[1 kompoundputkien korjaushitsaus 1](#_Toc443413312)

[1.1 Soveltamisala 1](#_Toc443413313)

[1.2 Hitsauksen edellytykset 2](#_Toc443413314)

[1.3 Toimenpiteitä ennen hitsauksen aloittamista 2](#_Toc443413315)

[1.3.1 Hitsaajan pätevyyden varmistaminen 2](#_Toc443413316)

[1.3.2 Pinnan puhdistus 3](#_Toc443413317)

[1.4 Hitsauksen suorittaminen 3](#_Toc443413318)

[1.4.1 Mikrorakenne 3](#_Toc443413319)

[1.4.2 Kemiallinen koostumus 4](#_Toc443413320)

[1.4.3 Kerrospaksuus 4](#_Toc443413321)

[1.4.4 Lisäaineet 4](#_Toc443413322)

[1.4.5 Esikuumennus ja välipalkolämpötila (työlämpötila) 4](#_Toc443413323)

[1.5 Toimenpiteet hitsauksen jälkeen 4](#_Toc443413324)

[1.5.1 Hitsauksen tarkastus 4](#_Toc443413325)

[1.5.2 Hitsausvirheiden korjaus 5](#_Toc443413326)

[1.5.3 Dokumentointi 5](#_Toc443413327)

[1.6 Loppusanat 5](#_Toc443413328)

# kompoundputkien korjaushitsaus

Vaikka korjaushitsausta käytetään melko yleisesti soodakattiloissa, toimintatavoissa voi olla suuriakin eroja, riippuen tehtaasta, tarkastajasta tai korjauksen suorittajasta. Yhdistyksen jäsenistö on kaivannut yleistä ohjetta kompoundputkien korjaushitsauksesta.

## Soveltamisala

Tämä ohje koskee yleisesti kaikkia kompound-putkia, mutta kunkin kompoundin kohdalla on huomioitava erilaiset hitsausvaatimukset esimerkiksi runsaasti nikkeliä sisältävillä lisäaineilla on suurempi riski kuumahalkeiluun.

Ohjetta voidaan soveltaa Painelaitedirektiivin (PED) sekä kattilastandardin EN 12952 mukaisessa valmistuksessa/työssä.

Korjaushitsauksesta puhuttaessa tulee erottaa kaksi eri tyyppiä:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. Pinnoitehitsaus | = | compound-putken ulomman kerroksen lisäämistä hitsaamalla |
| 2. Päällehitsaus | = | compound-putken sisemmän osan (perusmateriaali) täytehitsaamista laskennallisen minimin saavuttamiseksi |

Kohdan 2 perusaineen päällehitsausta minimin saavuttamiseksi ei suositella.

## Hitsauksen edellytykset

Korjaushitsaus on aina tarkan harkinnan/selvityksen tulos. Tapauskohtaisesti tulee harkita kummalla menetelmällä, korjaushitsaamalla vai putken vaihdolla, saavutetaan paras lopputulos niin turvallisesti, teknisesti kuin taloudellisestikin.

Ennen kuin putken korjauksesta hitsaamalla päätetään, tulee vauriomekanismista olla käsitys, esimerkiksi voivatko hitsauksesta syntyvät lisäjännitykset pahentaa vauriota (esim. säröilyä) korjattavan kohdan lähiympäristössä.

Seuraavia asioita tulisi ainakin huomioida korjaushitsausta harkittaessa:

1. Minkälaisia vaurioita ei saa korjaushitsata
2. Kuinka monta kertaa samaa vauriota voi korjaushitsata
3. Kuinka suuren pinta-alan voi korjaushitsata
4. Etäisyys kahden korjaushitsin välillä
5. Minkälaisia vaurioita ei saa korjaushitsata

Jos tarkastuksessa havaitaan että putkessa on muodonmuutoksia esimerkiksi lommoja, kolhuja tai soikeutta, putki tulee vaihtaa uuteen. Lisäksi jos putkessa on vesipesun jälkeen ruostumattoman pinnan värimuutoksia (ylikuumentumisesta johtuva tumma pinta), putki tulee vaihtaa uuteen. Ylikuumeneminen voi johtua esimerkiksi vesi/höyrypuolen kerrostumasta tai huonosta vesikierrosta.

Putken pinnoitepaksuus (kuinka paljon kirkasta jäljellä) tulee selvittää.

Jos särö ulottuu perusaineeseen, putken laskennallinen minimi tulee selvittää ja varmistaa että pinnoitehitsauksen tunkeuma ei mene sen alle. Jos perusaineen paksuus on alle minimin, putki on vaihdettava. Perusaineen paksuuden lisäämistä päällehitsaamalla minimin saavuttamiseksi ei suositella.

1. Kuinka monta kertaa samaa vauriota voi korjaushitsata

Samaa vauriota suositellaan korjattavaksi hitsaamalla maksimissaan kolme kertaa. Rajoitus koskee myös korjaushitsauksessa syntyneitä säröjä.

1. Kuinka suuren pinta-alan voi korjaushitsata

Pinta-ala tulee harkita tapauskohtaisesti riippuen mm. korjattavan kohteen sijainnista.

1. Etäisyys kahden korjaushitsin välillä

Etäisyys pituussuunnassa kahden erillisen korjaushitsin välillä tulee ylittää isomman korjaushitsin koko.

## Toimenpiteitä ennen hitsauksen aloittamista

### Hitsaajan pätevyyden varmistaminen

Ennen hitsauksen aloitusta jokainen hitsari tekee hyväksytyn työkokeen. Työkoe tehdään vastaavalla kompoundputkella, samanlaisella geometrialla, samassa hitsausasennossa (pysty- tai vaakaputki) ja todellisuutta vastaavissa olosuhteissa (mm. jännitysolosuhteet, lämpövaikutukset, rajattu luoksepäästävyys, reunojen olosuhteet). Koehitsin tulee täyttää sille asetetut laatu-, koko- ja tunkeumavaatimukset.

Ennen koehitsauksen aloittamista tulee perusaineen ja pinnoitteen paksuus (hiottu korjattavan kohdan tasoon) dokumentoida.

Hitsauksen jälkeen hie leikataan poikittain hitsauspalkoihin nähden ja tutkitaan visuaalisesti ja kuparisulfaatilla kiinnittäen huomiota tunkeuman syvyyteen, kerrospaksuuteen, palon muotoon ja geometriaan. Tunkeumasyvyys tulee olla aina mahdollisimman pieni, tunkeuma ei saa mennä putken laskennallisen minimin alle.

Hyväksytty työnäyte dokumentoidaan ja jos mahdollista säästetään seuraavaan seisakkiin.

Hitsaajat pätevöitetään standardin EN 287-1 / EN ISO 9606-1 (käsinhitsaus) mukaan

Hitsausohjeet (WPS) pätevöitetään standardin EN ISO 15614-7 mukaan.

### Pinnan puhdistus

Hitsattavan materiaalin pinnan tulee olla puhdas liasta, rasvasta, ruosteesta, valssihilseestä tai muusta vastaavasta epäpuhtaudesta.

Puhdistus tehdään hiomalla esim. karhunkielellä, teräsharjaamalla tai hiekkapuhalluksella. Liuottimella voi poistaa rasvat, tussit tms. jos tarpeen.

## Hitsauksen suorittaminen

Hitsaus tulee suorittaa menetelmäkokeella (EN ISO 15614-7) pätevöitetyn hitsausohjeen (WPS) mukaisilla hitsausparametreillä.

Soveltuvat hitsausmenetelmät ovat puikkohitsaus (111) ja TIG hitsaus (141).

Puikolla hitsattaessa on valokaari pidettävä lyhyenä ilmasta tulevan austeniitin osuutta kasvattavan typen määrän pienentämiseksi.

Hitsaus suoritetaan oheisen kuvan mukaan pituusakselin suuntaisesti alkaen esimerkiksi putken oikealta kyljeltä ja edeten kunnes saavutaan putken laelle (klo 12). Tämän jälkeen aloitetaan uudestaan vasemmalta kyljeltä ja taas edetään putken lakea kohti (klo 12) kunnes viimeinen palko limitetään viimeisen oikealta hitsatun päälle. Viereiset palot sulatetaan osittain limittäin, jolloin hitsin liiallinen, perusaineen sekoittumisesta johtuva laimeneminen saumakohdassa voidaan estää. Erityisesti tämä on huomioitava ensimmäisen palon hitsauksessa.



Oikea palkojen sijoittelu Väärä palkojen sijoittelu

### Mikrorakenne

Jos hitsattava putken materiaali on 304L, tulipesän valmiin korjaushitsauskerroksen tulee olla mikrorakenteeltaan austeniittis-ferriittinen, jolloin sopiva ferriitin määrä tulisi olla 5…15%. Tämä saavutetaan hitsauspuikon koostumuksella ja oikeilla hitsausparametreillä. Kyseinen ferriittimäärä on edullinen hitsausteknisistä syistä, koska ferriitti pienentää hitsin kuumahalkeamistaipumusta.

Edellinen ei päde Sanicro 38:lle joka on kokonaan austeniittinen.

### Kemiallinen koostumus

Jos hitsattava putken materiaali on 304L, valmiin korjaushitsauskerroksen nimellisanalyysin tulisi olla esimerkiksi:

Cr 16…19 %

Ni 8…11 %

Kromi- ja nikkelipitoisuudet voivat olla korkeammatkin edellyttäen, että mikrorakenteen koostumus säilyy kohdan 1.4.1 mukaisena.

### Kerrospaksuus

Hitsauskerroksen paksuuden tulee olla riittävän ohut, jotta lämpösiirtyminen olisi hyvä ja seinämän kokonaisvahvuus ei kasvaisi liian suureksi. Vaadittava kerrospaksuus on yleisesti 2-2.5 mm.

### Lisäaineet

Kohdassa 1.4.2 304L materiaalille vaaditun analyysin saavuttaminen korjaushitsauskerrokselle edellyttää yliseostetun lisäaineen käyttöä, jolla kompensoidaan perusaineen sekoittuminen. Lisäainetyyppejä ovat niukkahiiliset E23 12 L R 32 (E309L-17) vastaavat lisäaineet.

Koska kerrospaksuuden tulee olla mahdollisimman ohut, tulee käytännössä kysymykseen vain yksipalkohitsaus. Paksulla kerroksella huonontuneen lämmönsiirtymisen vuoksi voivat lämpötilaerot muodostua liian suuriksi suurten kerrospaksuuden yhteydessä, jolloin terminen väsyminen saattaa aiheuttaa putkivaurioita toistuvien ylös- ja alasajojen seurauksena.

### Esikuumennus ja välipalkolämpötila (työlämpötila)

Esikuumennuksen käyttö korjaushitsauksessa ei normaalisti ole tarpeen. Palkojen välistä lämpötilaa (työlämpötilaa) tulee rajoittaa soveltuvin osin, suositeltava enimmäis- välipalkolämpötila on +150°C.

## Toimenpiteet hitsauksen jälkeen

### Hitsauksen tarkastus

Korjaushitsatun alueen muoto tulisi olla jouheva (ei epäjatkuvuuskohtia).

Tunkeumanestetarkastus (fluoresoivalla menetelmällä) tulee tehdä koko korjaushitsatun ja hiotun alueen lisäksi lähialueelle. (Lähialueen pinta-ala vastaa vähintään korjaushitsattua aluetta). Lisäksi korjaushitsatulle ja hiotulle alueelle tehdään paksuusmittaus ultraäänellä.

### Hitsausvirheiden korjaus

Hitsauksessa syntyneet virheet avataan hiomalla riittävän laajalta alueelta ja virheen poistuminen tarkastetaan visuaalisesti ja tarvittaessa tunkeumanestetarkastuksella.

Virheiden korjaushitsaus suoritetaan soveltuvan hitsausohjeen (WPS) mukaisesti ja tarkastetaan silmämääräisesti (tarvittaessa tunkeumanesteellä).

### Dokumentointi

Dokumentointi on tärkeä osa korjausprosessia. Koko prosessi tulee dokumentoida yhdeksi dokumentiksi, joka sisältää:

* Korjaus- ja tarkastussuunnitelmat
* Korjaustyön
* Tarkastusraportoinnin

Vaurion paikka tulee dokumentoida jotta se löytyy seuraavissa tarkastuksissa esimerkiksi valokuvalla, skitsillä tai muulla vastaavalla tavalla. Lisäksi paksuusmittauksen tulos ruostumaton vs. perusaine ohuimmasta putken kohdasta otettuna tulee dokumentoida samaan paikkaan.

## Loppusanat

Eräs kattilakäyttäjä kiteytti onnistuneen korjauksen koostuvan kolmesta kohdasta:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. Osaaminen  | = | Työn suorittajalla on korjaushitsauskokemusta kattilaolosuhteissa |
| 2. Ohjeistus | = | Työn suorittajalla on ymmärrys siitä mitä tehdään eli oikeat ja voimassa olevat ohjeet (WPS) kyseiseen korjaukseen |
| 3. Valvonta | = | Työn valvoja varmistaa että työ suoritetaan oikein. Tilaajaa edustavan, osaavan ja kannanottokykyisen henkilön läsnäoloa suositellaan |