

Suomen Soodakattilayhdistys ry

**Suositus soodakattilan tulipesän
seinien ja pohjan komppoundputkien
pinnoitehitsin tunkeumalle**

**Andritz Oy, Inspecta Tarkastus Oy,
Replico Oy, Valmet Technologies Oy
Kestoisuustyöryhmä**

26.10.2022

Raportti 5/2022

16A0913-E0219



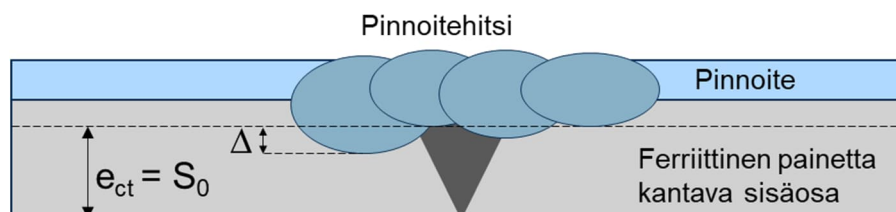
SISÄLLYSLUETTELO

1	SOVELTAMISALUE	3
2	STANDARDIN MUKAISUUS	3
3	TARKASTELU.....	4
4	JOHTOPÄÄTÖKSET TUTKIMUKSESTA	5
5	MUUTA HUOMIOITAVAA.....	5
6	VIITTEET.....	9

1 SOVELTAMISALUE

Tämä suositus koskee soodakattilan seinä- ja pohjaputkia, joissa compoundputken päittäishitsin pinnoitehitsin osalta tunkeudutaan tai on riskinä tunkeutua painetta kantavan putken laskennallisen vähimmäispaksuuden (e_{ct}) alueelle eli nk. S_0 -alueelle. Painelaitesäädösten ja standardin EN 12952 vaatimuksia tulee noudattaa.

Suositusta voidaan soveltaa myös korjaushitsaukselle (esim. pintavirhe compoundputkessa). Tästä on sovittava erikseen kattilan omistajan ja tarkastuslaitoksen kanssa.



2 STANDARDIN MUKAISUUS

Kattilastandardi EN 12952-5: 2021^{*)} [1] sallii tunkeutumisen S_0 -alueelle seuraavin ehdoin (EN 12952-5, liite E kohta E.6.2.2.1):

- a) **lisäaineen ja hitsiaineen lujuus- ja sitkeysominaisuudet täyttävät ferriittisen painetta kantavan sisäosan materiaaliominaisuudet;**
- b) hitsausohjeiden hyväksyntä vastaa standardin EN ISO 15614-7:2019^{**)} sekä standardissa EN 12952 esitettyjä lisävaatimuksia;
- c) **pinnoitteen hitsin enimmäistunkeuma laskettuun ferriittisen painetta kantavan sisäosan vähimmäispaksuuteen ($=S_0$) on 1,5 mm;**
- d) ennen tuotantoa tehdään työkoe. Käsinhitsauksessa jokainen hitsaaja tekee työkokeen. Mekanisoidussa hitsauksessa tehdään yksi työkoe kutakin hitsausohjetta kohti;
- e) rikkomaton aineenkoetus suoritetaan päällehitsauksen jälkeen standardin EN 12952 mukaisesti.

^{*)}Kattilastandardin harmonisoitua versiota on noudatettava

^{**)} Kattilastandardin 2011 versiossa EN ISO 15614-1

3 TARKASTELU

Soodakattilayhdistyksen Kestoisuus-työryhmän tilaamassa tutkimuksessa hitsattiin koehitsejä eri materiaali- ja lisäainevaihtoehdoilla ja näille suoritettiin tutkimuksia standardin vaatimusten täyttymisen osoittamiseksi. [2]

Tutkimuksiin valittiin seuraavat soodakattilan tulipesän compoundputkimateriaalit ja pinnoitelisäaineet:

- 304L, painetta kantava sisäputki P265GH (Sandvikin kauppanimi 3R12/4L7):
 - o Lisäaine 1: EN ISO 3581-A - E 23 12 L R (ESAB OK 67.60)
 - o Lisäaine 2: EN ISO 3581-A - E 27 31 4 Cu L R (Lincoln NiCro 31/27 ja Elga Cromarod 383)
- Sanicro 38, painetta kantava sisäputki P265GH:
 - o Lisäaine 2: EN ISO 3581-A - E 27 31 4 Cu L R (Lincoln NiCro 31/27 ja Elga Cromarod 383)

Painetta kantavan sisäputken hitsaukseen valittiin EN ISO 21952-A - W MoSi -lisäaine (ESAB OK Tigrod 13.09).

Hitsatuille kappaleille suoritettiin korotetun lämpötilan vetokokeet, iskutkeys-kokeet, kovuusmittaukset, mikrorakennetutkimuksia, hitsiaineen kemiallisen koostumuksen ja ferriittipitoisuuden määrittäminen.

Kaikkien kokeiden tulokset olivat hyväksytyjä kaikilla kokeissa käytetyillä materiaali- ja lisäaineyhdistelmillä. Lisäksi tunkeuma S₀-alueelle oli alle standardissa sallitun 1,5 mm.

Koejärjestelyt ja tulokset on kuvattu tarkemmin raporteissa 2 ja 5.

Teoreettisen Schaeffler tarkastelun perusteella syntyvän hitsin rakenne oli

- E 27 31 4 Cu L R lisäaineella hitsatessa täysin austeniittinen
- E 23 12 L R lisäaineella hitsin rakenne oli
 - o Sanicro 38 putkella joko täysin austeniittinen tai sisälsi enimmillään ~10% ferriittiä
 - o 304L-kompoundputkella austeniittinen, josta ferriittiä noin 5 – 15% (Sekoittumisasteen kasvaessa lisääntyy kuitenkin riski, että hitsiaineeseen muodostuu myös haurasta martensiittia.)

4 JOHTOPÄÄTÖKSET TUTKIMUKSESTA

Tutkimusten perusteella molemmilla testatuilla lisäaineilla hitsatut hitsit täyttävät standardin 12952-6:2011 [3] (nykyisin 12952-5:2021 [1]) vaatimukset [4]. Tulosten perusteella voidaan tunkeutua S₀-alueelle molemmilla lisäaineilla, mutta kuitenkin tapauksissa joissa joudutaan tunkeutumaan S₀-alueelle, suositellaan käyttämään E 27 31 4 Cu L R lisäainetta. Perustelut tälle:

- VdTÜV Kennblatt 00898.05 (01.07) [5] lisäaineelle OK 67.60 (E 23 12 L R) suosittelee sekaliitoksilla maksimi käyttölämpötilaksi 300°C
- VdTÜV Kennblatt 02594.07 (01.07) [6] lisäaineelle NiCro 31/27 (E 2731 4 Cu L R) suosittelee maksimi käyttölämpötilaksi 450°C
- E 23 12 L R lisäaineella on olemassa riski martensiitin muodostumiselle suurilla sekoittumisasteilla
- Päällehitsauksen ja sisäputken rajapinnalle muodostuu hitsin puolelle kapea hiilen diffuusiokerros, jonka mikrorakenne voi olla epäedullinen. Tämän diffuusiokerroksen paksuus on ohuempi hitsatessa E 27 31 4 Cu L R lisäaineella.

5 MUUTA HUOMIOITAVAA

Seinä- ja pohjaputkissa, joissa pinnoitehitsin osalta tunkeudutaan tai on riskinä tunkeutua kantavan putken laskennallisen vähimmäispaksuuden alueelle, täytyy kiinnittää erityistä huomiota esivalmisteluihin sekä NDT-tarkastukseen.

TYÖKOKEET

Tässä suosituksessa työkokeen tarkoituksena on määrittää pinnoitehitsin tunkeuman syvyyttä. Alla olevien suositusten lisäksi hitsaajalla tulee aina olla standardin vaatimat pätevyudet ko. työlle.

- Työkoe vaaditaan ennen työn aloitusta sekä konepajatuotantoa että asennustyömaata varten.
 - Konepajatuotantoa varten:
 - Käsinhitsauksessa jokainen hitsaaja tekee työkokeen, ellei hitsaajalla ole voimassaolevaa työkoepätevyyttä.
 - Mekanisoidussa hitsauksessa tehdään yksi työkoe kutakin hitsauskoneen asetusta kohti;
 - Asennustyömaata varten: Jokainen pinnoituksia hitsaava hitsaaja tekee työkokeen, ellei hitsaajalla ole voimassaolevaa työkoepätevyyttä.

- Työkokeiden suoritus ja pätevyysalueet:
 - o Valmistaja on velvollinen varmistamaan, että työkokeet on suoritettu tämän ohjeen mukaisesti, ellei toisin ole kirjallisesti sovittu.
 - o Työkoepätevyyksistä toimitetaan koontilista asennustyömaata varten. Konepajavalmistuksen osalta dokumentaatio esitetään pyydettyäessä.
 - o Työkoe tehdään putken päittäisliitoksena compoundputkeen. Työkokeessa käytetyn compoundputken materiaali ja koko eivät ole oleellisia muuttujia pätevyyden määrityksessä. Työkokeessa käytetty compoundputkimateriaali merkitään kuitenkin työkoepöytäkirjaan.
 - o Työkokeessa käytettävien lisäaineiden sekä hitsausasentojen pätevyysalueet annetaan taulukoissa 1 ja 2.
 - o Työkokeessa käytetty putkijako kattaa saman ja suuremmat putkijaot.
 - o Tangenttiseinän hitsaaminen ja luokkuhitsaus voivat vaatia erillisen työkokeen.

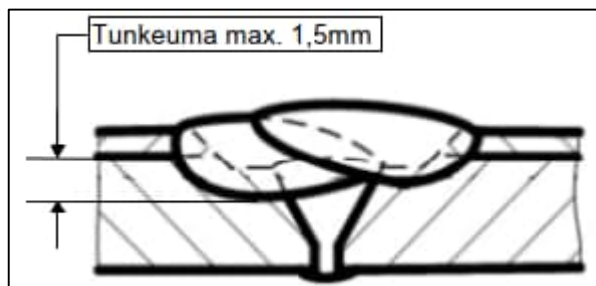
Taulukko 1: Työkoekappaleessa käytettävien lisäaineiden pätevyysalueet (E 23 12 L R-lisäaineen käyttö työkokeessa voi olla tarpeen osoitettaessa, ettei pinnoitehitsi tunkeudu laskennalliseen vähemmäispaksuuteen, e_{ct} .)

Työkokeen lisäaine	Pätevyysalue	
	E 27 31 4 Cu L R	E 23 12 L R ja +Mo
E 27 31 4 Cu L R	X	X
E 23 12 L R ja +Mo	-	X

Taulukko 2: Työkokeen hitsausasentojen pätevyysalue (pinnoitehitsin tunkeuman suhteen).

Testausasento	Pätevyysalue	
	PC	PH
PC	X	-
PH	X	X

- o Työkoekappaleesta valmistetaan poikkileikkaushie, josta määritetään pinnoitteen tunkeuma ferriittiseen painetta kantavaan sisäosaan. Hieen laadun on oltava riittävän hyvä tunkeuman luotettavaan mittaamiseen.
 - Hyväksymisraja: Pinnoitteen hitsin tunkeuma ferriittiseen painetta kantavaan sisäosaan on maksimissaan 1,5 mm.



- Voimassaolo: Hyväksytty työkoe on voimassa 12 kuukautta alkaen työkokeen hyväksymisestä, ellei toisin kirjallisesti sovita. (Edellyttäen, että hitsaajan pätevyydet ovat voimassa.)
- Työkokeet pätevöittävät myös korjaushitsaukselle (esim. pintavirhe compoundputkessa). (Katso 1 Soveltamisalue)

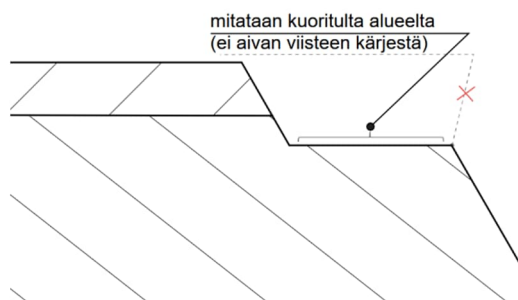
PUTKEN KUORINTA

Alla oleva ohjeistus ei koske matalapaineisia kattiloita, joissa työvaroja (ferriittisen osan minimiseinämä vähennettynä S_0 -mitalla) on vähintään 1,38 mm ja joissa ei ole käytönnön riskiä, että kuorinnassa alitettaisiin S_0 ja pinnoitehitsi tunkeutuisi S_0 -alueelle.

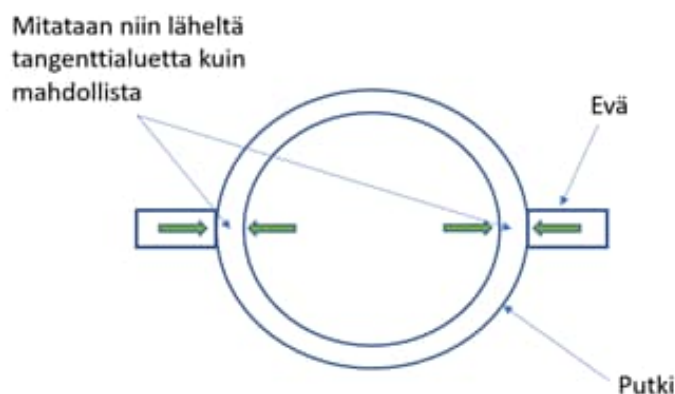
- Ennen päittäisliitoksen hitsausta compoundputken pinnoite on poistettava siten, että kaikki pinnoite poistuu hitsattavalta alueelta. Pinnoitetta ei saa sekoittaa painettakantavan osan päittäishitsiin.
- Kuorinta tulee kuitenkin minimoida siten, että painetta kantavaa osaa ei kuorita tarpeettomasti ja että e_{ct} - eli S_0 -rajaa ei aliteta.
- Pinnoitteen poistuminen on varmistettava
 - Koneellisesti viistekoneella kuorittu pinnoitteen poisto voidaan todeta visuaalisesti. Apuna voidaan käyttää tarvittaessa esimerkiksi kuparisulfaattia.
 - Mikäli putken epäpyöreyydestä tai muusta syystä johtuen joudutaan pinnoitteen loppuosa poistamaan käsin, tulee apuna käyttää esimerkiksi kuparisulfaattia.
 - Pinnoite on kuorittava vähintään 2 mm pituudelta.
- Painettakantavan seinämänpaksuuden varmentaminen ja dokumentointi putken kuorinnan jälkeen:
 - Konepajavalmistuksen yhteydessä
 - Seinämänpaksuus varmistetaan työkokeilla tai pistokoemaisesti mittaamalla. Varmistustapa on valmistajan valittavissa.
 - Mitan oltava vähintään S_0 , muussa tapauksessa putki on uusittava

o Työmaa-asennuksen yhteydessä (koskee vanhoja, kattilassa olleita seinä- tai pohjapaneeleita)

- Työtä aloitettaessa tarkastetaan viistekoneen asetukset ensimmäisestä putkesta, johon viiste tehdään. Viisteytyksen jälkeen varmistetaan mittaamalla, että projektissa vaadittu kuorinnan minimimitta täyttyy.
- Mittauslaajuus, 100% tai pistokoemaisesti, sovitaan kirjallisesti tilaajan kanssa projektikohtaisesti.
- Kuorinnan jälkeinen seinämänpaksuus mitataan viisteestä kuorinnan aloituskohdan vierestä, katso kuva.



- Mittauskohtia tulee olla vähintään neljä / mitattava putki.
- Mittauksissa pyritään löytämään putken ohuin kohta.
- Mittauskohdat pyritään ottamaan tangenttialueen läheltä tai kohdalta, joka silmämääräisesti näyttää ohuimmalta.



- Kuorinnan jälkeen tehdyt seinämänpaksuusmittaukset raportoidaan. Minimissään pöytäkirjassa esitetään seuraavat tiedot:

- Piirustuksissa esitetty (tai projektissa erikseen sovittu) minimivaatimus kuorinnan jälkeiselle seinämänpaksuudelle
 - Mittauslaajuus (100% tai pistokoemaisessa tarkastuksessa tarkastuslaajuus)
 - Yksittäisiä seinämänpaksuusmittaustuloksia ei kirjata pöytäkirjaan. Huom. kuitenkin kaikki sovitun rajan alittavat mittaustulokset on kirjattava.
 - Vakuutus, että kaikki mitatut arvot ovat täyttäneet projektissa sovitun minimivaatimuksen.
- Mitan oltava vähintään S_0 , muussa tapauksessa putki on uusittava

NDT-TARKASTUS

- Compound-putken päittäishitsille suoritetaan volumetrinen NDT-tarkastus ferriittisen painettakantavan hitsin osalta. Volumetristä tarkastusta ei vaadita työkoekappaleelle.
- Ennen pinnoitehitausta tulee silmämääräisesti todeta, ettei painettakantavan osan hitsi ole sekoittunut compoundkerrokseen.
- Pinnoitehitsin jälkeen tarkastetaan päittäisliitokset tulipesän sisäpuolelta tunkeumanestetarkastuksella 12952-6:2021 [7] mukaisella laajuudella.

6 VIITTEET

- [1] SFS-EN 12952-5 Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. osa 5: Paineenalaisten osien valmistus, 2021-12-31
- [2] T. Kauppi, Compoundputken pinnoitehitsin tunkeuman vaikutus päittäishitsin mekaanisiin ominaisuuksiin, Oulun yliopisto, Tekninen raportti, 31.10.2019
- [3] SFS-EN 12952-6 Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. osa 6: Kattilan paineenalaisten osien valmistuksen aikainen tarkastus, dokumentointi ja merkintä, 2011-12-12
- [4] S0-linjaus – metallurgiryhmän raportti
- [5] VdTÜV Kennblatt 00898.05 (01.07), OK67.60, DIN 8556 – E2312 L R 23
- [6] VdTÜV Kennblatt 02594.07 (01.07), NiCro 31/27, EN 1600 – E2731 4Cu LR 12
- [7] SFS-EN 12952-6 Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. osa 6: Kattilan paineenalaisten osien valmistuksen aikainen tarkastus, dokumentointi ja merkintä, 2021-12-31

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

- 1/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2020
(16A0913-E0208) 21.4.2021
- 2/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Pöytäkirja. Vuosikokous 21.4.2021, Teams-kokous ja AFRY Finland Oy, Vantaa
(16A0913-E0209) 21.4.2021
- 3/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 4.11.2021
Sokos hotelli Presidentti, Helsinki
(16A0913-E0210) 4.11.2021
- 4/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Lime Kiln alternative fuels and emissions / Meesauunin päästöt erilaisilla polttoaineilla
Henna Hietanen, Jens Kohlmann, AFRY Finland Oy
(16A0913-E0211) 17.11.2021
- 5/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Ioninvaihto metsäteollisuuden vedentuotannossa – hallinta, seuranta ja toimenpiteet
Karri Aunola, Essi Korhonen, Maija Vidqvist, Anu Kettunen, Teollisuuden Vesi Oy
(16A0913-E0212) 21.12.2021
- 6/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Pulp mill deposit formation and aging – role of intra-deposit alkali chloride transport, Phase 2
Roland Balint, Markus Engblom, Åbo Akademi
(16A0913-E0213) 21.12.2021
- 7/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Recovery Boiler superheater corrosion – Impact of amount of melt at T0
Ebba Malm, Åbo Akademi
(16A0913-E0214) 21.12.2021

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

- 1/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 7.4.2022, esitelmät
Sokos hotelli Kaarle, Kokkola, UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaaren tehtaat
(16A0913-E0215) 7.4.2022
- 2/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Toimintakertomus 2021
(16A0913-E0216) 26.4.2022
- 3/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 27.10.2022
Lapland hotels Arena, Tampere
(16A0913-E0217) 27.10.2022
- 4/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kyberturvallisuuden perusteet soodakattiloiden automaatiojärjestelmissä
Suvi Kaartinen ja Henry Haverinen, Insta Advance Oy
(16A0913-E0218) 7.11.2022
- 5/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Suositus soodakattilan tulipesän seinien ja pohjan compoundputkien pinnoitehitsin tunkeumalle
Andritz Oy, Inspecta Tarkastus Oy, Replico Oy, Valmet Technologies Oy, Kestoisuustyöryhmä(16A0913-E0219) 26.10.2022