään.

Usein mitataan nopeuden tehollisarvoa v_{rms} (mm/s) normien mukaisella taajuualueella 10 Hz - 1000 Hz (kuvat 1 ja 2).



Kuva 1. Erään kompressorin trendikäyrä, jossa muutokset ovat tapahtuneet hitaasti usean vuoden aikana (Kuoppala *et al.* 1986). Värähtelyjen syynä oli epätasapainon kehittyminen. Nopeuden tehollisarvot (mm/s) on mitattu taajuualueella 10 Hz - 1000 Hz.



Kuva 2. Värähtelyjen voimakkuuden arvostelutaulukko VDI 2056. Rasitusluokat ja ryhmittelyt ovat samat kuin ISO 2372-1974 standardissa. Seuraava vastaavuus on voimassa:

VDI 2056	Ryhmä K	M	G	T
ISO 2372-1974	Ryhmä I	II	III	IV.

ISO 2372-1974 standardissa värähtelyn voimakkuudet jaetaan neljään luokkaan pelkään kirjaimia A, B, C ja D käyttäen, jolloin lukijan on vaikea muodostaa käsitystä värähtelyjen vaarallisuudesta. Sen vuoksi on syytä esittää oheinen vastaavuus kuvaa 2 käyttäen:

ISO 2372-1974
A = Hyvä
B = Sallittu
C = Juuri sallittavissa
D = Ei sallittu.

Kiihtyvyyden tehollisarvot a_{rms} (m/s²) taajuusalueella 1 kHz - 10 kHz reagoivat laakerivi-
koihin, kavitaatioon, metalliseen kosketukseen ja voiteluun sekä hammaspyörien kuntoon,
mikäli ryntötaajuudet ja niiden monikerrat osuvat tälle taajuusalueelle. Mittaamalla
sopivasti valituilla taajuusalueilla nopeuden ja kiihtyvyyden tehollisarvoja pystytään viat

siis toteamaan paremmin kuin pelkästään nopeusmittauksilla. Kohteissa, joissa ensisijaisena tavoitteena on todeta laakeriviat, voidaan käyttää myös yhdistelmää, jossa mitataan iskusysäysarvoja ja sen ohessa nopeuden tehollisarvoja.

Kiihtyvyyden ensimmäisen ja toisen aikaderivaatan käyttö edustavat uutuutta laakerivikojen varhaisessa toteamisessa. Nämä parametrit reagoivat herkästi iskumaisiin ilmiöihin, ja niiden avulla on mahdollista päästä varhaisessa vaiheessa käsiksi alkavaan laakerivikaan.

Kokonaistasomittausten etuihin kuuluu, että niitä on helppoja suorittaa. Niiden avulla ei kuitenkaan yleensä pystytä selvittämään vian syytä. Mikäli kokonaistasot vaihtelevat voimakkaasti ajan funktiona, niin se ilmaisee epävakaa käyntiä. Näin tapahtuu esimerkiksi, jos sähkömoottorin häkkikäämitysten kiskot ovat vaurioituneet tai tarkasteltava kohde joutuu muutoin epästabiiliin tilaan.

16.3 Taajuusanalyysi

Käytännössä esiintyvät värähtelyt ovat harvoin puhtaasti harmonisia, joskin monia niistä voidaan pitää jaksollisina. Taajuusanalyysi perustuu siihen, että jaksollinen funktio voidaan esittää puhtaiden sinifunktioiden summana, joilla on tietty taajuussuhde. Esimerkiksi poikkeama voidaan esittää muodossa

$$x(t) = x_0 + \sum_{i=1}^{\infty} x_{pi} \sin(2\pi f_i t + \phi_i),$$

jossa x_0 on poikkeaman staattinen komponentti, f_1 on perustaajuus, $f_2=2f_1$ toinen ja $f_3=3f_1$ on kolmas harmoninen taajuus jne. ja ϕ_i i:s vaihekulma sekä x_{pi} on i:s amplitudi.

Fysikaalisena taustana taajuusanalyysissa on se, että mittauspisteen kokonaisliike muodostuu eri taajuuksilla vaikuttavien voimien yhteisvaikutuksesta. Kun tiedetään, millä taajuuksilla värähtelyn voimakkuudet ovat suurimmat, pystytään vian syy selvittämään käyttäen apuna vianhakutaulukkoa, jollainen on esitetty lähteessä Lahdelma et al. (1991).

Epätasapaino ja asennusvirheet ovat yleisimpiä syitä koneiden värähtelyihin. Sen vuoksi näiden vikojen eliminointiin tulee kiinnittää erityistä huomiota. Jotta puhallin saataisiin ostettua hyväkuntoisena, on syytä huolehtia siitä, että se on tasapainotettu asiallisesti (kuva 3). Paikan päällä on syytä tehdä normien mukaiset tarkistusmittaukset (kuva 2). Jos puhallin on nopeakäyntinen ja joustavalla alustalla, niin silloin tulee kyseeseen lähinnä ryhmä T. Hitaastipyöriviin ja jäykällä alustalla oleviin puhaltimiin sovelletaan ryhmän G arvoja.

Hyvyysluokka	Konetyyppi
Q 16	Murskaus- ja maatalouskoneita Nivelakselit erikoisvaatimuksin
Q 6,3	Keskisuuret ja suuret sähkömoottorit Keskipakopuhaltimet Vauhtipyörät
Q 2,5	Kaasu- ja höyryturpiinit Turbopuhaltimet Turbogeneraattorit Työstökoneiden käytöt Turpiinikäyttöiset pumpput Pienet sähkömoottorit Keskisuuret ja suuret sähkömoottorit erikoisvaatimuksin
Q 1	Hiomakoneiden käytöt Pienet sähkömoottorit erikois- vaatimuksin

Kuva 3. Eräiden tyypillisten koneiden hyvyysluokitus VDI 2060:n mukaan.

16.4 Mittausväleistä

Kunnossapidon mittauksia tehdään tyypillisesti 2 - 3 kuukauden välein. Tärkeitä kohteita mitataan kerran kuukaudessa tai useammin. Näitä ohjeita voidaan soveltaa myös puhaltimiin ja pumppuihin. Tavallisesti voimalaitosten pääpuhaltimiin asennetaan kiinteä valvontasysteemi, johon voidaan asettaa erityyppisiä hälytyksiä ja varoituksia. Tällöin ollaan reaaliajassa selvillä puhaltimen kunnosta.

16.5 Tyypillisiä puhaltimen vikoja

Yleisin syy värähtelyihin on epätasapaino. Sitä on jäänyt joko valmistusvaiheessa tai sitä on syntynyt jännösjännitysten lauettua tai puhaltimen kuluessa tai likaantuessa. Ennen tasapainotusta on syytä puhdistaa puhallin. Jos paikan päällä suoritettu tasapainotus ei tahdo onnistua, niin usein on syynä se, ettei vaihekuilma osata mitata oikein.

Asennusvirhe on toinen tyypillinen virhelähde, joskin tilanne on parantunut parempien rihtauslaitteiden myötä. Rihtausvirhe aiheuttaa sen, että aksiaalivärähtelyt lisääntyvät. Luonnollisesti esiintyy myös radiaalivärähtelyä.

Laakerivikojen toteamiseen löytyy useita menetelmiä, joista mainittakoon taajuusanalyysi, aikatasosignaalin tutkiminen, iskusysäysmenetelmä sekä sähköisen stetoskoopin käyttö.

Usein tapaa juoksupyöriä, jotka ”lepattavat” sekä radiaali- että aksiaalisuunnassa. Nämä virheet johtuvat huonosta valmistustarkkuudesta ja siitä, ettei kyseisen juoksupyörän valmistaja ole hallinnut muodonmuutosten hitsaustekniikkaa. Puheena oleva vika voi aiheuttaa hyvinkin suuria aksiaalivärähtelyjä.

Toisinaan aksiaalipuhaltimen uloimman tukilaakerin ja juoksupyörän väli on ollut niin suuri, että juoksupyörä alkaa kieppua. Tällaista juoksupyörää on myös vaikea tasapainottaa.

On myös sellaisia juoksupyöriä, jotka on aerodynaamisesti huonosti suunniteltu. Tällöin voi esiintyä voimakasta värähtelyä ns. lappataajuudella ja sen monikerroilla.

Jos puhaltimen vaimentimet on väärin mitoitettu, niin silloin syntyy resonanssitilanteita, varsinkin mikäli kierrosluku vaihtelee laajasti. Hankaluuksia syntyy myös silloin, jos sähkömoottorin ja puhaltimen alla oleva kotelorakenne on liian joustava. Tällöin pienikin epätasapaino voi saada aikaan voimakkaita värähtelyitä.

Muista, että ennen tasapainotusta puhallin tulee pestä huolellisesti ja tasapainotuksen yhteydessä hitsauskoneen maadoitusjohto tulee kiinnittää suoraan juoksupyörään. Tällöin virta ei kulje laakerin kautta koe- ja korjauspainoja hitsattaessa.

16.6 Tyypillisiä pumppujen vikoja

Pumppujen ja puhaltimien viat ovat paljolti samanlaisia. Näistä mainittakoon epätasapaino, asennusvirheet ja laakeriviat. Kuitenkin pumpuissa ilmenee määrättyjä niille ominaisia vikoja, kuten kavitaatiota.

Kavitaatio voi olla sen verran voimakasta, että juoksupyörästä irtoaa runsaasti ainesta. Tällöin saattaa syntyä niin vakava epätasapainotilanne, että se johtaa ajan mittaan laakerivaurioon. Kavitaatio aiheuttaa korkeataajuisia värähtelyä, jonka kokematon mittaa voi tulkita väärin. Kaikki korkeataajuinen värähtely ei luonnollisestikaan johdu viallisista laakereista.

Usein tapaa pumppuja, joiden juoksupyörät on hydrodynaamisesti huonosti suunniteltu. Tällöin lappataajuudella ja sen monikerroilla voi esiintyä niin voimakasta värähtelyä, että juoksupyörän akseli katkeaa.

16.7 Kirjallisuutta

Kuoppala, R., Leskinen, R., & Leppämäki, E., Mittausmenetelmien sovellutuksia koneiden kunnon valvonnassa VTT Tiedotteita 418/86, 38 s.

Lahdelma, S. & Leskinen, R., Kunnonvalvonta. Kunnossapito 5 (1991) 3, erikoisliite s. 1 - 16.

Lahdelma, S. & Leskinen, R., Käyttöolosuhteissa suoritettava yhden tason tasapainotus. Konepajamies 34 (1981) 7 - 8, s. 33 - 36.

Lahdelma, S., Rakenteet dynamiikan kannalta. Helsinki 1987. Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus. Julkaisu 121 - 87. Mekatroniikan mekaaniset rakenteet. 10 s.

Lahdelma, S. & Riutta, E., Kunnonvalvonnan uusista mittausmenetelmistä. Kunnossapito 10 (1996) 1, s. 24 - 25 ja 28 - 30.

Suojaussuosituksessa 1997 esiintyvät lait, asetukset, päätökset, ohjeet ja standardit:

1 Johdanto

-

2 Vallitsevat olosuhteet suomalaisissa soodakattiloissa

-

3 Räjähdykset

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea, Suojeluohje G7, Soodakattilat

4 Soodakattilan materiaalit ja hitsaukset

DIN 17175

DIN 50049-3.1B

ISO 9001

5 Soodakattilapinnoitukset

ASTM-C-633-79

DIN-50 161

ISO 8501-1

6 Paineastian korjaukset

Paineastia-asetus 549/73 (ja sen muutokset 672/75, 636/77, 1106/81, 257/84, 506/87, 1024/91, 1477/93 ja 1162/95)

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 71/75 (muutokset 394/84, 1027/91 ja 1192/95)

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 391/84 (muutokset 1026/91 ja 1190/95)

SFS-EN 287-1

SFS-EN 288-1

SFS-EN 729-2:1995

SFS 3321

7 Soodakattilatarkastukset

SFS 3207

SFS 3280

SFS 3287

SFS 3290

SFS 5067

SFS 5108

SFS 5489

SFS 5550

SFS 5609

8 Soodakattilan palosuojaus

RakMK E 1
RakMK E 2
RakMK E9J
SFS käsikirja 60
SFS 3206
SFS 4921
SFS 5411
SFS 5712
SisM ohje

9 Automaatio

TTK-suositus 1-94
TTK-ohje C1-94

10 Soodakattilan ohjeistus

Paineastia-asetus n:o 549 13§

11 Vesikemia ja veden käsittely

-

12 Soodakattilan vesipesu

-

13 Liuottaja

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea, Suojeluohje G7, Soodakattilat

14 Veden tulon esto palamisilman mukana tulipesään

-

15 Soodakattilan testaukset, koestukset

-

16 Savukaasupuhaltimien ja pumppujen kunnonvalvonta

ISO 2372-1974
VDI 2056

Liite

Voimalaitoksen vedenlaatuohjeet

VOIMALAITOKSEN VEDENLAATUOHJEET

DENÄ:n vesihöyrykierron ohjearvosuositukset 1985 (Dansk Kedelforening + Energia-Ekono + Norsk Dampkjelforening + Ångpanneföreningen)

KATTILAVESI normaalarakenteisille höyrykattiloille, joissa on turbiinikäyttöä varten erittäin tehokkaat vedenerotuslaitteet.

Lieriöpaine Tulistettu höyry	Ylipaine Ylipaine	bar bar	24 22	35 32	67 62	90 84	125 110	160 140
pH ₂₅ yläraja		<	9,1 + lg γ ₂₅ [mS/m] ^{*)}					
pH ₂₅ alaraja		>	9,5	9,5	9,0	9,0	8,5	8,5
p-arvo	I II	mval/kg mval/kg	< 8 1-8	6 1-6	2 1-2	0,75	0,20	0,05
Konduktiivisuus	γ ₂₅ ^{*)}	mS/m	< 400	350	80	40	15	4
Natrium & kalium	Na	mg/kg	< 800	650	150	80	30	8
Fosfaatti	PO ₄ II	mg/kg	10-20	< 15	< 15	2-6	2-6	2-6
Silikaatti	SiO ₂	mg/kg	< 60 + 6 p	35 + 3,5 p	7	3,0	1,0	0,35
KMnO ₄ -kulutus		mg/kg	< 300	200	80	40	15	5

VEDENEROTUSKYKY kattiloilla on hyvin yksilöllinen. Turbiinikäytössä on valvottava höyryn puhtautta sekä tämän perusteella määriteltävä sallittava kattilaveden korkein suolapitoisuus kullekin kattilalle yksilöllisesti. Tämä suolapitoisuus saattaa olla paljon alempi kuin taulukossa mainitut arvot.

LÄMPÖKUORMAN noustessa kattilassa paikallisestikin yli 230 kW/m² olisi kaikilla kattilapaineilla sovellettava, SiO₂ lukuunottamatta, 160 bar ohjearvoja, syöttövesi >67 bar ohjearvosuositusten mukaisesti.

- Maksimi p-arvo vedenkäsittelystä riippumatta.
- Käytettäessä fosfaatteja jäännöskovuuden sitomiseen. Käytettäessä koordinoitua fosfaattimenetelmää kattilaveden pH:n valvontaan 10-20 mg PO₄/kg paineluokissa 35-90 bar ja 7-15 mg PO₄/kg paineluokissa 67-125 bar.

^{*)} γ₂₅ = konduktiivisuus kattilavedessä analysoituna neutraloidusta näytteestä 25 °C.

VESI-HÖYRYKIERTO

Vesilaatu			Puhdas vesi	Lisävesi MB:n jälkeen	Syöttövesi ja lauhde				Kyllästetty höyry tulistimeen		
Analyysiarvot					Lieriöpaine Ylipaine bar		Läpivirtauskattila Ajotapa			Turbiinikäyttö Lieriöpaine bar	
					≤ 67	> 67	Alkaali	Kombi	Neutraali	≤ 40	> 40
pH ₂₅				>6	8,5-9,5*		9,0-9,5*	8,0-8,5	>6,5		
Happi	O ₂	mg/kg			<0,01	<0,01	<0,01	0,15-0,30***	>0,05***		
Kovuus		mval/kg	<	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001		
Kokonaisrauta	Fe	mg/kg	< 0,05		0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Kokonaisalumiini	Al	mg/kg	< 0,10								
Kokonaiskupari	Cu	mg/kg	<		0,01	0,003	0,003	0,003	0,003	0,01	0,003
KMnO ₄ -kulutus		mg/kg	< 10	3	Kattilavesi- vaatimukset						
Silikaatti	SiO ₂	mg/kg	<	0,02			0,02	0,02	0,02	0,02	0,02**
Natrium & kalium	Na	mg/kg	<	0,02	huomioon ottaen		0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Konduktiivisuus	γ ₂₅	mS/m	<	0,05				0,04-0,1	0,025		
Konduktiivisuus	****	mS/m	<				0,02	0,02	0,02		
Öljy + liete + vaahtoaineet			Ei osoitettavissa								

* Ellei syöttöpumpun valmistaja vaadi korkeampaa pH-arvoa. Alkalointi yli 67 bar kattiloilla mieluummin - läpivirtauskattiloilla pelkästään - haihtuvilla alkaleilla. Mikäli järjestelmässä on kuparimetalleja, on höyryn ja lauhteen pH₂₅-yläraja 9,2.

** Mikäli turbiinissa tulisi esiintymään silikaattivaikkeitä, suositetaan kattilaveden ja höyryn SiO₂-pitoisuuksien alentamista puoleen yllämainituista pitoisuuksista.

*** Kattilaan menevässä vedessä

**** Happoelvytetyn kationinvaihtimen jälkeen.

Ohjearvojen soveltamisesta yksityistapauksissa olisi neuvoteltava Energia-Ekonon kanssa.

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

P:\EV\SKY\SIHT\RAPSARJA.WPD

- 1/96 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 1996, 31.1.1996 Kokkola, esitelmät
SJO-22010-001
- 2/96 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta, Vuosikertomus 1995
SJS-22000-001
- 3/96 Teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan osasto, Energiatekniikan laitos (Julkaisu 70)
Kankkunen A.: Mustalipeän pisaroituminen lusikkasuuttimessa (liseniaatintyön lyhennelmä)
SPL-18718-003
- 4/96 Teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan osasto, Energiatekniikan laitos (Julkaisu 72)
Nieminen K.: Kokeellinen tutkimus mustalipeälusikkasuuttimen toiminnasta (diplomityön
lyhennelmä)
SPL-18718-004
- 5/96 Teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan osasto, Energiatekniikan laitos (Julkaisu 73)
Helpiö T.: Mustalipeän sumutus paineistetussa sumutuskammiossa (liseniaatintyön lyhennelmä)
SPL-18718-005
- 6/96 KCL (Seloste 2255)
Söderhjelm L.: Sellutehtaan vesikierron sulkeminen, osaraportti 4, Vaikutus mustalipeän polt-
toon
SPL-18719-006
- 7/96 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vuosikokous 1996, 27.3.1996 Kotka, Pöytäkirja
SJO-22011-001
- 8/96 Teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan osasto, Materiaalitekniikan laboratorio
Hänninen H., Ilola R.: Kompound-putken termisen ruiskupinnoitteen karakterisointi
SPK-18712-004
- 9/96 Åbo Akademi, Kemisk-Tekniska Fakulteten, Förbränningskemiska forskargruppen
Backman R., Forssén M., Hupa M. & Uusikartano T.: Mustalipeän uudet
poltto-ominaisuudet II
SPL-20803-007
- 10/96 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 1996, 10.10.1996 Helsinki, esitelmät
SJO-22012-001