



Korjaus- ja kunnossapitohitsaus



STRENGTH THROUGH COOPERATION

Hitsaus on tärkeä menetelmä korjaustoiminnassa

Hitsaus on metallien yleisin liittämismenetelmä. Hitsausta käytetään konepajoissa, kun valmistetaan erilaisia uusia tuotteita. Korjaustoiminnassa hitsaus on myös tärkeä menetelmä, jota käyttäen mm. kunnostetaan vaurioituneita ja kuluneita työkappaleita ja tuotteita ym.

Tässä esitteessä käsitellään lyhyesti sellaisia hitsauskohteita, joita esiintyy paljon korjaus- ja kunnossapitotoiminnassa:

- talttaus- ja leikkauspuikon käyttö
- huonosti hitsattavien terästen hitsaus
- eripariliitosten hitsaus
- päällehitsaus ja kovahitsaus
- valuraudan hitsaus
- kulutusterästen hitsaus
- alumiinin hitsaus

Samalla annetaan myös suositukset niissä käytettävistä hitsauslisäaineista:

- puikkohitsaus: OK-hitsauspuikot
- MIG/MAG-hitsaus: OK Autrod-umpilangat
- täytelankahitsaus: OK Tubrodur-täytelangat
- TIG-hitsaus: OK Tigrod-langat

Lyhyt esittely korjaus- ja kunnossapitotoiminnan kohteista

Lisätietoja korjaushitsauksesta löytyy ESABin korjaushitsauskäsikirjasta, joka koostuu kuudesta erillisestä osasta:

- korjaushitsauksen perusteet
- hitsausohjeita eri materiaaleille
- kovahitsaus
- korjaushitsausesimerkkejä
- lisäaineiden tuotetiedot
- käyttöesimerkkihakemisto

Tämä käsikirja on ladattavissa pdf-tiedostona ESABin verkkosivuilta: www.esab.fi alasivulta Ladattavat tiedostot.

Hitsauslisäaineet-luettelosta löytyy yksityiskohtaiset tiedot hitsauslisäaineista ja runsaasti lisäaineiden valintataulukoita eri materiaaleille. Sen voi tilata painettuna asiakaspalvelustamme tai ladata pdf-muodossa ESABin verkkosivuilta: www.esab.fi alasivulta Esitteet & Luettelot. Verkkosivuilta löytyy tietoja lisäaineista myös kohdasta Tuotteet >> Hitsauslisäaineet.

ESABin lisäainevalikoima puikko-, MIG/MAG-, täytelanka-, TIG- ja jauhekaarihitsaukseen on markkinoiden laajimpia. Se

on ryhmitelty uusimmassa Hitsauslisäaineet-luettelossa materiaaliyhmittäin kymmeneen ryhmään. Yksittäisiä lisäaineita on mukana noin 450 kappaletta.

- A Seostamattomien terästen lisäaineet
- B Niukkaseosteisten terästen lisäaineet
- C Ruostumattomien ja tulenkestävien terästen lisäaineet
- D Alumiiniseosten lisäaineet
- E Nikkeliseosten lisäaineet
- F Kupariseosten lisäaineet
- G Valurautojen lisäaineet
- H Eripariliitosten lisäaineet
- I Kovahitsauslisäaineet
- J Erikoistuotteet

ESABin lisäainetehtailla on erilaiset kansainväliset hyväksynnät, mm. ISO 9001:n mukaisesti sertifioidut laatujärjestelmät, EU:n painelaite- ja rakennustuotdirektiivien vaatimat valmistaja- ja tuotehyväksynnät sekä standardien ISO 14001 ja OHSAS 18001 mukaiset hyväksynnät ympäristö-, terveys- ja turvallisuusohjelmille.

Korjaushitsauksissa on tärkeää huolehtia myös työ- ja paloturvallisuusasioista. Työskentelyolosuhteet ovat usein huonommat kuin normaaleissa tuotantohitsauksissa sekä lisäaineet voivat olla usein myös hyvin seostettujat. Hitsauslisäaineiden käyttöön liittyvät terveys- ja turvallisuusasiat löytyvät lisäaineille laadituista käyttöturvallisuustiedotteista, jotka ovat tulostettavissa osoitteesta: www.esab.fi >> Käyttöturvallisuustiedotteet.

ESABin verkkosivuilta alasivulta Tuki >> Ladattavat tiedostot löytyvät myös julkaisut 'Hitsauksen työturvallisuus' ja 'Hitsaussavut'.

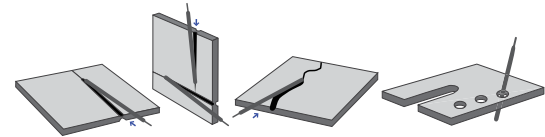


Taltaus- ja leikkauspuikko

Taltaus- ja leikkauspuikko eli kaaritaltauspuikko on paljon käytetty lisäaine, kun korjaustoiminnassa tarvitsee poistaa ainetta hitsausvirheiden takia, taltata vikakohta auki, poistaa halkeama hitsaus-ta varten, tehdä railoja, tehdä reikiä, leikata levyä tai katkaista tankoja. Kaaritaltauspuikko soveltuu yhtä hyvin seostamattomalle teräkselle kuin ruostumattomalle teräkselle, valuraudalle, alumiinille ja kuparille. Kaaritaltaus toimii samaan tapaan kuin hitsauspuikko eli valokaari palaa puikon pään ja työkappaleen välillä. Kaaritaltauspuikon erikoispuikot muodostaa kuitenkin voimakkaan kaasusuihkun, joka puhaltaa valokaaren sulattaman aineen pois, minkä tuloksena syntyy ura tms.

Työskentely onnistuu tavallisilla puikkohitsausvälineillä eikä mitään paineilmaa ja erikoispuikonpidintä tarvita (vrt. paineilmahiilikaaritaltaus). Virtalähteeksi riittää pienikin tasa- tai vaihtovirtalähde. Paineilmahiilikaaritaltaus poistaa ainetta toki paljon tehokkaammin, mutta se tarvitsee erikoisvälineet ja paineilmaa, jota ei ole saatavissa joka paikassa.

Puikonhalkaisijat ovat 2,5...5,0 mm ja esim. virta-alue Øt 3,2 mm:n puikolle on 130-180 ja Ø 4,0 mm:n puikolle 170-230 A. Kaari sytytetään pitämällä puikkoa kohtisuorassa työkappaleeseen päin, jonka jälkeen kallistetaan puikkoa taaksepäin 15-20 astetta ja kuljetaan työntävässä asennossa eteenpäin. Syvä



ura voidaan tehdä tekemällä taltaus useampaan kertaan. Hitsaus voidaan tehdä yleensä uraan ilman jälkikäsittelyä, mutta ruostumattomalla teräksellä uran pinta on yleensä hiottava hiilettyneen pintakerroksen poistamiseksi.

Lisäaine

Kaaritaltauspuikko OK 21.03

Eripariliitokset

Usein tulee tarve liittää hitsaamalla seostamaton tai niukkaseosteista terästä austeniittiseen ruostumattomaan teräkseen, esim. S355/AISI 316. Tällaisia liitoksia kutsutaan usein musta/ruostumaton-eripariliitoksiksi. Nämä liitokset on helppo tehdä hitsaamalla, kun lisäaine valitaan oikein. Lisäaineet ovat ns. yliseostettuja ruostumattomia lisäaineita, joiden hitsiaine sekoittuessaan "mustan" teräksen kanssa jää "laimistumisesta" huolimatta sitkeäksi austeniittiseksi tai austeniittis-ferriittiseksi hitsiaineeksi. Lisäaineen valinnassa voidaan käyttää apuna Schaeffler-diagrammia, jonka avulla voidaan päätellä hitsiaineen mikro-rakenne.

Lisäaine

Lisäaineet ovat erilaisia runsaasti seostettuja (ns. yliseostettuja) ruostumattomia lisäaineita.

18%Cr-8%Ni-6%Mn

- Mn-yliseostettu (AWS 307)
OK 67.45
OK Autrod/Tigrod 16.95
OK Tubrod 14.37
OK Tubrodur 14.71

23%Cr-13%Ni

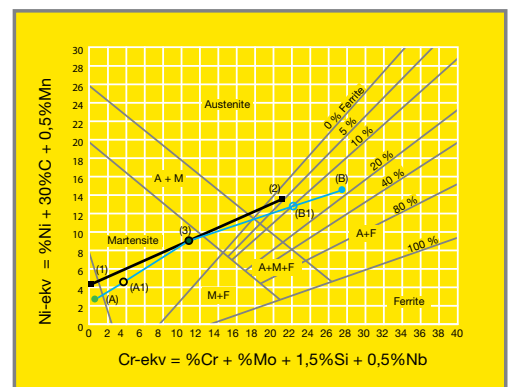
- CrNi-yliseostettu (AWS 309L)
OK 67.60
OK Autrod/OK Tigrod 309LSi
Shield-Bright 309L, 309 X-tra

23%Cr-13%Ni-3%Mo

- Cr-Ni-yliseostettu (AWS 309MoL)
OK 67.70
OK Autrod/OK Tigrod 309MoL
Shield-Bright 309MoL X-tra

Ni-valtainen seos

- kuumalujan CrMo-teräksen ja ruostumattoman teräksen eripariliitos (korkeat lämpötilat)
OK 92.26
OK Autrod/Tigrod 19.85



Schaeffler-kuvio:

- seostamaton teräs S355
 - ruostumaton teräs AISI 316L
 - eriparihitsiaine hitsattuna ilman lisäainetta
- (A) seostamaton puikko OK 48.00
(A1) sen eriparihitsiaine
(B) yliseostettu puikko OK 67.70
(B1) sen eriparihitsiaine.

Huonosti hitsattavat teräkset

Korjaus- ja kunnossapitohitsauksissa joudutaan usein korjaushitsamaan ns. huonosti (vaikeasti) hitsattavia teräksiä. Tällaisia teräksiä ovat mm. runsashiiliset hiiliteräkset, nuorutusteräkset (mm. 34CrNiMo6 ja 42CrMo4), työkaluteräkset, eräät kulutusteräkset ja jousiteräkset. Ryhmään luetaan usein myös ”tuntemattomat teräkset”, jotka on usein syytä käsitellä ”varmuuden vuoksi” tällaisina teräksiä, jos niiden tarkempaa koostumusta tai teräsmerkintää ei tiedetä tai ei saada selville. Tyypillisiä kohteita ovat akselit, hammaspyörät, työkalut, koneenosat yms.

Yhteistä kaikille näille teräksille on hitsattavuuden kannalta voimakas karkenemistaipumus ja kareneen muutosvyöhykkeen suuri kovuus ja hauraus, mistä syystä halkeilutaipumus on suuri hitsauksessa. Näiden estämiseksi tarvittavaa esikuumennusta tai jälkilämpökäsittelyä ei useinkaan mahdollista tehdä korjaustilanteissa.

Hitsaus käyttäen austeniittista ruostumattonta tai nikkelpohjaista lisäainetta on yleisesti käytetty tehokas tapa estää ns. vetyhalkeamien (kylmähalkeamien, karkenemishalkeamien) syntymistä. Tällainen hitsiaine sietää suurta sekoittumista ja on mikrorakenteeltaan sitkeätä austeniittista tai austeniittis-ferritiittistä terästä. Lisäksi halkeilua aiheuttavan vedyn liukoisuus on siihen suuri, mikä estää haurastavan vedyn kulkeutumista muutos-

vyöhykkeelle (HAZ) ja siten halkeamien syntymistä huolimatta vyöhykkeen karkenemisesta.

Yleisin korjaushitsausseostyyppi on austeniittis-ferritiittinen ruostumaton teräs 29%-9%Ni.

Mielenkiintoisia kohteita näille lisäaineille ovat myös katkenneen pultin irroitus käyttäen hitsauspuikkoa ja naarmuuntuneen hydraulisylinlerin männän korjaus. Reikään jääneen pultin päälle kasvatetaan varsi, josta voidaan avaimella kiertää pultti auki ja ylös. Männän varren naarmu päällehitsataan puikolla ja hiotaan sileäksi.

Lisäaine

29%Cr-9%Ni

- korjaushitsaussten yleisseostyyppi
 - hitsiaine sietää paljon epäpuhtauksia
 - hitsiaine sietää suurta sekoittumista
- OK 68.82: korjaushitsaussten ”ihme-puikko”**
OK Autrod 312/OK Tigrod 312

18%Cr-8%Ni-6%Mn

- erittäin sitkeä hitsiaine
- OK 67.45**
OK Autrod 16.95/OK Tigrod 16.95
OK Tubrodur 14.71, myös ilman suojakaasua

Ni-valtainen seos

- hitsiaineen sitkeys kaikista suurin
 - pienin halkeiluherkkyys
- OK 92.26**
OK Autrod 19.85/OK Tigrod 19.85



Kartiohammaspyörän korjaus.



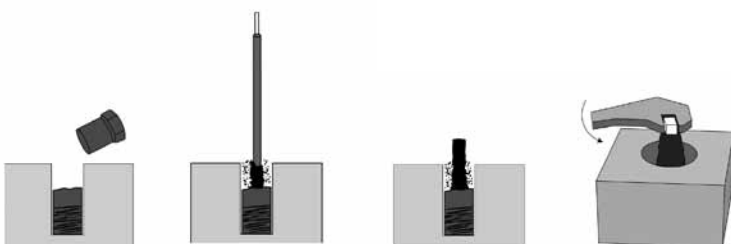
Raskaan ajoneuvon kuluneen vetoakselin korjaus.



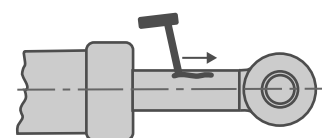
Katkenneen vetoakselin korjaus.



Voimanmuuntimen katkenneen tukijalan korjaus.



Katkenneen pultin poistaminen.



Hydraulisylinlerin varsi.

Valuraudat

Valuraudat ovat rauta-hiiliseoksia, jotka sisältävät raudan lisäksi 2-5 % hiiltä ja hiukan piitä ja mangaania. Lisäksi joissakin valurautalaaduissa on muitakin seosaineita. Yleisimmät valurautalaadut ovat suomugrafiittivalurauta ja pallografiittivalurauta. Suomugrafiittiraudassa grafiitti (hiili) esiintyy suomuina ja pallografiittiraudassa pallomaisessa muodossa ferriittisessä tai ferriittis-perliittisessä perusmassassa (matriisissa). Valuraudan hitsaus on erilaista kuin terästen hitsaus ja useimmat valurautalaadut ovat yleensä hyvin huonosti hitsattavia. Valurauoilla on huono sitkeys ja muodonmuutoskyky eli ne ovat hauraita. Tästä syystä hitsausjännitykset aiheuttavat herkästi halkeamia ja säröjä hitsausliitoksen alueella. Muutosvyöhykkeelle muodostuu monimutkainen, kova ja hauras mikrorakenne. Lisäksi monissa korjattavissa kappaleissa on imeytyntä öljyä tms., mikä vaikeuttaa myös hitsausta. Kuitenkin niiden hitsaus on mahdollista ja valurautakappaleita korjaushitsataan yleisesti.

Yleensä valuraudan hitsaus on puikko-hitsausta ja ns. kylmähitsausta, mikä tarkoittaa sitä, että tuodaan mahdollisimman vähän lämpöä. Lisäksi noudatetaan sopivaa hitsausjärjestystä, esim. taka-askelhitsaus, joka pienentää ja tasaajännityksiä. Käytännössä hitsataan lyhyitä palkoja ja vasaroidaan ("venytetään") niitä kevyesti, mikä laukaisee jän-

nityksiä. Palon hitsauksen jälkeen annetaan hitsausalueen jäähtyä käsinkosketuslämpötilaan ennen seuraavan palon hitsausta, mikä pienentää jännityksiä. Joskus on hyödyllistä käyttää ns. puskurointihitsausta, jolloin railopinnat päällehitsataan ennen varsinaista liitoshitsausta, jos se on käytännössä mahdollista. Mikäli kyseessä on halkeaman korjaus, on syytä porata reiät halkeaman päihin, jotta se ei etenisi.

Hitsauspuikkoina käytetään joko ns. nikkeli- tai nikkeli-rautapuikkoja, joita käytettäessä hitsi jää pehmeäksi ja sitkeäksi sekä koneistettavaksi. Hitsiainetta on myös helppo "venyttää" vasaroimalla.

Lisäaine

Ni-lisäaine

- "nikkelipuikko"
- hitsiaine hieman pehmeämpi kuin NiFe
OK 92.18

NiFe-lisäaine

- "nikkelirautapuikko"
- hitsiaine hieman lujempi kuin Ni
- vähemmän arka epäpuhtauksille kuin Ni
- halvempi kuin Ni
OK 92.58
Nicore 55, täytelanka



Kulutusteräket

Kulutusteräksiä käytetään kohteissa, joissa tavallisten pehmeäköjen rakenneterästen kulumiskestävyys ei riitä. Tyypillisiä käyttökohteita ovat rakenteet, jotka altistuvat esimerkiksi maa-, kivi- ja sora-aineksen hankaavalle kulutukselle, mm. kivilouhoksilla, kaivoksissa, kuormaajissa ja maansiirtokoneissa, esim. kuljettimet, huulilevyt, dumpperien lavat, seulat, kourut yms. Nykyaikaiset kulutusteräket, esim. Rautaruukin Raex AR 400 ja 500 sekä SSAB:n Hardox 400 ja 500, joissa lukuarvo viittaa teräksen pintakovuuteen, 400 ja 500 HB, ovat hyvin hitsattavia teräksiä.

Raex AR 400:n kulutuskestävyys on karkeasti noin 2-3-kertainen ja 500:n kulutuskestävyys noin 3-4-kertainen verrattuna rakenneteräksen S355. Kulutusteräket ovat yleensä karkaistuja tai joskus myös nuorutettuja (so. karkaistuja ja päästettyjä).

Lisäaine

- Pehmeä ja sitkeä seostamaton teräs
OK 48.00
OK Autrod 12.51 jne.
- Yliseostettu ruostumaton teräs
18%Cr-8%Ni-6%Mn
OK 67.45
OK Autrod 16.95
OK Tubrodur 14.71
- Tasaluja niukkaseosteinen lisäaine
OK 75.75
OK AristoRod 13.29
OK Tubrod 14.03 ja 15.09
- Kovahitsauslisäaine,
kovuus noin 30-35 HRC
OK 83.28
OK Autrod 13.89
OK Tubrodur 15.43
- Kovahitsauslisäaine,
kovuus noin 50-60 HRC
OK 83.65
OK Autrod 13.91
OK Tubrodur 15.50



Kulutusterästen tyypillisiä käyttökohteita. Teräket ovat RAEX AR 400 ja AR 500.

Kulutusterästen karkenevuuden takia joudutaan käyttämään esikuumennusta halkeilun estämiseksi paksummilla levyillä. Esikuumennus riippuu paitsi levynpaksuudesta niin myös hitsiaineen vetypitoisuudesta ja lämmöntuonnista. Karkea esikuumennussuositus on seuraava:

400 HB:

- n. 20 mm:stä lähtien: 75-150 °C (levynpaksuuden mukaan)

500 HB:

- n. 10 mm:stä lähtien: 100-200 °C (levynpaksuuden mukaan)

Rautaruukilla ja SSAB:lla on hyvät hitsauskesitteet näiden terästen hitsaukseen.

Lisäaineen valinta määräytyy tapauskohtaisesti hitsiltä vaadittavien ominaisuuksien perusteella. Yleensä liitoshitsauksessa pyritään käyttämään pehmeitä ja sitkeitä lisäaineita, esim. OK 48.00 ja vastaavia lankoja. Hitsit ovat usein sellaisissa paikoissa, että näitä pehmeitä lisäaineita voidaan käyttää.

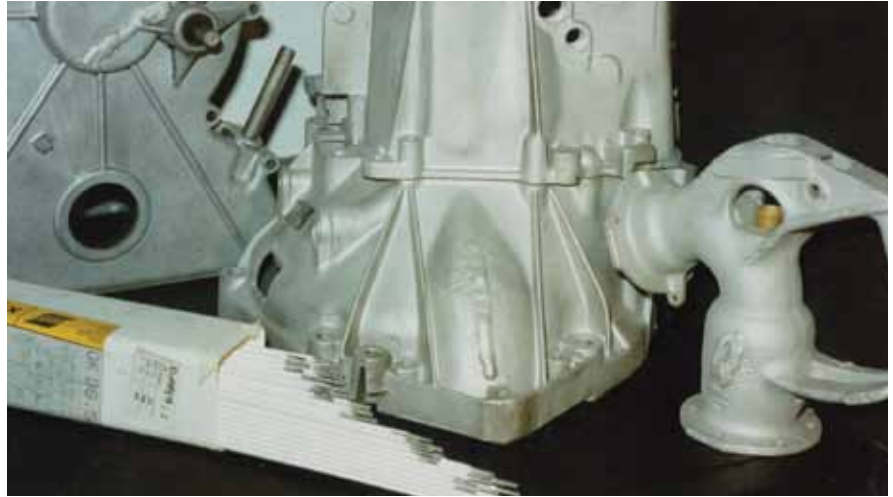
Erityisesti paksujen kulutusteräslevyjen hitsauksessa, kovimpien teräslaatuojen ja asennusolosuhteissa tarvittava hitsausta varten tehtävä esikuumennus voidaan välttää käyttämällä austeniittisia ruostumattomia lisäaineita, joista yleisin on aikaisemmin mainittu 18%Cr-8%Ni-6%Mn.



Jos hitsiltä vaaditaan suurta lujuutta, käytetään lujia niukkaseosteisia lisäaineita, mutta pohjapalko seostamattomalla.

Jos hitsiltä vaaditaan kulumiskestävyyttä, niin silloin käytetään hitsin pintapalkoihin sopivan kovuuden antavia kovahitsauslisäaineita, kun täyttöpalkot hitsataan pehmeillä lisäaineilla. Näitä kulutusteräksiä saatetaan joskus huolimatta niiden omasta hyvästä hankaavan kulutuksen kestävydestä joutua kovahitsaamaan pinnan kulutuskestävyyden parantamiseksi, usein paikallisesti. Tällöin sitkeän välikerroksen ("pufferikerroksen") hitsaus ennen kovahitsausta estää halkeamien syntymistä joko perusaineseen tai kovahitsiaineeseen sekä estää myös kovahitsiaineen irtoamista. Tällaisina lisäaineita voidaan käyttää austeniittisiä ruostumattomia lisäaineita, esim. 18%Cr-8%Ni-6%Mn (AWS 307) tai 23%Cr-13%Ni (AWS 309L), jotka on esitelty jo edellä sivuilla 3 ja 4. Kovahitsauslisäaineet ovat runsaasti mm. kromilla seostettuja karkenevia lisäaineita, ks. sivu 9.

Alumiinit



Keveyden, hyvän sähkönjohtavuuden, hyvän korroosionkestävyyden ja hyvän hitsattavuuden ansiosta alumiinia käytetään paljon hyvin monella alalla, mm. laivoissa, pienveneissä, kuljetusvälineissä, pakkausmateriaaleissa, sähköteollisuudessa ja ilmailuteollisuudessa. Alumiini on kevytmetalli, jonka ominaispaino on noin kolmannes teräksen ominaispainosta.

Alumiinia hitsataan paljon. Tuotantohitsaukset tehdään käyttäen MIG- tai TIG-hitsausta. Puikkohitsausta käytetään hyvin vähän, lähinnä pienissä korjaushitsauksissa ja erityisesti silloin, kun kaasukaarihitsausta ei voida käyttää tai laitteita ei ole saatavilla.

Alumiinien sulamispiste on 600 °C:een luokkaa. Alumiinin lämmönjohtavuus teräksen verrattuna on noin neljä kertaa suurempi, mistä syystä alumiinin hitsauksessa tarvitaan kuitenkin suhteellisen paljon lämpöä. Paksuilla aineilla tarvitaan esikuumennusta. Alumiinin lämpölaajenemiskerroin on noin kaksi kertaa suurempi kuin teräksen, joten hitsauksen aiheuttamat muodonmuutokset (vetely) ovat vastaavasti suuremmat.

Alumiinin pinnalla on hyvän korroosionkestävyyden antama äärimmäisen ohut oksidikalvo, jonka sulamispiste on yli 2000 °C. Tämä on poistettava ennen hitsausta hitsausalueelta esim. ruostumattomalla teräsharjalla ja estettävä sen uudelleenmuodostuminen hitsauksen aikana. MIG- ja TIG-hitsauksessa valo-kaari rikkoo oksidikalvon ja inertti suoja-kaasu (argon) estää sen uudelleenmuodostumisen. Puikkohitsauksessa puikkopäälysteessä oleva juoksute liuottaa oksidikalvon ja suojaa hitsisulaa.

Tärkeä asia hitsauksessa on hitsausalueen puhdistaminen, koska alumiini on erittäin herkkä metalli huokosille hitsissä. Huokoisuuden syynä on vedyn erittäin suuri liukeneminen sulaan alumiiniin. Hitsauksessa kaikki sulaan liuenneet kaasut eivät ehdi poistua nopeasti jähmettyvästä hitsisulasta ja ne jäävät hitsiin muodostaen huokosia ("kaasurakkuloita").

Monet alumiiniseokset ovat aika herkkiä kuumahalkeamille, jolloin hitsiin muodostuu helposti halkeamia hitsisulan jähmettymisen yhteydessä. Tästä syystä on lisäaine valittava oikein, jotta hitsisulaan ei synny halkeiluarkaa seoskoostumusta.

Puhtaan alumiinin lisäksi alumiiniseoksia on suuri joukko, mm. AlMn-, AlMg-, Al-Si- ja AlMgSi-seokset. Lisäaine valitaan hitsattavan seoksen mukaan. Lisäainesuositukset alumiiniseoksille on annettu taulukossa sivulla 11.

Kevytmetallisten valukappaleiden kohdalla joudutaan selvittämään, onko kappale alumiinia vai magnesiumia. Selvitys voidaan tehdä yksinkertaisella polttokokeella. Irrotetaan kappaleesta pieniä lastuja ja kokeillaan kaasupolttimen liekillä, syttyvätkö ne. Magnesiumlastut syttyvät palamaan, alumiinilastut eivät.

Lisäaine

AlSi12

- Al-valut
OK 96.50
OK Autrod/OK Tigrod 4047

AlSi5

- AlMgSi-seokset
OK Autrod/OK Tigrod 4043

AlMg5

- AlMg3-, AlMg5- ja AlMgSi-seokset
OK Autrod/OK Tigrod 5356

Päällehitsaus ja kovahitsaus

Kuluminen aiheuttaa suuria kustannuksia eri teollisuuden aloilla, kun kuluneita laitteita yms. joudutaan korjaamaan. Päällehitsausta käytetään paljon erilaisten kuluneiden kappaleiden kunnostukseen ja käyttöään pidentämiseen. Se on käyttökelpoinen menetelmä myös uusien tuotteiden valmistamisessa, jolloin päällehitsataan vain kulumiselle alttiiksi tulevat kohdat. Päällehitsausta kutsutaan usein myös kovahitsaukseksi, vaikka aina suuri kovuus ei ole tavoiteltava ominaisuus kulumiskestävuuden kannalta. Kovahitsauksella tarkoitetaan erityisesti päällehitsausta kovalla ja kulutuskestävällä lisäaineella. Päällehitsauksessa voidaan käyttää kohteesta riippuen myös pehmeämpiä lisäaineita tai korroosionkestäviä lisäaineita.

Kulumismuotoja on useita ja ne ovat lisäaineen valinnan päätekijä. Kulumismuodot voidaan ryhmitellä esim. seuraavasti: hankaava kuluminen, metalli-metallia vastaan kuluminen, iskujen aiheuttama kuluminen, korroosio ja korkeat



lämpötilat. Tästä syystä on hyvä ensiksi selvittää käyttöolosuhteet lisäaineen valintaa varten.

Hankaavassa (abradiivisessa) kulumisessa kovat partikkelit hankaavat metallipintaa, jolloin pinnasta irtoaa ainetta. Yleensä pinnan kovuuden kasvattaminen pienentää kulumista. Lisäaineet ovat runsashiilisiä seostettuja teräksiä, jotta hitsiaine tulee kovaksi eli se karkenee hitsauksen jälkeisen jäähtymisen aikana. Yleisimpiä seosaineita ovat kromi, molybdeeni, wolframi ja vanadiini. Lisäksi monet seosaineet muodostavat hiilen kanssa erittäin kovia yhdisteitä (karbideja), joiden kovuudet ovat korkeimmillaan noin 3000 HV.

Metalli-metalli-kulumisessa metallipinnat liukuvat toisiaan vasten, esim. pyörivien tai laahaavien metallipintojen liike toisiaan vasten. Suuri pintapaine kahden metallipinnan välillä aiheuttaa mikrokooppisen pienien "mikrohitsien" syntymistä ("kiinnileikkautuminen"). Liik-

keen jatkuessa murtuvat nämä hitsit heikomman perusaineen puolelta, mikä aikaansaa pinnan kulumista. Niukkaseosteiset teräkset ovat sopivia kulumista vastaan.

Iskumaisessa kulumisessa metallipintaan kohdistuu iskuja, joiden vaikutuksesta kuluminen tapahtuu paikallisina murtumina tai muodonmuutoksena, esim. kiven murskauksessa. Kulumisen suuruus riippuu metallin sitkeydestä ja lujuudesta. Mangaaniteräs on paljon käytetty ihanteellinen materiaali, koska se pystyy pinnaltaan muokkauslujittumaan (karkenemaan), jolloin pinnan kovuus kasvaa, mutta sisäosa jää sitkeäksi.

Korroosio (syöpyminen, "ruostuminen") voi ilmetä monella tavalla. Se voi olla tasaista koko pinnalla tai paikallista. Korroosion tuloksena ainetta irtoaa metallin pinnasta. Korroosiota vastaan käytetään erilaisia ruostumattomia teräksiä, jotka ovat seostettuja riittävästi kromilla ja usein vielä nikkelillä ja molybdeenilla.



Poikittaisia halkeamia kovahitsiaineessa.

Korkeat lämpötilat aiheuttavat materiaalin pehmenemistä ja pinnan hapettumista. Korkea kromiseostus estää kovuuden alenemista yhdessä eräiden muiden seosaineiden kanssa. Korkea kromiseostus estää hapettumista.

Päällehitsauslisäaineita on suuri määrä koostumukseltaan, ominaisuuksiltaan ja hitsiaineen mikrorakenteeltaan erilaisia eikä parhaan ja kulumiskestävimmän lisäaineen valinta ei ole aina helppoa. Mitään yleislisäainetta ei ole, vaan valinta tehdään tapauskohtaisesti käyttöolosuhteiden perusteella.

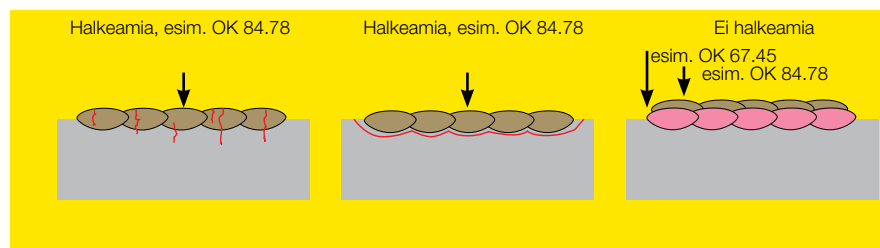
Sivulla 11 on kovahitsauslisäaineiden ominaisuusvertailutaulukko, jota voidaan käyttää myös sopivan lisäaineen valintaan.

Jos hitsiä pitää koneistaa lastuvilla työkaluilla hitsauksen jälkeen, niin se pitää ottaa huomioon lisäaineen valinnassa. Hyvän koneistettavuuden kovuusraja on noin 40 HRC, vaikka tehokkailla koneilla ja teräpaloilla voidaan koneistaa kovempaaakin hitsiainetta.

Kovahitsauksessa joudutaan usein tekemään esikuumennus joko estämään karkenevan perusaineen halkeilu eli hitsipalon irtoaminen ("korkkaaminen") tai itse

kovahitsiaineen halkeilu. Kovahitsauslisäaineen tarvitsema esikuumennus on mainittu lisäaineluettelon tuotesivulla. Halkeiluriskiä voidaan pienentää päällehitsaamalla ("puskuroimalla") työkalpa-

leen pinta ensiksi sitkeällä austeniittisellä ruostumattomalla lisäaineella, joihin voidaan käyttää edellisessä kappaleessa "Huonosti hitsattavat teräkset" mainittuja lisäaineita.



Lisäaine

Kovuusalue: 30-35 HRC

- "pehmeä" kovahitsauslisäaine
- hyvin koneistettavissa oleva hitsiaine
- metalli-metalli -kuluminen: liukupinnat, akselit, valssit, kiskot, hammaspyörät yms.
OK 83.28
- OK Tubrodur 15.43, myös Ø 1.2 mm, myös ilman suojakaasua
- OK Autrod 13.89, Ø 1.0 ja 1.2 mm

Kovuusalue: 50-60 HRC

- yleiskovahitsausseostyyppi
- kestää sekä iskuja että hankausta
- maanrakennus-, maansiirto-, maatalous- ja metsätyökalut, syöttöruuvit yms.
OK 83.50, hitsaus myös pienmuun-
tajilla
- OK 83.65, erinomaiset hitsausominaisuudet
- OK 84.58, kohtalainen korroosionkestävyys
- OK Tubrodur 15.50, myös Ø 1.2 mm
- OK Tubrodur 15.52, myös ilman suojakaasua
- OK Autrod 13.91, Ø 1.0 ja 1.2 mm

Kovuusalue: 60-65 HRC

- "kromirauta"
- erittäin kestävä raemaisten yms. aineiden hankaavaa kulutusta
- huono iskunkestävyys
- syöttöruuvit, puhaltimien siivet, laahauskauhat yms.
OK 84.78, helppo hitsata, suurriittoisuuspuikko
- OK Tubrodur 14.70, myös ilman suojakaasua

Työkalut ja niiden kovahitsaus

- kuumatyöstötyökaluteräs
- kuumatyöstötyökalut yms.
OK 85.58
- pikateräs
- leikkurien ja lastuavien työkalujen terät
- puuta leikkaavat terät
OK 85.65

Korroosiota kestävät kovahitsauslisäaineet

- ruostumaton 13%Cr-teräs
OK 84.42
- PZ6166

Mn-teräksen kovahitsaus

- pinnan kulumiskestävyyden parantaminen
OK 84.58 ja 84.78
- OK Tubrodur 15.52 ja 14.70

Mn-teräksen päällehitsaus

- Mn-terästyyppiset lisäaineet
13%Mn: OK 86.08
- 13%Mn-3%Ni: OK 86.28, OK Tubrodur 15.60
- - Ni parantaa hitsiaineen sitkeyttä
- 14%Mn-18%Cr: OK 86.30, OK Tubrodur 15.65
- - Cr-seostus parantaa kuumen- ja korroosionkestävyyttä

Hitsauslisäainesuositukset eri perusaineille

Perusaine	Puikko-hitsaus	MIG/MAG-hitsaus	MAG-täytelanka-hitsaus	MAG-täytelanka-hitsaus	TIG-hitsaus
	OK	OK AristoRod, OK Autrod	OK Tubrod (Metallitäyte)	OK Tubrod (Rutiilitäyte)	OK Tigrod
Seostamattomat rakenneteräkset (EN 10025-2)					
S235xxx, S275xxx, S355xxx	48.00	12.50, 12.51	14.12	15.14	12.64
Normalisoidut hienoraerakenneteräkset (EN 10025-3)					
S275N, S355N, S420N	48.00	12.50, 12.51	14.12	15.14	12.64
S460N	55.00	12.63, 12.64	14.02	15.14	12.64
S275NL, S355NL, S420NL	48.08, 55.00	13.28, (12.50, 12.63)*	14.04	15.11, (15.17)*	13.28
S460NL	48.08, 55.00	13.28, (12.63)*		15.11, (15.17)*	13.28
			*) -40 °C		*) -40 °C
Termomekaanisesti valssatut hienoraeteräkset (EN 10025-4)					
S275M, S355M, S420M	48.00	12.50, 12.51	14.12	15.14	12.64
S460M	55.00	12.63, 12.64	14.02	15.14	13.28
S275ML, S355ML, S420ML	48.08, 55.00	13.28, (12.50, 12.63)*	14.04	15.11, (15.17)*	13.28
S460ML	48.08, 55.00	13.28, (12.63)*		15.11, (15.17)*	13.28
			*) -40 °C		*) -40 °C
Säänkestävät rakenneteräkset (EN 10025-5)					
S235J0W, S235J2W	73.08	13.26	14.01	PZ6112, 15.17	13.26
S355J0WP (esim. COR-TEN A)	73.08	13.26	14.01	PZ6112, 15.17	13.26
S355J0W, S355J2W (esim. COR-TEN B)	73.08	13.26	14.01	PZ6112, 15.17	13.26
Nuorrutetut lujat rakenneteräkset (EN 10025-6)					
S460Q, S460QL	48.08, 55.00	12.63, 12.64	14.02	15.17	13.28
S500Q, S500QL	74.78	55	14.02	15.11	13.13
S550Q, S550QL	74.78	55	14.03	Dual Shield 55	13.29
S620Q, S620QL	75.75	69	14.03	Dual Shield 62	13.29
S690Q, S690QL	75.75	69	14.03	15.09	13.29
S890Q, S890QL	75.78	89	Coreweld 89		
Ultralujat rakenneteräkset (Rautaruukki)					
Optim 900 QC	75.78	89	Coreweld 89		
Optim 960 QC	75.78 *)	89 *)	Coreweld 89 *)		
Optim 1100 QC	75.78 *)	89 *)	Coreweld 89 *)		
		*) Lisäaineet lievästi allilujia			
Kuumalujat seostamattomat ja seostetut teräkset: levyt (EN 10028-2) ja putket (EN 10216-2)					
P235GH...P355GH	48.00	12.50, 12.51	14.12	15.14	12.64
16Mo3	74.46	13.09	14.02	Dual Shield MoL	13.09
13CrMo4-5	76.18	13.12		Dual Shield CrMo1	13.12
10CrMo9-10	76.28	13.22		Dual Shield CrMo2	13.22
X10CrMoVNb9-1	76.98	13.38			13.38
Kulutuksenkestävät teräkset					
esim. Hardox 400...600 ja Raex AR 400...500					
Jos ei vaadita perusainetta vastaavaa lujuutta ja kovuutta: seostamaton, sitkeä lisäaine					
Vastaava kovuus: sopiva kovahitsauslisäaine	48.00	12.50, 12.51	14.12	15.14	12.64
pintapalkoihin	83.50	13.91	15.52		
Vastaava lujuus: niukkaseosteinen lisäaine	75.75	69	14.03	15.09	13.29
Austeniittiset ruostumattomat teräkset					
18Cr-8Ni -teräkset ("ruostumattomat")					
1.4404 (304L), 1.4307 (304L), 1.4301 (304) jne.	61.30	308LSi	15.30	Shield-Bright 308L, 308L X-tra	308LSi
1.4541 (321), 1.4550 (347)	61.30, 61.81	308LSi, 347	15.30	308L, 308L X-tra	308LSi, 347
18Cr-12Ni-3Mo -teräkset ("haponkestävät")					
1.4404 ja 1.4432 (316L), 1.4401 ja 1.4436 (316) jne.	63.30	316LSi	15.31	Shield-Bright 316L, 316L X-tra	316LSi
Runsaasti seostetut erikoisteräkset					
1.4438 (317L)	64.30	317L			317L
1.4539 (esim. Outokumpu 904L)	69.33	385			385
1.4547 (esim. Outokumpu 254SMO)	92.45	19.82			19.82
1.4652 (esim. Outokumpu 654SMO)	92.59	19.81			19.81

Monille perusaineille on useampia vaihtoehtoja, joista voi kysyä lisää ESABin edustajalta.

Perusaine	Puikko-hitsaus	MIG/MAG-hitsaus	MAG-täytelanka-hitsaus	MAG-täytelanka-hitsaus	TIG-hitsaus
	OK	OK AristoRod, OK Autrod	OK Tubrod (Metallitäyte)	OK Tubrod (Rutiilitäyte)	OK Tigrod
Austeniittis-ferriittiset ruostumattomat teräkset (duplex-teräkset)					
1.4162 (esim. Outokumpu LDX2101)	67.56	2307			2307
1.4462 (esim. Outokumpu 2205)	67.50	2209	15.37	14.27	2209
1.4410 (esim. Outokumpu 2507)	68.53	2509		14.28	2509
Alumiini ja alumiiniseokset					
1050A (Al99,5), 1070A (Al99,7), 1200 (Al99,0)		1070			1070
4045 (AlSi10)		4043, 4047			4043, 4047
5019 (AlMg5), 5086 (AlMg4), 5754 (AlMg3)		5356			5356
5083 (AlMg4,5Mn0,7)		5183			5183
6060 (AlMgSi), 6061 (AlMg1SiCu)		4043, 5356			4043, 5356
6063 (AlMg0,7Si), 6082 (AlSi1MgMn)		4043, 5356			4043, 5356
7021 (AlZn5,5Mg1,5Si), 7029 (AlZn4,4Mg1Si)		5356			5356
Valurauta					
Eri valurautalajit	92.18, 92.58			Nicore 55	
Eripariitokset ("musta/ruostumaton hitsaus")					
Seostamaton tai niukkaseosteinen/austeniittinen ruostumaton teräs				Shield-Bright	
Käyttölämpötila alle 300 °C ja ei hehkutusta	67.60, 67.70	309LSi, 309MoL		309L, 309L X-tra	309LSi,309MoL
Käyttölämpötila yli 300 °C ja/tai hehkutus	92.26	19.85			19.85
Korjaushitsaus					
Huonosti hitsattavat teräkset, "tuntemattomat" teräkset, voimakkaasti karkenevat teräkset jne.	68.82, 67.45 92.26	312, 16.95 19.85	15.34	OK Tubrodur 14.71	312, 16.95 19.85

Kovahitsauslisäaineiden valinta ja ominaisuusvertailu

Hankauskulumisen kestävyys

Pieni					Suuri
Mn-teräkset		Karkenevat seosteräkset			Pieni Kuumen- ja korroosionkestävyys Suuri
20 HRC (-> 45) *		30-50 HR	50-60 HRC	55-60 HRC	
OK 86.08*		OK 83.27	OK 83.50	OK 83.53	
OK 86.20*		OK 83.28	OK 83.65	OK 84.84	
OK 86.28*		OK 83.29	OK 84.58	OK Tubrodur 15.80	
OK 86.30*		OK 83.30	OK Tubrodur 15.52	OK Tubrodur 15.81	
OK Tubrodur 15.60*		OK Autrod 13.89	OK Autrod 13.90	OK Tubrodur 15.82	
OK Tubrodur 15.65*		OK Tubrodur 15.43	OK Autrod 13.91		
		OK Tubrodur 15.40			
		OK Tubrodur 15.42			
Ruostumattomat Cr-teräkset				Kromiraudat	
OK 84.42 OK 84.52				OK Tubrodur 15.73	
				OK 84.78 OK 84.80 OK Tubrodur 14.70	
Austeniittiset CrNi-teräkset	Austeniittiset CrNiMn-teräkset	Ferriittis-austeniittiset CrNi-teräkset		Työkaluteräkset	
OK 67.70	OK 67.42*	OK 68.81*		OK 85.58	
OK Autrod 309LSi	OK 67.45*	OK 68.82*		OK 85.65	
	OK 67.52*	OK Autrod 312		OK Tubrodur 15.84	
	OK Autrod 16.95*				
	OK Tubrodur 14.71*				
Ni-seokset		Co-seokset ("stelliittit")			
OK 92.26*	OK 92.35*	Stelliitti 6	Stelliitti 12	Stelliitti 1	
OK Autrod 19.85* ("Inconel 600")	("Hastelloy C")				

* = Kylmämuokkautuva hitsiaine (kylmämuokkaus parantaa hankauskulumisen kestävyyttä)

Suuri Pieni

Iskunkestävyys

Hitsauslisäaineiden tuotetietoja

Kaaritaltaus- ja leikkauspuikko

Erikoispäälysteinen puikko OK 21.01 kaaritaltaukseseen

Huonosti hitsattavat teräkset ja eripariliitokset

Lisäaine	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	Ni (%)	Muu (%)
OK-puikko						
67.45	0,1	0,5	6,0	18,5	8,5	
67.60	0,03	0,7	0,9	24,0	13,0	
67.70	0,03	0,7	0,9	23,0	13,0	Mo: 2,8
68.82	0,12	1,0	0,9	29,0	9,0	
92.26	0,02	1,0	6,6	15,8	> 67	Nb: 1,7
OK Autrod/Tigrod						
309LSi	0,02	0,8	1,8	24,0	13,0	
309MoL	0,02	0,5	1,6	22,0	15,0	Mo: 2,8
312	0,10	0,5	1,7	29,0	9,5	
16.95	0,1	1,0	6,5	18,5	8,5	
19.85	0,05	0,5	3,0	20,0	> 67	Nb: 2,5
OK Tubrodur						
14.71	0,1	0,1	5,5	19,0	9,0	

Kovahitsauslisäaineet

Lisäaine	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	Muu (%)	Kovuus ¹⁾ (HRC)
OK-puikko						
83.28	0,1	0,5	0,7	3,2		28-32
83.50	0,4	0,5	1,0	6,0	Ni: 0,6	50-60
83.65	0,8	4,0	0,5	2,0		58-63
84.42	0,12	0,5	0,5	13,0		49-55
84.58	0,7	0,6	0,7	10,0		53-59
84.78	4,5	0,8	1,5	33		59-63
85.58	0,35	1,1	1,0	1,8	W: 8, Co: 2	42-50
85.65	0,9	1,5	1,3	4,5	Mo: 7,5, W: 1,8	59-61
OK Autrod						
13.89	0,7	0,4	2,0	1,0	Ti: 0,2	50-60
13.91	0,45	3,0	0,8	9,0		50-60
OK Tubrodur						
14.70	3,5	0,4	0,9	22,0	Mo: 3,5, V: 0,4	48-59
15.43	0,14	0,5	1,1	1,0	Mo: 0,5, Ni: 2,2	30-40
15.50	0,7	0,8	0,8	5,5	Mo: 1,0	55-62
15.52	0,4	0,3	1,2	5,0	Mo: 1,2, Al: 0,6	50-57
Täytelanka						
PZ 6166	0,03	0,7	1,2	13	Ni: 4,5, Mo: 0,5	30-40

¹⁾ Puhtaan hitsiaineen kovuus

Valuraudan hitsauslisäaineet

Lisäaine	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Ni (%)	Fe (%)
OK-puikko					
92.18	0,9	0,9	0,6	> 92	3,5
92.58	1,5	0,7	0,8	51	46
Täytelanka					
Nicore 55	2,0	3,0	1,0	51	46

Alumiiniseosten hitsauslisäaineet

Lisäaine	Si, Mg (%)	Al (%)
OK-puikko		
96.50	Si: 12	lopput
OK Autrod/Tigrod		
4047	Si: 12	lopput
4043	Si: 5	lopput
5356	Mg: 5	lopput



OY ESAB
Konalantie 47 C
00390 HELSINKI
puh. (09) 547 761
faksi (09) 547 7771
www.esab.fi